

校園碳盤查與碳足跡 (實務篇)

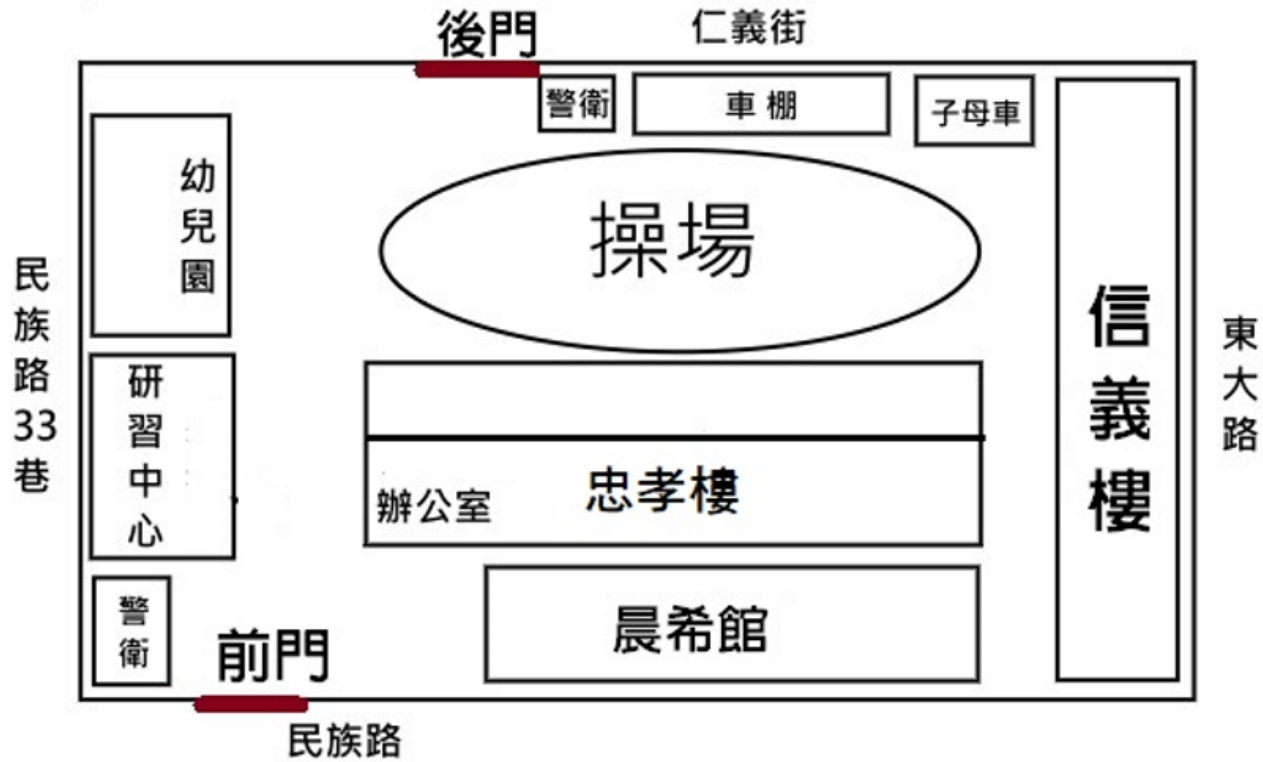
講師：曾永祥

2023-03-18



校園溫室氣體盤查課程練習假設案例

新竹市東門國民小學於明治三十一年（1898）成立，學校位於「新竹市東區民族路 33 號」，百餘年來培育新竹無數學子。



校園溫室氣體盤查課程練習假設案例

為配合國家 2050 淨零排碳政策，本校將進行溫室氣體盤查，並製作 2022 年度溫室氣體排放清冊。以下是本校 2022 年的排放活動狀況

1. 柴油發電機組之耗用量為 1,200 公升(L)
2. 年度柴油除草機之耗用量為 80 公升(L)
3. 公務車 2 台，年度汽油總耗油量為 3200 公升(L)
4. 獨立商用冰箱 3 台 R-134a 冷媒，原始充填量為 800g/台
2 台 410b 冷媒，原始充填量為 1kg/台
5. 冰水機 2 台 R-134a 冷媒，原始充填量為 50kg/台
6. 冷氣機 3 台 R-134a 冷媒，原始充填量為 2kg/台
10 台 R-32 冷媒，原始充填量為 1.3kg/台
7. 滅火器，3.5 公斤裝 ABC 乾粉滅火器已設置 50 支，當年度填充 10 支；
5 公斤裝 CO2 滅火器設置 15 支，當年度使用 5 支並作填充；
新購 3.5 公斤裝 ABC 滅火器 10 支，5 公斤 CO2 滅火器兩支。
8. 台電電網電力總計使用 62000 kwh

