

第四章

溫室氣體排放預測

4.1 排放路徑預測

4.2 減量效果評估

4.3 預測方法說明

第四章 溫室氣體排放預測

在溫管法明定之長期減量目標下，我國以每五年為一期，訂定階段管制目標，逐步推動落實減量政策；為妥適訂定階段管制目標，依據各部門節能減碳策略之減量潛力，預測全國及各部門之溫室氣體排放路徑。¹ 以下分別說明溫室氣體排放路徑之預測結果、政策措施之減量效果評估，以及相關方法學。

4.1 排放路徑預測

環保署於第一期階段管制目標訂定時，依「溫室氣體階段管制目標及管制方式作業準則」第 7 條第 1 項，會商中央目的事業主管機關訂定國家溫室氣體排放趨勢推估原則及參數之規範，其氣體類別、排放類別及預測時程之範疇界定如下：（彙整如表 4.1.1-1 所示）

一、氣體類別

溫室氣體包含指二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、氫氟碳化物 (HFCs)、全氟碳化物 (PFCs)、六氟化硫 (SF₆) 及三氟化氮 (NF₃) 等七種氣體，並依照溫室氣體溫暖化潛勢統一轉換為二氧化碳當量 (CO₂e)。

二、排放類型

依據國家清冊報告之規範，溫室氣體排放（或移除）之類型分為燃料燃燒溫室氣體排放（能源）、非燃料燃燒溫室氣體排放（工業製程及產業使用、農業部門、廢棄物部門）及碳匯（土地利用、土地利用變化及林業部門）等三類。

三、部門分類

依照我國溫管法之推動分工分為六大部門，能源部門管理再生能源發展、能源使用效率提升及節約能源；製造部門管理工業溫室氣體減量；運輸部門涵蓋運輸管理、大眾運輸發展、低碳能源運具使用及其他運輸溫室氣體減量；住商部門管理建築溫室氣體減量；農業部門管理森林資源管理、碳吸收強化及農業溫室

表 4.1.1-1 範疇界定說明

範疇	說明
氣體類別	二氧化碳 (CO ₂)、甲烷 (CH ₄)、氧化亞氮 (N ₂ O)、氫氟碳化物 (HFCs)、全氟碳化物 (PFCs)、六氟化硫 (SF ₆) 及三氟化氮 (NF ₃)
排放類型	燃料燃燒溫室氣體排放、非燃料燃燒溫室氣體排放（工業製程及產業使用、農業部門、廢棄物部門）及碳匯（土地利用、土地利用變化及林業部門）
部門分類	能源、製造、運輸、住商、農業、環境部門
預測時程	2020 年至 2035 年

資料來源：行政院環境保護署。

氣體減量；環境部門則管理廢棄物回收處理及再利用。本節之部門分類與國家清冊報告不同，電力使用之溫室氣體排放將回歸於各用電部門。

4.2 減量效果評估

本節針對評估我國在「既有政策情境」(With Existing Measures' Scenario) 下的溫室氣體減量效果。「既有政策情境」包含我國實施中及已通過的所有政策和措施。

四、預測時程

依行政院 2021 年 9 月 29 日核定「第二期溫室氣體階段管制目標」，對我國 2020 年至 2035 年之溫室氣體排放路徑提出預測。

「既有政策情境」下，以 2005 年為基準年，預計可分別於 2020 年減少 2%，2025 年減少 10%，2030 年減少 20%，以及 2035 年減少 25~30%，以期達到 2050 年減少 50% 之法定目標，如表 4.2-1 及圖 4.2-1 所示。

表 4.2-1 政策情境下 GHG 淨排放量路徑

政策情境	預測值 (單位：MtCO ₂ e)			
	2020 年	2025 年	2030 年	2035 年
基期年 (2005 年) 淨排放量 (A)	268.634	268.634	268.634	268.634
既有政策情境 GHG 淨排放量路徑 (B)	260.717	241.011	214.232	227.622~187.453
GHG 減量額度 (B-A)	7.917	27.623	54.402	41.012~81.181

