

財團法人中技社智庫議題委託計劃

期末報告

後福島時代臺灣電力問題探討

與對策分析

委託單位：財團法人中技社

受託單位：財團法人中華經濟研究院

中華民國 101 年 3 月

財團法人中技社智庫議題委託計劃

期末報告

後福島時代臺灣電力問題探討 與對策分析

研究單位：中華經濟研究院

計劃主持人：郭博堯

研究顧問：梁啟源

研究人員：孔維新、劉藍一、王京明

委辦機關：財團法人中技社

執行單位：財團法人中華經濟研究院

中華民國 101 年 3 月

目錄

壹、	前言	7
一、	研究動機	7
二、	研究目的	10
三、	研究方法	11
貳、	研究成果	13
一、	各國核能及能源政策現況.....	13
二、	我國最新核能及能源政策之彙整	39
三、	比較近年來朝野之能源與核能政策	45
四、	情境設定與模擬方式	57
五、	情境分析結果.....	90
參、	結論與建議.....	126

圖表目錄

表 1-1-1 台電於 2011 年 3 月初步推估系統尖峰負載及備用容量率預測.....	10
表 2-3-1 《永續能源政策綱領》與《十年政綱：能源篇》之比較.....	46
表 2-3-2 政府穩健減核政策、《黃金十年：永續環境篇》、《2025 非核家園》以及 《十年政綱：能源篇》之比較.....	51
表 2-4-1 台電系統規劃裝置容量.....	58
表 2-4-2 不同的對應情境相較基準情境的發電量變動情況.....	61
圖 2-4-1 情境架構圖.....	62
圖 2-4-2 以替代能源取代核能發電之發電成本與二氧化碳變化推估邏輯.....	65
圖 2-4-3 以核能發電取代燃煤發電之發電成本與二氧化碳變化推估邏輯.....	66
表 2-4-3 CCC 與 DECC 估計之離岸風力發電成本.....	69
圖 2-4-4 CCC 與 DECC 估計之離岸風力發電成本.....	69
表 2-4-4 本研究所假設之離岸風力發電成本(以歐元為單位).....	70
表 2-4-5 本研究所假設之離岸風力發電成本(以新台幣為單位).....	71
表 2-4-6 CCC 與 DECC 估計之太陽光電發電成本.....	72
圖 2-4-5 CCC 與 DECC 估計之太陽光電發電成本.....	72
表 2-4-7 本研究所假設之太陽光電發電成本(以歐元為單位).....	73
表 2-4-8 屋頂型太陽光電發電成本(以美元計價).....	74
表 2-4-9 屋頂型太陽光電發電成本(以年發電 1200kWh/kw 且以歐元計價).....	74
表 2-4-10 本研究所假設之太陽光電發電成本.....	75

表 2-4-11 2011 年至 2025 年燃煤發電成本	76
表 2-4-12 2011 年至 2025 年燃氣發電成本	77
圖 2-4-6 動態一般均衡模型(DGEMT)模擬分析架構	86
表 2-4-13 情境 1-1~情境 1-4 相較基準情境成本與二氧化碳變動情況	92
表 2-4-14 情境 2-1~情境 2-4 相較基準情境成本與二氧化碳變動情況	94
表 2-4-15 情境 3-1 相較基準情境成本與二氧化碳變動情況	96
表 2-4-16 情境 4-1~情境 4-4 相較基準情境成本與二氧化碳變動情況	99
表 2-4-17 基準情境發電總成本預測	102
表 2-4-18 情境 1-1 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	105
表 2-4-19 情境 1-2 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	106
表 2-4-20 情境 1-3 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	107
表 2-4-21 情境 1-4 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	107
表 2-4-22 情境 2-1 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	109
表 2-4-23 情境 2-2 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	110
表 2-4-24 情境 2-3 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	111
表 2-4-25 情境 2-4 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	111
表 2-4-26 情境 3-1 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	113
表 2-4-27 情境 4-1 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	116
表 2-4-28 情境 4-2 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	117
表 2-4-29 情境 4-3 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	118