碳盤查 與 碳足跡 的 差異



碳盤查

ISO 14064-1

計算一個組織(工廠)
的總排碳量

A工廠總排碳量=
8,200 tCO₂e/年



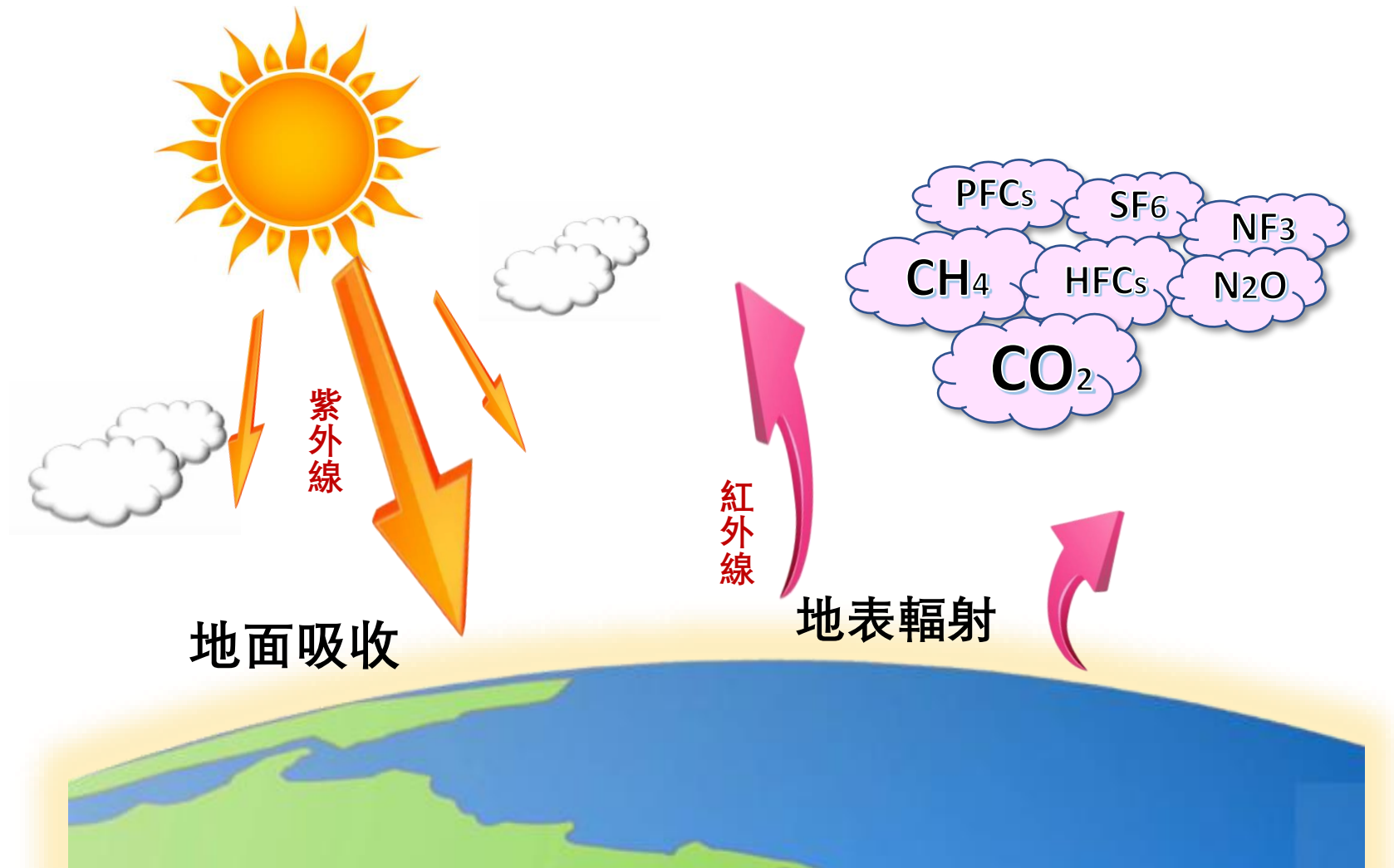
碳足跡

ISO 14067

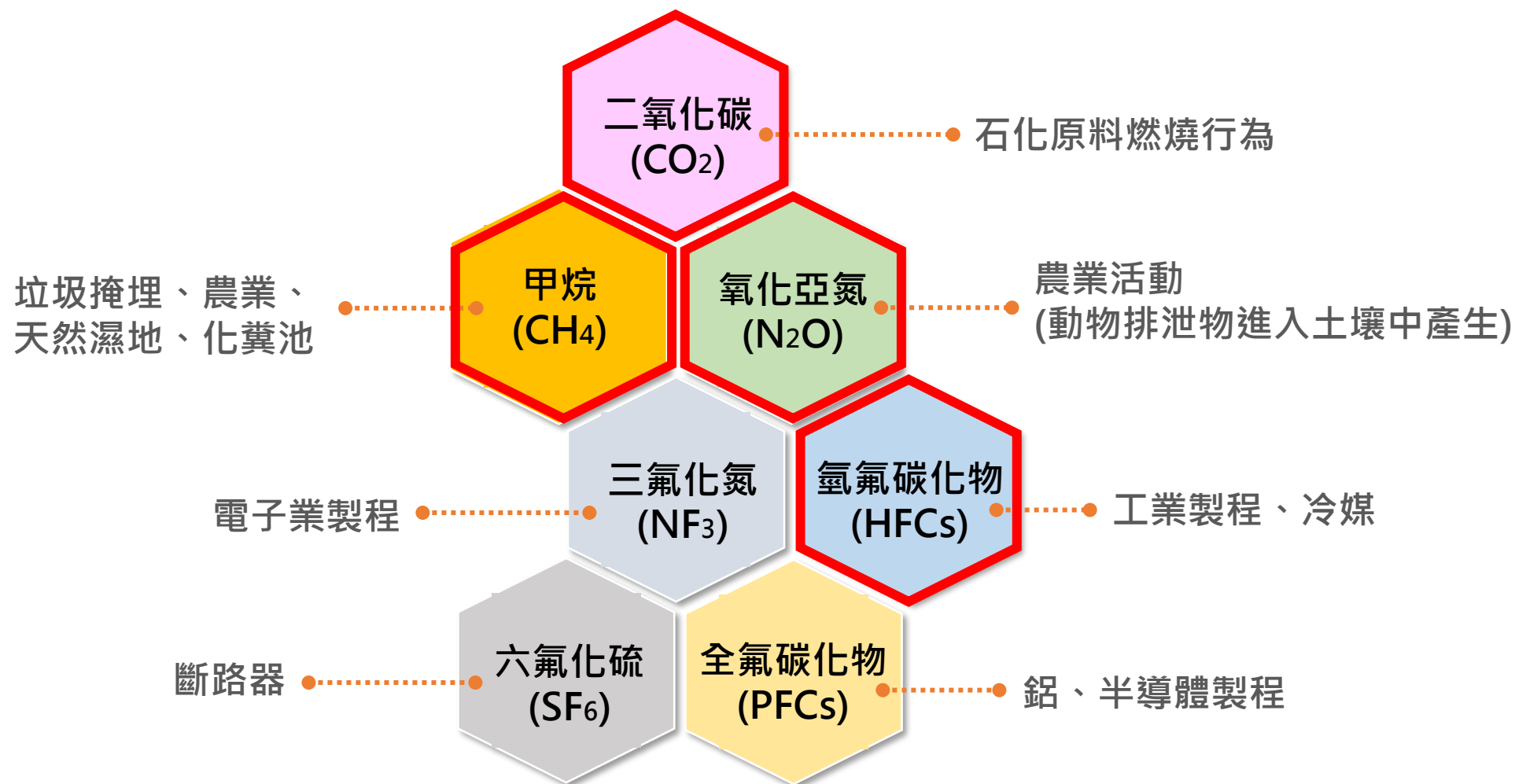
計算一個產品的總
排碳量

B筆電總排碳量=
298 kgCO₂e/台

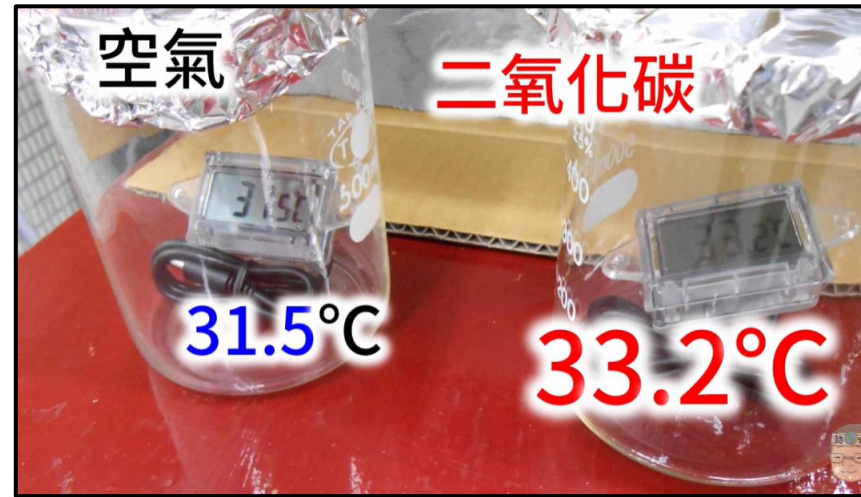
溫室氣體 與 溫室效應



溫室氣體(Greenhouse gas, GHG)



科學實驗證明二氧化碳比空氣更容易蓄熱升溫



全球暖化潛勢 (GWP)

- 相對於二氧化碳，該溫室氣體對於溫室效應的影響倍數。
- 概念類似【貨幣匯率】。

二氧化碳當量 (CO₂e)

- 口語：【相當於二氧化碳的量】
- 量化時以 **公噸二氧化碳當量 (tCO₂e)** 表示。

	金額	匯率	新台幣當量
新台幣	35,000	1	35,000
美元	17,800	29.9	532,220
歐元	2,000	30.5	61,000
英鎊	200	35.8	7,160
			635,380

	重量	GWP	二氧化碳當量
CO ₂	35,000	1	35,000
CH ₄	17,800	28	498,400
N ₂ O	2,000	265	530,000
NF ₃	200	10,800	2,160,000
			3,223,400

IPCC 評估報告 GWP 值

溫室氣體化學式	IPCC第二次評估 報告（1995）	IPCC第三次評估 報告(2001)	IPCC第四次評估 報告(2007)	IPCC第五次評估 報告(2013)
CO ₂ 二氧化碳	1	1	1	1
CH ₄ 甲烷	21	23	25	28
N ₂ O氧化亞氮	310	296	298	265
HFC-23/R-23三氟甲烷，CHF ₃	11,700	12,000	14,800	12,400
HFC-32/R-32二氟甲烷，CH ₂ F ₂	650	550	675	677
HFC-41一氟甲烷，CH ₃ F	150	97	92	116
HFC-125/R-125，1,1,1,2,2-五氟乙烷，C ₂ HF ₅	2,800	3,400	3,500	3,170
HFC-134，1,1,2,2-四氟乙烷，C ₂ H ₂ F ₄	1,000	1,100	1,100	1,120
HFC-134a/R-134a，1,1,1,2-四氟乙烷，C ₂ H ₂ F ₄	1,300	1,300	1,430	1,300
HFC-143，1,1,2-三氟乙烷，CHF ₂ CH ₂ F	300	330	353	328
HFC-143a/R-143a，1,1,1-三氟乙烷，C ₂ H ₃ F ₃	3,800	4,300	4,470	4,800
HFC-152，1,2-二氟乙烷，CH ₂ FCH ₂ F	—	43	53	16