資料來源：環保署，「中華民國國家溫室氣體排放清冊報告 (2021 年版)」，2021 年；經濟部能源局，「2019 年燃料燃燒 CO₂ 排放統計」，2020 年；經濟部能源局，「燃料燃燒排放 GHG 推估結果說明」，2020 年；行政院環境保護署，「非燃料燃燒溫室氣體排放統計及趨勢推估」，2019 年。

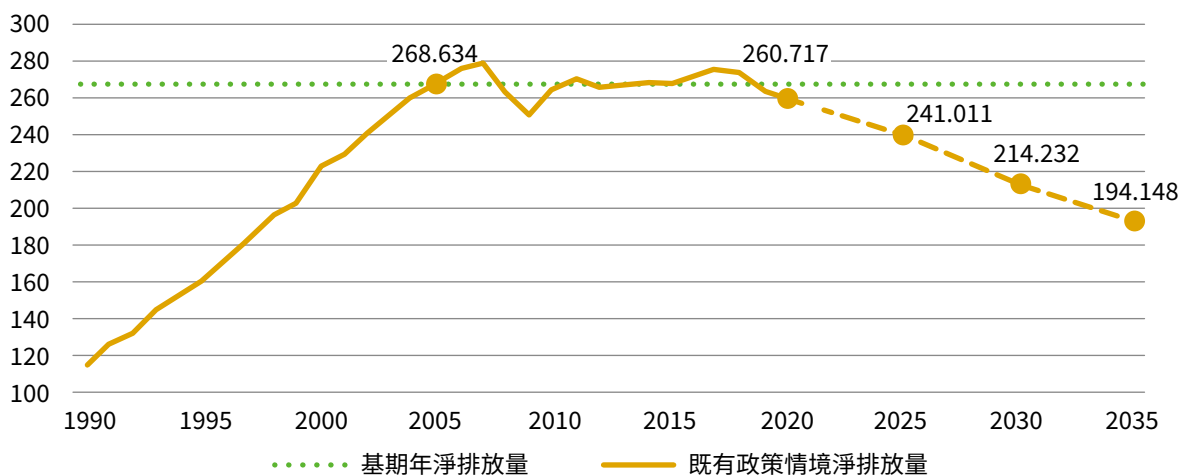


圖 4.2-1 GHG 淨排放量路徑比較

註：1990 至 2019 年數據為實績值，2020 年後數據為推估值。

資料來源：行政院環境保護署，「中華民國國家溫室氣體排放清冊報告 (2021 年版)」，2021 年；經濟部能源局，「2019 年燃料燃燒 CO₂ 排放統計」，2020 年；經濟部能源局，「燃料燃燒排放 GHG 推估結果說明」，2020 年；行政院環境保護署，「非燃料燃燒溫室氣體排放統計及趨勢推估」，2019 年。

4.3 預測方法說明

我國溫室氣體排放路徑之規劃，係由各部門溫室氣體排放路徑堆疊加總。各部門之主管機關依據統一之參數假設（經濟成長、人口），推估該部門之能源消費量及溫室氣體排放，並規劃相應之節能減碳策略。在燃料燃燒

溫室氣體排放方面，由經濟部能源局依據全國之能源消費量與策略節能量，規劃能源供給後進行預測。在非燃料燃燒溫室氣體排放方面，由環保署彙整各部門之預測數據。在碳匯方面，由農委會進行預測。全國溫室氣體排放路徑預測流程如圖 4.3-1 所示。