表 2-4-30 情境 4-4 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	118
表 2-4-31 情境 2 相較情境 1 的發電量變動情況	120
表 2-4-32 情境 2-1~情境 2-4 相較情境 1-1~情境 1-4 成本與二氧化碳變動情況	122
表 2-4-33 情境 2-1 相較情境 1 總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	123
表 2-4-34 情境 2-2 相較情境 1 總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	124
表 2-4-35 情境 2-3 相較情境 1 總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	125
表 2-4-36 情境 2-4 相較情境 1 總成本、電價、物價與 GDP 變動情況	125

壹、前言

一、研究動機

台灣高度依賴對外貿易並且 99% 以上能源仰賴進口，加上目前全國因產業發展的需要，能源與電力需求維持成長，同樣使每年溫室氣體排放量持續成長。在邁入 21 世紀，全球經濟成長帶動能源需求節節高升，能源價格在激烈波動中持續保持走高的趨勢，對經濟發展與通貨膨脹帶來相當大的壓力；另一方面，國際氣候變遷談判確立減碳以控制地球暖化限度之大原則，但是管制方式談判陷於意見分歧的階段，但面對此最重要的國際環保議題上，我國面臨溫室氣體減量壓力也持續提高。對此，我國政府為因應上述國際壓力，近年積極推動相關政策，例如節能減碳工作的推動就是其中重要的一環。

2011 年 3 月日本東北發生震災及海嘯，引發福島核電廠災變，從而促使部分國家走向廢核的政策。2011 年 5 月德國執政黨隨著日本核災以及其選舉失利，而宣佈將德國原本將核電廠延役至 2036 年的政策轉向為在 2022 年前關閉所有核電廠的政策方向；瑞士政府也在 2011 年 5 月 25 日決定在 2034 年前逐步關閉國內現有的核能發電廠，放棄核能並尋求替代能源；近期提出重啟核電使用政策的義大利政府，相關政策也在福島事件後無法獲得民眾的支持。反之，部分國家仍持續發展核能，英國政府在 2011 年 6 月 23 日宣布在 2025 年前計畫興建 8 座新核電廠的廠址；核能大國的法國，在 6 月 27 日宣布對核能投資不減反增；南韓核電占全國總發電量 36%，另有 11 座正在興建或擬議興建，預計在 2030 年將核電比率提高至 50%，南韓在確保安全第一的前

提下，將繼續發展核能，也承諾將投入近 10 億美元改善核電安全。由於核電政策成為各國整體能源、電力與氣候變遷政策之的新課題，引發各國提出相關政策時必須要面對的複雜性提高。

在日本福島核災之後，我國是否該持續發展核電，是必須面臨的抉擇之一。使用與不使核能發電均有風險，使用核能發電，必須面對核電廠發生事故的風險，以及確保核安及核廢料處理的挑戰；不使用核能發電則必須面對電力供應缺口及限電的風險、北部區域供電失衡的難題、興建新電廠的困難及的挑戰、化石燃料進口的風險、再生能源發展的資源限制、再生能源無法穩定供應的挑戰、電價上漲的壓力、二氧化碳排放增量以及電價上漲和二氧化碳排放管制對經濟發展的衝擊等等。

我國政府在前述背景情況下，對我國未來的核電發展方向正進行密集的討論，希望提出新的方向；我國在野政黨也對核電的使用提出核四廠完工不運轉並在 2025 年前使我國核電廠全面停止運轉的構想。就臺灣的能源供給面而言，臺灣能源進口比重超過 99%，能源安全的風險較多數國家更高。國際能源總署出版的統計報告指出，2008 年臺灣的二氧化碳排放量為 0.66 公斤/瓩 · 小時¹，較多數國家高（如美國、日本及韓國分別為 0.54、0.44 及 0.46 公斤/瓩 · 小時），至 2010 年，我國運轉中及興建中的核電廠有 4 座且佔我國總電力供應的 12.57%，核一、核二、核三及核四的裝置容量分別為 1272 百萬瓦(MW)、1970 百萬瓦及 1902 百萬瓦，合計達 5144 百萬瓦。目前核四預計將在 2012

¹ International Energy Agency (2010), *CO2 Emissions from Fuel Combustion, 2010 edition*. France: OECD/IEA.