HFC-152a/R-152a，1,1-二氟乙烷，C ₂ H ₄ F ₂	140	120	124	138
HFC-161，一氟乙烷，CH ₃ CH ₂ F	—	12	12	4

學校溫室氣體排放源

範疇	Scope 1	Category 1 : 學校直接排放溫室氣體量
	Scope 2	Category 2 : 學校使用能源造成之間接溫室氣體排放量
	Scope 3	Category 3 : 學校交通運輸造成之間接排放量
		Category 4 : 學校使用產品服務造成之間接排放量
		Category 5 : 使用學校產品服務相關之間接排放量
		Category 6 : 其他來源之間接溫室氣體排放量
類別		

溫室氣體排放清冊

設備名稱	燃物料	類別 (1~6)	排放氣體 種類	活動數據	原始 單位	排放係數	係數單位	年排放量 (公噸)	GWP	年CO ₂ 當量 (公噸CO ₂ e)	
緊急發電機	柴油	1	CO ₂								
			CH ₄								
			N ₂ O								
移動除草機	柴油	1	CO ₂								
			CH ₄								
			N ₂ O								
公務車(2台)	汽油	1	CO ₂								
			CH ₄								
			N ₂ O								
A型冰箱	冷媒	1	R-134a								
B型冰箱	冷媒	1	R410b								
冰水主機	冷媒	1	R-134a								
A冷氣機	冷媒	1	R-134a								
B冷氣機	冷媒	1	R-32								
CO2滅火器	CO2	1	CO ₂								
使用電力設備	外購電力	2	CO ₂ e								

行政院環保署：溫室氣體「排放係數」管理表6.0.4版



行政院環境保護署

事業溫室氣體排放量資訊平台

[最新消息](#)

[下載專區](#)

[盤查指引與試算](#)

[盤查登錄](#)

[查驗管理](#)

[抵換專案](#)

[排放源帳戶](#)



下載專區

序號	項目	更新日期	下載次數
1	溫室氣體排放量盤查登錄作業問答集(PDF檔)	2022/10/21	1189
2	溫室氣體排放係數管理表6.0.4版 (ODS檔)	2019/06/27	15270
3	溫室氣體盤查表單3.0.0版(修)(ODS檔)	2017/07/10	8735
4	溫室氣體排放量盤查作業指引(PDF檔)	2016/07/22	5792
5	溫室氣體排放量盤查登錄審查作業指引(PDF檔)	2016/07/22	2213
6	國家溫室氣體登錄平台運算方式 第4版(PDF檔)	2014/04/16	3091
7	溫室氣體排放係數管理表之版本更新定義(PDF檔)	2012/03/23	2330

■ **燃料燃燒**造成之溫室氣體排放：二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)與氧化亞氮 (N₂O)。

