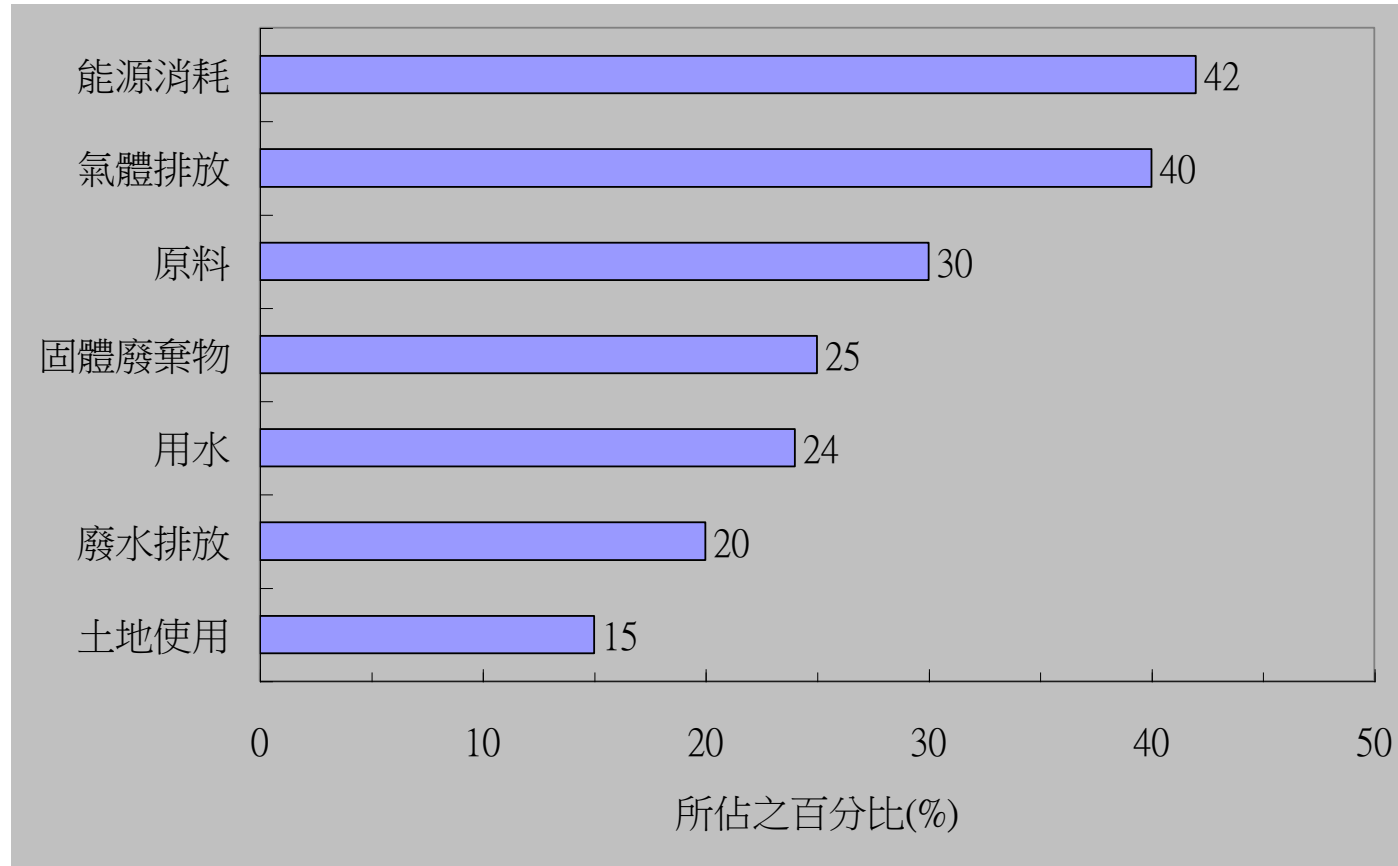


營建新思維：土木工程為一極消耗資源及高環境負荷之行為



營建工程對環境之衝擊 (US EPA, 2001)

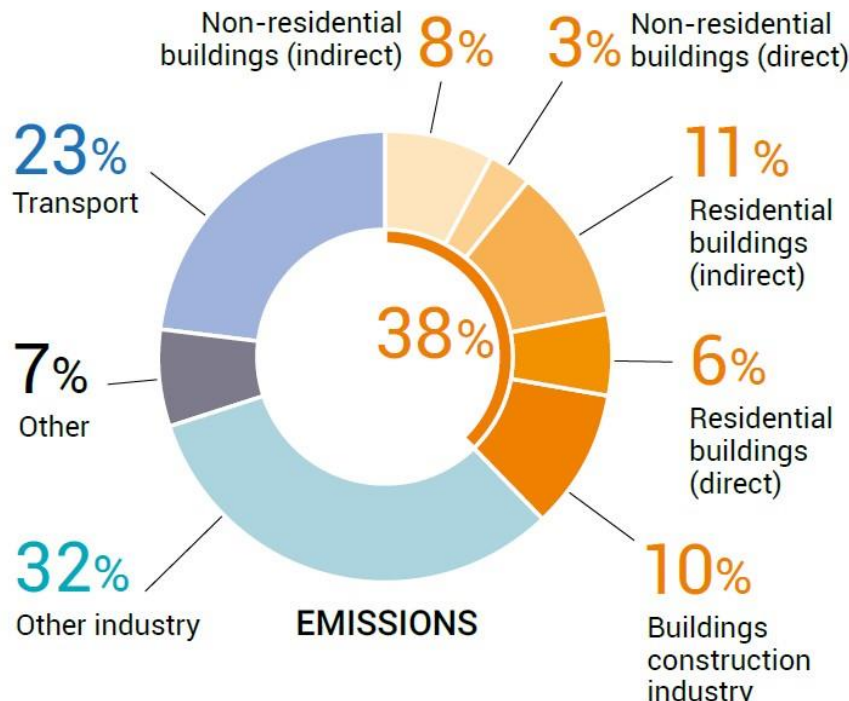
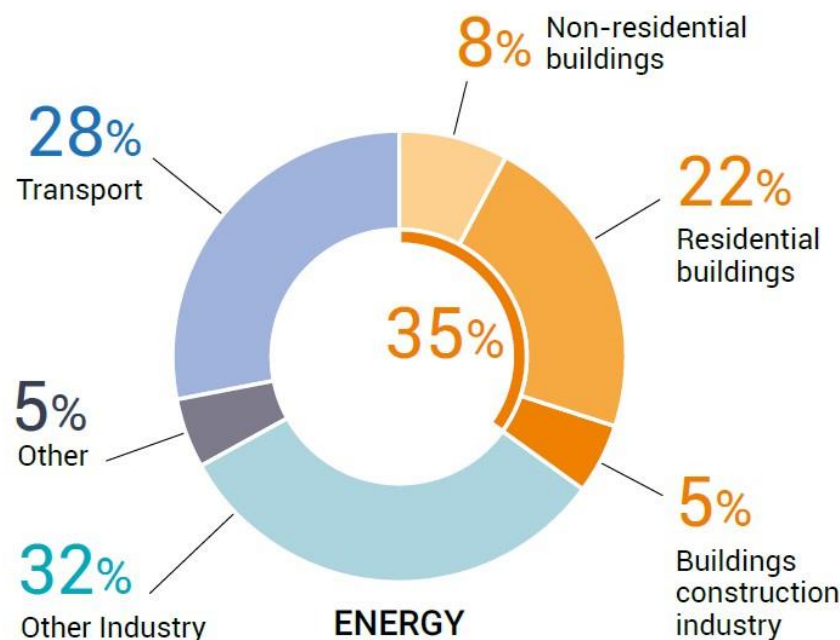
以下資料引用台大土木系呂良正教授所提供者，特此致謝

國際建築部門邁向2050年淨零碳排之策略研析

- 2019 年全球建築部門的最終能源消耗約占全球能源消費總量的35%，其中住宅用能源約22%，非住宅用能源占8%，建築施工占5% (左圖)。

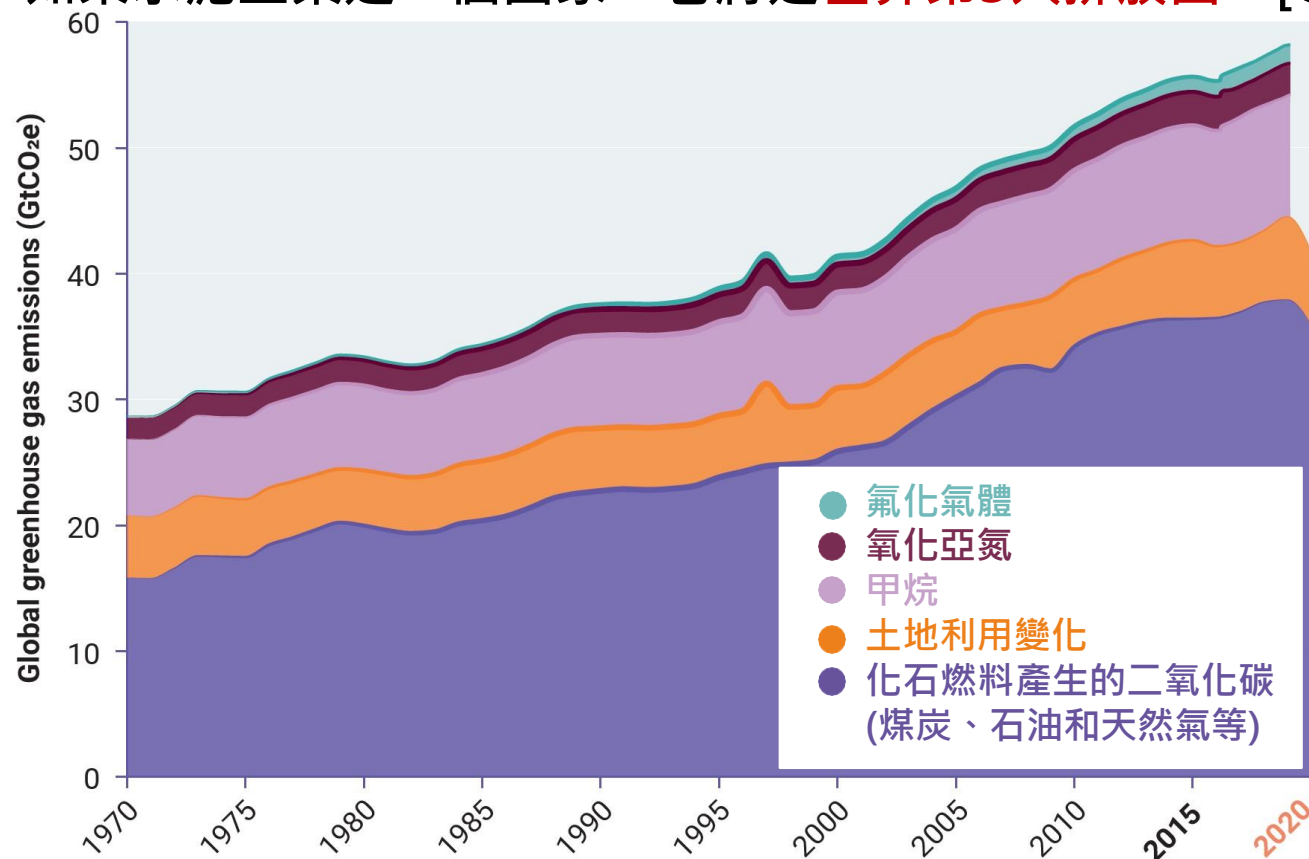
- 建築部門碳排放方面，建築部門占全球能源相關二氧化碳排放總量的38%(1351百萬噸CO₂)，包括住宅排放17%(直接6%、間接11%)、非住宅11%(直接3%、間接11%)及建築施工10% (右圖)。

Global share of buildings and construction final energy and emissions, 2019

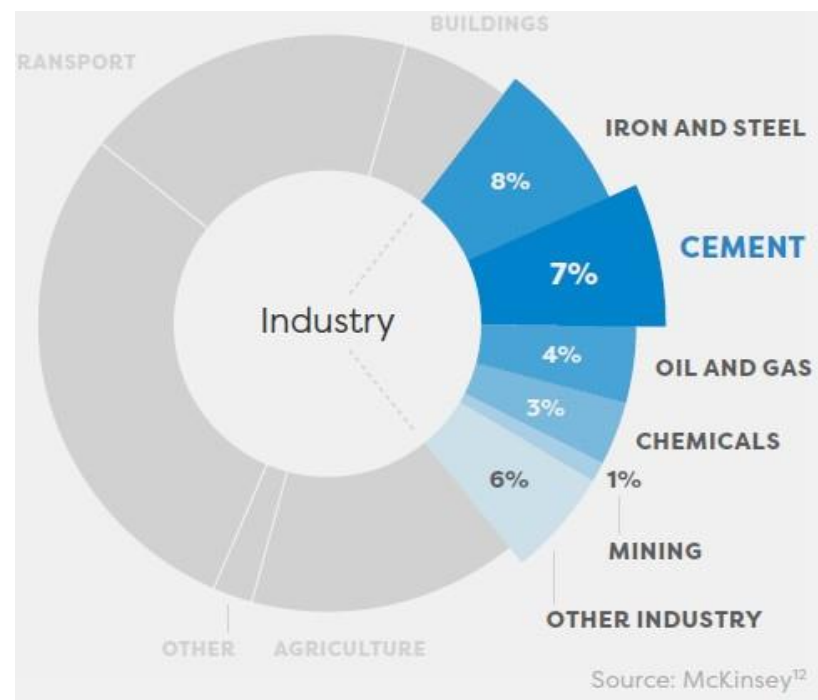


溫室氣體逐年上升

- 根據聯合國環境規劃署排放差距2021年報告，2019年達到591億噸二氧化碳當量，再創歷史新高。
- 溫室氣體排放總量占主導地位的是化石燃料(Fossil Fuel)產生的二氧化碳排放，約350~360億噸。
- 水泥生產是全球二氧化碳排放的主要來源，約佔總量7%。
- 如果水泥工業是一個國家，它將是世界第3大排放國。[CarbonBrief]



[2021年聯合國環境規劃署排放差距報告]



[McKinsey]

全球暖化潛勢 (Global warming potential , GWP)

GWP(100) (AR4, AR5, AR6) 比較

聯合國政府間氣候變遷專門委員會

(Intergovernmental Panel on

Climate Change, IPCC) 所公布氣候變遷第六次評估報告(AR6)。

將**二氧化碳GWP定為1**，以其為基準比較各個溫室氣體一段時間 (**常使用100年**) 內對地表增溫的效果。

如右表，**甲烷 (CH₄) 的百年GWP(100) 是27.9**，亦即以100年為比較時間，甲烷對全球的增溫效果是二氧化碳的**27.9倍** [1]。如右表分為**七大類，共83項次**[2]。

