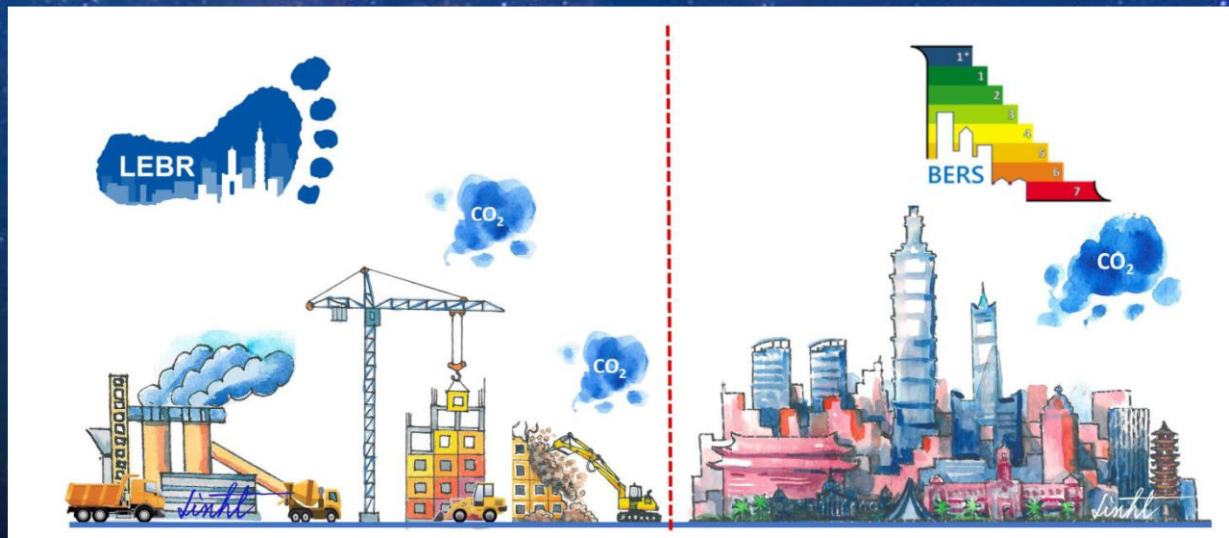


淨零建築的兩把鑰匙

2024/06/28 台北市公務人員訓練處



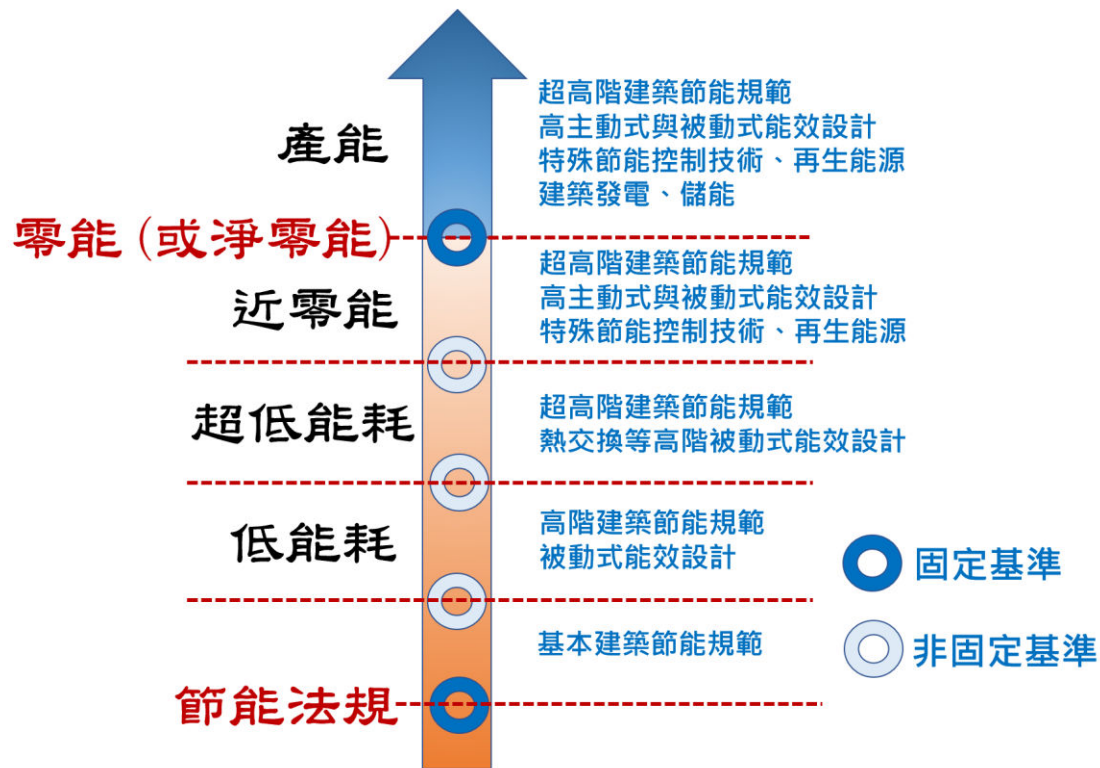
國立成功大學建築系 林憲德教授

古埃及的不死之鳥--貝努鳥 (Benu) 古西洋神話不死神獸 --歐伯羅斯(Ouroboros)