■ 量化方法採用排放係數法。

$$\begin{aligned} \text{溫室氣體排放量} &= \sum \left\{ \text{活動數據 (燃料耗用)} \times \text{溫室氣體排放係數} \times \text{全球暖化趨勢 (GWP)} \right\} \\ &= \sum \left\{ \begin{array}{l} \text{CO}_2 \times \text{GWP}(1) \\ \text{CH}_4 \times \text{GWP}(28) \\ \text{N}_2\text{O} \times \text{GWP}(265) \end{array} \right\} \end{aligned}$$

1. 學校年度柴油發電機組之耗用量為1,200 公升(L)，試問，該年度燃燒柴油造成之溫室氣體排放量為何？

$$\text{排放量} = \sum \{ \text{活動數據} \times \text{排放係數} \times \text{GWP} \}$$

溫室氣體「排放係數」管理表6.0.4版(固定式)

燃料種類	單位	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
汽油	Kg/L	2.263100	0.000098	0.000020
柴油	Kg/L	2.606000	0.000106	0.000021
重油	Kg/L	3.111000	0.000121	0.000024
天然氣	Kg/立方米	1.879000	0.000033	0.000003

溫室氣體化學式	IPCC第五次 評估報告(2013)
CO ₂ 二氧化碳	1
CH ₄ 甲烷	28
N ₂ O氧化亞氮	265

$$\text{CO}_2 = 1.2 \text{ KL} \times 2.6060 \text{ t/KL} \times 1 = 3.1272 \text{ tCO}_2$$

$$\text{CH}_4 = 1.2 \text{ KL} \times 0.000106 \text{ t/KL} \times 28 = 0.003562 \text{ tCO}_2$$

$$\text{N}_2\text{O} = 1.2 \text{ KL} \times 0.000021 \text{ t/KL} \times 265 = 0.006678 \text{ tCO}_2$$

$$\begin{aligned} \text{總排放量} &= 3.1272 + 0.003562 + 0.006678 \\ &= 3.1374 \text{ (tCO}_2\text{e)} \end{aligned}$$

2. 學校年度柴油除草機之耗用量為80 公升(L)，試問，該年度燃燒柴油造成之溫室氣體排放量為何？

$$\text{排放量} = \sum \{ \text{活動數據} \times \text{排放係數} \times \text{GWP} \}$$

溫室氣體「排放係數」管理表6.0.4版(移動式)

燃料種類	單位	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
汽油(移動)	kg/L	2.2631	0.000816	0.000261
柴油(移動)	kg/L	2.6060	0.000137	0.000137

溫室氣體化學式	IPCC第五次 評估報告(2013)
CO ₂ 二氧化碳	1
CH ₄ 甲烷	28
N ₂ O氧化亞氮	265

3. 公務車2台，總計年度汽油總耗油量為3200公升(L)，試問，該年度公務車造成之溫室氣體排放量為何？

$$\text{排放量} = \sum \{ \text{活動數據} \times \text{排放係數} \times \text{GWP} \}$$

溫室氣體「排放係數」管理表6.0.4版(移動式)

燃料種類	單位	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
汽油(移動)	kg/L	2.2631	0.000816	0.000261
柴油(移動)	kg/L	2.6060	0.000137	0.000137

溫室氣體化學式	IPCC第五次 評估報告(2013)
CO ₂ 二氧化碳	1
CH ₄ 甲烷	28
N ₂ O氧化亞氮	265

空調冷藏設備 活動數據 = 冷媒原始填充量x 逸散率 (%)

	設備名稱	逸散率範圍(%)	逸散率(%)
冰箱	家用冷凍、冷藏裝備	0.1-0.5	0.3
	獨立商用冷凍、冷藏裝備	1-15	8
	中、大型冷凍、冷藏裝備	10-35	22.5
	交通用冷凍、冷藏裝備	15-50	32.5
	工業冷凍、冷藏裝備(含食品加工及冷藏)	7-25	16
冰水機	冰水機	2-15	8.5
冷氣機	住宅及商業建築冷氣機	1-10	5.5
	移動式空氣清靜機	10-20	15

溫室氣體
排放量

=

活動數據
(逸散量)

X

GWP

冰箱排放量 = 活動數據(冷媒原始填充量x 0.3 %) x GWP

溫室氣體排放係數管理表6.0.4版冷媒GWP值

溫室氣體化學式	IPCC第五次評估報告(2013)
CO2二氧化碳	1
CH4甲烷	28
N2O氧化亞氮	265
HFC-23/R-23三氟甲烷，CHF3	12,400
HFC-32/R-32二氟甲烷，CH2F2	677
HFC-41一氟甲烷，CH3F	116
HFC-125/R-125，1,1,1,2,2-五氟乙烷，C2HF5	3,170
HFC-134，1,1,2,2-四氟乙烷，C2H2F4	1,120
HFC-134a/R-134a，1,1,1,2-四氟乙烷，C2H2F4	1,300
HFC-143，1,1,2-三氟乙烷，CHF2CH2F	328
HFC-143a/R-143a，1,1,1-三氟乙烷，C2H3F3	4,800
HFC-152，1,2-二氟乙烷，CH2FCH2F	16
HFC-152a/R-152a，1,1-二氟乙烷，C2H4F2	138
HFC-161，一氟乙烷，CH3CH2F	4



拍照佐證

Panasonic		
商 品 名 稱	變頻分離式冷氣機	版次
機 型	CU-RX50NCA2	-00
電 源	單相 220 V 60 Hz	
冷 媒 / (kg)	R32 / 1.250	
重 量 (kg)	37	
外 型 尺 寸(mm)	860 x 666 x 289	
防塵防水保護	IPX4	

舊型(典型)冷媒：R-134a，R-410a，R-404a，R-125

Panasonic：R-32
日本：GWP 1500以下

4. 學校之冰箱設備如下表。試問該年度冷媒逸散造成之溫室氣體排放量為何？

類型形式	數量	冷媒類型	原始填充量(kg/台)	GWP
A型冰箱	3台	R-134a	0.8	1300
B型冰箱	2台	R410b	1.0	2048

$$\text{溫室氣體排放量} = \text{活動數據 (逸散量)} \times \text{GWP}$$

冰箱活動數據 = 冷媒原始填充量 x 逸散率 %

設備名稱	逸散率範圍(%)	逸散率(%)
家用冷凍、冷藏裝備	0.1-0.5	0.3

冰箱

冰箱排放量 = (冷媒原始填充量 x 0.3 %) x GWP

$$\begin{aligned}\text{A冰箱逸散} &= 0.0008 \text{公噸/台} \times 3 \text{台} \times 0.3\% \times 1300 \\ &= 0.0094 \text{ tCO}_2\text{e}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{B冰箱逸散} &= 0.0010 \text{公噸/台} \times 2 \text{台} \times 0.3\% \times 2048 \\ &= 0.0123 \text{ tCO}_2\text{e}\end{aligned}$$

