

溫室氣體國家報告

2018 National Communication



▲花東縱谷國家風景區

第四章

溫室氣體排放預測

- 4.1 預測工具及範圍
- 4.2 基準情境分析
- 4.3 趨勢推估

第四章 溫室氣體排放預測

臺灣依溫管法明訂長期溫室氣體減量目標，並訂定五年為一期階段管制目標以逐步落實推動減量政策，基於減量目標部門分配與國家減量路徑規劃，各部門透過假設情境與模型工具預測 2017 至 2030 年溫室氣體排放情形。本章就預測工具及範圍、基準情境分析與趨勢推估，說明臺灣溫室氣體排放預測。

4.1 預測工具及範圍

以下就燃料燃燒溫室氣體排放、非燃料燃燒溫室氣體排放與森林碳匯（即第二章中的移除量），說明部門假設情境參數與模型工具：

一、燃料燃燒溫室氣體排放

臺灣溫室氣體排放量超過 9 成來自於燃料燃燒，自 1993 年由經濟部引進國際能源總署的 MARKAL 能源工程模型，2010 年轉版為臺灣 TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System) 模型，透過細緻化與彈性的模型操作功能，做為國內多項重大能源政策決策評估，近期的重

要評估包括溫管法階段管制目標的燃料燃燒 CO₂ 排放路徑、我國減煤路徑等。TIMES 模型是以龐大且複雜的能源技術由下而上堆疊而成的線性規劃模型，以能源服務需求（外生變數）為驅動力，考慮能源系統發展情境，在能源系統成本最小化目標下，符合能源供需平衡、環境與資源限制下規劃求解。

為了更全面探討能源政策與經濟、環境各面向之交互影響，經濟部能源局 TIMES 模型團隊所持續開發之能源、經濟、環境整合 TISMO 模型 (Taiwan Integrated Sustainability Model)；以臺灣 TIMES 模型為核心，建置 TISMO-CGE 總體經濟模型與 TISMO-ENV 環境衝擊評估模組，透過軟連結方式持續擴充 TIMES 模型整合評估功能，並提供多面向評估資訊以供決策參考，整合模型架構如圖 4.1.1 所示。而能源部門即根據國家發展委員會提供社經參數（人口、GDP 與三級產業結構）與各部門提供能源消費量與節能量，帶入整合模型預測 2017 至 2030 年燃料燃燒溫室氣體排放。