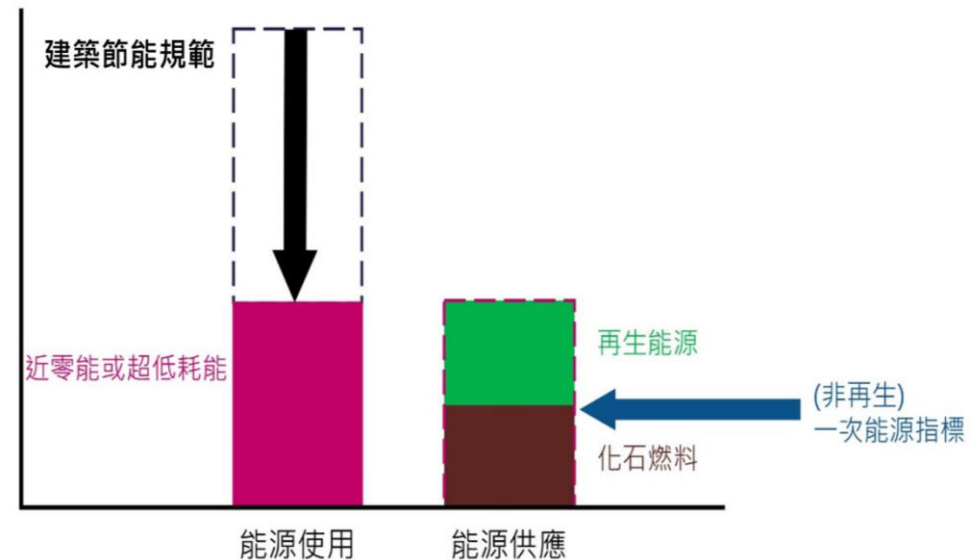


淨零路徑名詞釋疑

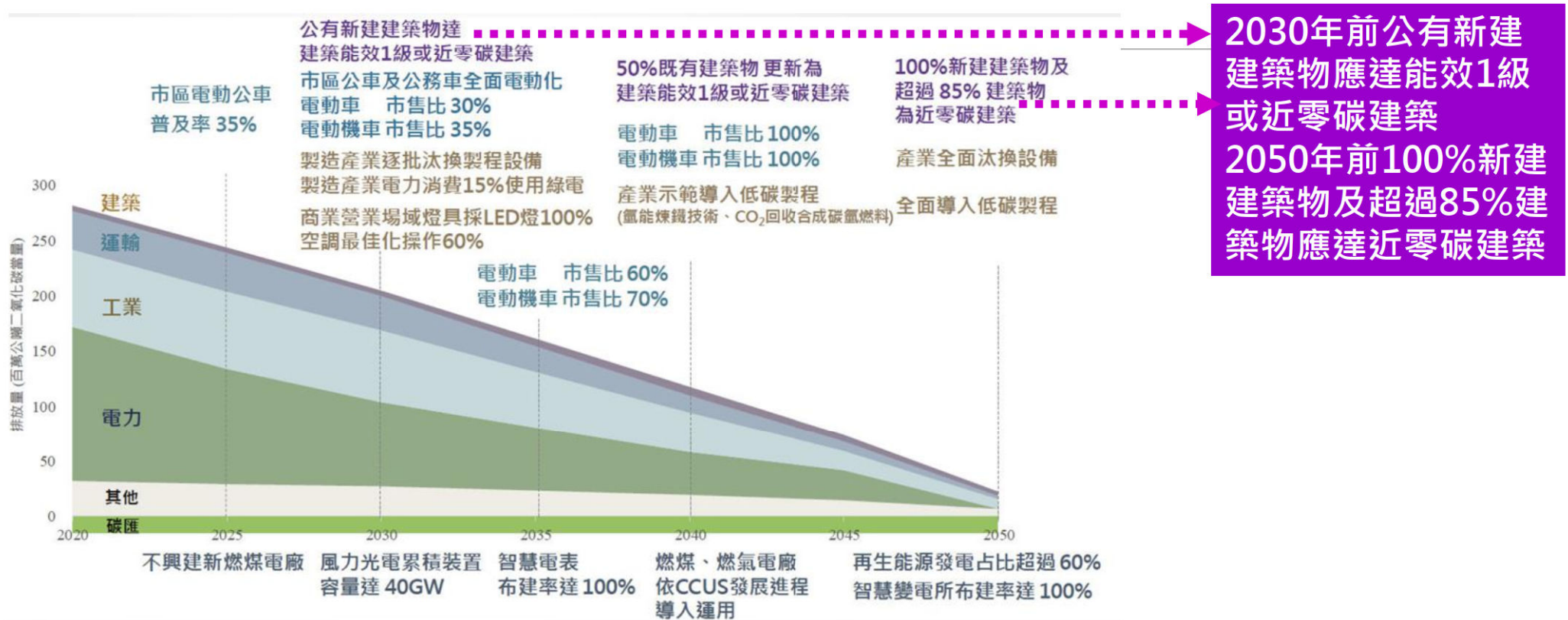
淨零是不可及的成佛之路，近零才是踏實的菩薩修行



歐盟的近零建築概念



2050台灣淨零轉型路徑規劃



ESG的環境評估指標 碳足跡揭露



經濟

GRI 200系列:

- GRI201: 經濟表現
- GRI202: 市場形象
- GRI203: 間接經濟影響
- GRI204: 採購政策
- GRI205: 反腐敗
- GRI206: 反競爭行為

GRI 200: 13揭露項目

環境

GRI 300系列:

- GRI301: 材料
- GRI302: 能源
- GRI303: 水資源
- GRI304: 生物多樣性
- GRI305: 排放
- GRI306: 廢水廢料
- GRI307: 環保合規
- GRI308: 供應商環保評估

GRI 300: 30揭露項目

社會

GRI 400系列:

- GRI401: 員工
- GRI402: 勞資關係
- GRI403: 職業健康和安全
- GRI404: 培訓與教育
- GRI405: 多樣性與機會平等
- GRI406: 反歧視
- GRI407: 結社自由與集體談判
- GRI408: 童工問題
- GRI409: 強制勞動
- GRI410: 安全實踐
- GRI411: 原住民權力
- GRI412: 人權評估
- GRI413: 本地社區
- GRI414: 供應商社會評估
- GRI415: 公共政策
- GRI416: 消費者健康與安全
- GRI417: 行銷與標籤
- GRI418: 消費者隱私
- GRI419: 社會經濟學合規

GRI 400: 37揭露項目

金管會未來對碳揭露要求 建築能效二級、低碳建築二級以上

ESG GRI3 環境揭露內容

既有建築能效標示

建築物名稱			
坐落地址			
總耗電密度 TEUI	[kWh/(㎡, yr)]	主設備耗電密度EUI ¹	[kWh/(㎡, yr)]
耗電密度指標 EUI*	[kWh/(㎡, yr)]	碳排密度指標 CEI*	[kgCO ₂ /(㎡, yr)]
建築能效標示字號	能效等級		
	2		
耗電密度 kWh/(㎡, 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_e 2022



建築能效認證

- 301 物料
- 302 能源
- 303 水
- 304 生物多樣性
- 305 排放
- 306 廢棄物
- 308 供應商環境評估

低碳建築認證

○○○○○○○○○ (建案名)

低碳建築標準證書字號: BEC0001

評估範圍總含碳排量 EEC: 3,992,640KgCO₂

總含碳排指標 ECI: 415.9 kgCO₂/m²

碳足跡減碳率 CFR: 30.5%

低碳建築等級

2

LEBR

600 550 510 480 460 440 420 kgCO₂/m²

7 6 5 4 3 2 1 1+

內政部
MINISTRY OF THE INTERIOR

建築全生命週期碳足跡 應包含蘊含碳排EC與使用碳排OC

全生命週期蘊含碳排量TEC: 4,990,800 kgCO₂
 評估範圍蘊含碳排量EEC: 3,992,640 kgCO₂
 蘊含碳排指標ECI: 415.9 kgCO₂/m²
 碳足跡減碳率CFR: 30.5%

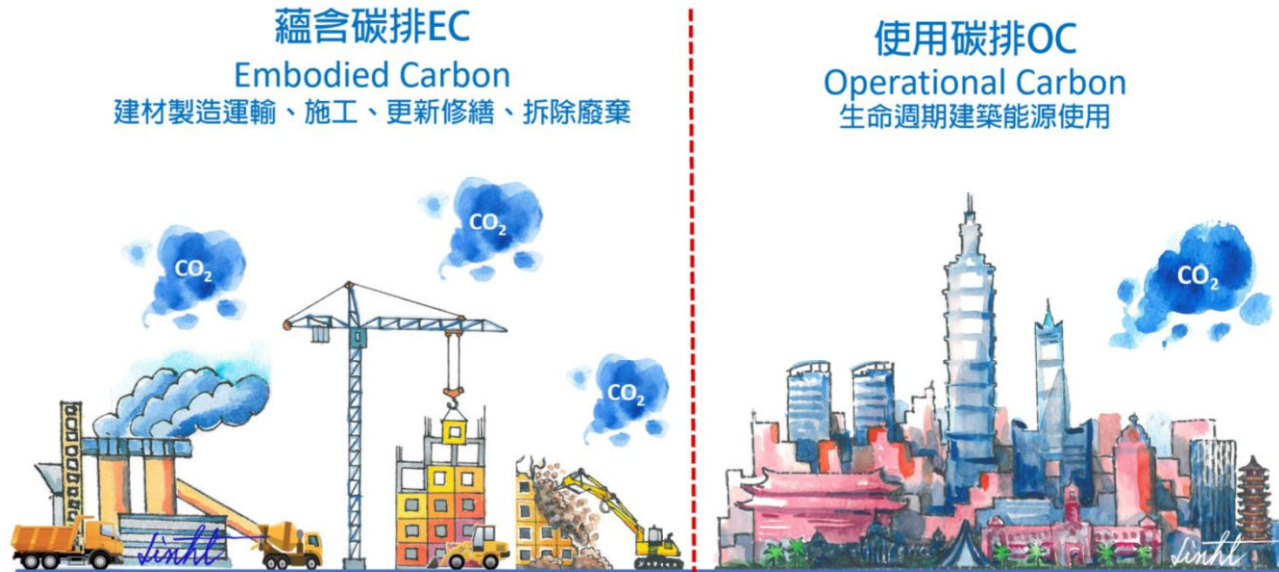
1+

LEBR

600 550 510 480 460 440 420 kgCO₂/m²

○○○○○○○○ (建築名)