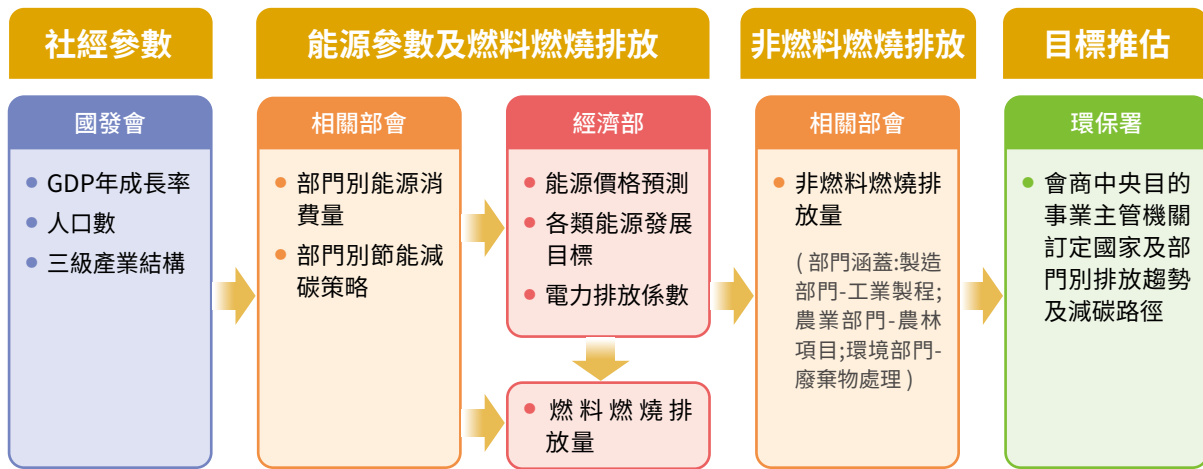


圖 4.3-1 溫室氣體排放路徑預測流程

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」，2018 年。

4.3.1 參數假設

為使各部門在一致的基準情景下模擬溫室氣體排放，針對總體經濟成長、人口及能源等指標訂定參數假設，說明如下：

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

國家發展委員會綜合考量國內外經濟發展趨勢，包含：人口、國際能源價格、國際經貿環境、總要素生產力，以及各產業主管機關提供之產業發展趨勢及政策方向，推估我國中

長程 GDP 及三級產業結構占比。

在其 2018 年 8 月的預測中，2020 年整體經濟成長率為 2.49%，以服務業占 GDP 之比例最高（占比 62.60%），其次為工業（占比 35.57%），最後為農業（占比 1.82%）；2025 年整體經濟成長率上升至 2.65%，服務業占 GDP 之比例持續提升（占比 62.82%），工業（占比 35.46%）及農業（占比 1.72%）則有所下降。國家發展委員會對我國經濟成長率及三級產業結構變化之預測如表 4.3.1-1 所示。

表 4.3.1-1 臺灣經濟成長率及三級產業結構預測

年別	經濟成長率	三級產業占比		
		農業	工業	服務業
2021	2.49%	1.82%	35.57%	62.60%
2022	2.56%	1.81%	35.55%	62.64%
2023	2.56%	1.79%	35.51%	62.71%
2024	2.65%	1.76%	35.48%	62.76%
2025	2.65%	1.72%	35.46%	62.82%

資料來源：國家發展委員會。

二、人口數預測

依據國家發展委員會 2018 年 8 月 30 日發布之「中華民國人口推估（2018 至 2065 年）」報告，其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。

推估結果顯示，我國總人口將在 2020 年達峰值 2,361 萬人，在低、中、高推估三種不同假設情境下，2065 年總人口數將降到 1,601 萬至 1,880 萬人之間，相較 2018 年減少約 2 至 3 成，將以中推計作為溫室氣體排放路徑之預測基準。我國總人口成長趨勢如圖 4.3.1-1 所示。