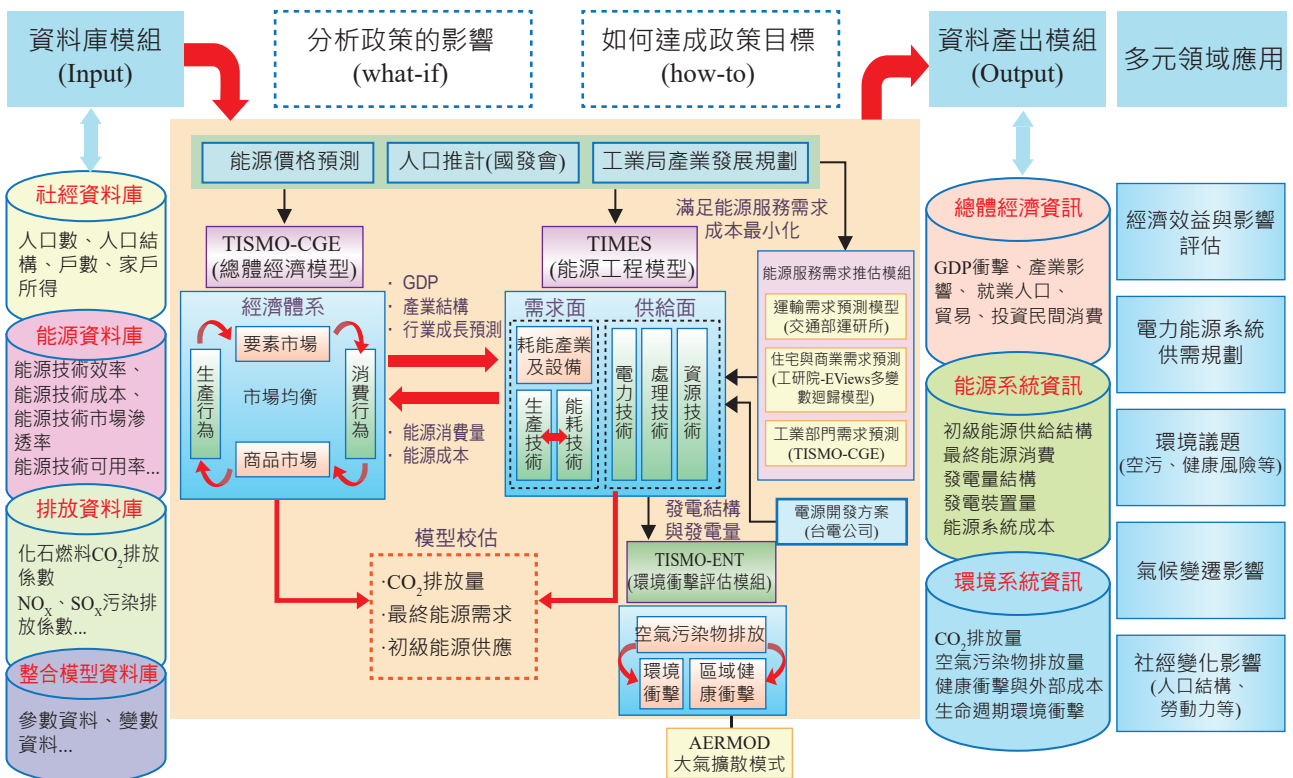


圖 4.1.1 能源部門 TISMO 整合模型架構

資料來源：工業技術研究院，「關於 TIMES 能源工程模型，你想知道的大小事 -- 臺灣 TIMES 能源工程模型介紹」，懂能源 BLOG。

二、非燃料燃燒溫室氣體排放

(一) 工業部門

工業製程及產品使用部門非燃料燃燒溫室氣體排放量預測係在 IPCC 2006 指南建議之統計架構下，依據歷史值及未來發展趨勢推估，經整併各行業及統計項目，估算方法說明如下：

1. 資訊電子工業氟氣體排放量，依據歷史值、國發會產業成長預估、業者投資及減量規劃等推估。
2. 鋼鐵基本工業、非鐵金屬基本工業、化學材料製造業、水泥及水泥製品業及玻璃及玻璃製品製造業等製程溫室氣體排放，依據歷史趨勢、國發會產業成長預估、及產業政策目標等，透過經濟計量模型進行推估。
3. 破壞臭氧層物質之替代品使用所造成之溫室氣體排放（如冷凍及空調設備之冷媒），依據近三年（2013~2015）年均成長率 2.8% 推估。

(二) 農業部門

業部門溫室氣體排放推估方法主要採用中央研究院永續科學中心及澳洲農業與資源經濟局 (Australian Bureau of Agriculture and Resource Economics and Sciences, ABARES) 共同研發之模型，以可計算一般均衡 (Computable General Equilibrium, CGE) 為基礎建立之臺灣經濟與環境一般均衡模型 (General Equilibrium Model for Taiwanese Economy and Environment, GEMTEE)，由上至下 (top-down) 進行溫室氣體排放的趨勢推估，再以臺灣農業部門模型 (Taiwan Agricultural Sectoral Model, TASM) 與臺灣漁業部門模型 (Taiwan Fishery Sectoral Model, TFSM) 進行下至上 (bottom-up) 細部校準，並考慮未來社經發展趨勢、能源價格成長情況等參數，過程中並召開專家座談會蒐集專家之實務經驗與意見，進行細部修正，模組如圖 4.1.2 及 4.1.3 所示。