[1]IPCC 6th Assessment Report (AR6) · 2021

[2] 環保署溫室氣體排放係數管理表6.0.4版，2019

<https://ghgregistry.epa.gov.tw/Tool/tools.aspx?Type=12>

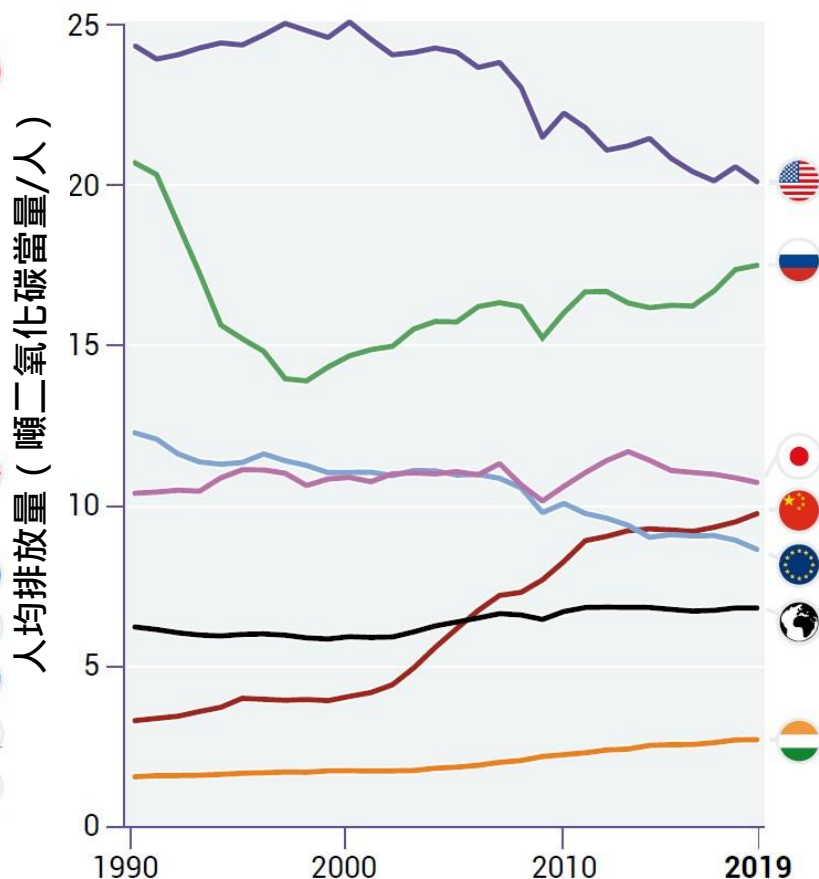
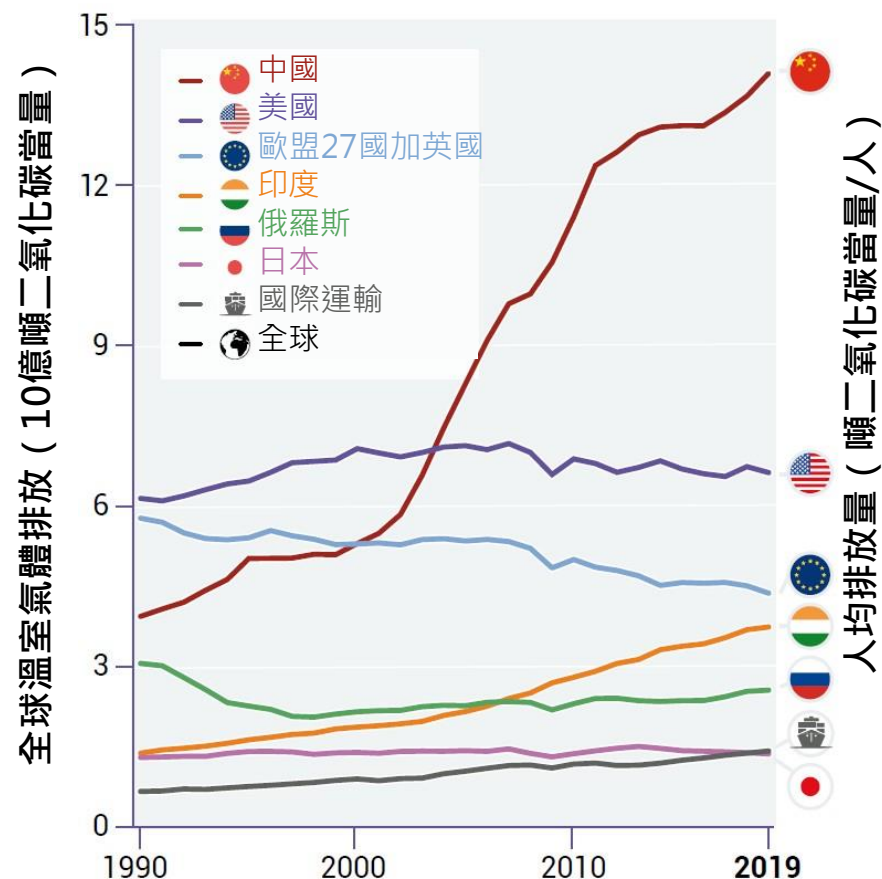
註 1: 環保署[2]已增列AR5，但2016年後盤查一般仍採AR4

註 2: 目前 ISO 碳盤查採AR5/AR6

項次	類別	GWP(100)		
		AR4(2007)	AR5(2014)	AR6(2021)
1.	CO ₂ · 二氧化碳	1	1	1
2.	CH ₄ · 甲烷	25	28	27.9
3.	N ₂ O · 氧化亞氮	298	265	273
4.	HFCs, 氫氟碳化物			
4-1	HFC-23/R-23三氟甲烷，CHF ₃	14,800	12,400	14,600
	.			
4-19	HFC-43-10mee十氟戊烷	1,640	1,650	1,600
5	HCFCs, 氫氟氯碳化物			
5-1	CH ₃ CCl ₃	146	160	161
	.			
5-4	CHCl ₃	31	16	21
6	Fully Fluorinated Species氟化物			
6-1	NF ₃ · 三氟化氮	17,200	16,100	17,400
	.			
6-10	PFCs · 全氟己烷	9,300	7,910	8,620
7	SF ₆ 混合冷媒			
7-1	R-401A	1,182	1,130	1,263
	.			
7-50	R-509A	5741	5,758	6065

世界各國碳排放趨勢

2019年全球人均排放量約7.7 噸 CO₂-e



■ 在過去10年，排名前4位的排放國（中國、美國、歐盟27國加英國、印度）溫室氣體總排放量占全球55%。

■ 若再納入排名5~7位的排放國（俄羅斯、日本和國際運輸）排放總量則占全球65%。

■ 其中二十大工業國(G20)的排放量占78%。

溫室氣體排放量及人均排放量與全球平均水準

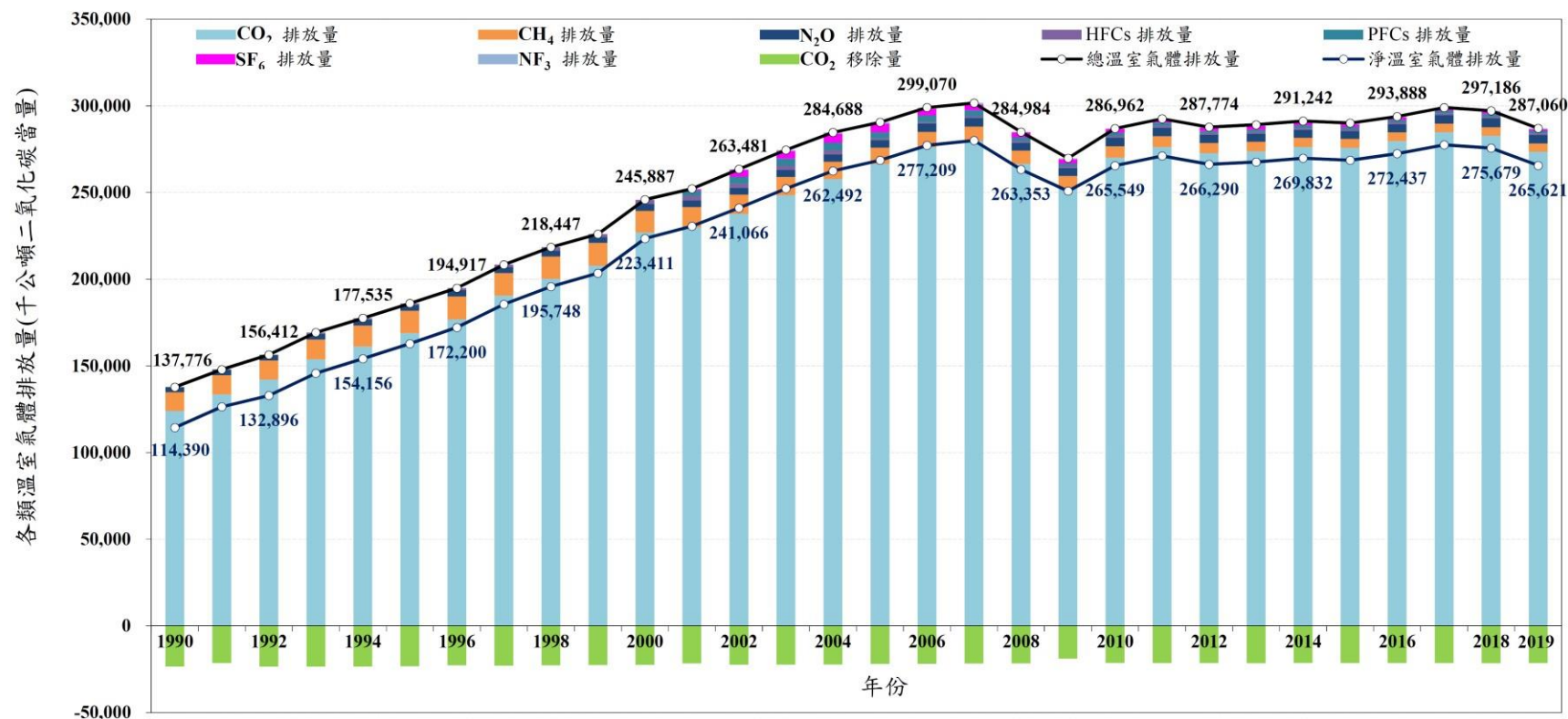
[2020年聯合國環境規劃署排放差距報告]

台灣溫室氣體排放比例 2019年人均排放量約12噸 CO_{2-e} ；約33公斤/天

根據中華民國國家溫室氣體排放清冊報告2021年版，統計2019年溫室氣體二氧化碳占比95.27%(下表)，1990~2019年各類溫室氣體趨勢如下圖

臺灣2019年各類溫室氣體排放量比例

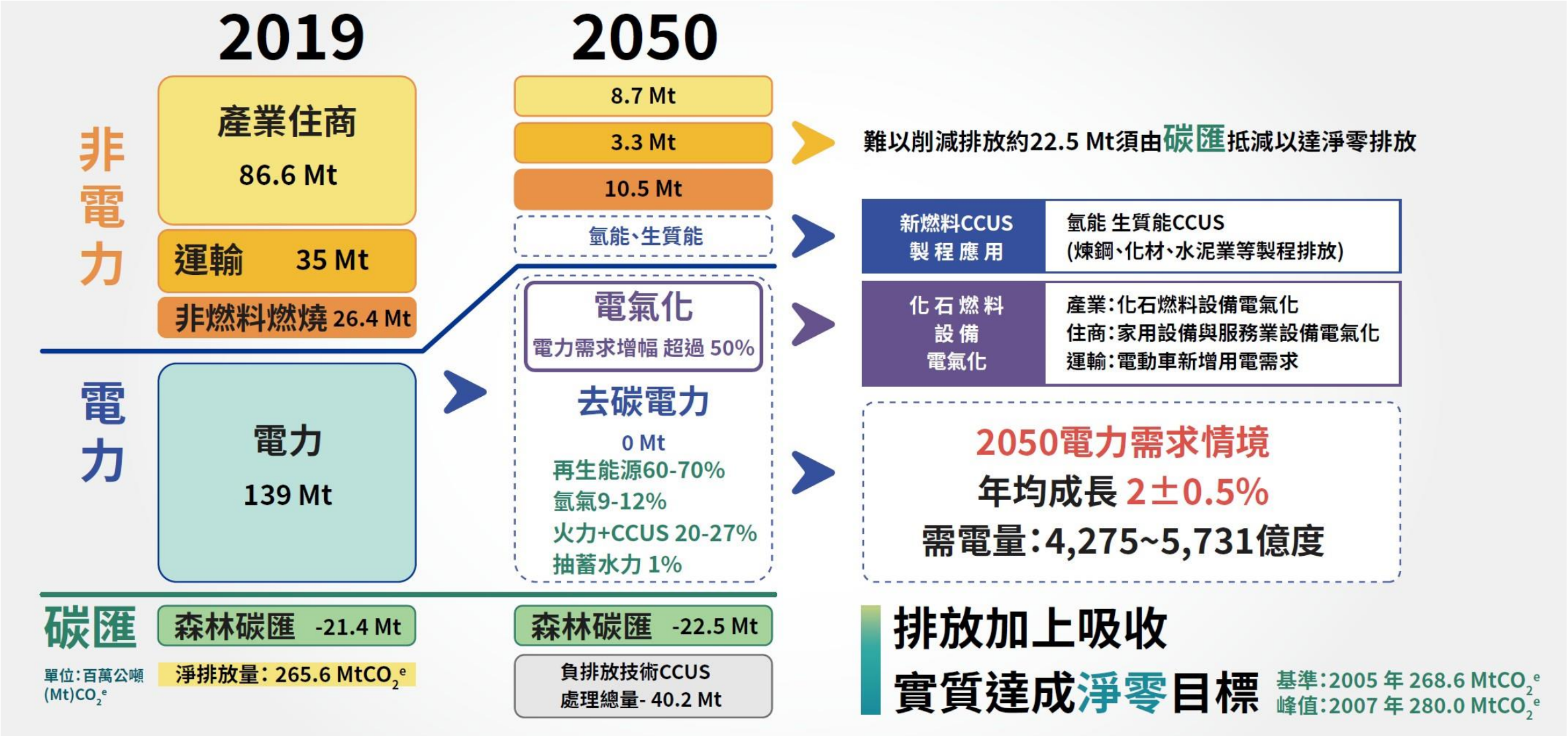
類別	比例(%)
CO ₂ ，二氧化碳	95.27
CH ₄ ，甲烷	1.67
N ₂ O，氧化亞氮	1.71
其他	1.34



[中華民國國家溫室氣體排放清冊報告2021年版
https://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/tw_nir_2021.php]

臺灣1990 至2019 年各類溫室氣體排放量和移除量趨勢圖

台灣2050淨零排放規劃



什麼是淨零排放(Net Zero Emissions): 減碳增匯 (減排才是根本)