5. 學校之冰水機如下表。試問該年度冷媒逸散造成之溫室氣體排放量為何？

類型形式	數量	冷媒類型	原始填充量(kg/台)	GWP
冰水機	2台	R-134a	50	1300

冰水機活動數據 = 冷媒原始填充量x 逸散率 %

冰水機	冰水機	2-15	8.5
冷氣機	住宅及商業建築冷氣機	1-10	5.5

冰水機排放量 = 活動數據(冷媒原始填充量x 8.5%) x GWP

6. 學校之冷氣設備如下表。試問該年度冷媒逸散造成之溫室氣體排放量為何？

類型形式	數量	冷媒類型	原始填充量(kg/台)	GWP
A型冷氣	3台	R-134a	1	1300
B型冷氣	10台	R-32	1.3	677

冷氣空調活動數據 = 冷媒原始填充量x 逸散率 %

冰水機

冰水機

2-15

8.5

冷氣機

住宅及商業建築冷氣機

1-10

5.5



■ 滅火器類型

- **ABC乾粉**：無C成分，**無須計算**；
- **BC型乾粉**：視成分，若為碳酸氫鈉(NaHCO_3)則應計算；
- **二氧化碳**：成分為二氧化碳 CO_2 ，**應計算**；
- **KBC型**：成分為碳酸氫鉀(KHCO_3)，應計算；
- **HFC**：HFC-227ea、HFC-23、HFC-236fa，應計算。

■ 逸散排放之量化方法

- 以當**年度實際填充量**計算(假設填充量= 逸散量)。
- **CO_2 滅火器若使用，逸散量=內含量 $\times(1-0.1)$**
- 新購第一年不計算，除非使用了。
- 注意：消防演練時可能另外購置消防演練用滅火器。

7. 學校內安裝**滅火器**。填充及新購紀錄以發票為憑據。該年度滅火器使用資訊：

- 3.5公斤裝ABC乾粉滅火器已設置50支，當年度填充10支；
- 5公斤裝CO₂滅火器設置15支，當年度使用5支並作填充；
- 新購3.5公斤裝ABC滅火器10支，5公斤CO₂滅火器兩支。

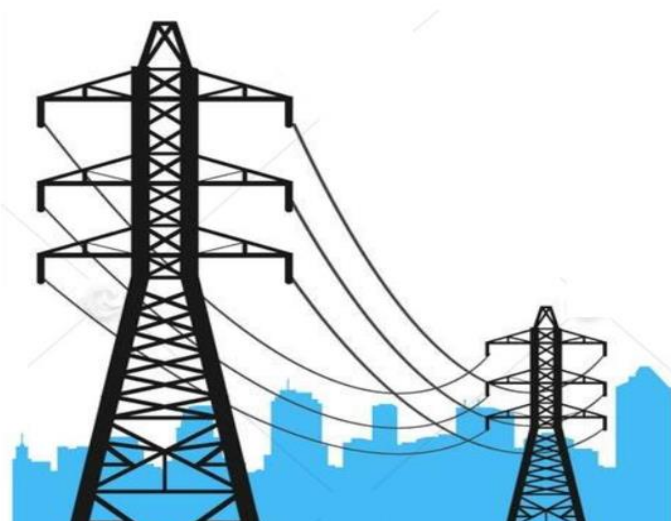
試問，該年度滅火器逸散造成之溫室氣體排放量為何？





校園中還暗藏多少直接排放源？

輸入電力造成之間接溫室氣體排放量



能源局111年7月22日公告110年電力排碳係數

110年度電力排碳係數

發電業及自用發電設備設置者躉售公用售電業電量之電力排碳量－線損承擔之電力排碳量

公用售電業總銷售電量

=0.509 公斤 CO₂e/度

說明：

- 1.適用範圍：因應溫室氣體盤查量化作業，作為計算購買及使用公用售電業電力所需間接承擔燃料燃燒溫室氣體排放量之依據。
- 2.上述計算結果係依「公用售電業電力排碳係數計算標準作業程序」辦理，僅供外界參考，歷年統計結果如下：

單位：公斤 CO₂e/度

年度	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
電力排碳係數	0.555	0.562	0.558	0.555	0.543	0.534	0.534	0.529	0.519	0.518	0.525	0.530	0.554	0.533	0.509	0.502	0.509

- 3.依電業法第 28 條第 1 項規範「公用售電業銷售電能予其用戶時，其銷售電能之電力排碳係數應符合電力排碳係數基準，並向電業管制機關申報」，爰自 107 年起，以公用售電業「電力排碳係數」取代原公布「電力排放係數」，二者計算基準一致。
- 4.未來「電力排放係數」則作為國家溫室氣體排放階段管制目標之能源部門管制項目，統計範疇包括公用售電業銷售電量及再生能源直供或轉供電量。