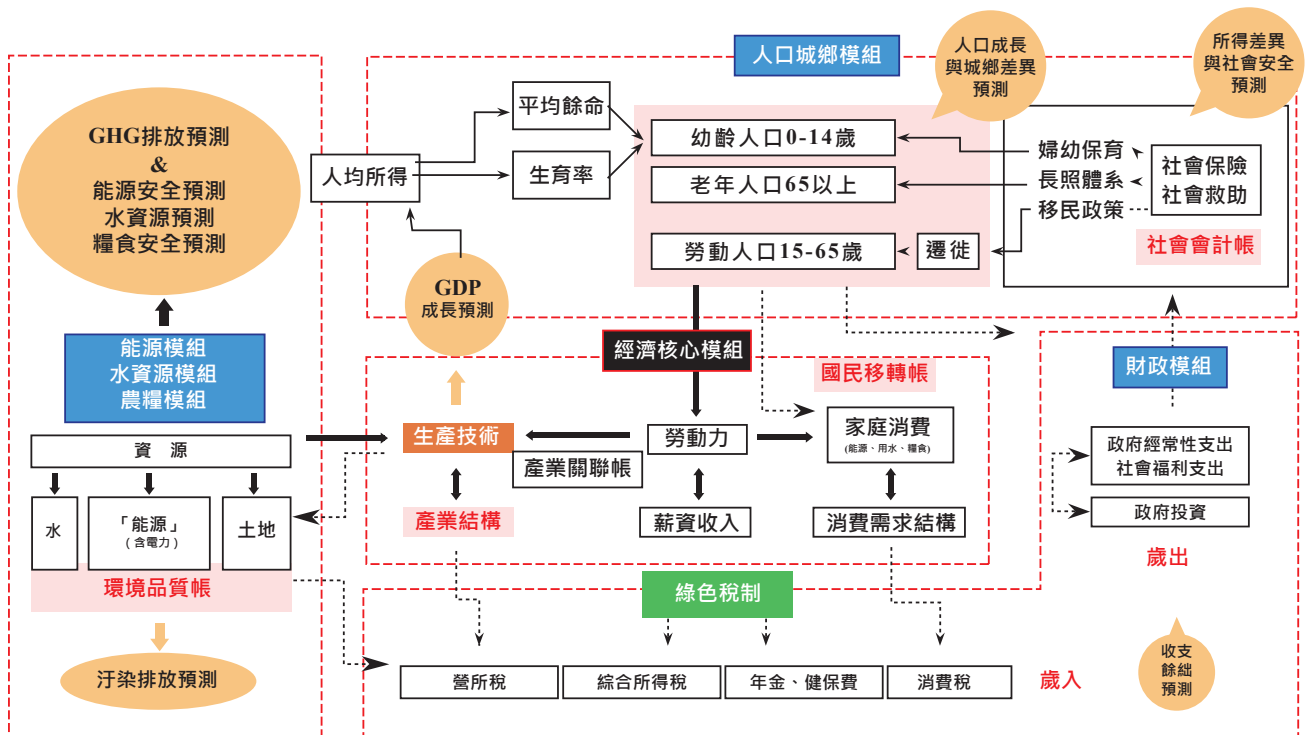


圖 4.1.2 農業部門 GEMTEE 政策分析模組

資料來源：行政院農業委員會，「我國農業部門非燃料燃燒溫室氣體排放趨勢推估」，2017 年。

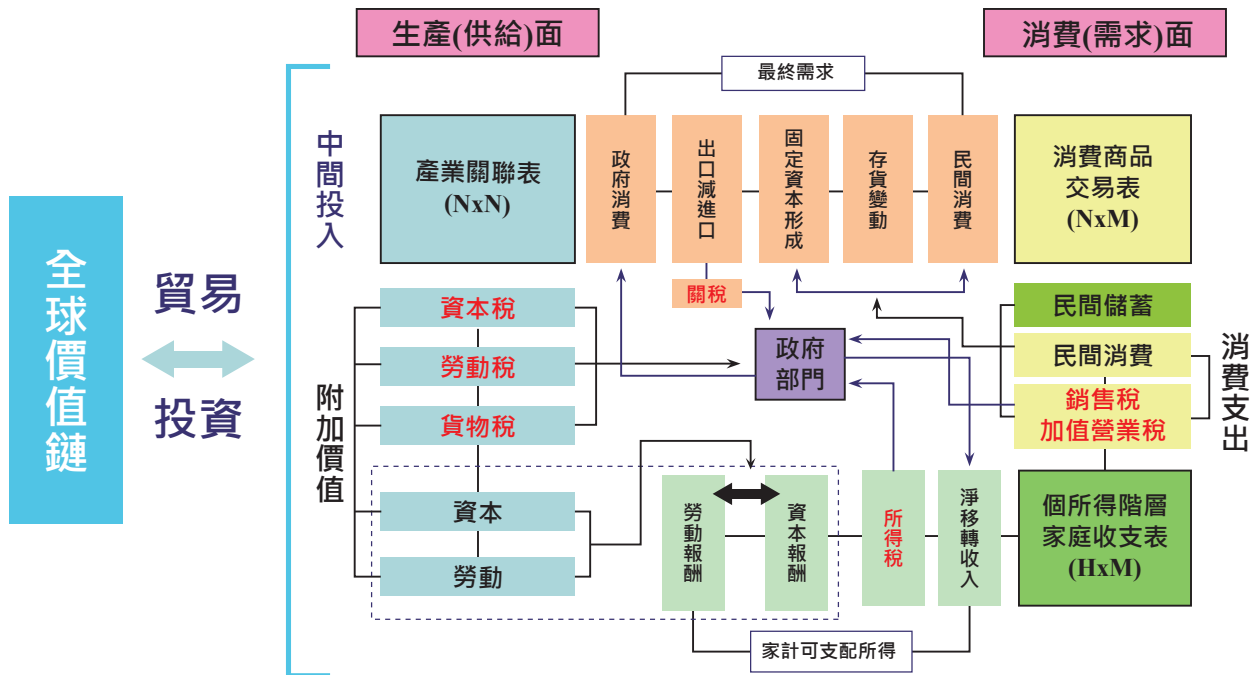


圖 4.1.3 農業部門 GEMTEE 資料庫架構

資料來源：行政院農業委員會，「我國農業部門非燃料燃燒溫室氣體排放趨勢推估」，2017 年。

(三) 環境部門

環境部門溫室氣體排放源包括掩埋、堆肥、焚化及污廢水，前三項排放源主要受到廢棄物處理政策影響，而第四項則人口及經濟活動直接相關。為合理環境部門溫室氣體排放量，推估原則方面，若有明顯變化趨勢者，以歷年活動數據趨勢推估；無明顯變化趨勢者，採用近年變動幅度趨緩年份之活動數據平均值；並考量未來環保政策對活動數據變動之影響，引用最近一年的排放係數進行推估。