低碳建築標章證書字號: BEC0001



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		1+ 近零碳建築																																
	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																																			
<p>耗電密度 能效得分</p> <table border="1"> <tr> <td>≤100.0</td> <td>90 ~ 100</td> <td>1+</td> <td>96.0</td> </tr> <tr> <td>≤120.0</td> <td>80 ~ < 90</td> <td>1</td> <td>48.9</td> </tr> <tr> <td>≤140.0</td> <td>70 ~ < 80</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>≤160.0</td> <td>60 ~ < 70</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>≤180.0</td> <td>50 ~ < 60</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>≤200.0</td> <td>40 ~ < 50</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>≤240.0</td> <td>20 ~ < 40</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>> 240.0</td> <td>0 ~ < 20</td> <td>7</td> <td></td> </tr> </table>				≤100.0	90 ~ 100	1+	96.0	≤120.0	80 ~ < 90	1	48.9	≤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	
≤100.0	90 ~ 100	1+	96.0																																
≤120.0	80 ~ < 90	1	48.9																																
≤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 2022																																			

OC與EC兩種產業鏈與管制策略涇渭分明

低碳建築標示制度

EC

LEBR



建築師

營建建設產業鏈
結構技師、營造業、建材業



OC

BERS

建築能效標示制度

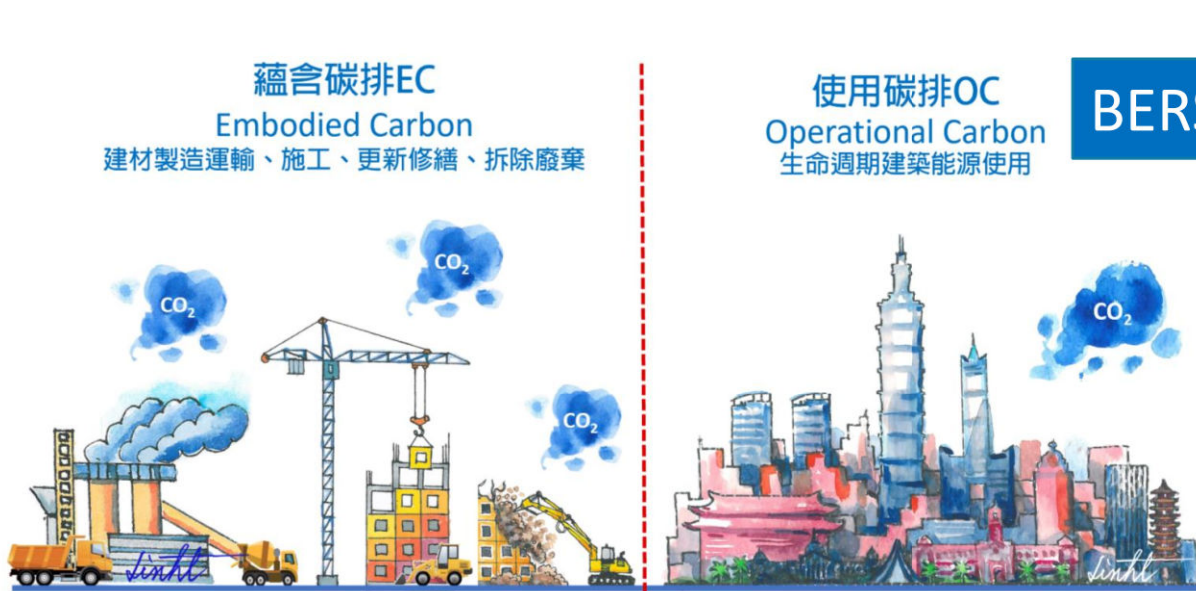


建築師

能源設備產業鏈
空調技師、電機水電業、空調照明業



第一把鑰匙：建築能效標示



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)]	
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 (%)	0
建築能效標示字號	

1⁺
近零碳建築

耗電密度 kWh/(m ² .yr)	能效得分	96.0 kWh/(m ² .yr)
≤ 100.0	90 ~ 100 1⁺	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 2022

建築能效標示是甚麼？

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-LX36HA2
額定總冷氣能力	3.6 kW
能源效率比	4.4 W/W 總冷氣能力(W)除以有效輸入功率(W)
本產品能源效率符合國家標準，其分級係依經濟部 99 年 3 月 22 日經能字第 09904601490 號公告之能源效率分級基準表標示	
登錄編號：AC-103-0023	

經濟部能源局

能源局產品能效標示



內政部建築物能效標示

新建建築物能效標示

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	

1⁺
近零碳建築

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









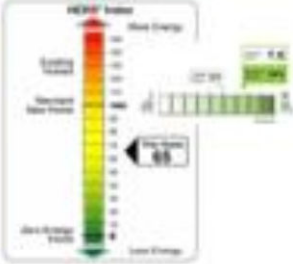
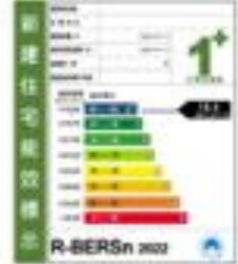

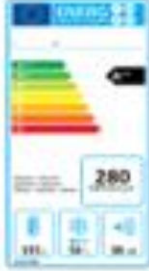
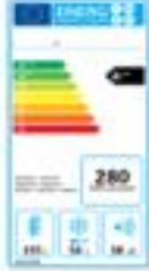


96.0 kWh/(m².yr)
48.9 kgCO₂/(m².yr)