行政院(五年期)溫室氣體階段管制

單位：公斤CO₂e/度 → tCO₂e/KKwh

第一期 0.517

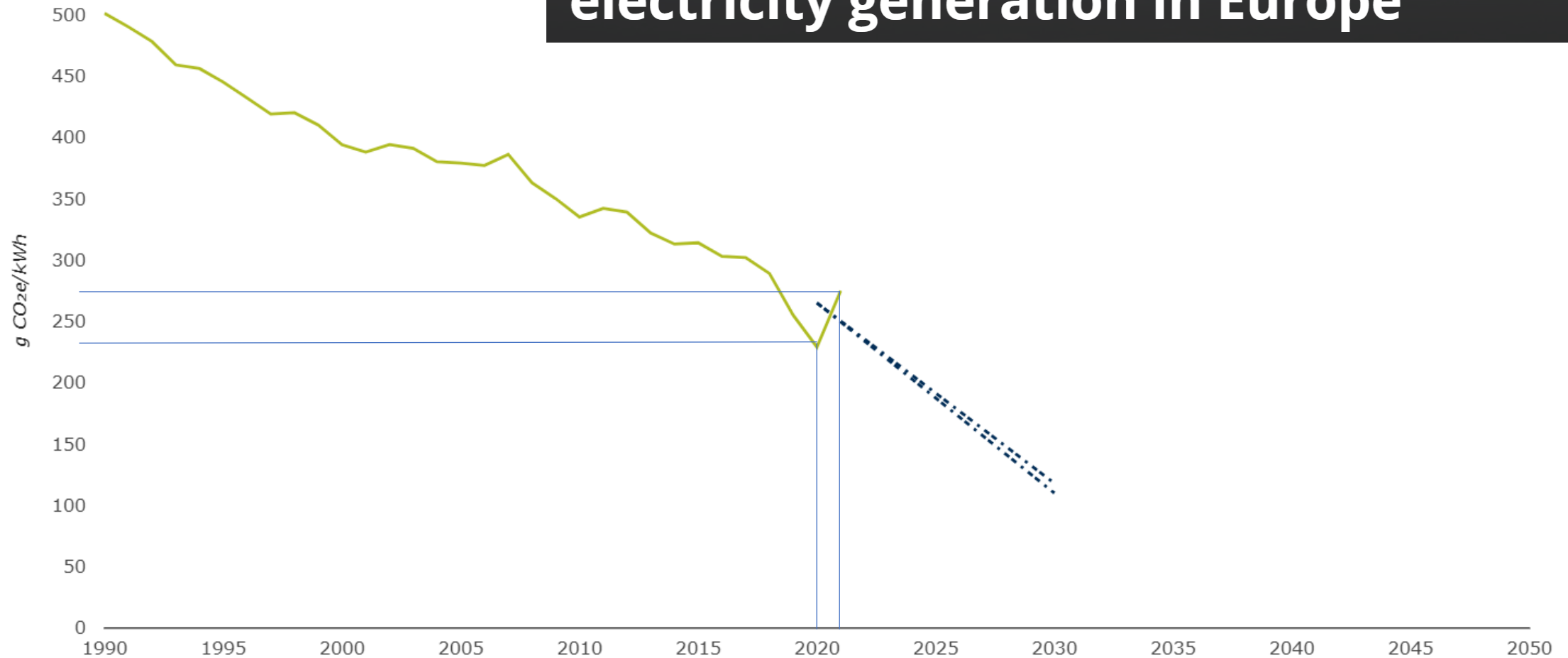
第二期 0.447

年度	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
電力排碳 係數	0.534	0.529	0.519	0.518	0.525	0.530	0.554	0.533	0.509	0.502	0.509

0.525ave

0.526ave

Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe



台電配合政府實踐2025能源轉型目標：
天然氣發電占比將達50%。



天然氣所發的電算是乾淨的電嗎？

8. 學校110年度購買使用台電電網電力總計 62000 kwh，試問，該年度所造成之溫室氣體排放量為何？

- 電費單計算應自 110-02 至 111-01 單據

地球主要有五大碳庫，
包括生物、大氣、地質、土壤、海洋等



請問，您認為五大碳庫碳儲存量，
依大小排序為何？

學校溫室氣體排放源



A photograph of a sandy beach with a series of footprints leading from the foreground towards the ocean in the distance. The footprints are arranged in a slightly curved line, and the sand is a light, pale color. The ocean is visible as a dark blue line on the horizon under a clear sky.