年起商轉，又三座既有核電廠運轉 40 年而預期除役的時間分別為：核一廠：2018 年、2019 年；核二廠：2021 年、2023 年；核三廠：2024 年、2025 年底。如果要將核能發電替代，可能之選項包括燃煤、燃氣及再生能源如風力及太陽光電等等，也可以進行提昇發電效率的作為。就臺灣的能源需求面而言，台電 2011 年 3 月初步分析之系統尖峰負載及備用容量率表 1-1-1 所示，但尚待更精確之分析，如果要降低核能發電的使用，節約能源以降低電力需求也可以是選項之一，其實馬總統執政後宣誓每年要提高能源使用效率 2%（與德國每年提高能源使用效率 2.1% 的目標相當），而實際結果 2007 年至 2010 年電力密集度年平均變動率減少了 2.45%，顯示這段期間在節能方面也有相當的成果。不論如何，如果未來我國有意降低核能發電比重及對核電政策進行檢討與調整，勢必對我國整體電力政策將帶來相當大的影響。

表 1-1-1 台電於 2011 年 3 月初步推估系統尖峰負載及備用容量率預測

	台電系統 99 年負載及備用容量率預測(核四商轉且既有核電廠延役)		核四完工不商轉及 2025 年非核家園計畫
	尖峰負載(萬瓩)	備用容量率 (%)	備用容量率(%)
2010	3302.3	23.4	23.4
2011	3352.8	22.2	22.2
2012	3481.4	21.2	17.5
2013	3608.8	18.6	11.5
2014	3738.4	14.5	7.7
2015	3867.4	11.8	5.3
2016	3997.9	14.1	7.7
2017	4130.5	15.8	9.6
2018	4262.8	14.6	8.6
2019	4391.0	14.6	7.4
2020	4516.3	14.8	6.4
2021	4640.6	14.0	5.9
2022	4761.9	15.1	5.1
2023	4881.6	15.5	5.8
2024	4997.3	15.9	4.5
2025	5115.7	15.7	2.7

資料來源：台電公司，2011 年 3 月。

鑑於核電政策的調整對臺灣整體電力政策來說是牽一髮而動全身，政府必須客觀評估整體電力供需情勢以及包括核電在內的各項能源技術之能源供應成本、效益與風險等等因素，確實規劃與執行最適能源政策與方案，才能維持國家的永續發展與安全。

二、 研究目的

彙整現階段國際的重要核能政策立場與方向，以及國內近期朝野核

電與替代能源之主張，並對各種主張與建議採行之方案及配套措施進行探討，設計相關模擬情境，客觀評估各種方案之可能優點、風險、成本與效益，並進行實證研究，分析各方案的模擬情境對我國總體經濟、產業、物價和溫室氣體排放之影響，從而提出我國核能與能源政策調整之可能最適方向與策略，以維護我國能源、經濟與環境的最大利益。

三、 研究方法

(一) 本計畫將依計畫需求，除目前已蒐集掌握之國內外現行相關核能與能源政策重要資訊外，由於最重要的是從日本震災後到今年下半年之國內外可能政府與政黨之相關政策與政見變化，因此計畫期間仍會持續蒐集最新資訊，並將主要重點以歸納摘要方式進行整理，作為對策分析之重要參考依據。

(二) 參考經濟部與台電 2010 年至 2021 年的長期電力負載預測，及考量我國 GDP 成長及電力彈性係數情況下，預估我國之供電量與尖峰負載預測。

(三) 依據我國現行能源政策，提出我國電力政策評估之基準情境；再依據國內近期朝野核電政策之主張與建議，並配合核一至核四等各核電廠運轉期程的可能調整組合，提出我國各種核能調整或替代方案，從而提出我國電力政策評估之各種替代情境。