依據上述原則，各類排放源排放推估方法如下：

1. 掩埋處理排放：衛生掩埋量採 2006~2015 年掩埋量以乘冪類型函數式推估，甲烷回收量採用 2007~2015 年甲烷回收量以指數類型函數式推估，一般掩埋量則按 2008~2015 近 8 年平均掩埋量推估。
2. 生活污水排放：污水處理率採用 2017~2020 年內政部營建署推估值，人口數採用人口中推估值，全國污水廠年處理量以 2009~2015 年處理量線性函數推估，每人日蛋白質供給量則採 2004~2015 近 12 年平均值推估。

3. 堆肥：採 2011~2015 年近 5 年趨勢線推估。

4. 焚化：採 2011~2015 年近 5 年平均值推估。

5. 事業廢水：去除化學需氧量 (Chemical Oxygen Demand, COD) 採 2007~2015 年近 9 年平均推估，總氮 (Total Nitrogen, TN) 排放量採 2013~2015 年近 3 年平均推估。

(四) 林業部門

1. 碳匯趨勢推估方法

森林碳匯主要為「林地維持林地」及「其他土地轉變為林地」之總和，「林地維持林地」碳吸存量佔總森林碳吸存量的 9 成以上，過去 20 年因區域計畫法、森林法及禁伐天然林等法規與政策執行下，歷年森林碳匯量大致呈現穩定狀態。假設未來造林政策無重大變革，以森林資源調查各林型面積近 10 年平均值做為未來推估基礎數值，竹木伐採、森林火災、盜伐及濫墾等造成碳匯損失量則採用近 3 年平均值做為未來推估基礎數值；「其他土地轉變為林地」項目，則為歷年造林成果，且期滿 20 年後計入林地維持林地的面積。



2. 碳匯推估情境設定

碳匯主要來自「林地維持林地」，且受政策影響，在設定未來政策持續不變下，碳匯變動主要來自崩塌之碳匯損失，因此以「不考量崩塌」及「考量崩塌」之情況分為「高案」及「低案」推估情境進行森林碳匯趨勢推估。

- (1) 情境一「高案」：此情境為假定政府能對全臺易崩塌地區採取防範措施，使未來林地不發生任何崩塌的理想情況，因此情境一假設未來林地不會發生崩塌，且「林地維持林地」的各林型面積為近 10 年平均值。
- (2) 情境二「低案」：「林地維持林地」每年考量崩塌情況，各林型崩塌面積假設為近 3 年平均值，且 10 年後植被回復。

4.2 基準情境分析

為了使各部門領域模型在一致的基準情景下進行模擬模擬，分別就主要的總體經濟、人口及能源等指標，提出假設條件，各指標的情境分別如下說明：

一、國民生產毛額預測 (Gross Domestic Product, GDP)

綜合考量國內外情勢，包含：人口趨勢、國際能源價格、國際經貿環境、總要素生產力等，以及各產業主管機關提供之產業發展趨勢、政策方向等因素，推估我國中長程 GDP 與三級產業結構占比，作為基礎情境之假設條件之一。其中，2017 年整體經濟成長率為 2.89%，三級產業結構以服務業 GDP 占比最高約占 62.87%，其次為工業約占 35.40%，而農業僅占 1.72%。

二、人口預測值

我國人口預測主要採用國際間慣用之年輪組成法 (Cohort-Component Method)，以 2017 年年底男、女性單一年齡戶籍人口數做為基期，加入出生、死亡及國際淨遷移徙 (包含本國人及外國人之戶籍遷入/出) 等假設，將每個人的年齡逐年遞增，推估出未來男、女性單一年齡人口數。

根據國家發展委員會 2018 年 8 月 30 日發布之「中華民國人口推估 (2018 至 2065 年)」報告顯示，我國總人口將於 2021 年達最高峰 2,361 萬人，在低、中、高推估三種不同假設情境下，2065 年總人口數將降為 1,601 萬至 1,880 萬人之間，與 2018 年相比，約減少 2 至 3 成。

三、能源轉型政策

我國為邁向非核家園目標，並兼顧國際減碳承諾，因應國內外政經情勢及能源環境的快速變遷與挑戰，臺灣推動能源轉型政策，目標在 2025 年燃氣、燃煤及再生能源占比為分別 50%、30% 及 20%，而核能機組方面，其運轉執照將於同年 5 月以前陸續到期，我國現有核能機組運轉執照期限如表 4.2.1 所示。