BERS_n 2022

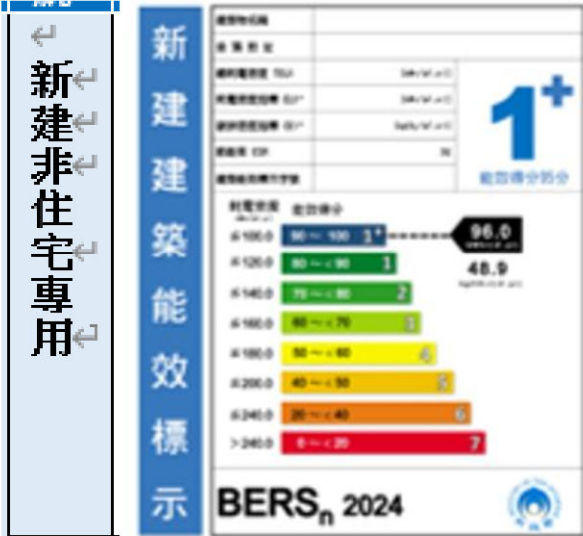
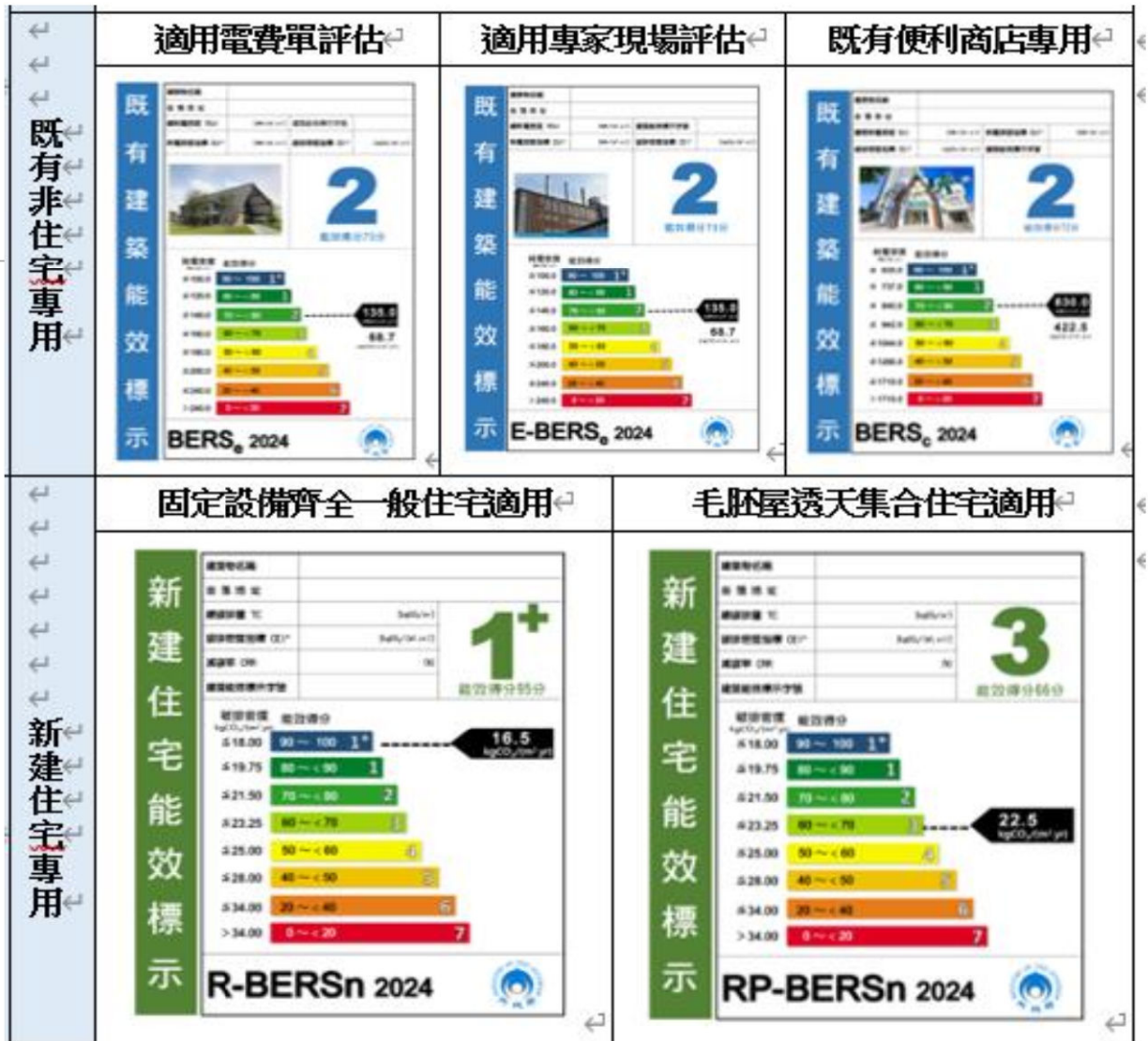
「1⁺」為比2000年節能>50%水準為最高「近零碳」等級標示

耗電密度標示
排碳密度標示

各國建築能效標示制度概觀

	日本	英國	德國	美國	台灣
非住宅					
住宅					
家電製品					

各類新建建築與既有建築的能效標示

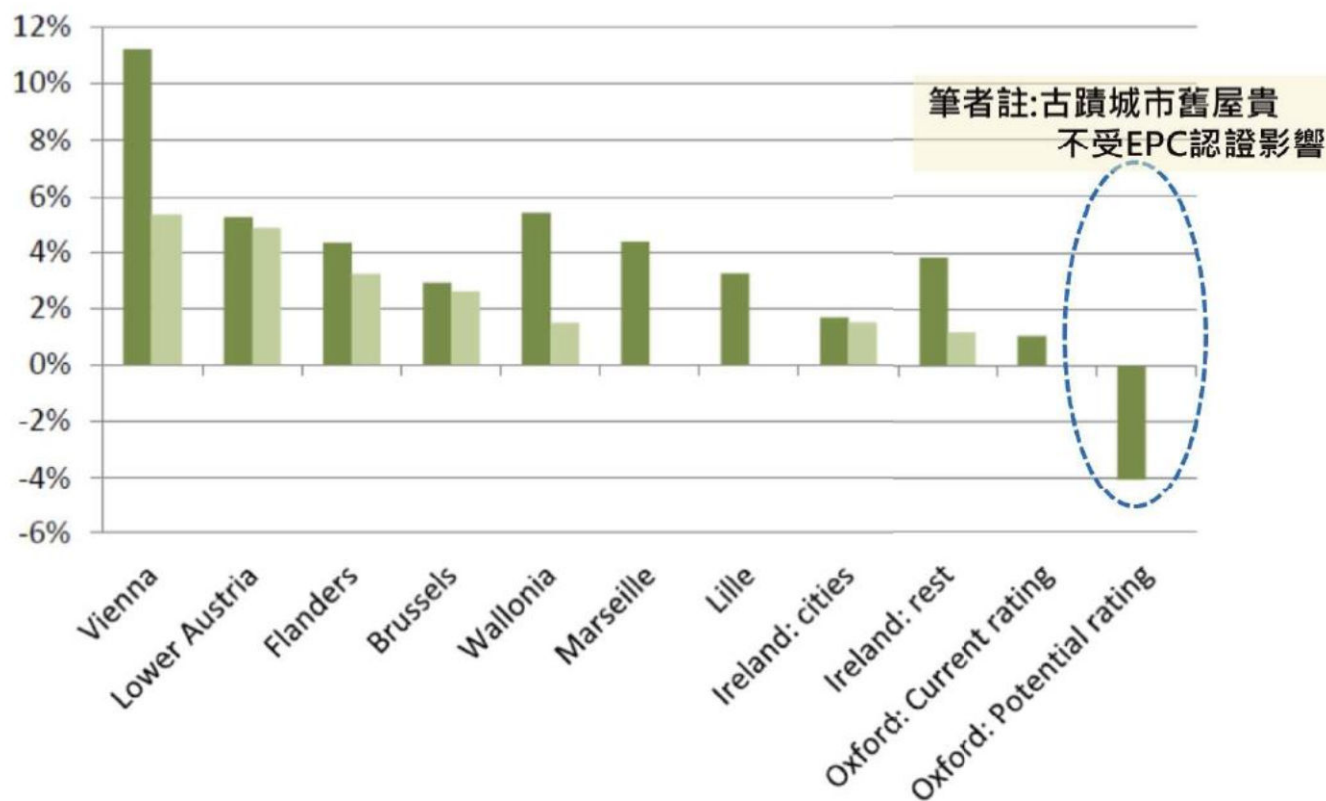




歐盟房地產廣告的能效標示 住宅建照、買賣、出租必備文件

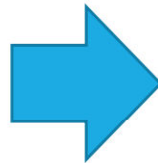
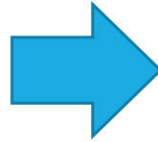
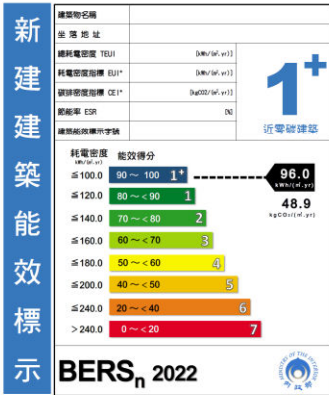


歐盟實施住宅能效標示的成效



奧地利增加8%房價與4.4%的租金
。法國的
Marseille、Lille
區能效提升一級
可提升住宅房價
4.3、3.2%、愛爾
蘭能效提升一級
可提升住宅房價
2.83%與租金1.4
%