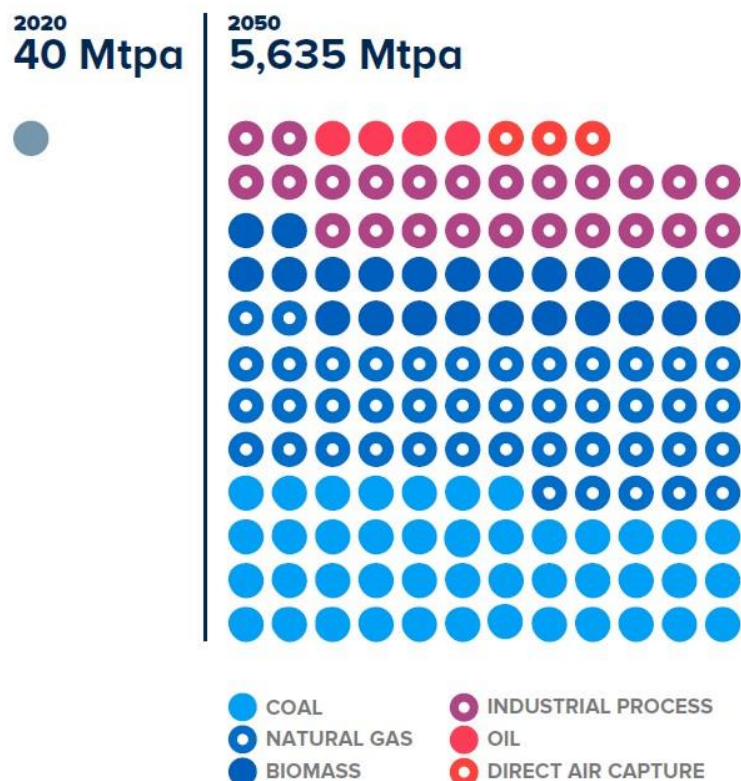
零排放不是不排放，而是努力讓人為造成的溫室氣體排放極小化，再用負碳技術、森林碳匯等方法抵消，達到淨零排放。

如何達到淨零排放



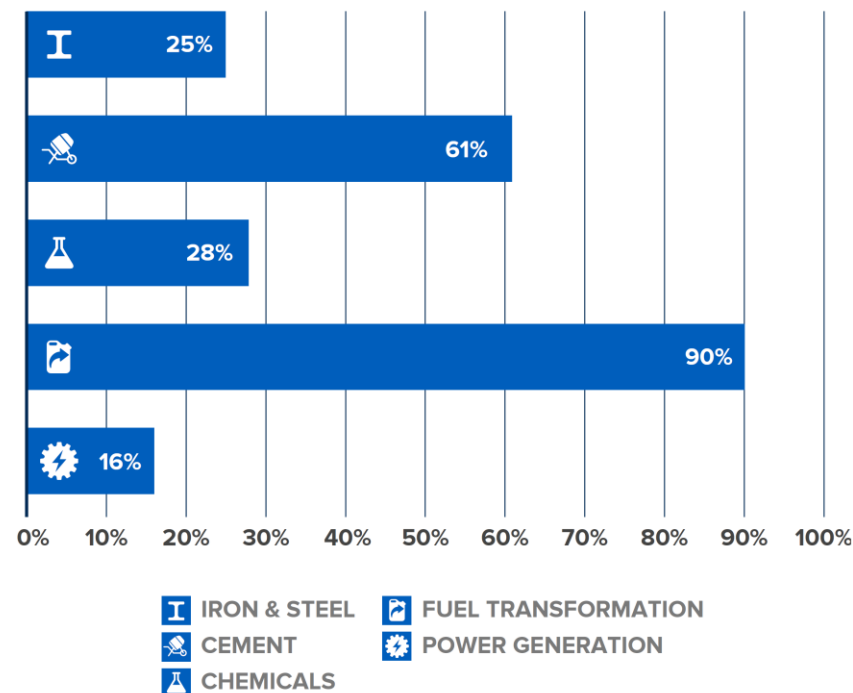
碳捕獲、再利用及封存技術應用

全球應用碳捕獲、再利用及封存 (Carbon Capture Utilisation and Storage, CCUS) 技術捕獲的CO₂數量將從每年約40Mt增加到2050年的5.6Gt。



根據Global CCS Institute預估，至2070年CCUS技術在各行業對二氧化碳減排的貢獻：

- 鋼鐵產業占25%、
- 水泥產業占61%、
- 化工產業占28%、
- 燃料轉化產業占90%、
- 電力產業占16%。

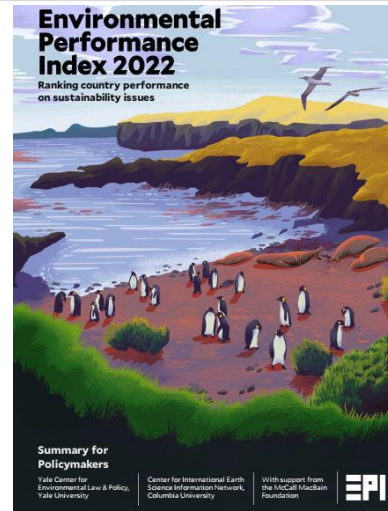


Environmental Performance Index 2022

Ranking country performance on sustainability issues

Yale Center for Environmental Law & Policy, Yale University

Center for International Earth Science Information Network, Columbia University



1	Denmark	77.9	1
2	United Kingdom	77.7	2
3	Finland	76.5	3
4	Malta	75.2	4
5	Sweden	72.7	5

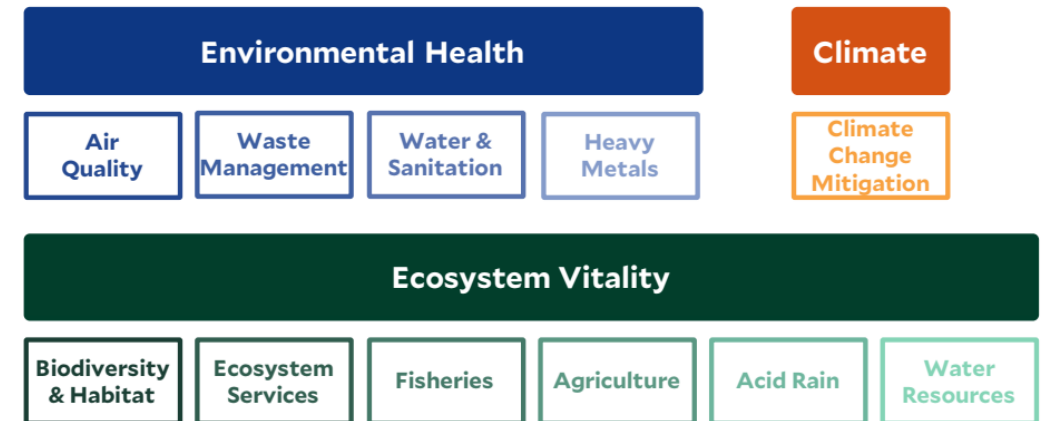
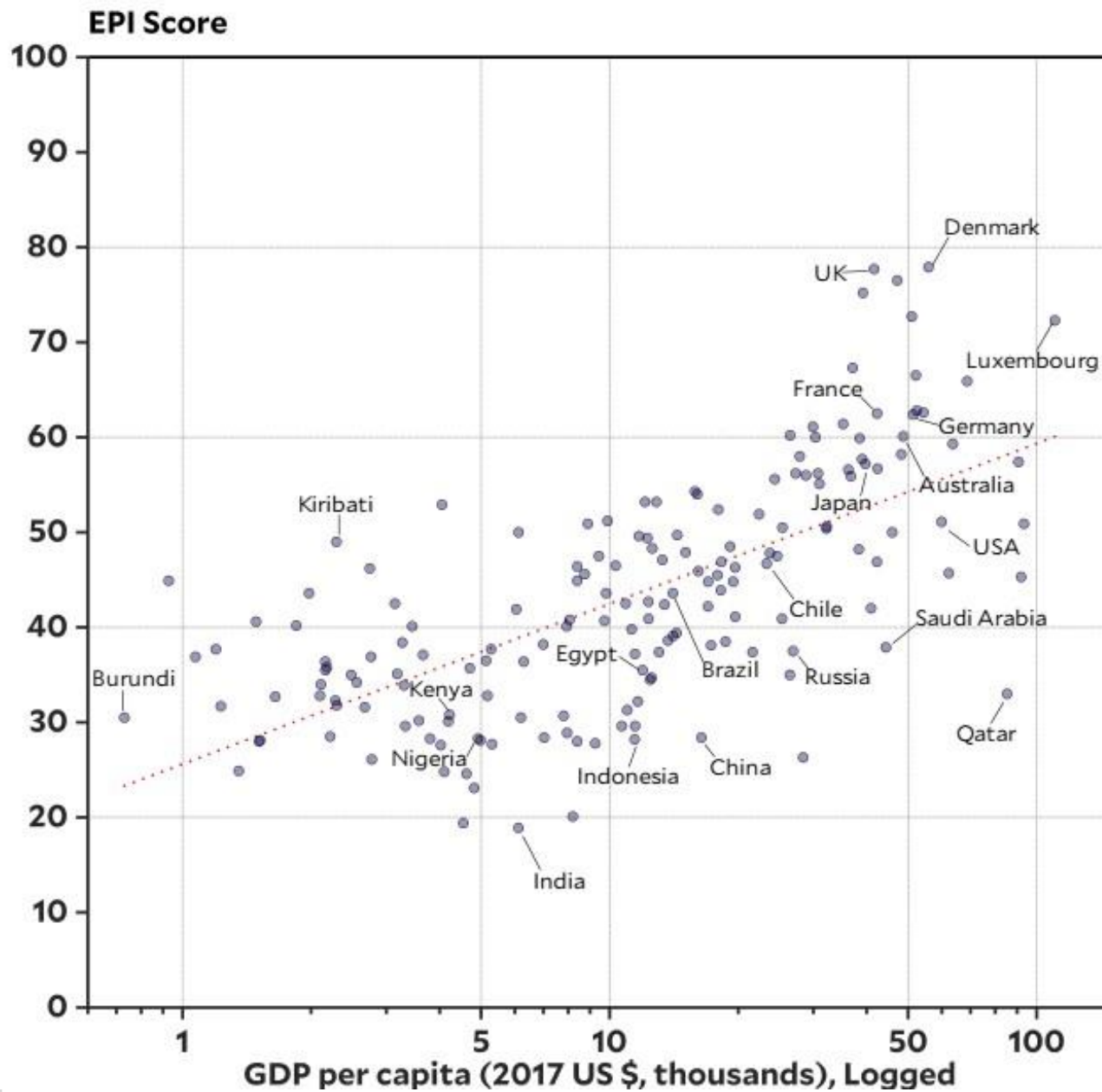
74	Taiwan	45.3	6
----	--------	------	---

176	Pakistan	24.6	6
177	Bangladesh	23.1	7
178	Viet Nam	20.1	24
179	Myanmar	19.4	25
180	India	18.9	8

RANK	COUNTRY	SCORE	REG	RANK	COUNTRY	SCORE	REG	RANK	COUNTRY	SCORE	REG
1	Denmark	77.9	1	60	Djibouti	47.5	6	121	Honduras	36.5	30
2	United Kingdom	77.7	2	62	Albania	47.1	15	122	Gambia	36.4	21
3	Finland	76.5	3	63	Montenegro	46.9	16	122	Samoa	36.4	11
4	Malta	75.2	4	63	South Korea	46.9	4	124	Marshall Islands	36.2	12
5	Sweden	72.7	5	65	Chile	46.7	12	125	Uganda	35.8	22
6	Luxembourg	72.3	6	66	Ecuador	46.5	13	126	Kyrgyzstan	35.7	12
7	Slovenia	67.3	1	67	Venezuela	46.4	14	127	Burkina Faso	35.5	23
8	Austria	66.5	7	68	Costa Rica	46.3	15	127	Egypt	35.5	8
9	Switzerland	65.9	8	69	Zimbabwe	46.2	7	129	Timor-Leste	35.1	13
10	Iceland	62.8	9	70	Suriname	45.9	16	130	Malaysia	35.0	14
11	Netherlands	62.6	10	71	Brunei Darussalam	45.7	5	130	Solomon Islands	35.0	14
12	France	62.5	11	72	Jamaica	45.6	17	132	Sri Lanka	34.7	4
13	Germany	62.4	12	73	Mexico	45.5	18	133	Iran	34.5	9
14	Estonia	61.4	2	74	Taiwan	45.3	6	134	Tanzania	34.2	24
15	Latvia	61.1	3	75	Central African Republic	44.9	8	135	Togo	34.0	25
16	Croatia	60.2	4	75	Eswatini	44.9	8	136	Senegal	33.9	26
17	Australia	60.1	13	77	Equatorial Guinea	44.8	10	137	Qatar	33.0	10
18	Slovakia	60.0	5	77	Mauritius	44.8	10	138	Côte d'Ivoire	32.8	27
19	Czech Republic	59.9	6	79	Serbia	43.9	17	138	Rwanda	32.8	27
20	Norway	59.3	14	80	Tonga	43.8	7	140	Sierra Leone	32.7	29
21	Belgium	58.2	15	81	Afghanistan	43.6	1	141	Lesotho	32.3	30
22	Cyprus	58.0	7	81	Brazil	43.6	19	142	Lebanon	32.2	11
23	Italy	57.7	16	81	Jordan	43.6	3	143	Ethiopia	31.8	31
24	Ireland	57.4	17	84	Moldova	42.7	4	144	Eritrea	31.7	32
25	Japan	57.2	1	85	Bhutan	42.5	2	144	Mozambique	31.7	32
26	New Zealand	56.7	18	85	Comoros	42.5	12	146	Guinea	31.6	34
27	Spain	56.6	19	87	Colombia	42.4	20	147	Fiji	31.3	16
28	Bahamas	56.2	1	87	Kuwait	42.4	4	148	Kenya	30.8	35
28	Greece	56.2	8	89	Dominican Republic	42.2	21	149	Laos	30.7	17
30	Romania	56.0	9	90	Bahrain	42.0	5	149	Oman	30.7	12
31	Lithuania	55.9	10	91	Cabo Verde	41.9	13	151	Angola	30.5	36
32	Seychelles	55.6	1	92	Argentina	41.1	22	151	Burundi	30.5	36
33	Hungary	55.1	11	93	Kazakhstan	40.9	5	153	Cameroon	30.2	38
34	North Macedonia	54.3	12	93	Paraguay	40.9	23	154	Cambodia	30.1	18
35	Botswana	54.0	2	95	El Salvador	40.8	24	155	Algeria	29.6	13
36	Barbados	53.2	2	96	Tunisia	40.7	6	155	Benin	29.6	39
36	St. Vincent and Grenadines	53.2	2	97	Malawi	40.6	14	155	Mongolia	29.6	19
38	São Tomé and Príncipe	52.9	3	98	Guinea-Bissau	40.2	15	158	Philippines	28.9	20
39	Antigua and Barbuda	52.4	4	99	Bolivia	40.1	25	159	Mali	28.5	40
39	United Arab Emirates	52.4	1	99	Republic of Congo	40.1	16	160	China	28.4	21
41	Bulgaria	51.9	13	101	Peru	39.8	26	160	Morocco	28.4	14
42	Dominica	51.2	5	102	Bosnia and Herzegovina	39.4	18	162	Nepal	28.3	5
43	United States of America	51.1	20	103	Georgia	39.1	6	162	Nigeria	28.3	41
44	Namibia	50.9	4	104	Azerbaijan	38.6	7	164	Indonesia	28.2	22
44	Singapore	50.9	2	105	Guyana	38.5	27	165	Chad	28.1	42
46	Poland	50.6	14	106	Zambia	38.4	17	165	Mauritania	28.1	42
47	Panama	50.5	6	107	Uzbekistan	38.2	8	167	Guatemala	28.0	31
48	Portugal	50.4	21	108	Thailand	38.1	8	167	Madagascar	28.0	44
49	Belize	50.0	7	109	Saudi Arabia	37.9	7	169	Iraq	27.8	15
49	Canada	50.0	22	110	Nicaragua	37.7	28	170	Ghana	27.7	45
51	Gabon	49.7	5	110	Niger	37.7	18	171	Sudan	27.6	16
52	Ukraine	49.6	1	112	Russia	37.5	9	172	Turkey	26.3	19
53	Saint Lucia	49.4	8	113	Maldives	37.4	3	173	Haiti	26.1	32
54	Kiribati	49.0	3	113	Micronesia	37.4	9	174	Liberia	24.9	46
55	Belarus	48.5	2	113	Uruguay	37.4	29	175	Papua New Guinea	24.8	23
56	Armenia	48.3	3	116	South Africa	37.2	19	176	Pakistan	24.6	6
57	Israel	48.2	2	117	Tajikistan	37.1	10	177	Bangladesh	23.1	7
58	Grenada	47.9	9	118	Turkmenistan	37.0	11	178	Viet Nam	20.1	24
59	Trinidad and Tobago	47.8	10	119	Dem. Rep. Congo	36.9	20	179	Myanmar	19.4	25
60	Cuba	47.5	11	119	Vanuatu	36.9	10	180	India	18.9	8