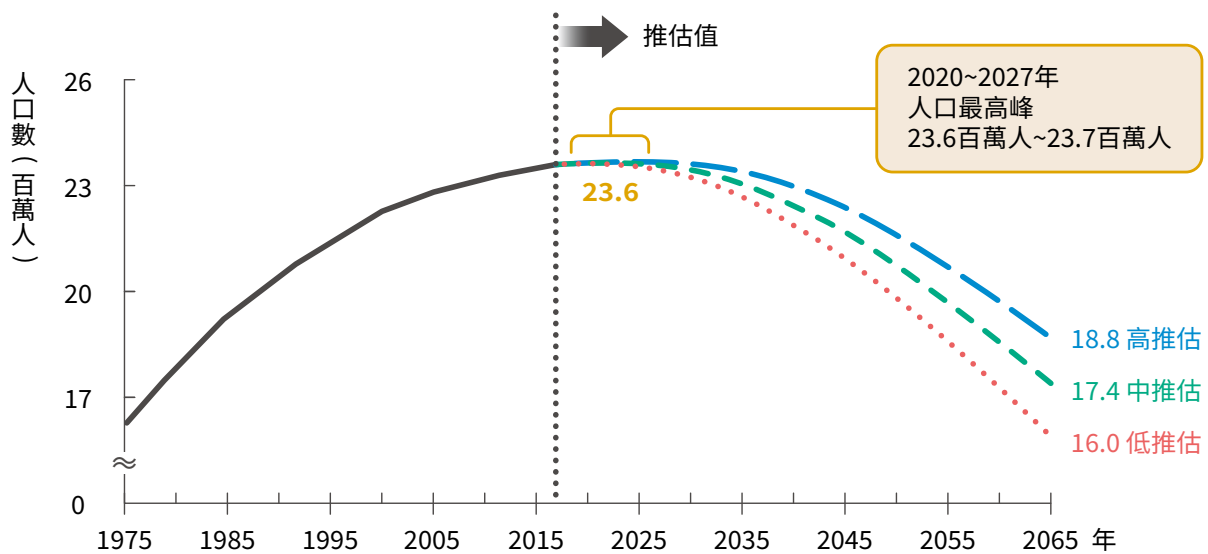


圖 4.3.1-1 總人口成長趨勢 (高、中及低推估情境)

資料來源：國家發展委員會，「中華民國人口推估（2018 至 2065 年）」，2018 年。

三、能源轉型政策

為邁向非核家園目標、實現國際減碳承諾，因應國內外政經情勢及能源環境的快速變遷與挑戰，我國推動能源轉型政策，降低燃煤、燃油發電，並提升低碳能源（燃氣及再生能源）發電占比，規劃目標在 2025 年燃煤、

燃氣及再生能源發電占比分別達到 27.5%、49.5% 及 20.3%；同時，陸續淘汰運轉年限到期之核能發電，於預計 2025 年完成淘汰多數機組，各類電廠發電結構路徑如圖 4.3.1-2 及表 4.3.1-2 所示。