(四) 依據各種替代情境設計，分析我國本身主客觀情勢，加上研究各替代能源在技術及資源上之條件，而提出各種情境之供給面配套措施。

(五) 針對各情境及其供給面配套措施，分別進行：

1. 對各種發電方式之發電成本進行分析與預測，從而進行各替代情境相對基準情境之供電成本比較，並評估不同情境之相對電價調整幅度；

2. 各替代情境相對基準情境之二氧化碳排放量比較。

(六) 依據各方案與情境之設計，運用總體能源經濟計量模型進行實證研究，分析各核能調整或替代方案之模擬情境對我國總體經濟、產業、物價和溫室氣體排放之影響。本研究使用 Liang-Jorgenson (2003) 的台灣動態一般均衡模型(Dynamic General Equilibrium Model of Taiwan) 以下簡稱 DGEMT 模型來進行分析。DGEMT 模型是一個結合梁啟源 (2000) 的台灣能源經濟模型，行政院主計處總體經濟計量模型及工研院 MARKAL 模型共三個模型而建立。

貳、研究成果

一、各國核能及能源政策現況

本節簡述 11 個重點國家之能源與核能政策沿革、現況以及發展方向，並整理福島核災對各國之影響。

(一) 美國

美國是世界最大的核能生產者，共有 104 部核電機組，裝置容量為 101 百萬瓩，可產生該國近 20% 的電力。1977 年以後，美國少有新的興建機組訂單，直至 2002 年，美國能源部啟動《核電 2010 計畫》，主要目的是藉由官方與私部門共同承擔財務及法規風險，以興建新設計電廠。²

2005 年 8 月，美國總統布希簽署了新的能源法案《2005 能源政策法案》。該法對發電業者與消費者提供相關稅捐優惠措施，期望增加美國能源自主性。此法案攸關美國未來的能源政策發展方向，主張減少對國外油源的依賴，增加乙醇等能源的使用，目的在於使能源穩定供應。³《能源政策法案》並主張，核能是美國能源自主的重要環節，認同核能是安全及乾淨的能

² World Nuclear News (2011), "Nuclear Power in USA," UK: World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/info/inf41.html>.

³ 立法院圖書館 <http://npl.ly.gov.tw/do/www/billIntroductionContent?id=25>.

源，同時，此法案亦提出美國應該恢復建造新的核能電廠，制訂風險保證及發電稅等減稅措施，以支援新建核能電廠。⁴

然而，由於安全上的疑慮，以及天然氣發電在經濟上更具吸引力的緣故，若未來天然氣價格持續維持低價，在 2020 年前，美國新建的核反應爐將不會超過四座。

福島事件爆發對於美國既定的能源政策沒有造成顯著影響。歐巴馬政府於 2011 年宣讀之《安全能源未來藍圖》，其中重申美國認同核能為乾淨能源之一，白宮將支持擴張核能政策，同時也更注重核能安全與嚴格標準，總統歐巴馬已下令對美國的核子安全進行「全面周延的檢查」。⁵田納西河谷管理局(Tennessee Valley Authority)於 2011 年 8 月 18 日批准斥資 49 億元，在阿拉巴馬州東北部貝利方特市(Bellefonte)將早先報廢的一座核電廠完工，這座核電廠 1974 年開工，但在 1988 年停工，現在計畫在 2020 年完工，是美國自福島事件以來美國主管機構首次批准興建核電廠。⁶2011 年 8 月 23 日下午 1 時 51 分(台北時間 24 日凌晨 1 時 51 分)，美國東部維吉尼亞州發生芮氏規模 5.9 地震，美國地質調查局表示，地震深度測得 6 公里，是自 1897 年以來當地發生的最大地震。同時，維吉尼亞州北安納核電廠斷電，2 座核反應爐關閉。

⁴電力知識庫(2011 年)，「美國電力政策」，<http://140.129.36.47/power/?q=node/176>。

⁵聯合晚報(2011 年 9 月 13 日)，「美國評估核廠耐震程度」。

⁶世界新聞網(2011 年 8 月 20 日)，「阿州未完工核電廠 獲准續建」，<http://www.chilicity.com/cgi-bin/bigate.cgi/b/x/g/http@www.chilicity.com/publishhtml/15/2011-08-20/20110820082341.html>。