新建與既有建築兩套評估標準與認證



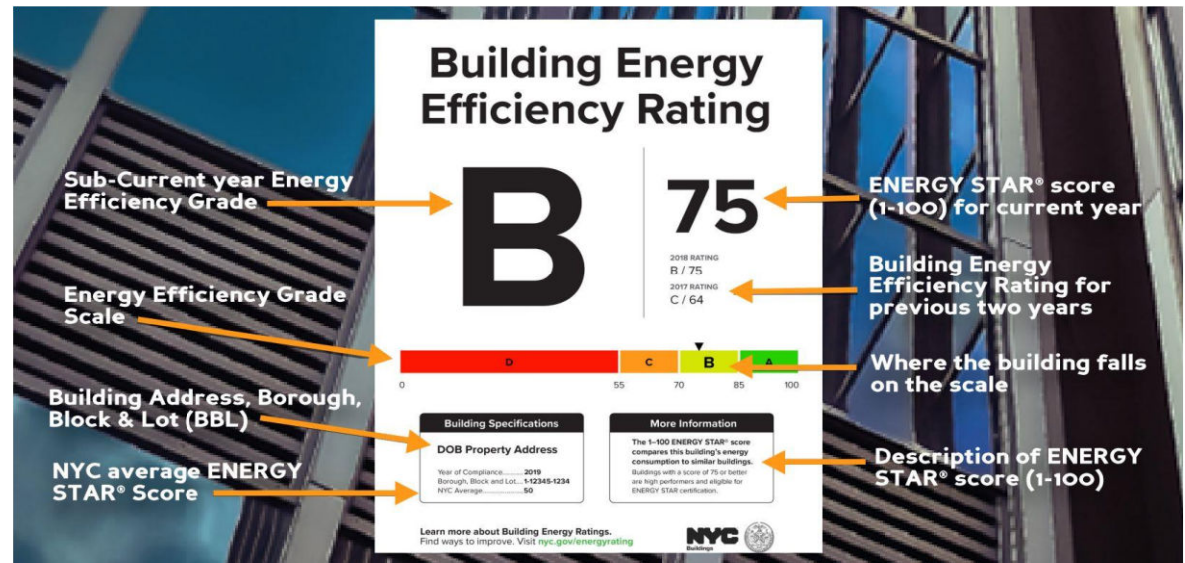
	汽車能效	建築能效	
新建建築能效標示 BERS_n	 <p>新車出廠證明</p>	 <p>參數模型計算</p>	完工一次認證
既有建築能效標示 BERS_e	 <p>舊車保養證明</p>	 <p>能源單據評估</p>	

有公民監督功能的強制建築能效標示制度

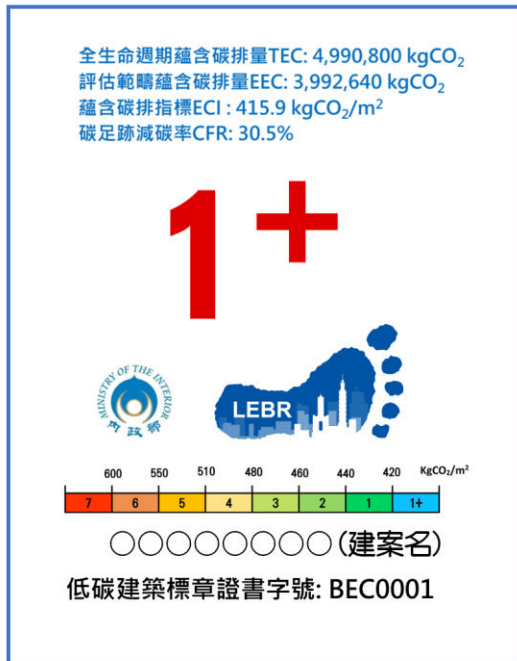


連續採用ENERGY STAR標示的建築物，在四年內產生節能7%的成績。有Energy Star標示的辦公建築租金比一般高2~3%，交易價格高13~16%

ENERGY STAR標示
紐約市的能效標示

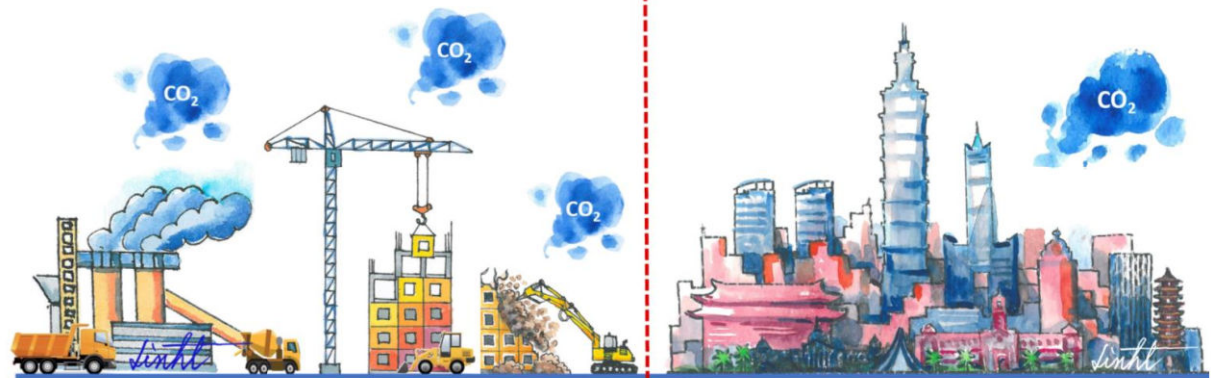


第二把鑰匙：建築碳足跡標示



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

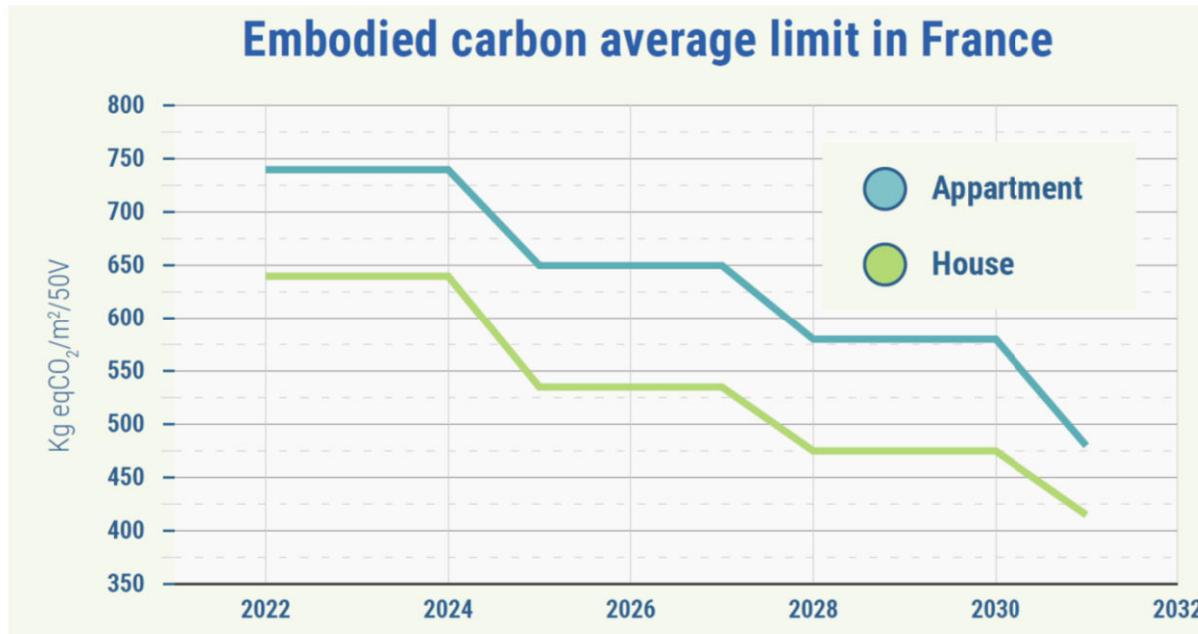


建築全生命週期總碳排WLC=蘊含碳排EC+使用碳排OC

推動建築碳足跡規範的國際動向

法國建築法規RE2022對集合住宅與住宅蘊含碳排強制規範(IEA, 2021)

- 對非住宿建築
已有全生命週期碳排評估法規的國家
- 預計對非住宿建築
設全生命週期碳排評估法規的國家
- 對公共建築
已有全生命週期碳排評估法規的國家



英國低能耗轉型組織LETI倡議的建築物蘊含碳排規範(Arslan D. et al. 2023)