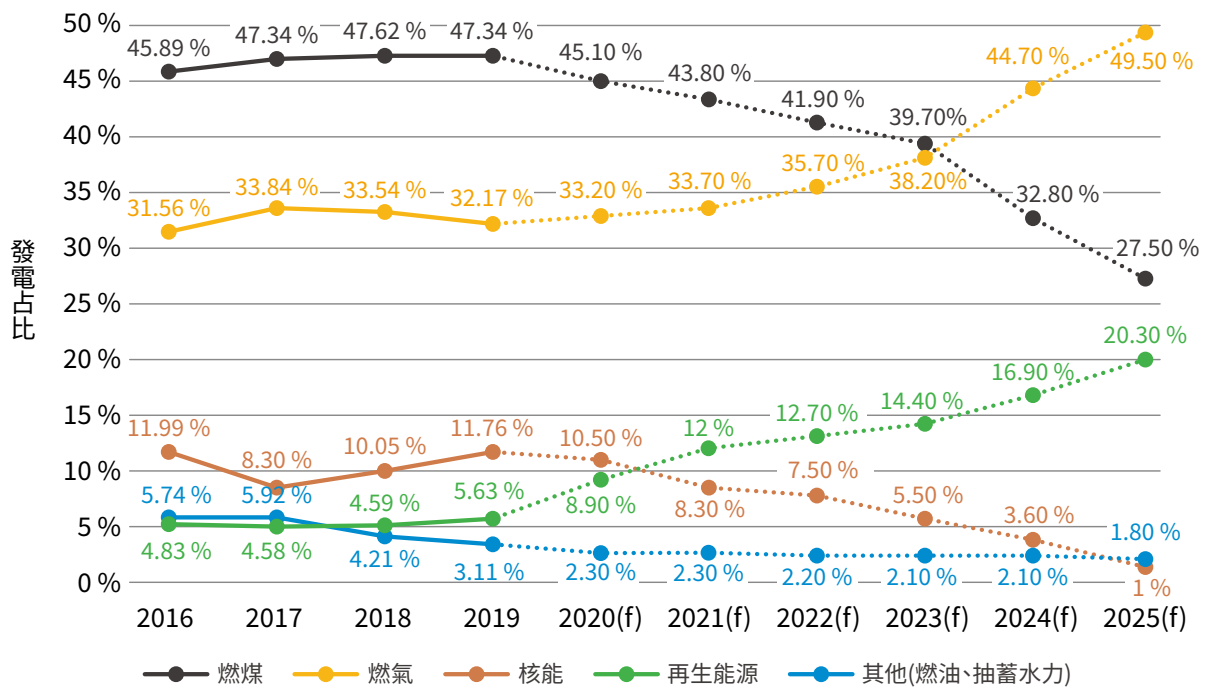


圖 4.3.1-2 各類電廠發電結構路徑

資料來源：經濟部能源局。

進口天然氣卸收容量目標如表 4.3.1-3 及表 4.3.1-4 所示，2025 年達 2,620 萬噸，2030 年再提高至 3,590 萬噸；燃氣發電占比逐年提升，由 2020 年占比 33.2%，升至 2025 年 49.5%。燃煤發電占比逐年下降，2020 年占比

45.1%，降至 2025 年 27.5%。再生能源裝置容量 2030 年目標 35,373MW，2020 年發電量占比 8.9%，2025 年增至 20.3%。再生能源發電量如表 4.3.1-5 所示。

表 4.3.1-2 核能電廠運轉期限

機組 \ 運轉設定	停轉時間	屆齡除役
核一廠 #1 號機	2014 年 12 月 10 日	2018 年 12 月
核一廠 #2 號機	2017 年 06 月 30 日	2019 年 07 月
核二廠 #1 號機	2021 年 03 月	2021 年 12 月
核二廠 #2 號機	2023 年 03 月	2023 年 03 月
核三廠 #1 號機	2024 年 07 月	2024 年 07 月
核三廠 #2 號機	2025 年 05 月	2025 年 05 月

資料來源：經濟部能源局。

表 4.3.1-3 天然氣規劃量

單位：萬噸

項目 \ 年	2020	2025
卸收容量	1,650	2,620

資料來源：經濟部能源局。

表 4.3.1-4 天然氣規劃量

單位：MW

項目 \ 年	2020	2025
太陽光電	6,500	20,000
陸域風力	814	1,200
離岸風力	976	5,738
地熱能	150	200
生質能	768	813
水力	2,100	2,150
氫能及燃料電池	22	60
海洋能	0	0
合計	11,331	30,161

資料來源：經濟部能源局。

表 4.3.1-5 再生能源發電量

單位：億度

項目 \ 年	2020	2025
太陽光電	81	256
陸域風力	19	28
離岸風力	35	207
地熱能	10	13
生質能	38	43
水力	64	66
氫能及燃料電池	2	5
海洋能	0	0
合計	249	617

資料來源：經濟部能源局。

4.3.2 預測方法

燃料燃燒溫室氣體排放、非燃料燃燒溫室氣體排放及森林碳匯溫室氣體移除所採用之預測方法，說明如下：

一、燃料燃燒溫室氣體排放

經濟部在 1993 年引進國際能源總署的 MARKAL 能源工程模型，2010 年調整為臺灣 TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System) 模型，透過細緻化與彈性的模型操作功能，為國內多項重大能源政策進行模擬評估。TIMES 模型是由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，能源需求為

外生驅動力，可以在能源供需平衡、環境及資源限制下，以能源系統成本最小化之目標下，規劃能源系統發展情境。

為能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 模型團隊持續開發能源、經濟、環境整合 TISMO 模型 (Taiwan Integrated Sustainability Model)，其以臺灣 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，透過軟連結方式擴充 TIMES 模型整合評估功能，做為預測全國 2021 至 2025 年燃料燃燒溫室氣體排放之工具。TISMO 整合模型架構如圖 4.3.2-1。