聯邦地質測量所表示，這次地震強度超過北安納核電廠的設計基礎。⁷9月，美國核能管制委員會(NRC)5人小組提出報告，建議核能管制委員會立即重新評估美國共104座核反應機組的耐震與抗水災能力，並指出因應日本的經驗，美國核電廠也應針對長時間停電、或同時有數具核電機組受損等危急情況，以改善因應措施。美國核能管制委員會表示，將於2011年下令美國所有核電廠更新地震風險分析。由於作業複雜，一些核電廠表示這項作業可能必須花2年時間才能完成。⁸

(二) 英國

英國現有18部運轉中的核電機組，共產生10.2百萬瓩容量，2010年，核能機組發電量約佔全國總發電量之18%。由於老舊機組退役，核能發電佔英國全國總發電量的比例，近年來從25%逐年下降。除了1部機組外，其餘核電機組被預期將在2023年前關閉。

2006年，英國政府進行國家的能源政策評估，其中建議替換核能電廠，以符合能源安全及抑低二氧化碳排放的目標。英國政府宣布，將給予新建電廠融資，並由私人部門興建，預期這項政策將能於2025年增加60百萬瓩的發電容量需求，其中35百萬瓩希望由再生能源提供，其餘的25百萬瓩中的大部分預期來自核能供電。

⁷ 聯合晚報(2011年8月24日)，「美東百年最大地震 白宮疏散 核廠停機」。

⁸ 聯合晚報(2011年9月13日)，「美國評估核廠耐震程度」。

英國政府從未對核能裝置容量發展訂定一個明確的目標，而是藉由市場機制來決定興建的範圍及速率。就目前規劃中的核電廠新建案估計，至 2025 年英國將再增加 8 座核反應爐，共產生 19 百萬瓩的核電裝置容量。⁹同時，英國電網不與歐洲電網連結，因此無法自歐陸購電，這使英國對於自產電力之需求較歐陸國家嚴格。

福島核災對於英國的能源政策並無明確影響。2011 年 5 月，英國環境變遷委員會在送交內閣的報告中表示，英國應繼續籌建新的核能機組，以達成碳排放減量之目標，同時，英國氣候顧問小組亦建議，相對於投資離岸風力發電設備，「核電似乎是未來最具成本效益的低碳發電方法」，該小組亦建議，英國應將核能發電的比率提升至 40%，亦即原發電量之二倍。¹⁰

2011 年 7 月，英國能源部長表示，英國應成為投資新核電廠的第一大國，公布建設位置的 8 座核反應爐，首座核電廠將於 2018 年竣工，屆時將提供 5000 個工作機會，並取代原有的火力發電廠，提供更低碳的乾淨電力，並引領英國的經濟發展。¹¹

⁹ World Nuclear News (2011). «Nuclear Power in the United Kingdom,» UK: World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/info/inf84.html>.

¹⁰ 核能簡訊編輯室(2011),「各國政府的核能政策反應」, *核能簡訊*, 130: 34-37, 新竹市: 財團法人核能資訊中心。

¹¹ 聯合報, 2011 年 7 月 6 日,「英核能大復興 砸 2.3 兆建 8 新廠」。

(三) 法國

法國目前擁有58部核電機組，總計63.3百萬瓩裝置容量，為全世界第二大核能發電國，惟其核能發電佔全國總電力比率超過75%，為全世界核電佔國內總發電量之第一位。1970年代，法國仍是能源進口國，迄今法國已成為世界最大的淨電力輸出國，電力為法國第四大出口項目。同時，核能發電也在法國自給能源規劃中扮演重要角色，使該國能源自給率達到50%。

由於核能發電佔比極高，核能風險、安全控管以及核廢料處理等問題是法國重要政策關注標的。2005年，法國通過能源法，宣布積極持續支持再生能源發展，同時指出，為提供穩定的電力，以及減少溫室氣體排放量，主要採取的行動包括能源需求控制、能源資源多樣化、增加能源相關研究，與提供能源運輸與存儲方式。