Asia-Pacific Eastern Europe Former Soviet States Global West
Greater Middle East Latin America & Caribbean Southern Asia Sub-Saharan Africa

<https://epi.yale.edu/>



ESG 玩真的嗎？

2022/05/05 遠見ESG文章: 全球6成企業坦承「漂綠」、7成懷疑自家永續進展！

- 全球58%企業高層坦承自家在漂綠；在美國，這數字飆升到 68%
- 全球66%企業高層質疑自家公司的永續努力是否為真
- 全球65%企業高層不知如何做永續轉型；只36%有衡量指標與工具

ESG遠見
永續共好

訂閱

最新文章趨勢新知實踐案例永續創新ESG調查ESG投資永續城市專家觀點專題ESG學堂

首頁 | ESG調查

ESG調查

最新調查：全球6成企業坦承「漂綠」、7成懷疑自家永續進展！

LINE

f

鏈

-T+



全球近6成企業高層承認漂綠，質疑企業永續作為。此為示意圖，flicker by Christopher Glanzl

2022/05/05 | 文 何晨瑋

淨零碳排目標迫在眉睫，企業是否漂綠也成為檢視焦點。最新調查指出，全球近6成企業高層坦承，自家公司存在「漂綠」行為！真相究竟為何？

熱門推薦

1

壽命、充電速度都輸，鋰電池為何40年後逆轉勝？

2

控制升溫1.5°C已不可能，挽救氣候變遷正在崩盤中

3

碳足跡、碳盤查是什麼？淨零要達標必修5大關鍵字

4

碳費最快2024年上路！財部：關注CBAM、評估是否課碳稅

5

全球塑膠污染有解？最新研究：大蠟蛾幼蟲唾液可分解



臺灣2050 淨零轉型

十二項關鍵戰略



2022年 **簽訂合作協議 暨** 8月8日
共同發表永續發展宣言





臺灣營建研究院輔導 營建業邁向淨零碳排



溫室氣體盤查(ISO14064-1)第三方查驗機構

目前環保署刊登共7家，後續已規劃增加「金工中心」、「商檢中心」、「工研院量測中心」等



認證機構名稱及縮寫	許可證號及資格有效期限
艾法諾國際股份有限公司 AFNOR	1.環署溫驗字第 07010 號 2.有效期限至114年12月29日止
香港商英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司 BSI	1.環署溫驗字第 10014 號 2.有效期限至114年07月01日止
台灣衛理國際品保驗證股份有限公司 BV	1.環署溫驗字第 04014 號 2.有效期限至114年10月24日止
立恩威國際驗證股份有限公司 DNV	1.環署溫驗字第 01013 號 2.有效期限至114年08月19日止
英商勞盛股份有限公司台灣分公司 LRQA	1.環署溫驗字第 02011 號 2.有效期限至114年12月16日止
台灣檢驗科技股份有限公司 SGS	1.環署溫驗字第 05014 號 2.有效期限至114年09月07日止
台灣德國萊因技術監護顧問股份有限公司 TUVRh	1.環署溫驗字第 11002 號 2.有效期限至114年04月15日止

碳足跡標籤(ISO14067)第三方查驗機構

環保署產品碳標籤核可查驗機構



香港商英國標準協會太平洋有限公司
台灣分公司



BUREAU
VERITAS

台灣衛理國際品保
驗證股份有限公司



台灣德國萊因技術監護
股份有限公司



台灣檢驗科技股份有限公司

上列4家經TAF認證監督

臺灣營建研究院通過ISO 14064-1
認證
2022年12月

bsi.
Opinion Statement



Greenhouse Gas Emissions
Verification Opinion Statement

This is to verify that: Taiwan Construction Research Institute
11F.
No. 190, Sec. 2, Zhongxing Rd.
Xindian Dist., New Taipei City 231037
Taiwan

財團法人臺灣營建研究院
臺灣
新北市
新店區
中興路二段 190 號
11 樓
231037

Holds Statement No: GHGEV 781474

Verification opinion statement

As a result of carrying out verification procedures in accordance with ISO 14064-3:2006, it is the opinion of BSI with reasonable assurance that:

- The Greenhouse Gas Emissions with Taiwan Construction Research Institute for the period from 2021-01-01 to 2021-12-31 was verified, including direct greenhouse gas emissions 69.1584 tonnes of CO₂ equivalent and indirect greenhouse gas emissions from imported energy 101.2238 tonnes of CO₂ equivalent.
- No material misstatements for the period from 2021-01-01 to 2021-12-31 Greenhouse Gas Emissions calculation were revealed.
- Data quality was considered acceptable in meeting the principles as set out in ISO 14064-1:2018.
- The emission factor for electricity of year 2021 is 0.509 kgCO₂ per kWh.

The verification process was subject to the following limitation(s):
The organization had determined significant indirect GHG emissions in accordance with its own pre-determined criteria in the year of 2021, however, only direct GHG emissions and indirect GHG emissions from imported energy are included in the scope of verification.

For and on behalf of BSI:

Managing Director BSI Taiwan, Peter Pu

Originally Issue: 2022-12-14

Latest Issue: 2022-12-14

Page: 1 of 3

...making excellence a habit.™

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.
Taiwan Headquarters: 2nd Floor, No. 37, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.
BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: GHGEV 781474

The total emissions were verified in selected branches and representative offices, including but not limited to the following:

Location	Verification Information
Taiwan Construction Research Institute 11F. No. 190, Sec. 2, Zhongxing Rd. Xindian Dist., New Taipei City 231037 Taiwan 財團法人臺灣營建研究院 臺灣 新北市 新店區 中興路二段 190 號 11 樓 231037	The Greenhouse Gas Emissions with Taiwan Construction Research Institute for the period from 2021-01-01 to 2021-12-31 was verified, including direct greenhouse gas emissions 69.1584 tonnes of CO ₂ equivalent and indirect greenhouse gas emissions from imported energy 101.2238 tonnes of CO ₂ equivalent.

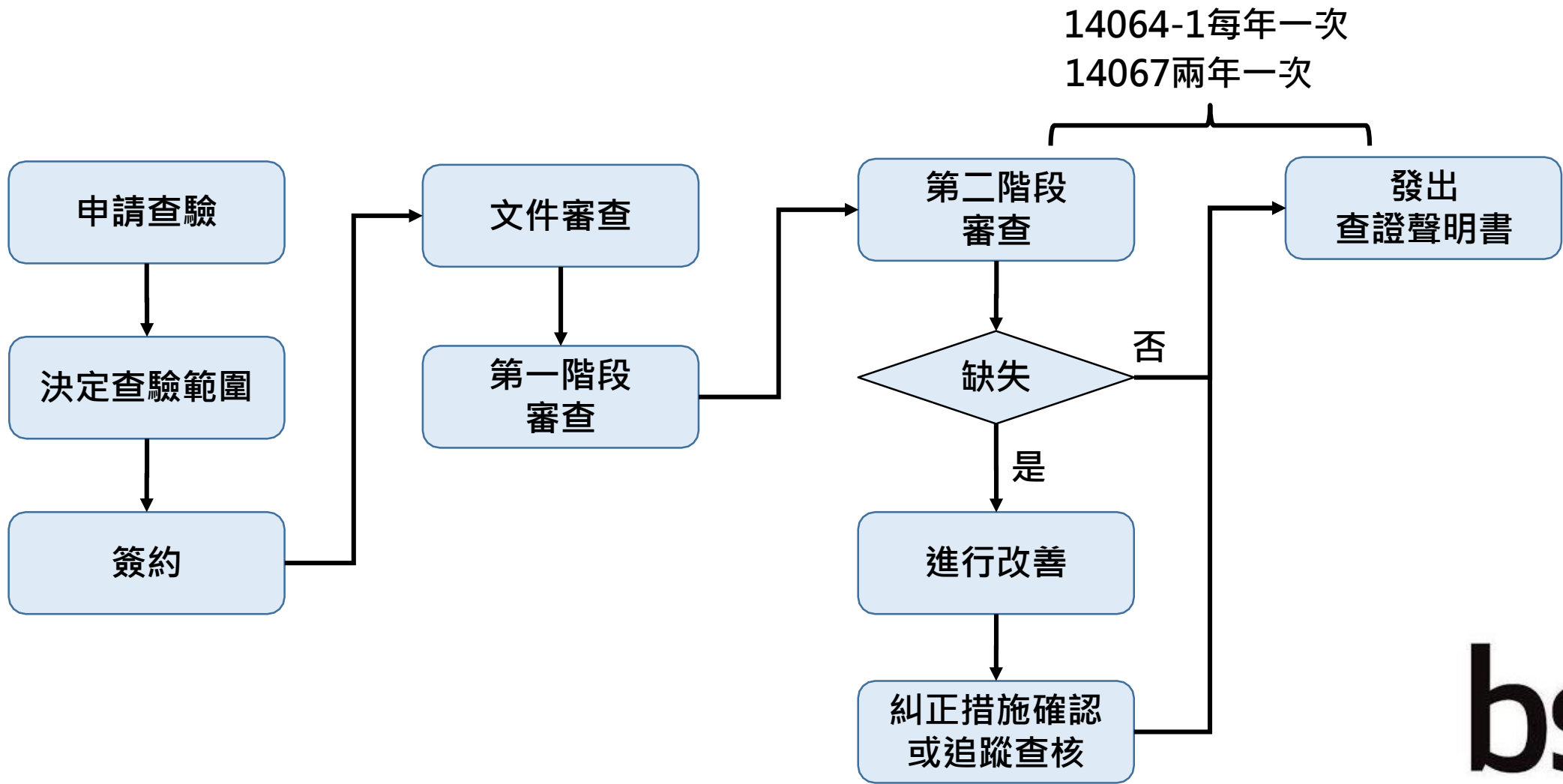
Originally Issue: 2022-12-14

Latest Issue: 2022-12-14

Page: 3 of 3

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.
Taiwan Headquarters: 2nd Floor, No. 37, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.
BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

ISO查證機制 ISO14064-1、ISO14067查證流程



ISO認證流程圖

營建業面臨ISO認證之困難?

ISO查證單位以製造業標準要求營建業，造成落差

提出申請

困難點!

認證問題點

營造產業物料龐大
項目眾多難以進行溫室氣體的盤查
上下游廠商難以配合
產業控制範圍難以界定
建材設備的碳係數資料庫 不完整
較少 營造產業實際碳排計算的 實例
其他問題



查證



營建業不了解ISO碳盤查專業術語與需注意事項

臺灣營建研究院輔導實績: 麗明營造

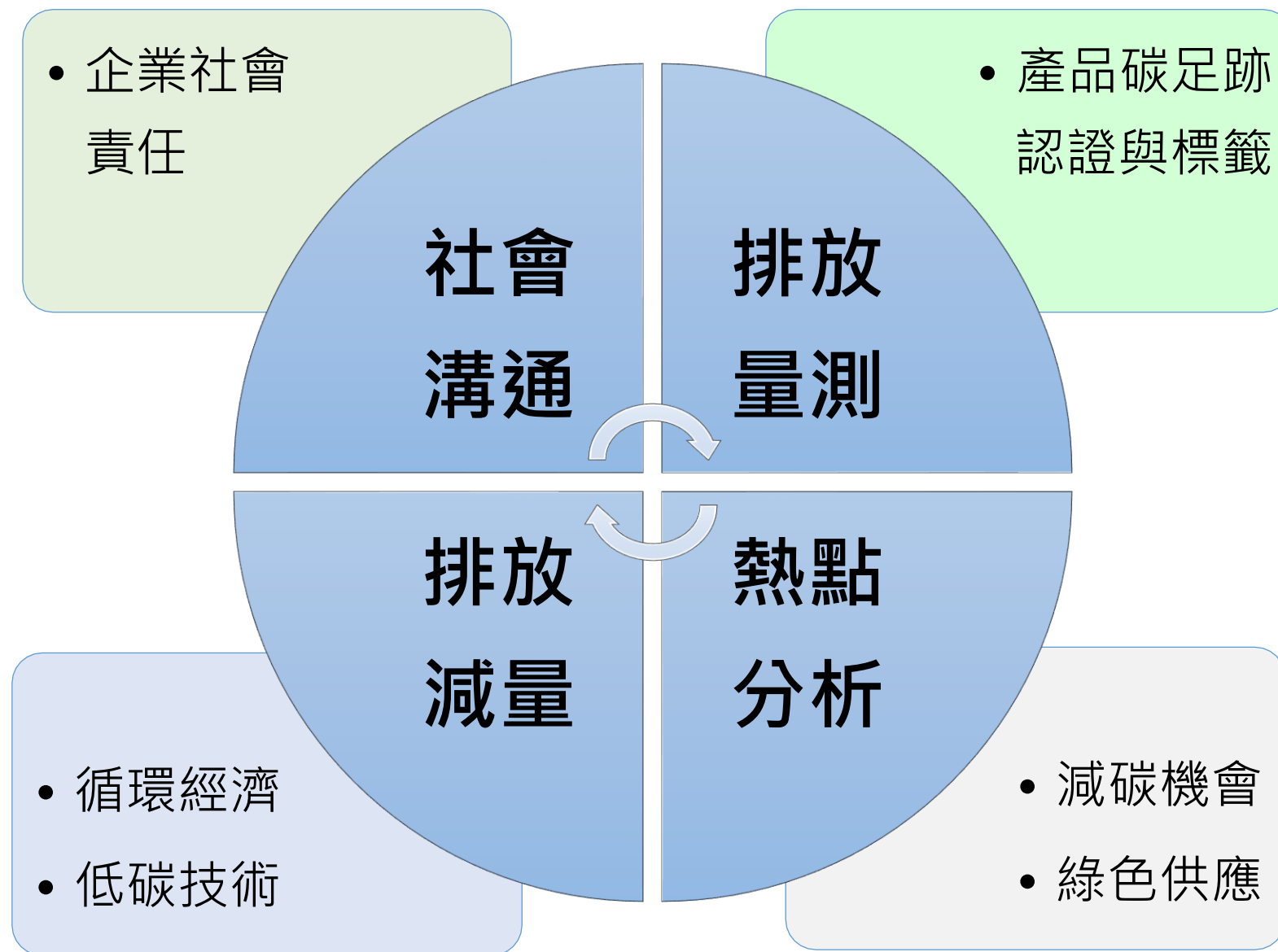
2022年12月15日取得
ISO14064-1溫室氣體盤查證書
(麗明總部)