進口天然氣卸收容量目標如表 4.2.1，2025 年達 3,270 公噸，2030 年再提高至 3,590 公噸；燃氣機組發電由 2016 年占比 32% 增至 2020 年 36%，2025 年再增至 49%。燃煤機組發電 2016 年占比 45% 增至 2017 年 46%，2020 年降至 43%，2025 年再降至 29%。再生能源裝置容量 2030 年目標 30,066MW，2016 年發電量占比 5%，2020 年增至 9%，2025 年再增至 20% (表 4.2.3 及表 4.2.4)。

表 4.2.1 核能電廠運轉執照期限

機組	現有運轉執照期限
核一廠 1 號機	2018 年 12 月 5 日
核一廠 2 號機	2019 年 7 月 15 日
核二廠 1 號機	2021 年 12 月 27 日
核二廠 2 號機	2023 年 3 月 14 日
核三廠 1 號機	2024 年 7 月 26 日
核三廠 2 號機	2025 年 5 月 17 日

資料來源：行政院原子能委員會。

表 4.2.2 天然氣規劃量

單位：萬噸

項目 \ 年份	2020	2025	2030
卸收容量	1,650	3,270	3,590

資料來源：經濟部能源局。

表 4.2.3 再生能源裝置量

單位：MW

項目 \ 年份	2020	2025	2030
太陽光電	6,500	20,000	20,000
陸域風力	814	1,200	1,200
離岸風力	520	3,000	5,500
地熱能	150	200	250
生質能	768	813	855
水力	2,100	2,150	2,200
氫能及燃料電池	22.5	60	60
合計	10,875	27,424	30,066

資料來源：經濟部能源局。

表 4.2.4 再生能源發電量

單位：億度

項目 \ 年份	2020	2025	2030
太陽光電	81	256	256
陸域風力	20	29	29
離岸風力	19	118	217
地熱能	10	13	16
生質能	56	59	63
水力	64	66	68
氫能及燃料電池	2	5	5
合計	252	546	654

資料來源：經濟部能源局。

4.3 趨勢推估

為規劃溫室氣體階段管制目標，各部會依據社經參數推估能源消費量、規劃節能減碳策略，由經濟部能源局彙整推估能源相關參數及燃料燃燒排放量；各部會依據社經參數及規劃

政策措施推估各部門非燃料燃燒排放量，行政院農業委員會則負責碳匯量推估，最終由環保署彙整推估結果。溫室氣體排放量推估方式，如圖 4.3.1 所示。

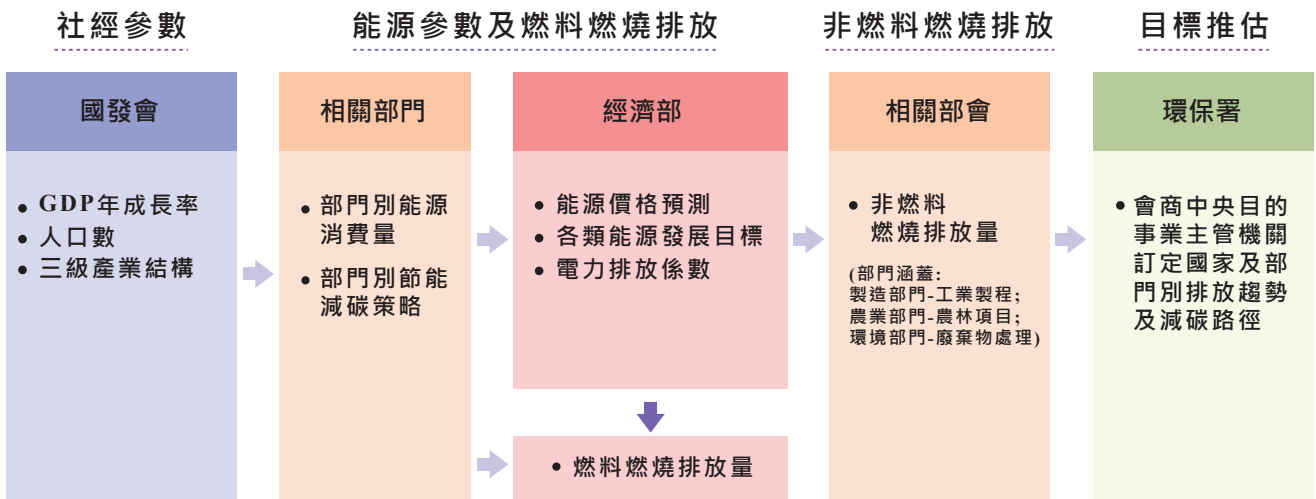


圖 4.3.1 溫室氣體排放量推估方式

資料來源：行政院環境保護署，「第一期溫室氣體階段管制目標（核定版）」，2018 年。

我國減碳路徑採先緩後加速，預估 2020 年溫室氣體排放量較基準年 2005 年減量 2%，亦即到 2020 年我國溫室氣體淨排放總量降為 260.717 百萬公噸二氧化碳當量 (Mt CO₂e)，2025 年則較基準年減量 10% 及 2030 年較基準年減量 20% 為努力方向。各溫室氣體與碳匯排放趨勢分別說明如下：