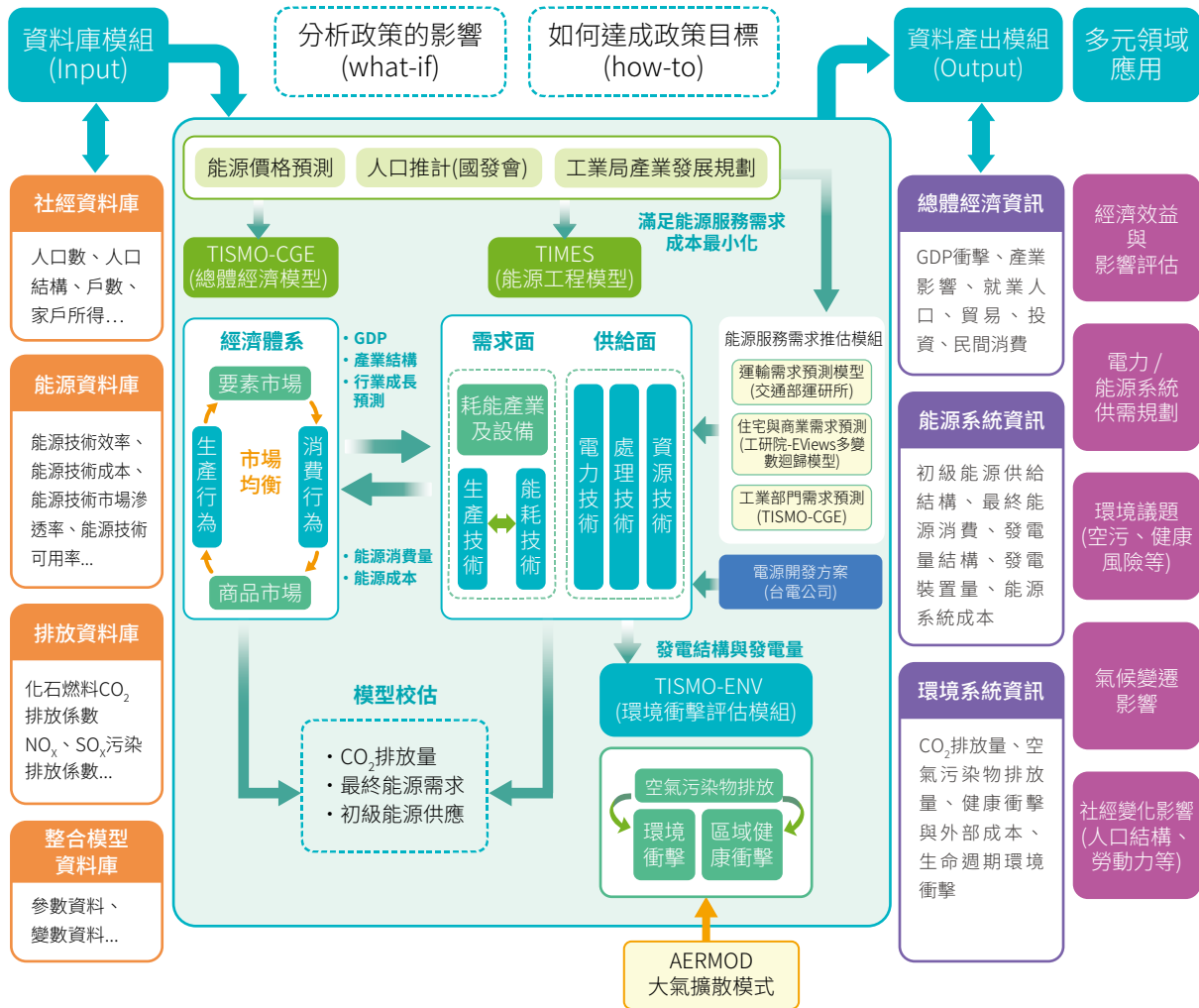


圖 4.3.2-1 TISMO 整合模型架構

資料來源：經濟部能源局能源知識庫。

二、非燃料燃燒溫室氣體排放

(一) 工業部門

工業部門非燃料燃燒溫室氣體排放量預測是依據行業別生產特性分別進行估算，各行業推估方法說明如下：

1. 資訊電子工業

(1) 依據「第一批應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」電子業者申盤查清冊申報資料、國發會產業成長預估、業者投資規劃等推估。