2023年8月取得
ISO14067產品碳足跡證書
(四季仁美幼稚園)



溫室氣體盤查與碳足跡計算效益

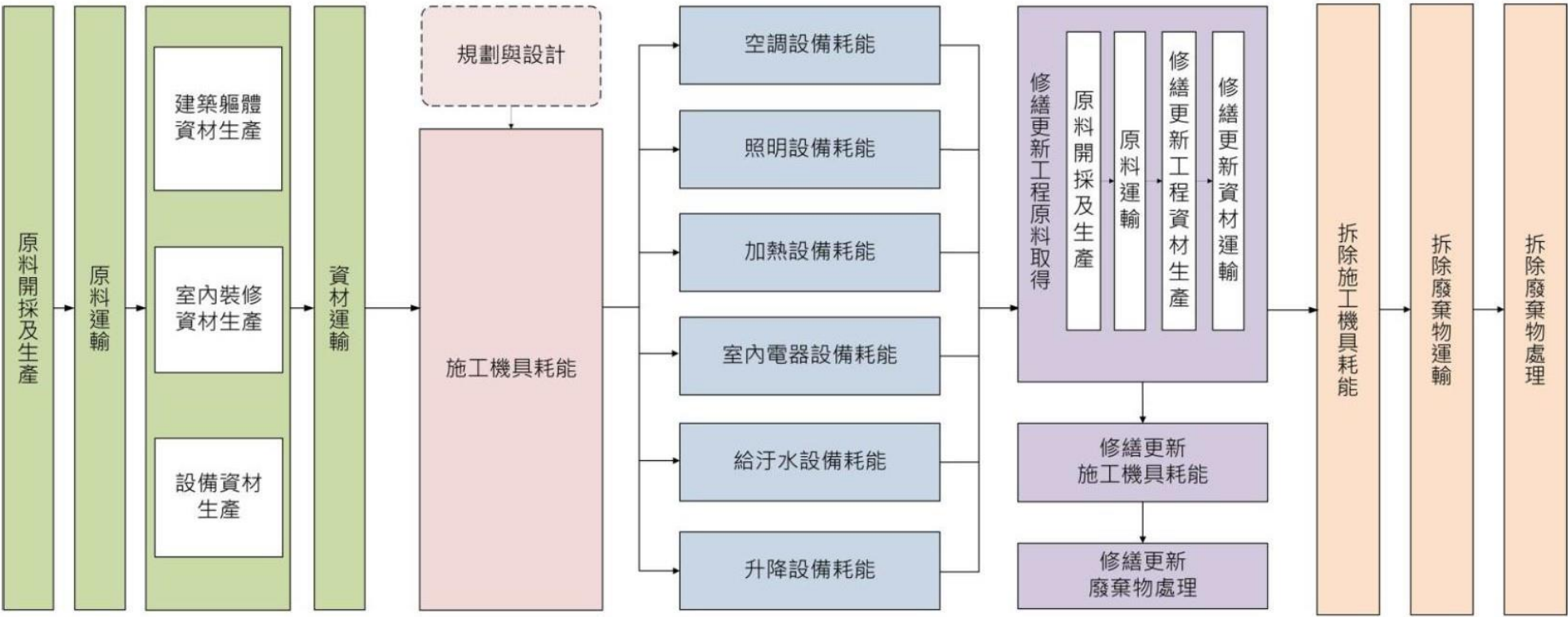


建立系統邊界(參考PCR)

B2B 營造廠(如麗明)僅考量到完工交屋

依照申請單位查證需求，證書可加註範圍

B2C (未來社宅工程案)可計算完整生命週期



功能單位：每平方公尺室內樓地板面積-每年在建築物標準生命週期營運下之碳足跡。
(建築物標準生命週期：鋼筋混凝土、鋼骨及鋼骨鋼筋混凝土構造為60年，輕鋼構為48年，木構造及鐵厝為30年)

← 新建工程原料取得階段 → 營造施工階段 → 建築使用階段 → 修繕更新階段 → 拆除廢棄階段 →

計算碳足跡

$$\sum \text{活動數據} \times \text{排放係數} = \text{碳足跡}$$

- 單據(能源使用相關)需保留作為佐證，計算一級活動數據。
- 能源使用紀錄需可拆解分配到不同工項。
- 追源(上游或供應商)，至少10%以上碳排要一級數據等級。

原則:10%以上碳排放比例，碳盤查要一級數據等級。

但過程中查驗機構仍會要求更嚴格。

市面可參考營建碳排係數資料

市面上國內外公開營建碳排資料庫(右圖)，
國際：

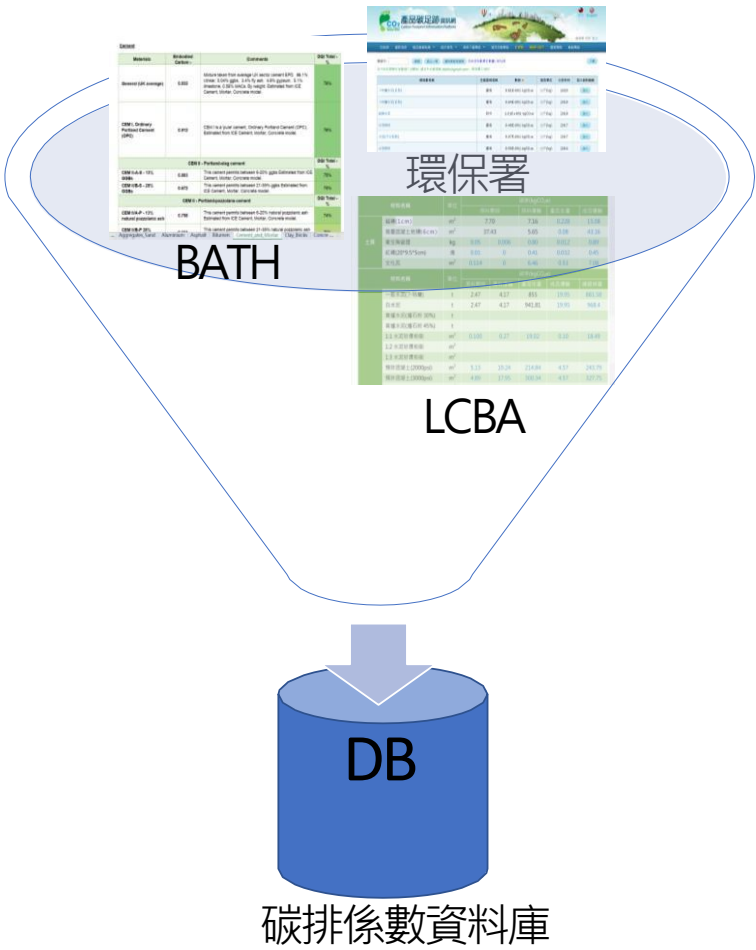
- ICE3.0 (BATH)

國內：

- 產品碳足跡資訊網(環保署)、
- LCBA碳排資料庫(低碳建築聯盟)、
- 建築產業碳足跡服務平台(內政部).....等

如無文獻或資料庫可引用，則根據已公開細項
組合為較具公信力之碳排係數。

- 工研院DoITPro



碳排係數資料示意圖

資料庫排放係數比較(水泥):

以卜特蘭水泥(I型)為例，各家資料庫的排放係數
約**0.881~1 kgCO₂e / kg**

資料庫	組織單位	kgCO ₂ e / kg
ICE v3.0	BATH	0.912
產品碳足跡資訊網	環保署	0.907
LCBA碳排資料庫	低碳建築聯盟	0.881
建築產業碳足跡服務平台	內政部	0.881
環保署碳標章2020	台泥(蘇澳廠)	0.9
環保署碳標章2020	台泥(和平廠)	1

資料庫排放係數比較(鋼胚):

以鋼胚(高爐及電弧爐)為例，各家資料庫的排放係數
鋼胚(高爐)約2.27~2.376 kgCO₂e / kg；鋼胚(電弧爐)約0.383~0.678kgCO₂e / kg

鋼胚(高爐及電弧爐)

產品	資料庫	單位	kgCO ₂ e / kg
鋼胚(高爐)	產品碳足跡資訊網	環保署	2.27
	建築產業碳足跡服務平台	內政部	2.27
	中鋼2020CSR	中鋼	2.376
鋼胚(電弧爐)	產品碳足跡資訊網	環保署	0.678
	建築產業碳足跡服務平台	內政部	0.639
	東和鋼鐵2020CSR(桃園廠)	東和鋼鐵	0.383
	東和鋼鐵2020CSR(苗栗廠)		0.447

工地準備作業

工地應提早準備的人力或廠商資源

案例資料收集:

收集案例之基本資料（工地位置、圖說、工料分析表）等資訊，並針對兩大主題進行資料收集與記錄:

1.物料項目

- 各工項須包括使用材料、供應商、材料重量或體積、工期、分包費用。
- 圖說資料(設計圖、施工圖)。

2.能源燃料

- 工地現場(含機具車輛)每月用電與用油紀錄(並檢附單據影本或掃描檔)。

電力排放係數比較:

臺灣與世界各國電力碳排放量比較如下表:
各國電力排放係數

資料庫		單位	kgCO2eq/kWh
臺灣	產品碳足跡資訊網(108年度)	環保署	0.601
	建築產業碳足跡服務平台	內政部	未收錄
	台電(能源局110年9月公布之109年度電力排放係數)	台電	0.502
韓國	Electricitymap 2022[1](政策:不延不建，逐步脫核)		0.478
法國	Electricitymap 2022[1](核能占比超過8成)		0.104
日本	Electricitymap 2022[1](政策:暫時關閉核電廠)		0.538
挪威	Electricitymap 2022[1](天然水力資源)		0.032
歐盟	歐盟2017平均值 [2]		0.34

[1] <https://app.electricitymap.org/map> [2] 今周刊2020，我們與低碳的距離

不同電力來源排放係數，造成各國排放係數差異：

燃燒類的發電類型碳排放量大於其他類型。

能源類別	kgCO2eq/kWh
煤炭	0.820
天然氣	0.490
生質能	0.230
地熱能	0.038
水力	0.024
核能	0.012
太陽能(公用事業規模)	0.048
風力 (陸域/海域)	0.011

不同電力來源碳排係數比較:

燃燒類的發電類型碳排放量大於其他類型。

能源類別	kgCO2eq/kWh
煤炭	0.820
天然氣	0.490
生質能	0.230
地熱能	0.038
水力	0.024
核能	0.012
太陽能(公用事業規模)	0.048
風力 (陸域/海域)	0.011



生質能應用

生質料源可經由不同的生產流程獲得不同型態的生質燃料。

可直接應用在化石燃料系統中，並與其他再生能源搭配應用，提供穩定的電力輸出。



循環及淨零建築案例



循環建築 案例 1

Quay Quarter Tower 雪梨港大樓



QUAY QUARTER TOWER (剛完工)

- 工址：澳洲雪梨 50 Bridge Street
- 業主：AMP Capital
- 建築師：3XN/BVN
- 利用既有舊建築(1970年至今)改建成50層樓、200公尺高之新建築，提供97,000平方公尺之使用面積。
- 保留舊建築中65%的梁、柱、版結構及98%之結構牆，舊建材佔新建築總體材料之50%。
- 採用鋼管填充混凝土之複合構件，強化結構系統的橫向穩定性。
- 建築外型為5個疊層，每個疊層面海側設計不同角度，創造出環視雪梨港的效果。
- 每個疊層採用垂直式村莊的概念設計，創造每個疊層內部的互動機會。



50%





Quay Quarter Tower Wins
2022 International Highrise
Award

循環建築 案例 2

New HQ for Alliander in Duiven





Alliander HQ 基本資料

工址：荷蘭德伊芬 業主：Alliander 建築師：RAU

RAU尊重原有大樓並設計將其融入新的規劃中，總計共保留高達83%的舊有建築物，再藉由大屋頂覆蓋、連接這些既有和新建建築，以創造了「中空」的中庭空間，不但提供了光線充足的公共社交空間和環境，供員工和客戶能在此聚會使用。

巨型大屋頂係與雲霄飛車結構設計公司合作所規劃，因此所產生的結構體比傳統建築結構設計輕30%，使用的材料亦減少了35%，並且該屋頂可以在建築物使用壽命結束時進行拆卸再使用。





Alliander HQ

該建案亦大量再利用一些低階廢棄之木材作為既有大樓立面的隔熱層，使舊建築之熱量損失率降低以減少能源之需求。另外這些作為新「表層」的木材在巨型屋頂下之中庭環境中，將可以因良好通風與控制的溫溼度，而增強材料的耐候性。