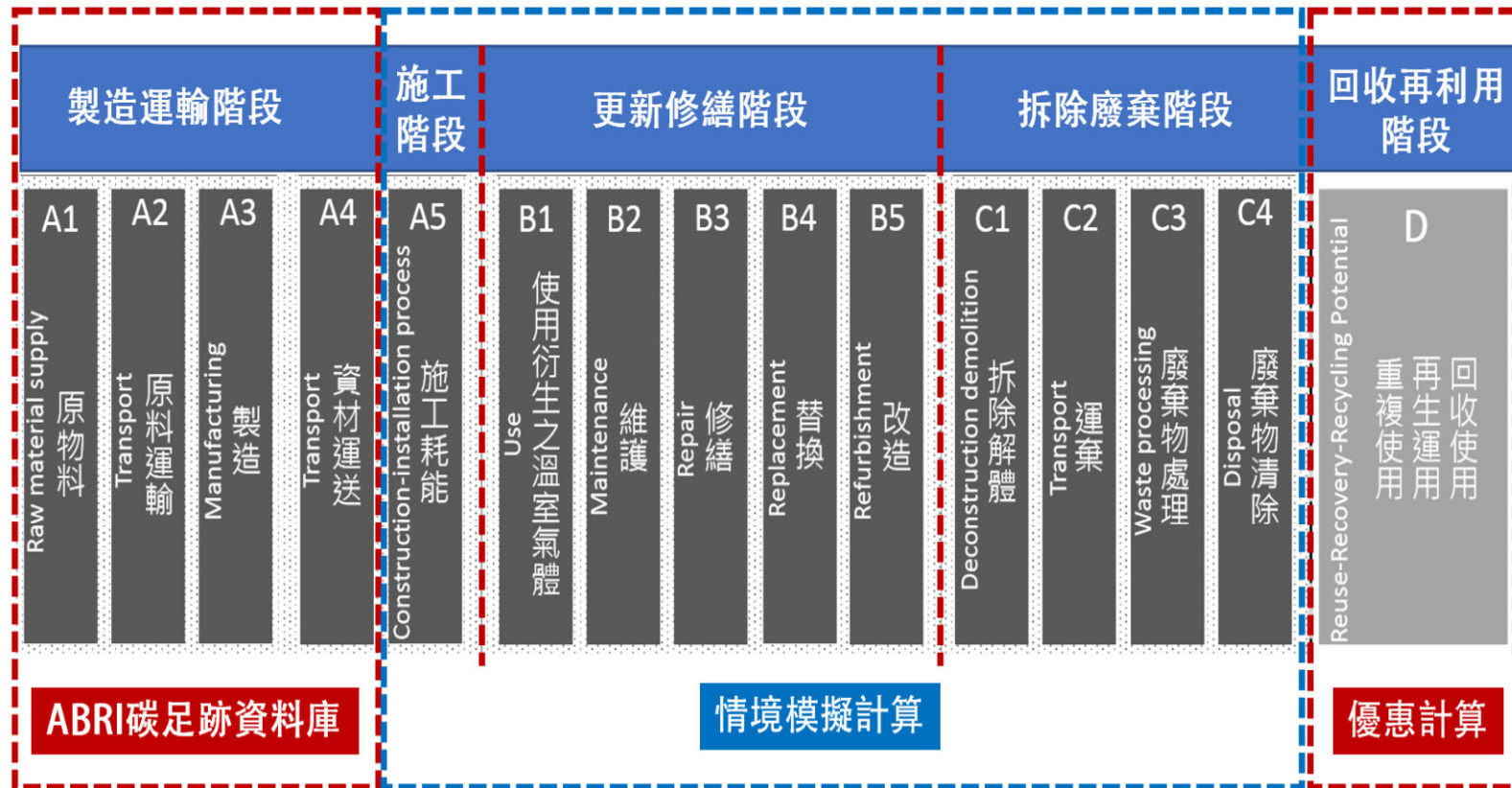
初期蘊含碳排EC計算範疇(A1~A5, 不計碳匯)

等級	辦公	高層住宅	學校	零售商店
A++	<100	<100	<100	<100
A+	<225	<200	<200	<200
A	<350	<300	<300	<300
B	<475	<400	<400	<425
C	<600	<500	<500	<550
D	<775	<675	<625	<700
E	<950	<850	<750	<850
F	<1100	<1000	<875	<1000
G	<1300	<1200	<1100	<1200

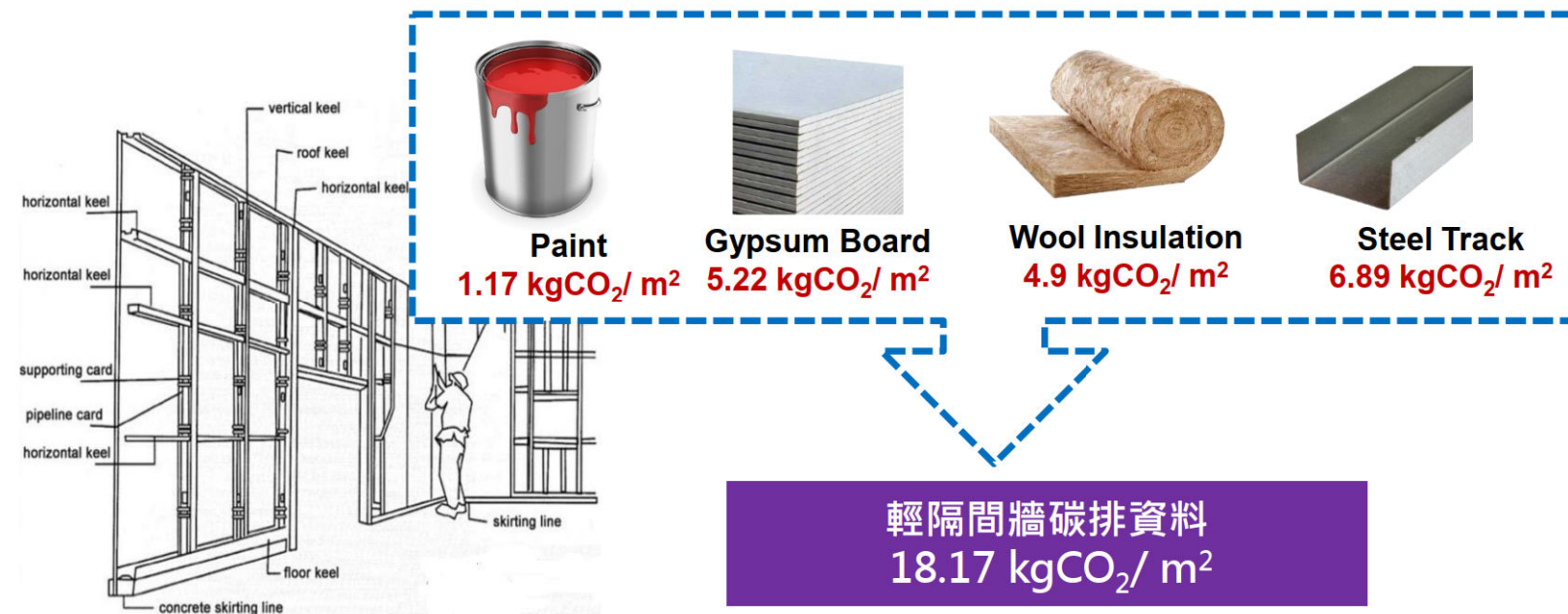
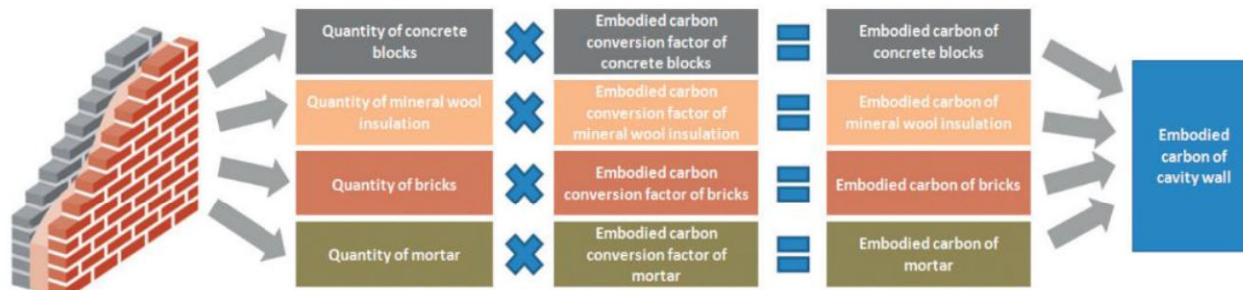
2030LETI設計目標