凡走過必留下痕跡

當下氣候變遷的原因
出於人類在地球上留下的
負面足跡所造成

產品碳足跡

CFP

GOODS



原料

製造

配銷

使用

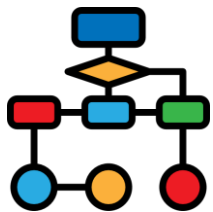
廢棄

SERVICES

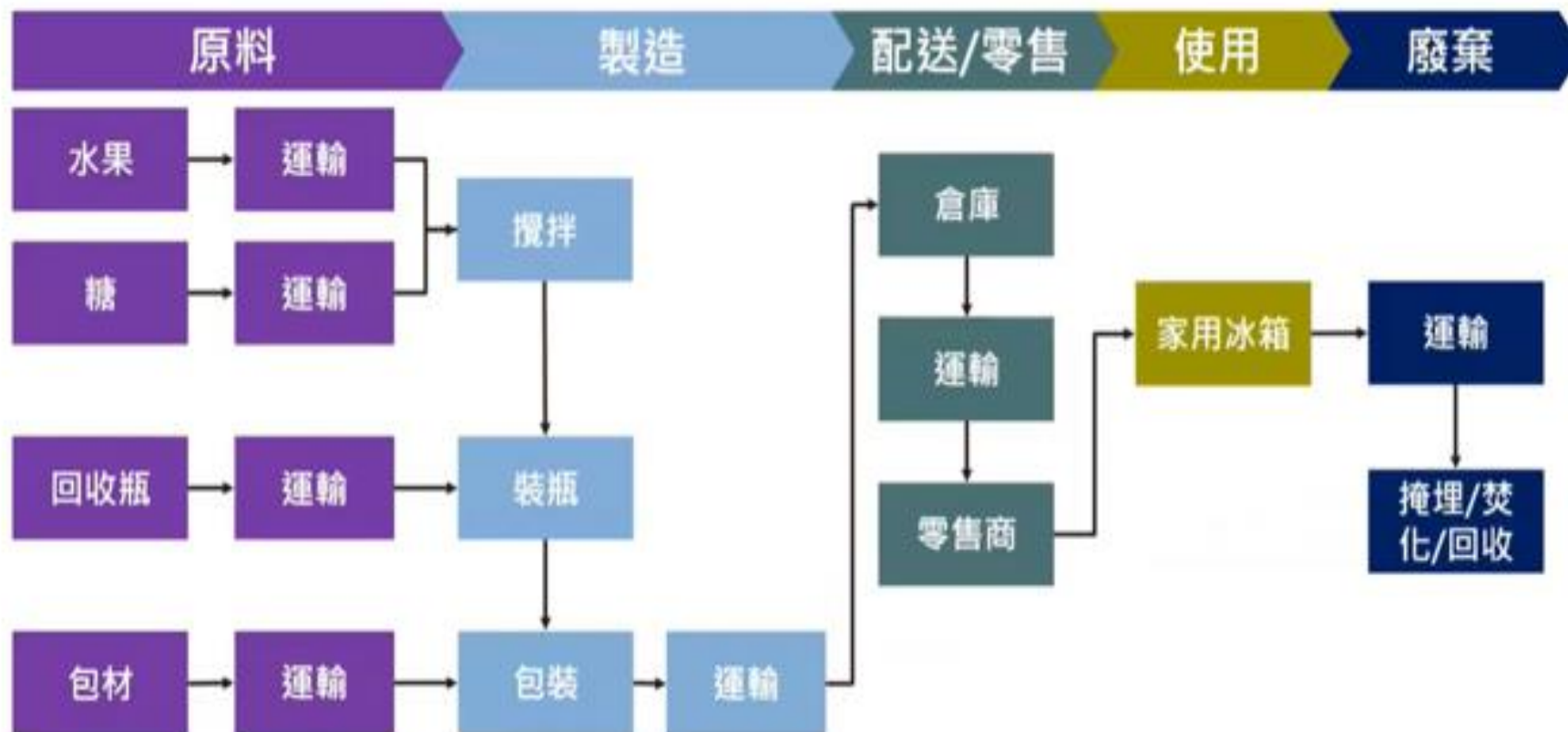
原料

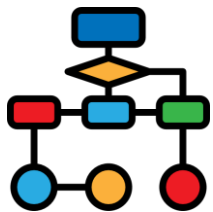
服務

廢棄

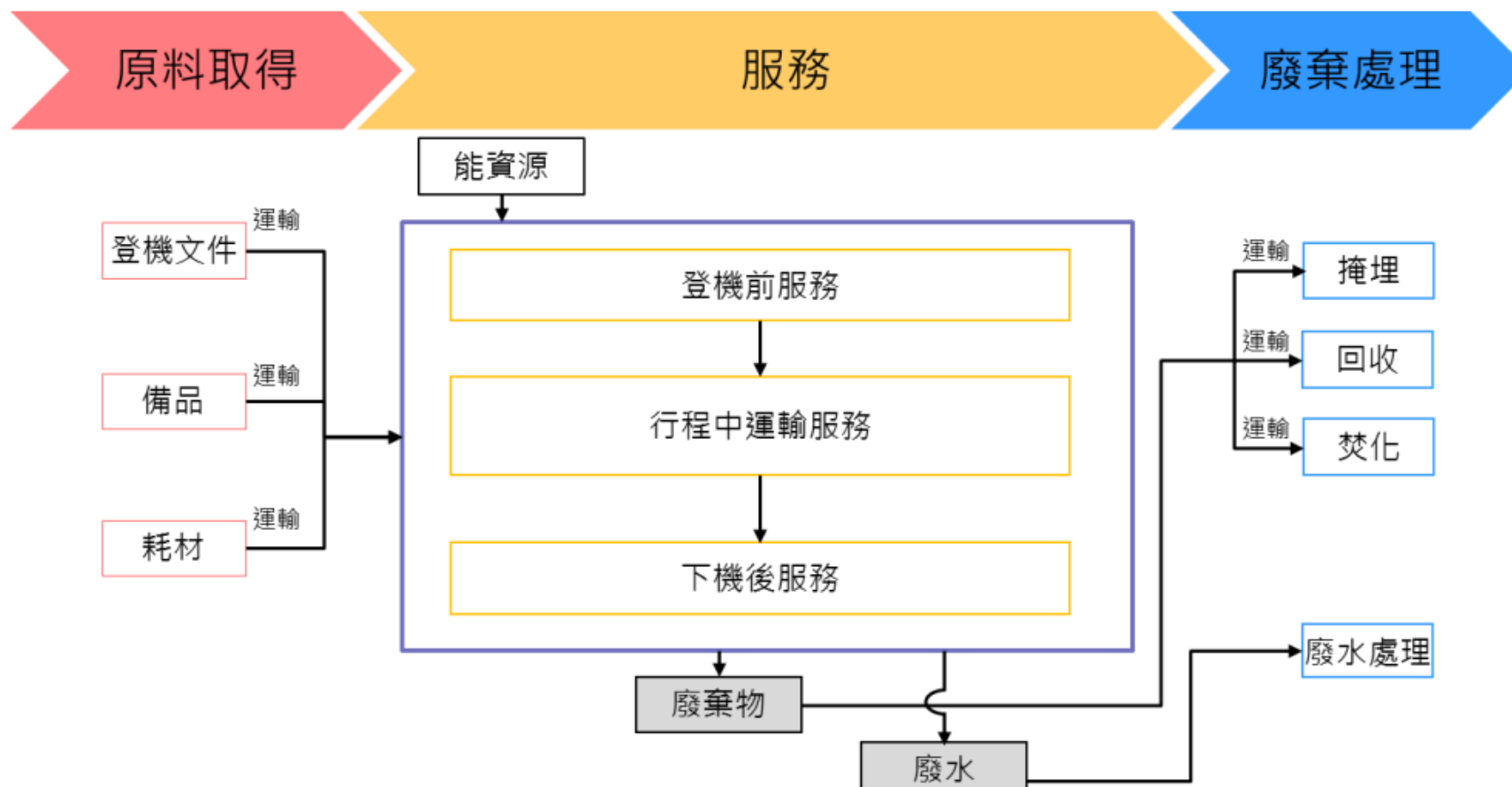


製程地圖 (瓶裝果汁)





製程地圖 (航空旅客運輸服務)



碳標籤



碳標字第2014910001號
每人-每公里(高鐵)