一、燃料燃燒二氧化碳排放趨勢

由於產業結構中工業占比漸增（但能源密集產業占比將下降），農業及服務業占比微幅下降，加上各部會採取節能減碳措施，如執行前述新能源政策降低電力排放係數、降低能源密集度、提昇新建建築物之建築外殼設計基準值、

公部門建築用電效率改善、擴展公共運輸系統、強制電動機動車輛新售量、建置綠色運具導向之交通環境、提升運輸系統及運具能源使用效率、漁船休漁等等，能源消費與電力消費年均成長幅度已較過去大幅下降，燃料燃燒溫室氣體排放於 2017 年至 2018 年達峰值，2020 年較 2005 年增加 1.7%，2030 年減少 7.9%。除運輸部門逐年上升外，各部門約於 2017 年達到峰值，2020 年僅能源（自用）及運輸部門排放較 2015 年高。整體而言，燃料燃燒溫室氣體排放量預期 2020 年排放 250 百萬公噸 CO₂，2025 年排放 228 百萬公噸 CO₂，2030 年排放 226 百萬公噸 CO₂，詳如圖 4.3.2。

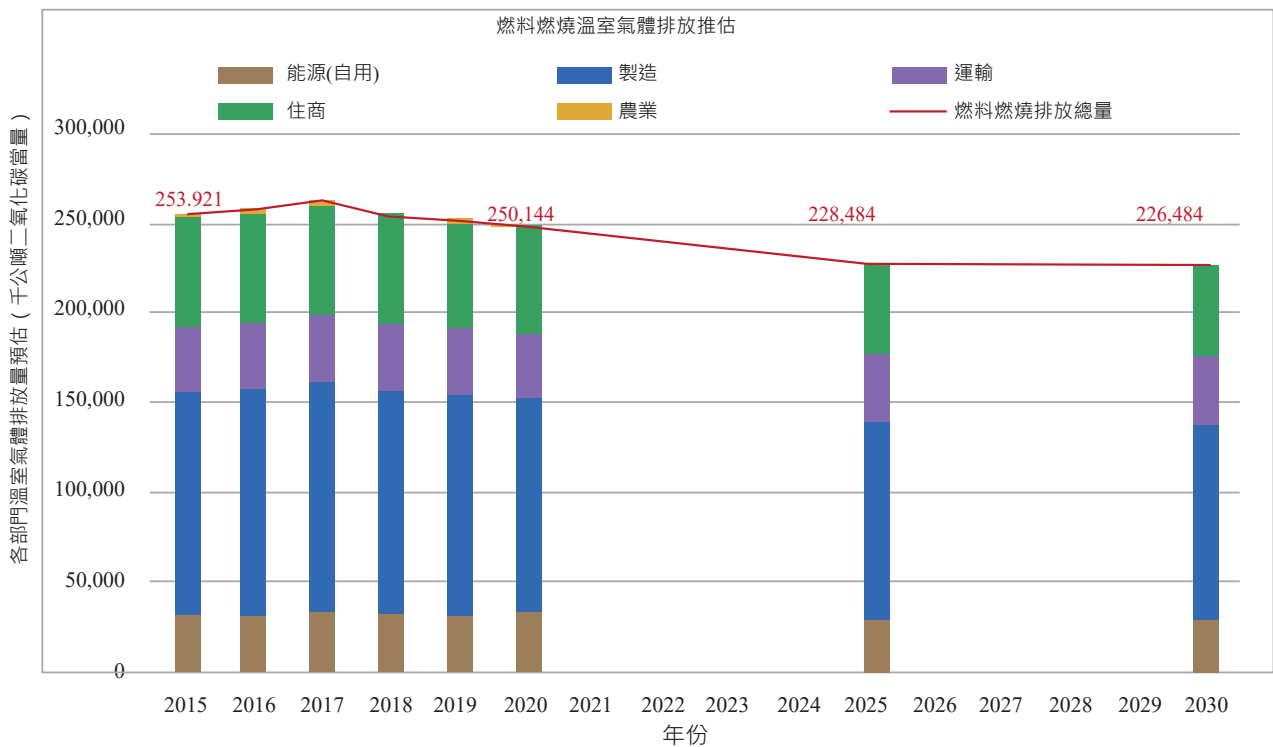


圖 4.3.2 燃料燃燒溫室氣體排放量預估

資料來源：行政院環境保護署，「第一期溫室氣體階段管制目標（核定版）」，2018 年。

二、非燃料燃燒其他溫室氣體排放趨勢

我國非燃料燃燒溫室氣體排放於 2004 年達到峰值，相較基準年（2005 年），2016 年非燃料燃燒溫室氣體排放量已減少 29.23%（不含碳匯）。製造部門中，僅非鐵金屬基本工業及化學工業推估排放維持不變外，水泥生產、玻璃生產、鐵及鋼生產、電子工業、減少臭氧物質之替代品使用及電力設備等產業發展需求，至 2030 年排放推估呈現逐年增加趨勢，雖農業及