2020LETI設計目標

LEBR依國際規範EN15978計算範疇執行評估



依英國RICR以設計圖 換算構件碳排方法 建置ABRI資料庫





建築蘊含碳排評估必須快速評估、事前減碳 LEBR不是事後碳盤查，是事前的減碳評估



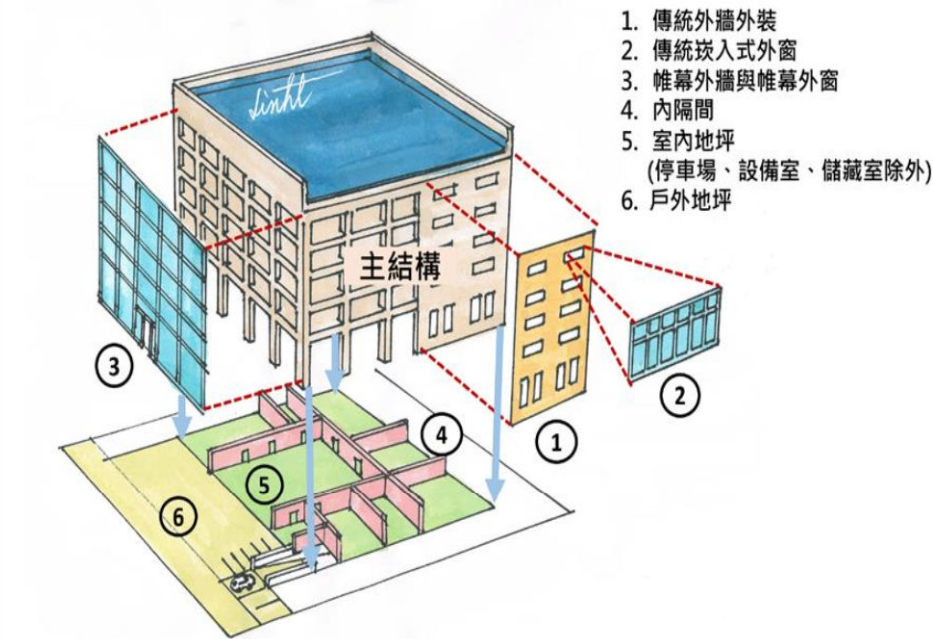
低碳建築評估系統LEBR

減碳方法論: 基準模型比對、自我比較、公平評估

設計案	基準案
	
相同樓層數、樓高、樓板面積、立面面積	
相同地點、相同耐震規範	
設計案之構造系統、形狀係數優化設計	標準 RC 構造系統、標準形狀係數
設計案之低碳混凝土強度設計	標準混凝土強度設計
設計案之六大低碳非結構構件	標準六大非結構構件
設計案之低碳工法優惠	標準工法
設計案之舊建築與再生建材設計優惠	無舊建築與再生建材設計

主結構與六大非結構構件碳排資料庫 以構件為I/O介面的快速評估

		高耗損建築 (商店商場、旅館、 餐廳、運動、醫療、 交通旅運設施)		中耗損建築 (出租辦公建築、 工廠、公共廳舍、教 育文化設施)		低耗損建築 (自用辦公建築、 倉庫、住宅、住宿 類建築)	
		LCi	RTi	LCi	RTi	LCi	RTi
1.外牆外裝	RC 牆貼磁磚	30	1	30	1	30	1
	RC 牆塗料外裝	底層 30 塗料 20	1 3	底層 30 塗料 20	1 3	底層 30 塗料 20	1 3
2.外窗	金屬、塑鋼類外窗	30	1	30	1	30	1
	木製外窗	20	3	20	3	20	3
3.不透光帷幕牆	金屬、PC 類帷幕牆	60	0	60	0	60	0
4.內隔間	內隔間(非結構牆)	60	0	60	0	60	0
5.室內地坪	PU、Epoxy 樹脂類	20	2	30	1	60	0.5
	水泥磁磚石材金屬類	20	2	30	1	60	0.5
6.戶外地坪	RC 基礎基層	60	0	60	0	60	0
	RC 基礎表層	30	2	30	2	30	2
	碎石基礎基層	60	0	60	0	60	0
	碎石基礎表層	10	5	10	5	10	5



非主結構構件的碳排I/O介面快速計算法

磚牆隔間碳排(基準案)=新建 $56.28 \text{ KgCO}_{2e}/\text{m}^2$

矽酸鈣板輕隔間碳排(設計案)=新建 $22.33 \text{ KgCO}_{2e}/\text{m}^2$

內牆面積 $A=10,000 \text{ m}^2$ ，更換次數 $RT=2.0$ 次

60年生命週期減碳量= $33.95 \text{ KgCO}_{2e}/\text{m}^2 \times 10,000 \text{ m}^2 \times (1 + \text{更換次數} 2.0)$
 $=339,500 \text{ KgCO}_{2e}/60\text{年}$



LEBR構件碳排資料庫

構造名稱	新建碳排 ($\text{kgCO}_{2e}/\text{m}^2$)	單次減碳量 ($\text{kgCO}_{2e}/\text{m}^2$)
1.磚牆雙面粉刷(基準值)	56.28	0
2.輕質灌漿牆	91.83	-24.45
3.輕隔間牆(矽酸鈣板)	22.33	-33.95
4.12公分RC隔間牆	70.31	14.03
5.清水空心磚牆	9.15	-47.13
6.水泥雙面粉刷空心磚牆	27.25	-29.03

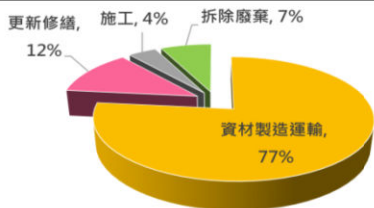
內政部低碳建築標示證書

低碳建築標示證書字號○○○○○○

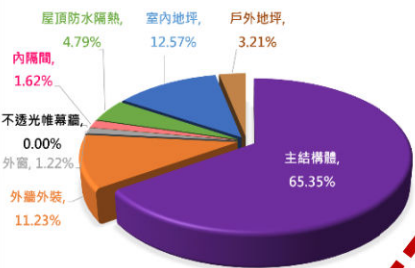


工程名稱			
所在縣市		區、鄉鎮	
申請單位名稱			
地上樓層數(層)		地下樓層數(層)	
地上樓地板面積	(m ²)	地下樓地板面積	(m ²)
總樓地板面積	(m ²)	建築延壽優惠係數 LL	
全生命週期蘊含碳排 TEC	(kgCO ₂)	碳足跡減碳率 CFR	

生命週期碳足跡	生命週期階段	碳足跡 (kgCO ₂)	百分比
	製造運輸階段		
	施工階段		
	更新修繕階段		
	拆除廢棄階段		
	合計		100.0%



分項碳足跡	分項工程	碳足跡 (kgCO ₂)	百分比
	主結構體工程		
	外牆外裝工程		
	外窗工程		
	不透光帷幕外牆工程		
	屋頂防水隔熱工程		
	內隔間工程		
	室內地坪工程		
	戶外地坪工程		
	合計		100.00%