減碳標籤



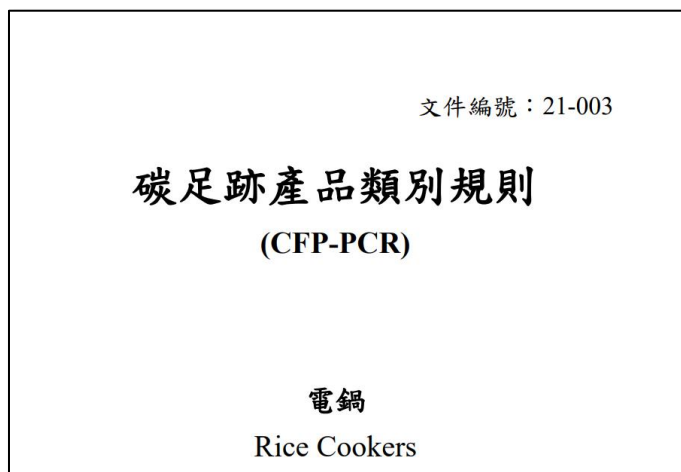
減碳標字第R2014910001號

高鐵車站間旅客運輸碳足跡

車站	南港	台北	板橋	桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	雲林	嘉義	台南	左營
南港	—	0.30	0.53	1.46	2.42	3.47	5.42	6.32	7.11	8.18	10.17	11.18
台北	0.30	—	0.23	1.17	2.13	3.17	5.13	6.03	6.82	7.88	9.88	10.88
板橋	0.53	0.23	—	0.94	1.89	2.94	4.89	5.80	6.59	7.65	9.65	10.65
桃園	1.46	1.17	0.94	—	0.96	2.01	3.96	4.86	5.65	6.71	8.71	9.72
新竹	2.42	2.13	1.89	0.96	—	1.05	3.00	3.90	4.69	5.75	7.75	8.76
苗栗	3.47	3.17	2.94	2.01	1.05	—	1.95	2.86	3.64	4.71	6.70	7.71
台中	5.42	5.13	4.89	3.96	3.00	1.95	—	0.90	1.69	2.75	4.75	5.76
彰化	6.32	6.03	5.80	4.86	3.90	2.86	0.90	—	0.79	1.85	3.85	4.85
雲林	7.11	6.82	6.59	5.65	4.69	3.64	1.69	0.79	—	1.06	3.06	4.06
嘉義	8.18	7.88	7.65	6.71	5.75	4.71	2.75	1.85	1.06	—	2.00	3.00
台南	10.17	9.88	9.65	8.71	7.75	6.70	4.75	3.85	3.06	2.00	—	1.00
左營	11.18	10.88	10.65	9.72	8.76	7.71	5.76	4.85	4.06	3.00	1.00	—

單位：碳足跡(kg CO₂e)

碳足跡的用途範例



原料	0.43%
製造	0.69%
運輸	0%
使用	98.85%
廢棄	0.03%

4.4.5 情境內容

本產品使用時會消耗能源與資源，情境假設於正常使用下並無耗材投入與維修更新組件等狀況發生且應符合下列要求或考量：

電鍋依照產品規格說明書上(最大使用量)計算使用產品，所消耗之電力及自來水量：

(1)使用階段之總耗電量計算公式如下：

$$E = ((P \times T \times 365) + (P_1 \times T_1 \times 365)) \times 10 \text{年}$$

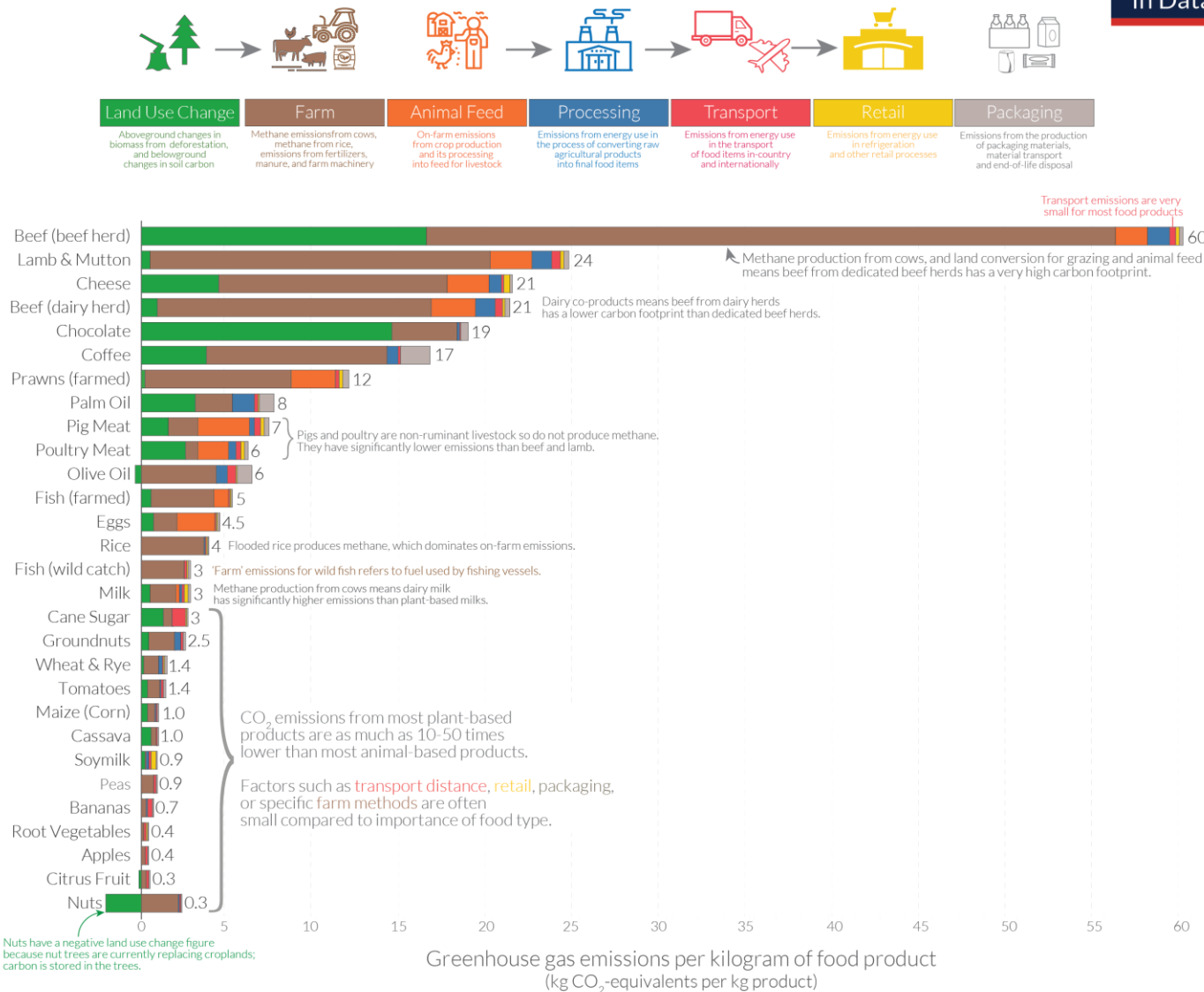
其中

E=產品使用期間之總耗電量，單位為kWh

P=額定消耗功率，單位為kW



Food: greenhouse gas emissions across the supply chain



Note: Greenhouse gas emissions are given as global average values based on data across 38,700 commercially viable farms in 119 countries.
Data source: Poore and Nemecek (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. Images sourced from the Noun Project.
OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems. Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Thank you

Any question?