環境部門非燃料燃燒溫室氣體排放推估已呈現逐年下降趨勢。整體而言，非燃料燃燒溫室氣體排放推估（至 2030 年）仍呈現逐年微幅增加趨勢。

林業碳匯方面，依前述未來林地崩塌面積不會持續增加，且林地維持林地的各林型面積為近 10 年平均值。預期在未來吸收量推估呈現持平走勢，如表 4.3.1。

表 4.3.1 林業碳匯推估

單位：千公噸二氧化碳當量

年份	項目	林地維持林地	其他土地轉變為林地	總計
2020		-20,607	-718	-21,325
2025		-21,076	-314	-21,390
2030		-21,160	-198	-21,357
2035		-21,264	-27	-21,291

資料來源：行政院環境保護署，「第一期溫室氣體階段管制目標（核定版）」，2018 年。



整體非燃料燃燒溫室氣體排放趨勢，呈現微幅成長，2020 年較 2005 年減少 26.57%，2030 年減少 24.31。2030 年不含碳匯之非燃料燃燒溫室氣體排放量推估約 30,430 千公噸二氧

化碳當量(含電子工業減量情境)，加計碳匯 21,357 千公噸二氧化碳當量，淨排放量 9,073 千公噸二氧化碳當量；非燃料燃燒溫室氣體排放預估趨勢，如圖 4.3.3 所示。