法國政府通過調節能源市場，保證能源供應的長期安全，同時亦嘗試改善能源獨立性，推廣能源節約，並投資核電生產與可再生能源。法國也發佈了關於核電透明性和安全性的法律，以及關於放射性物質和廢物的管理的法律。這些措施顯示，法國能源政策仍維持以核能為基礎的能源結構。同時，為了保持主要核反應爐及核電世界主要輸出國的地位，法國政府積極投資開發新的核能技術。法國接下來對於核電廠的興建重點將是替換原有反應爐，根據法國電力公司在2005年的聲明，自2020年起，將以每年1650瓩的速度更新目前現役的58座反應

爐。¹²

福島事件對於法國的能源政策沒有明顯影響，總統沙柯吉認為，應從日本的核電事故中汲取教訓，但核能仍是法國能源獨立和對抗溫室氣體排放行動中「重要的一環」。沙柯吉於 2011 年 3 月下令檢測國內反應爐的安全系統。2011 年 6 月，法國國內媒體與民調公司公布國人對於核能議題的調查結果，《星期天週報》(Le Journal du Dimanche)報導，有 15%受訪者主張迅速廢核，有 62%受訪者則主張法國在 25 至 30 年內應逐步停止使用核能。法國生態與永續發展部長對這項民調結果則表示難以達成，並說明核電仍是法國能源結構的重要部分。¹³同時，擁核的民眾占 22%；法國執政黨人民運動聯盟 (UMP) 表示支持核能，社會黨則意見分歧，目前最有望代表社會黨角逐明年總統大選的奧朗德 (François Hollande) 主張把對核電的依賴度降到 50%。

(四) 德國

德國目前擁有 17 部核能機組，共 20.5 百萬瓩裝置容量，提供國內約 25%的電力需求。德國的核能發電工業於 1970 年至 1989 年間蓬勃發展，受到 1989 年車諾比事件及少數政黨聯盟執政的強硬反核立場，德國的核能政策持續不穩定。2001

¹² World Nuclear News (2011). "Nuclear Power in France," UK: World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/info/inf40.html>.

¹³ 新頭殼(2011年6月6日)，「法國民意轉變 近八成要廢核」，http://newtalk.tw/news_read.php?oid=14952。

年，德國政府與國內主要電力公司達成協議，決定逐步關閉全國的 19 個核電機組，據計算，平均一部核電廠壽命為 32 年。2010 年 10 月，德國政府再次修改廢核法令，將關閉最後一座核電廠的時間由 2022 年延遲至 2035 年。¹⁴

2010年9月，德國公佈能源政策宣導文件《能源概念》，揭櫫該國能源政策長期方向，維護新技術及經濟的發展之彈性，並強調再生能源將是未來德國能源供應組合的主流。透過靈活的能源組合，將讓再生能源逐漸取代傳統能源發電，而核能發電則為此轉變期之橋樑。

福島核災的爆發使核能發電在德國的能源供應組合中完全被排除。核災後，德國立即關閉境內17座核電廠之中已屆退役的8座，並宣布其中6座最遲於2021年關閉，而3座建造年份較新的核電廠，預計關廠時間為2022年。核電議題也成為德國選戰的政策焦點。德國第三大邦巴登符騰堡於2011年3月舉辦選舉，支持核電的執政黨基民黨為反核的綠黨擊敗，丟失了持續60年的執政權。¹⁵德國總理梅克爾於同年5月29日宣布，最遲於2022年完成分階段全面停用核電廠。

麻省理工學院於2011年6月出版的《科技回顧》指出，德國總理梅克爾宣布的廢核政策，必須考慮核反應爐停止運轉對能源供應的各種影響。首先，德國聯邦經濟部長估計，廢核政策

¹⁴ World Nuclear News (2011). "Nuclear Power in Germany," UK: World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/info/inf43.html>.