(2) 考量既設廠氟氣體削減量由現況 83% 逐步提升至 90%，未來新設廠總削減量一律達 90% 之情形下預估。

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：

參考歷史趨勢、國家發展委員會產業成長預估、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：

依據 2013 至 2015 年均成長率 2.8% 推估。

(二) 農業部門

農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 4.3.2-2 及圖 4.3.2-3 所示。

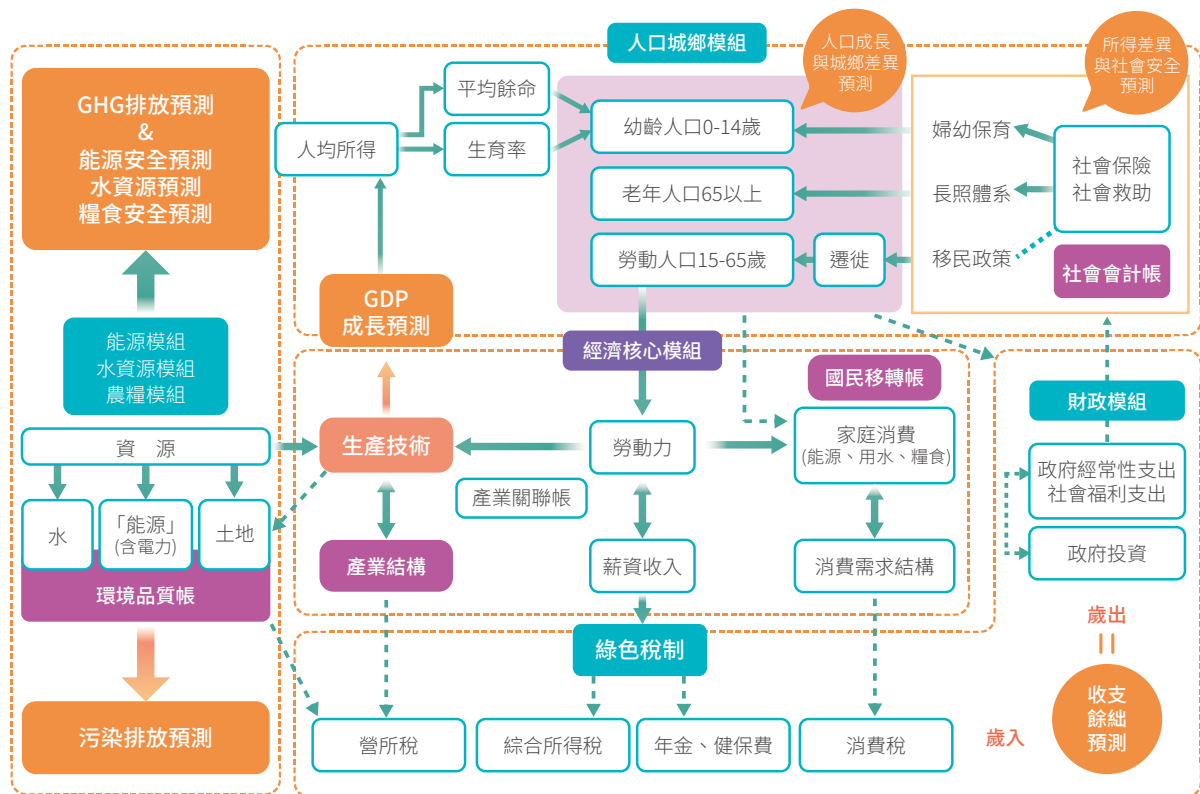


圖 4.3.2-2 農業部門 GEMTEE 政策分析模組

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。

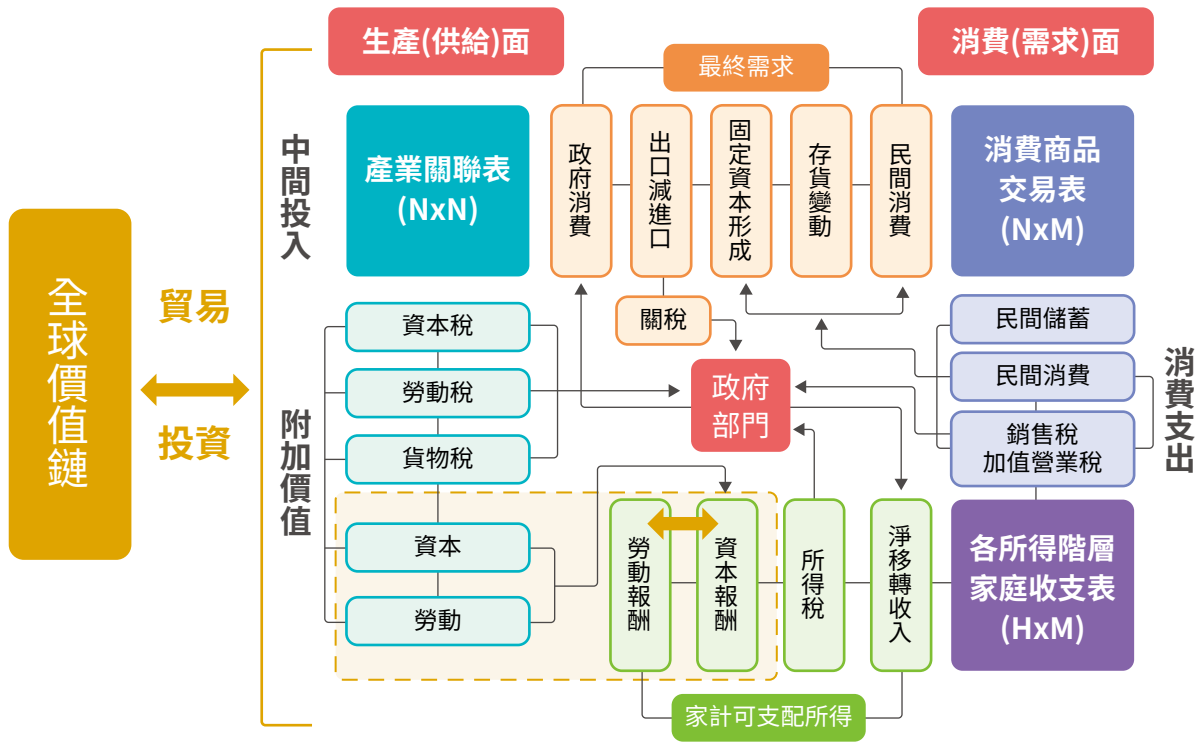


圖 4.3.2-3 農業部門 GEMTEE 資料庫架構

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。為計算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

量以乘幕類型函數式推估，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 年平均值推估，總氮 (Total Nitrogen, TN) 排放量採 2013~2015 年近 3 年平均值推估。

(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。

參考文獻

1. 行政院環境保護署，「第一期溫室氣體階段管制目標」，2018 年 https://ghgrule.epa.gov.tw/greenhouse_control/greenhouse_control_page/36
2. 行政院環境保護署，「2020 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告」，2020 年 https://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/tw_nir_2020.php
3. 行政院環境保護署，「第二期溫室氣體階段管制目標（草案）簡報」，2020 年
4. 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
5. 國家發展委員會，「中華民國人口推估（2018 至 2065 年）」，2018 年 <https://pop-proj.ndc.gov.tw/download.aspx?uid=70&pid=70>
6. 經濟部能源局，「第二期階段管制目標公聽會能源部門簡報」，2020 年
7. 經濟部能源局，「2019 年燃料燃燒 CO₂ 排放統計」，2020 年
8. 經濟部能源局「能源知識庫」https://km.twenergy.org.tw/energy/operating_more?id=8