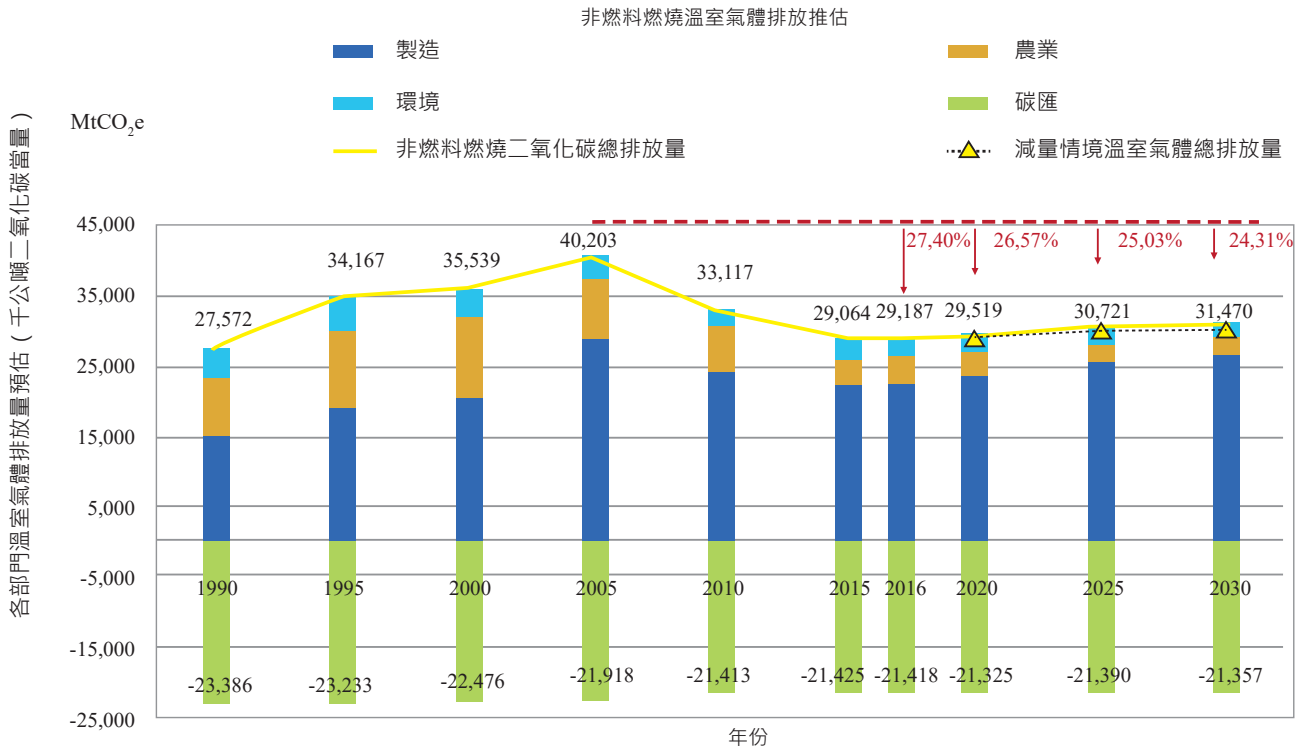


圖 4.3.3 非燃料燃燒溫室氣體排放量預估

資料來源：行政院環境保護署，「第一期溫室氣體階段管制目標(核定版)」，2018 年。

三、總溫室氣體排放推估

總溫室氣體排放量推估，係加計燃料燃燒及非燃料燃燒排放量預估結果，顯示 2020 年淨

排放量較基準年(2005 年)減少 2.09%，2030 年淨排放量較基準年約減 10.06%(2025 年較基準年約減 9.88%)。如圖 4.3.4。

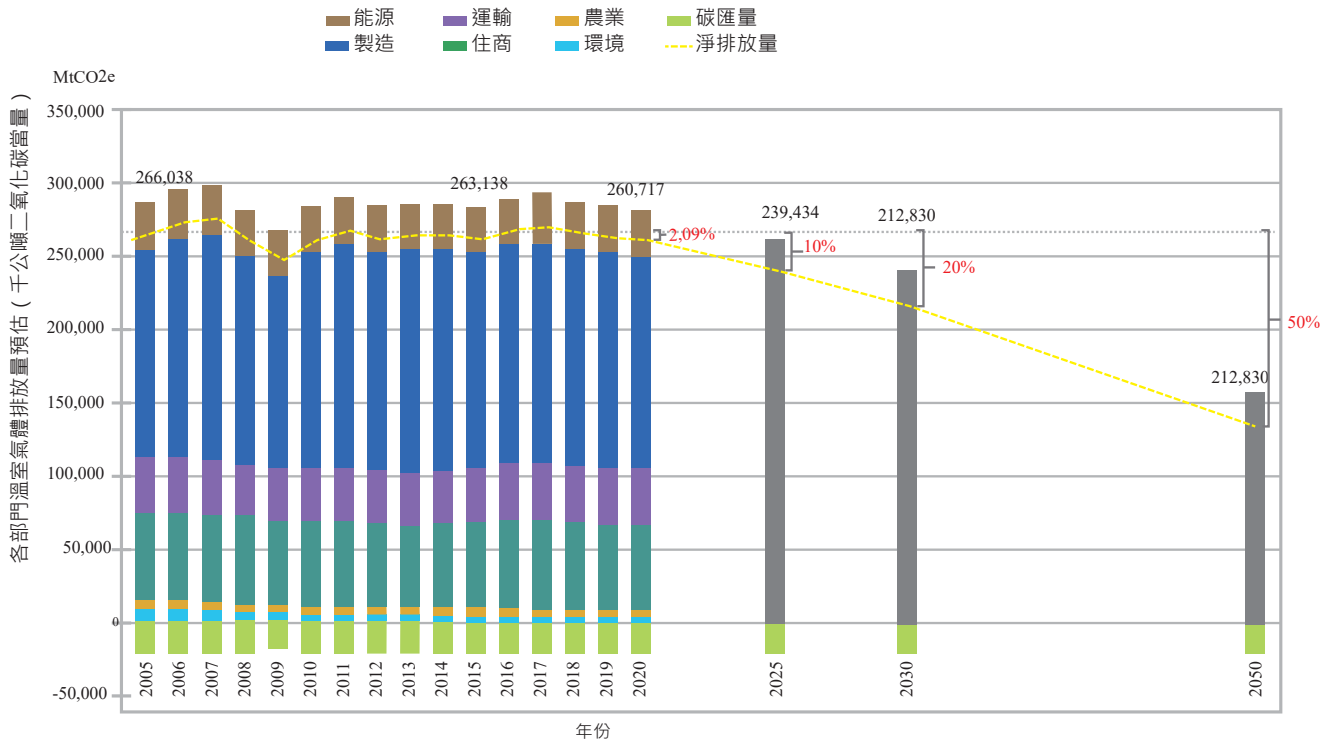


圖 4.3.4 總溫室氣體排放量預估

資料來源：行政院環境保護署，「第一期溫室氣體階段管制目標（核定版）」，2018年。



參考文獻

1. 工業技術研究院，「關於 TIMES 能源工程模型，你想知道的大小事 -- 臺灣 TIMES 能源工程模型介紹」，懂能源 BLOG (<http://doenergytw.blogspot.com/2018/05/times.html>)
2. 行政院農業委員會企劃處，「我國農業部門非燃料燃燒溫室氣體排放趨勢推估」，2017 年 7 月 11 日。
3. 行政院環境保護署，「第一期溫室氣體階段管制目標 (核定版)」，2018 年 1 月。
4. 國家發展委員會，「中華民國人口推估 (2018 至 2065 年) 報告」，2018 年 8 月 30 日。
5. 國家發展委員會，「當前經濟情勢」，2018 年 8 月 31 日。