認證等級	<input type="checkbox"/> 1+級 <input type="checkbox"/> 1級 <input type="checkbox"/> 2級 <input type="checkbox"/> 3級 <input type="checkbox"/> 4級 <input type="checkbox"/> 5級 <input type="checkbox"/> 6級 <input type="checkbox"/> 7級
------	--

低碳建築標示證書

全生命週期蘊含碳排量TEC: 4,990,800 kgCO₂
 評估範疇蘊含碳排量EEC: 3,992,640 kgCO₂
 蘊含碳排指標ECI: 415.9 kgCO₂/m²
 碳足跡減碳率CFR: 30.5%

1+

○○○○○○○○ (建築名)
 低碳建築標示證書字號: BEC0001

碳揭露、實質減碳證明

ESG

ENVIRONMENT SOCIAL GOVERNANCE

低碳工法、低碳循環建材的優惠評估

$$\text{設計案EEC} = \frac{((CF_{um} + CF_{rm} + CF_c + CF_{dw}))}{\text{設計案總碳排量}}$$

$$- \left(\sum RM_k \times R_k + \sum LCR_k \times L_k + \sum LCC_m \right)$$

舊建材再利用減碳量 (減碳優惠計算一)

低碳循環建材減碳量 (減碳優惠計算二)

低碳工法減碳量 (減碳優惠計算三)



低碳循環建材認證
減碳額度

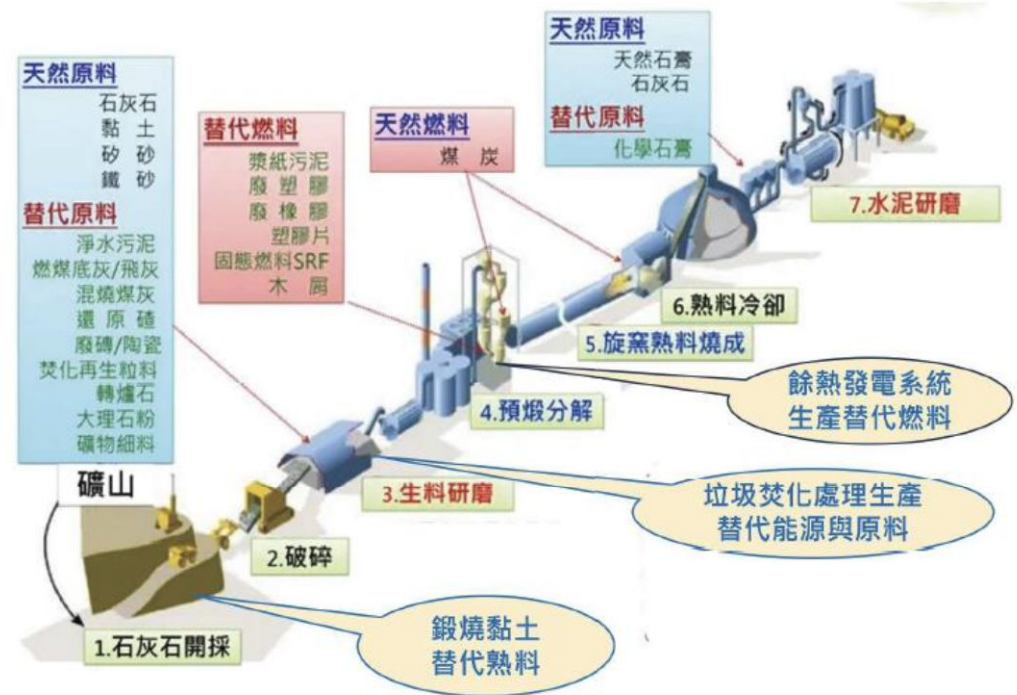
低碳工法認證
減碳額度



低碳工法、低碳循環建材的認證方法



金屬模板有減碳2.5%的潛力



低碳循環建材有減碳6~12%的潛力

低碳混凝土是低碳建築設計的熱點



飛灰



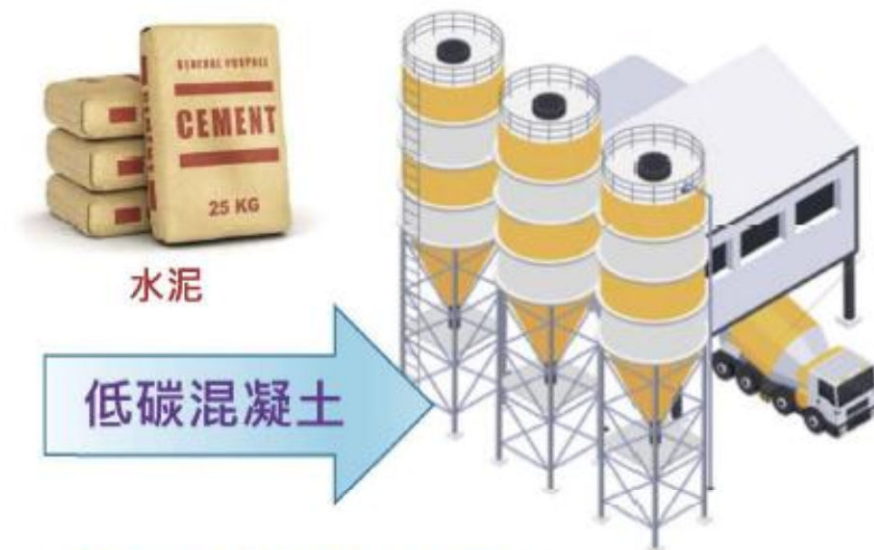
稻殼



水淬高爐爐石粉



骨材



低碳混凝土減碳率LCCR
= 1.0 - 水泥強度效益倍數CSER × 0.05

即將改變建築生態的低碳建築認證

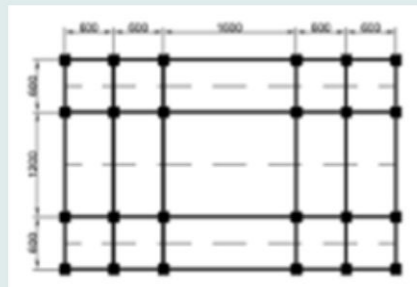
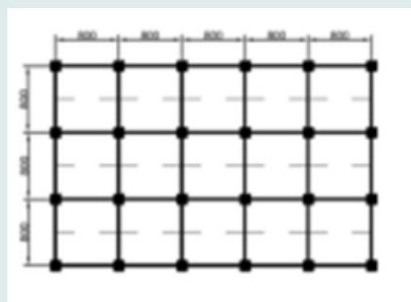
低碳建築更省錢的證據

1. 均勻跨距設計既省錢，又可減碳10~12%
2. 使用低碳混凝土既省錢，又可減碳7%
3. 舊建材、舊構件既省錢，又可免計算碳排
4. 低碳工法省工、省錢又有減碳優惠
5. 低碳循環建材可減碳，且提升產業創新

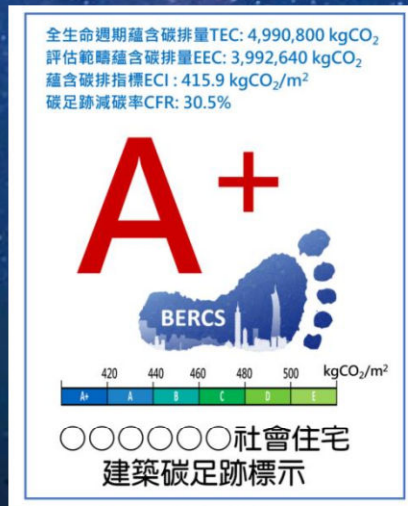


低碳混凝土使用爐石粉、飛灰、稻殼，價格更便宜

均勻結構可省下大量鋼筋水泥與建造成本



淨零建築的兩把鑰匙



謝謝觀賞