一些舊建築拆除的混凝土、鋼結構、天花板、及洗手間，皆設計於現地再使用於新傢俱或擴建結構中。

在再生能源部分，本案不但設計使用太陽能板供電，亦設計將太陽能板放置在停車場，同時作為汽車的遮蔭和保護，具有雙重功能。



liander HQ (RAU)

el van der Burg

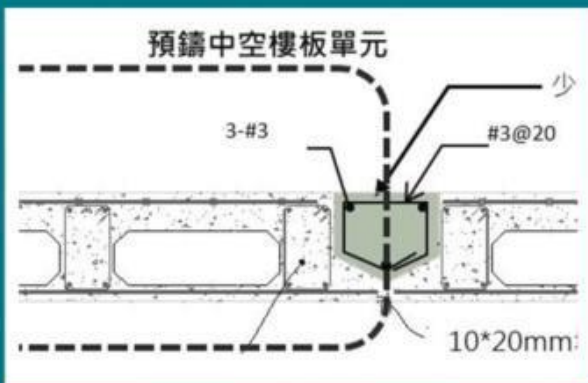


循環建築 案例 4





鋼材為主的全案建築物 CO2排放量比一般RC構造減少



乾式施工及深遮簷設計



模組化中空樓板



Demo House/BIM技術建立建材護照



明管與外牆造型整合

再生建材

沙崙智慧綠能循環住宅園區

回收台糖軌道鋼軌



重製入口圍籬



回收老龍柏木頭



重製住戶門牌



廢棄房舍檜木重製成座椅

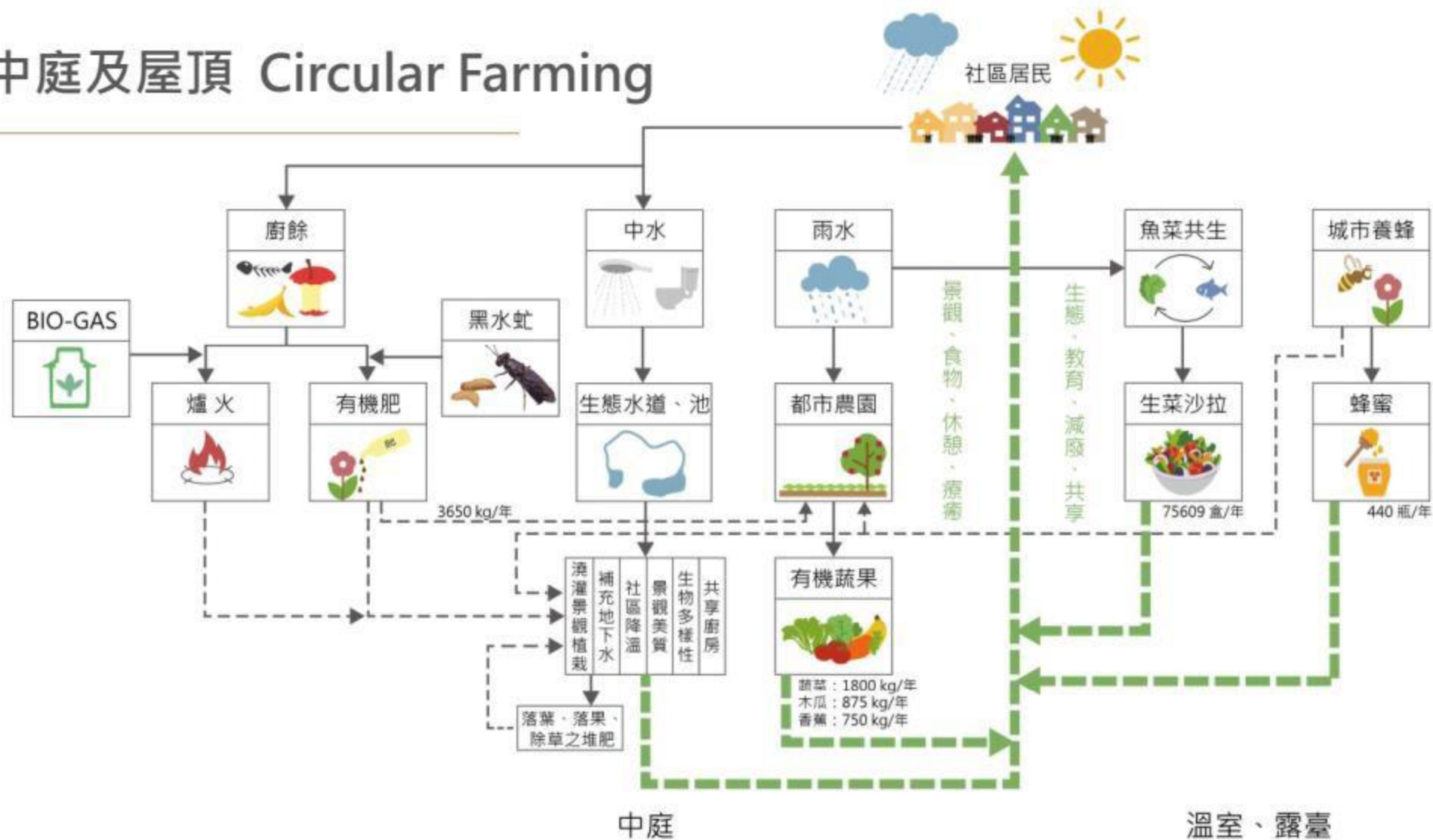


租賃採購策略

沙崙智慧綠能循環住宅園區



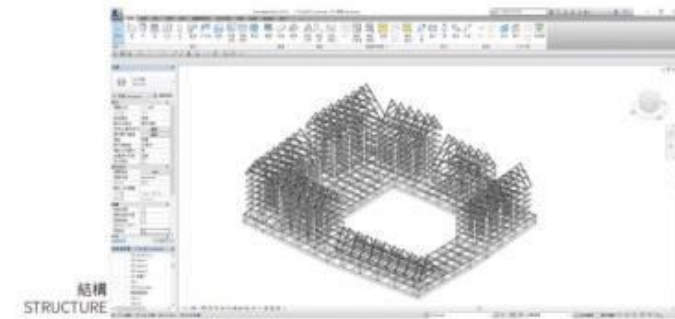
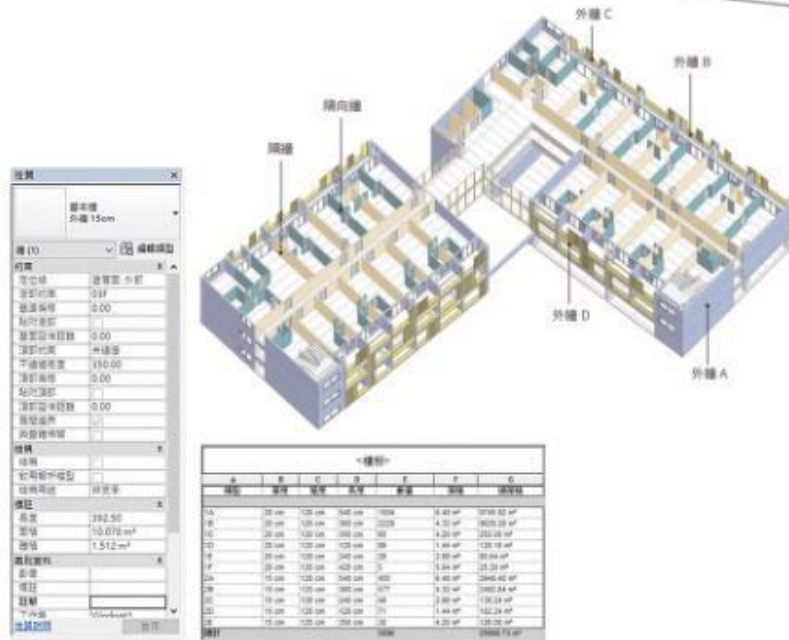
中庭及屋頂 Circular Farming



營建研究院建置

建材銀行/建材護照
material bank / material passport

D棟建材護照
378類別
20588元件



營建研究院計算

循環度

台糖沙崙循環住宅案 D棟地上層各層次之重量和循環度

層次	重量 (公斤)	重量 比例	營造階段 循環度	使用階段 循環度	拆除階段 循環度	全階段 循環度
結構	924,698	58%	7%	100%	68%	45.0%
外殼	250,174	16%	7%	100%	71%	47.3%
室內	86,055	5%	22%	100%	51%	46.8%
設備	49,529	3%	9%	100%	74%	48.6%
景觀	282,963	18%	28%	100%	11%	27.1%
全部	1,593,421	100%	12%	100%	57%	42%

循環度計算與認證

循環度 (Circularity)? 綠建築標章



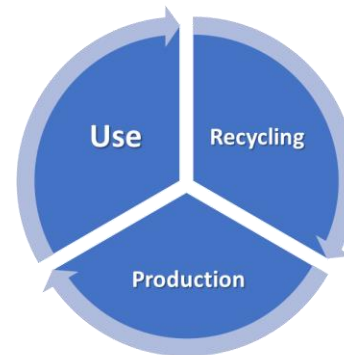
較容易



怎麼做？



營建研究院積極投入循環經濟工作



花博荷蘭館

- 循環履歷建材護照(✓)
- 循環度計算評估(✓)
- 輔導符合國際循環
- 經濟標準(BS8001)(✓)



臺南沙崙循環住宅

- 循環履歷建材護照(✓)
- 循環度計算評估(✓)



北市南港機廠社宅

- 循環履歷建材護照(執行中)
- 輔導符合國際循環經濟標準(BS8001)(✓)



興磊資源回收股份有限公司

- 輔導符合國際循環經濟標準(C2C)(✓)

透過以上專案執行

希望建立營建循環度評估制度及營建材料循環認證制度

循環營建白皮書(營建院撰寫) 記者會 (2019/8/8)

荷謂循環

從花博荷蘭館看臺灣營建業



亞洲第一個C2C認證的土木建材在臺灣！

興磊「磊篩克多孔粒料」獲得C2C銅級認證

110年9月7日在台灣循環經濟學會年度大會中舉辦頒發證書儀式，邀請申請單位(興磊公司藍董事與賴董事)與授證單位(營建院院長、EPEA臺灣分公司張經理)進行授證



紅磚、磁磚、水泥砂漿塊、
混凝土塊等，回收處理而成的
再生磚砂，100%源自回收料



興磊通過銅級認證授證儀式



興磊獲頒銅級證書

淨零建築案例 1: 綠色魔法學校, Taiwan

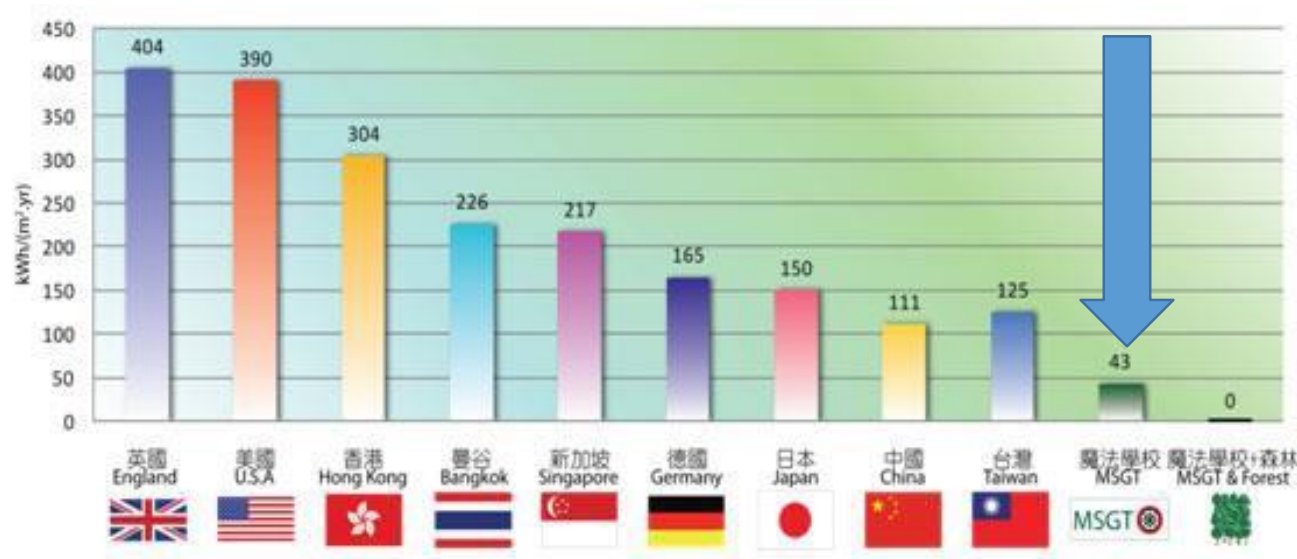
台灣第一座零碳綠建築

- 2009 榮獲Discovery頻道報導
- 2009 獲台灣EEWH鑽石級綠建築標章認證
- 2011 獲美國LEED白金級綠建築標章認證
- 2011 獲「世界立體綠化零碳建築傑出設計獎」



建築節能成效

- EUI(Energy Use Intensity)每單位樓地板面積耗電量 ($\text{kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{yr}$)
- 美國、曼谷、日本、中國辦公大樓單位樓板的用電量分別為390、226、150、111 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{yr})$ 。
- 「綠色魔法學校」僅有43 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{yr})$ 。



淨零建築案例 2: 高雄那瑪夏民權國小

- 莫拉克颱風八八風災後，台達基金會捐助高雄市那瑪夏區瑪雅里的民權國小重建
- 取得台灣綠建築最高等級「**鑽石級綠建築**」認證
- 2021年獲得美國綠建築LEED既有建築白金級認證，以及**亞洲校園首座LEED零能耗認證**



淨零建築案例 2: 高雄那瑪夏民權國小

- 透過儲能系統將日間多餘的太陽能儲存以供夜間照明和資訊設備使用
- 已有連續三年達成淨零能耗的紀錄



再生能源，包括**六座3 kW**的風力發電機，以及**10 kW**與建築結合而成的太陽能屋頂，讓校園可自產用電



那瑪夏民權國小採用大屋頂和多窗設計手法，以利陽光阻擋及風的對流

淨零建築案例 2: 高雄那瑪夏民權國小

木構造物與RC、鋼構碳排比較

建築物面積為136 m²計算

一、CO₂排放量:

- 1.木質構造7,484 kg ,
- 2.RC造33,602 kg ,
- 3.S造26,917 kg

二、CO₂固定量(負碳效益):

- 木質構造建築物可固定CO₂量為26,022 kg

三、總計

- 木質構造建築物取代RC造與S造建築物時，CO₂減量達52,214 kg，及45,455 kg



高雄那瑪夏民權國小圖書館

<http://www.tefeng.com.tw/project.php?Type=2>

淨零建築案例 3: LCCM House, Japan

LCCM (Life Cycle Carbon Minus) House

- 在建造、使用和拆除階段時降低排碳量
- 透過**太陽能發電**等產生可回收能源，使全生命週期碳排淨零

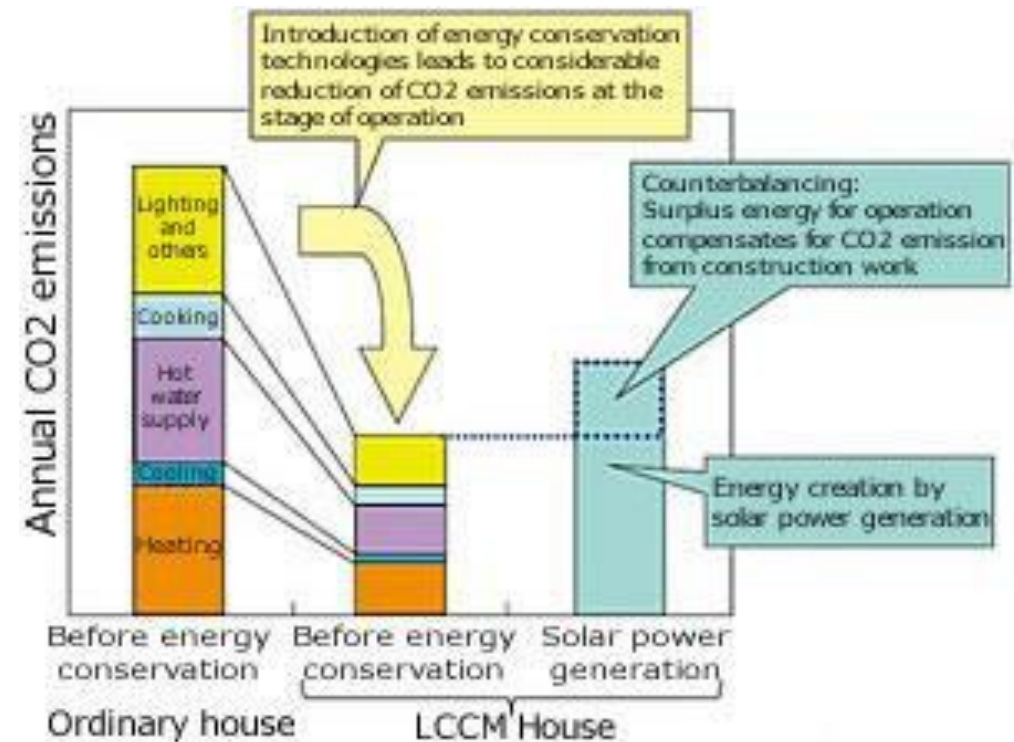


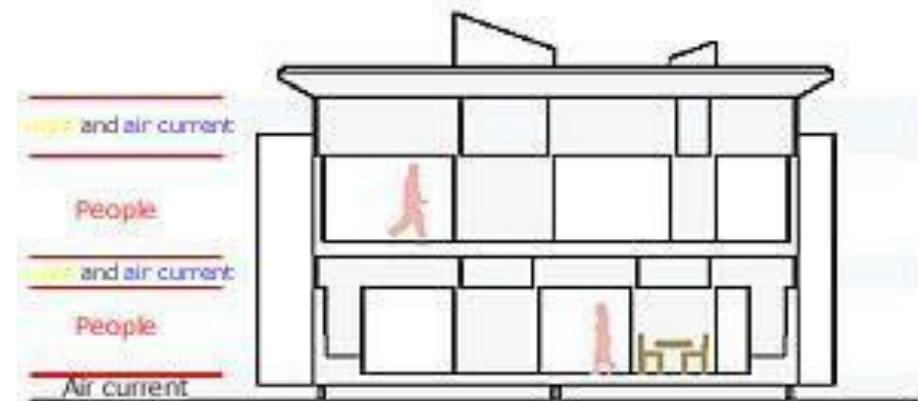
Fig.1 Energy Balance of the LCCM House

淨零建築案例 3: LCCM House, Japan

LCCM屋於2011年2月竣工, 具備以下低碳特性:

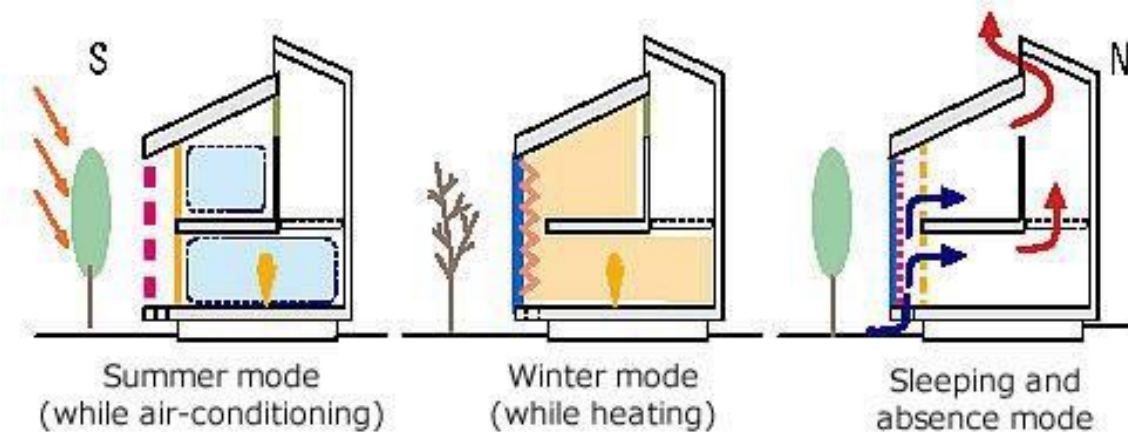
1. 自然通風與採光

- 配置自然採光開口及氣流出入口
- 使房屋充滿自然光和新鮮空氣



2. 不同情境模式

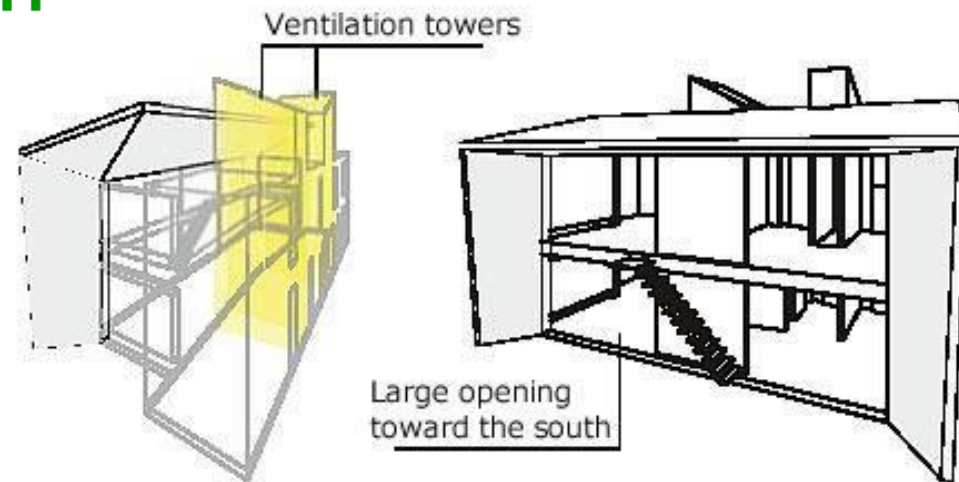
- 通過打開和關閉各種隔間
- 實現適合不同季節和生活方式的建築模式



淨零建築案例 3: LCCM House, Japan

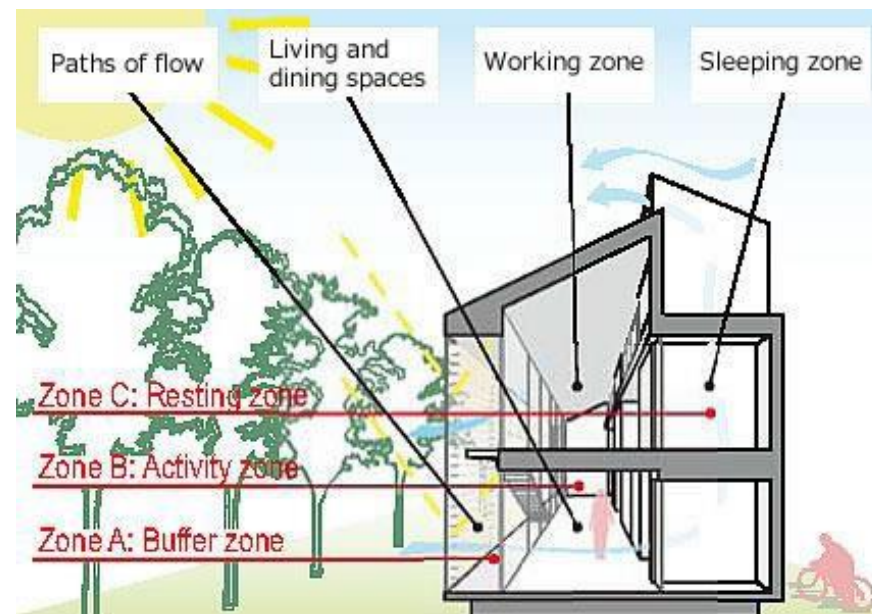
3. 使用自然能源

- 朝南的開放式立面和北側的通風塔讓光線和新鮮空氣進入



4. 適合不同活動的熱環境和空間配置

- 對應不同使用情境，有適當的熱(冷)環境與空間



淨零建築案例 4: 建造業零碳天地, Hong Kong

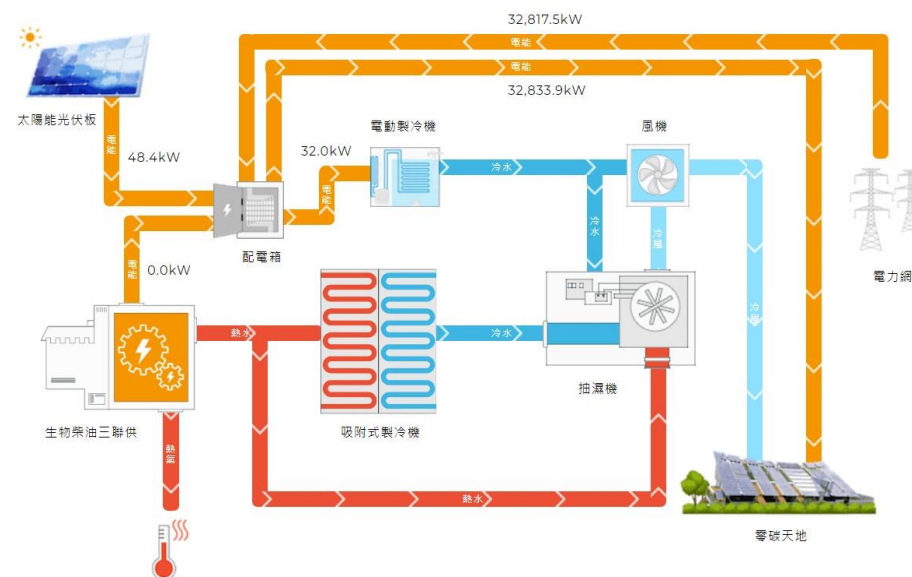
建造業零碳天地
(CIC-ZCP, Construction Industry Council -
Zero Carbon Park)

- 香港首座零碳建築，於2012年6月26日落成
- 集展覽及教育於一體的資訊中心
- 展示低碳/零碳建築設計及科技



主要零碳設施:

1. 太陽能板
2. 利用廢置食用油製成**生物燃料的三聯供系統(發電、製冷和供熱)**，產生可再生能源
3. 進一步**輸出剩餘能源**，抵消其建築過程和主要結構材料的內含碳



淨零建築案例 4: 建造業零碳天地, Hong Kong

- 抽取地下暗渠內的雨水
- 用作冷氣系統的冷卻介質
- 能量消耗少50%



機電組裝合成雨水空調系統

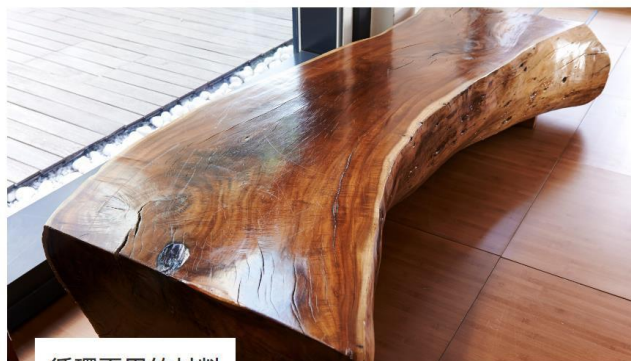


冷樑系統

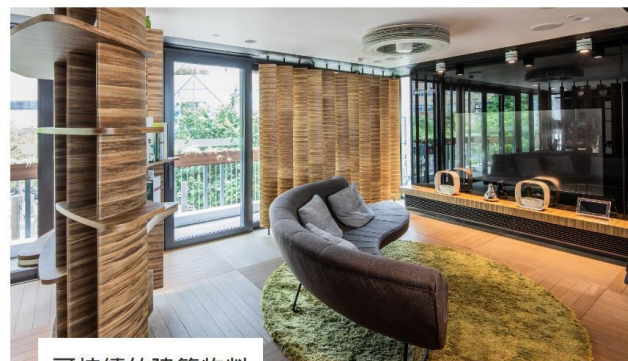
- 將冷凍水引入冷樑系統
- 輻射冷卻作用營造類似洞穴內的涼爽環境

採用循環再用材:

- 木材
- 金屬
- 玻璃



循環再用的材料



可持續的建築物料

使用可持續(再生)材料:

- 如竹地板、由香蕉樹纖維製作的木皮
- 由棕櫚纖維廢料制成的假天花等

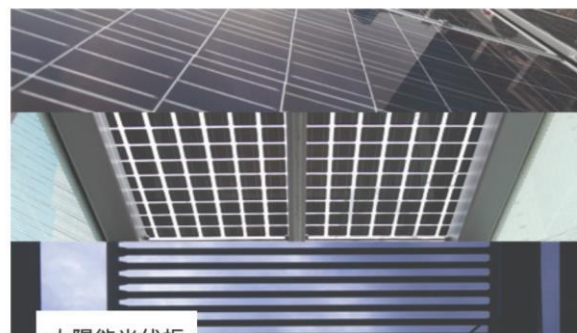
淨零建築案例 4: 建造業零碳天地, Hong Kong

生物柴油

- 直接從植物中提取，
- 由農業、商業、家居或工業廢料間接提煉而成



生物柴油三聯供



太陽能光伏板

事前分析合適的太陽能板設置方式與角度

安裝太陽能熱水系統
為咖啡廳提供熱水



太陽能熱水系統



吸附式制冷機組

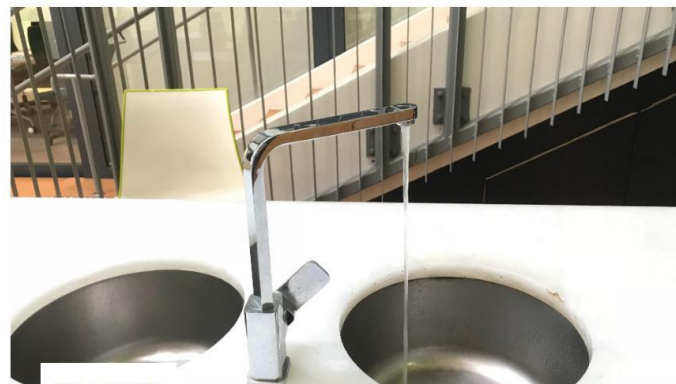
吸附式制冷機組以水為
制冷劑，硅膠為吸收劑，
熱水為主要熱源。
交互作用減少能源使用。

淨零建築案例 4: 建造業零碳天地, Hong Kong

- 180立方米
雨水收集缸
- 儲存雨水作
灌溉用途

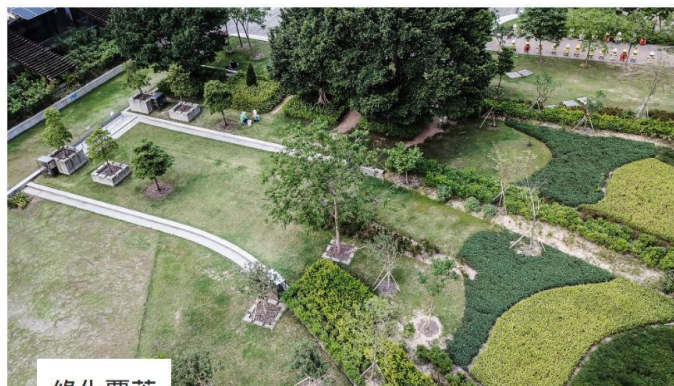


雨水收集

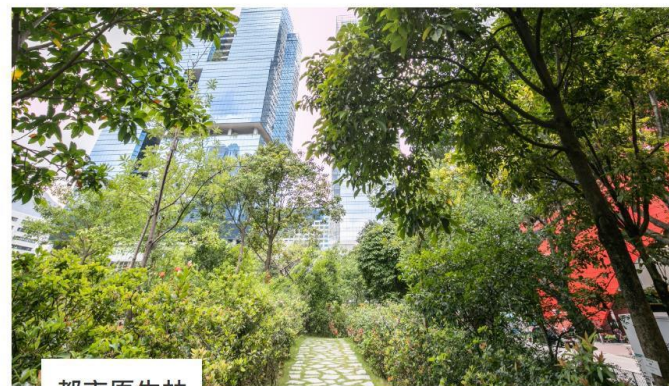


節水設備

- 場地綠化覆蓋
率高達47%
- 場地氣溫降低
約1°C



綠化覆蓋



都市原生林

節水型衛浴:

- 如低流量盥洗盆、
淋浴龍頭、雙沖式
水箱及無水小便斗
- 相比傳統型節水
40%
- 原生林面積約
2,000平方米,
- 包括40 多種共
135 棵原生樹
- 為野生物種提供
食物和生活場所

淨零建築案例 5: Petinelli Headquarters, Brazil

LEED ZERO Energy 認證

- 面積 4,700 ft² 建物
- 世界第一個取得LEED Zero認證專案
- 改建的二層倉庫
- 所有使用能源由現地提供
- 較低的能源使用密度
- 15 kW太陽能板可提供125%能源使用量 (25人規模辦公區)



淨零建築案例 6: Entegriety Headquarters, Little Rock, Arkansas, USA

LEED ZERO Energy 認證

- 面積 13,342 ft² 建物
- 美國第一個取得LEED Zero認證建築
- 歷史(古蹟)建物
- 50 kW太陽能板提供100%能源使用量
- 能源高效率使用，如高效LED照明、高效電機系統等



淨零建築案例 7: Discovery Elementary, Arlington, Virginia, USA

LEED ZERO Energy 認證

- 650位學生，面積 98,000 ft²
- 第一間取得 LEED Zero校園
- 全電力系統建築 (使用再生能源)
- 設計階段即考量淨零
- 1700片屋頂太陽能板，每年節省電費 \$100,000
- 全LED照明、地熱系統



淨零建築案例 8: Advanced Research Center, Houston, Texas, USA

LEED ZERO Energy 認證

- 面積 18,600 ft² 建物



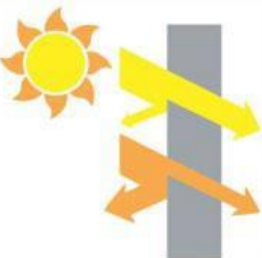
1. 建築外殼

- 外牆: 傳導標準**提升30% (更難傳導)**
- 屋頂: 採用比標準**絕緣能力高28%材料**



2. 太陽能系統

- 252 塊屋頂安裝的太陽能板 (佔總建築面積的 30%) 產生 **88 kW** 的直流電
- 每年**節省約 11,000 美元電費**，與減少 **38,555公斤碳排**。



3. 採光和開窗

- 採用隔熱玻璃
- 降低了太陽熱增益係數，並有高透光性

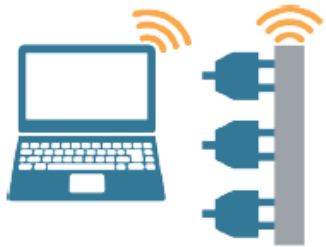


淨零建築案例 8: Advanced Research Center, Houston, Texas, USA



4. 照明

- 燈具均使用 **>90 流明/瓦LED**。
- 照明傳感器在不需要時調暗或關閉 95% 的燈。



5. 插頭負載

- 即插即用負載監控
- 持續監控：隨著更多設備，儀表板可幫助員工追蹤和控制插頭負載。



6. 地熱熱泵

GROUND SOURCE HEAT PUMPS (GSHPs)

分佈式地熱熱泵：15 個高效地熱熱泵使用接近恆定的地下溫度來減少/吸收熱量

地熱井：停車場下方的 36 口熱交換井深 300 英尺(90公尺)

淨零建築案例 9: ECOLE CURÉ-PAQUIN, Canada

LEED ZERO Carbon 認證

- 面積 15,000 ft² 建物
- 加拿大第一個取得LEED Zero認證建築
- 透過地熱系統，供冷暖空調
- 使用電蓄熱器降低高峰用電
- LED 照明系統
- 屋頂設置太陽能電池板

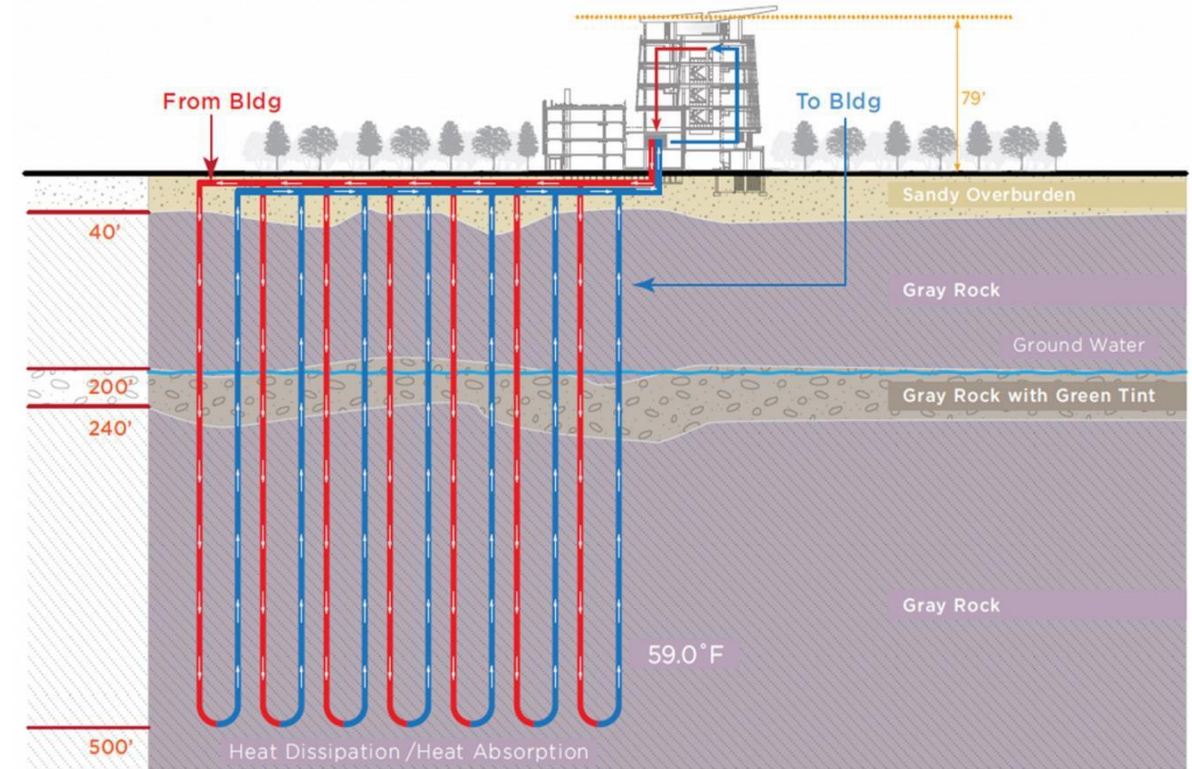


淨零建築案例 10: The Unisphere, Silver Spring, Maryland, USA

結合太陽能系統、地熱井、高性能絕緣外殼、熱水調節池等自動化系統，實現零碳足跡。



The building envelope of The Unisphere



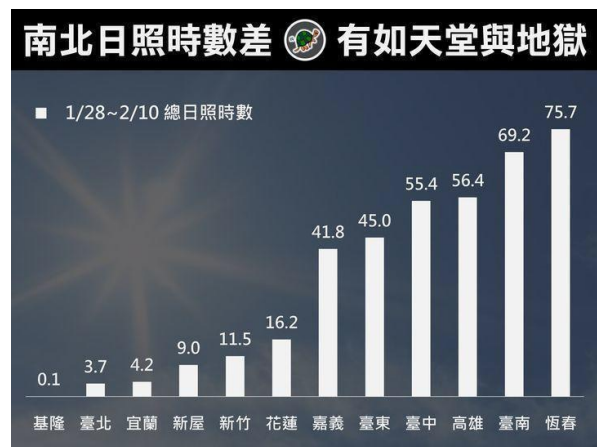
Working of the Geothermal system

國外案例多以設置屋頂太陽能板， 達到Zero Energy，臺灣能嗎？

臺灣



高密度(屋頂面積小)
VS
低密度(屋頂面積大)



日照不穩定(北部多雨)
VS
穩定日照率(大陸型氣候)

LEEDZero

- Carbon
- Energy
- Water
- Waste

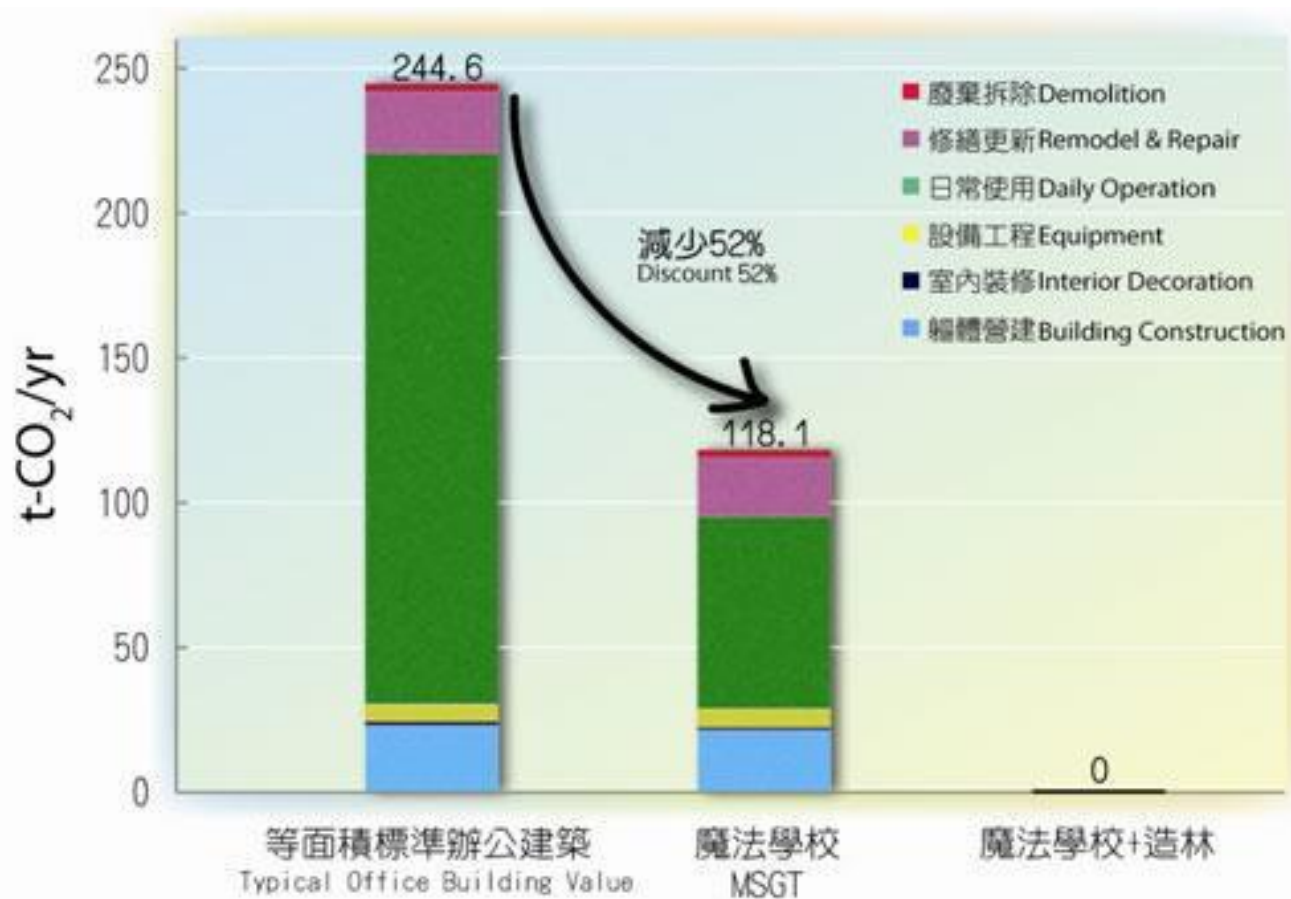
國際



臺灣目前第一座零碳建築，仍是需要認領綠地造林才能達到

成功大學特別撥出魔法學校旁0.7公頃的綠地，以及成大安南校區內4.0公頃的邊緣荒地，作為造林的永久綠地，從此邁向零碳綠色魔法學校。

在採用太陽能發電等節能措施下，仍是需要認領綠地造林才能達到零碳建築，不適用於所有建物



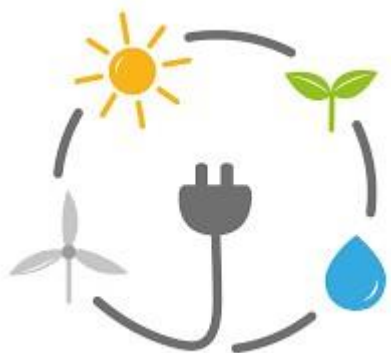
減碳(更為重要)、增匯(有限)並行才能加速淨零

積極開發**吸碳與負碳技術**與**結合森林**

碳匯才能額外扣抵碳排

再生能源使用與建築節能設計

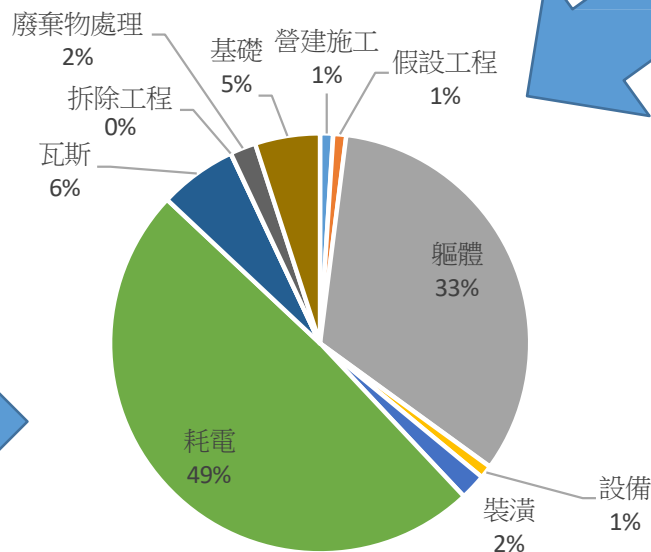
降低使用階段碳排



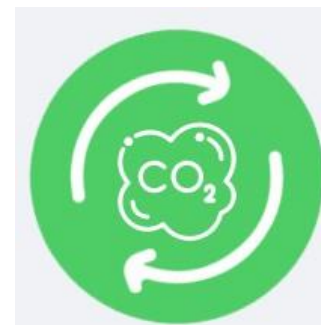
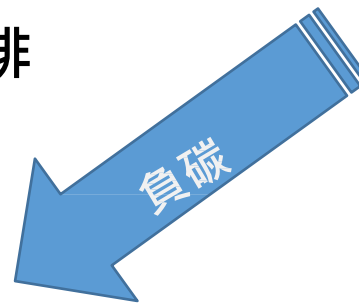
建築節能與再生能源使用



住宅大樓(60年)



生命週期碳排放



負碳技術

利用碳捕集封存、再利用 (CCS、CCUS)

CCUS



森林碳匯

1公頃土地: 太陽能發電減碳500噸, 森林碳匯10噸。選誰? 碳排不應是唯一考量



增匯10公噸/公頃/年



減碳500公噸/公頃/年

1MW/公頃

$1\text{MW} \times 365\text{day} \times 3\text{hr/day} \times (0.502-0.048)\text{kg/KW.hr}$
 $=497000\text{kg}$ (500公噸)

<https://e-info.org.tw/node/225612>