¹⁵ 聯合報，2011年10月8日，「波蘭以鄰為壑 德國反核破功」。

使每家戶每年電費增加約30至35歐元，然而，這項估計是假設德國政府會補貼德國建造風力發電廠房的成本，而風力發電量是德國目前佔比最小的電力來源，預計將在20年內提供德國25%電力需求。此外，德國面臨缺電的威脅，福島事件後，由於德國關閉境內8座老舊核電廠，衍生電力缺口。¹⁶

做為歐洲第1大能源使用者，2011年，德國已從鄰國的法國、波蘭、捷克與奧地利進口電力，而做為歐洲電價基本指標的德國電價，明年的合約價格預計攀升6.6%。德國電力公司警告，距離高用電量的冬季僅剩數月，但停機的核反應爐多半位在人口及產業密集區，自其他區域送電將會造成國內配電網的輸送負擔。德國聯邦網絡管理局評估，冬季用電高峰期將增加歐洲輸電纜線40%負擔，極可能造成冬季斷電。德國4家電力公司亦指出，冬季時可能無法提供德國南方400萬戶足量電力。由於缺電的預期，德國2012年的電力合約價格，於5月31日時攀升至30.9歐元(每百萬瓦小時)，創下2009年6月以來的新高。¹⁷

德國停用核電廠之後，相信未來將仰賴再生能源取代核電的缺口，但專家認為，這個規劃目標過於樂觀。紐約時報引述德國Karlsruhe理工學院學者Joachim Knebel的觀點，指出德國採用再生能源的決策過於突然，即使他相信德國終有完全廢核之日。在福島事件前，德國於歐盟國家中是電力出口大國。紐

¹⁶ Technology Review, June 3, 2011. «What will a nuclear-free Germany cost?» US: The MIT Press.

¹⁷ 經濟日報，2011年7月12日，「德國恐大斷電 企業皮皮剝」。

約時報指出，德國雖以進口鄰國電力以彌補國內電力缺口，然而德國的再生能源發電比重佔全國發電量之17%，若是天候許可，德國離岸風力發電量甚至超出德國境內電力之需求。依據德國政府對於廢核的推算，德國發電裝置總量達133GW(10億瓦)，其中，平日德國全境的電力需求約80GW，須具備90.5GW電力供應能力以備不時之需，即使少了25GW的核電，尚能滿足境內電力需求。德國另外計畫在2020年以前增加23GW的天然氣及燃煤發電廠，儘管德國是風力發電大國，但再生能源本質受限於天候因素而無法成為基載電力，而德國目前貯電及輸電能力亦有限。國際能源總署的天然氣、煤及電力市場部門主管Laszlo Varro則認為，雖然從德國的技術及經濟水準來看，廢核不無可能，但此舉非常具挑戰性。Varro指出，德國的廢核政策將增加對抗氣候變遷的難度。專家也質疑，德國政府對於廢核後的電價漲幅估計過於樂觀。德國政府估計，家戶電費未來每年將增加35至40歐元，幅度不超過5%。但德國Philippsburg市長懷疑，碳額度的交易價格波動不下於股市，可能大幅增加用電成本。

在廢核後，德國輸配電能力備受考驗。紐約時報指出，德國用電與電廠設立位置不相符，前者集中在南方，而後者主要在北方，但德國電網高度分散，缺乏高伏輸電線路，長距離輸電將成問題。德國電網業者Amprion估計，以其管理的電網數量，他們擁有8.4百萬瓦的電力可以調配，而電力消費約為8.1百萬瓦，幾乎沒有餘裕，Amprion輸電系統主管Joachim Vanzetta

也表示，一旦天氣不佳，無風無陽光，也不能向外購電，則他們恐怕必須實施限電。¹⁸

德國政府的能源政策直接影響相關產業的發展方向。除了設定對再生能源業者的補貼，較為嚴格的排放標準也迫使德國汽車製造業提高引擎效率。德國境內17座核電廠的生產者西門子公司，其總裁於2011年10月公開宣布，西門子將退出核電產業，並放棄與俄羅斯國營核能產業羅莎頓(Rosatom)的核能設備合資計畫，轉投資再生能源。¹⁹

德國決定廢核，也引發鄰國的不滿。2011年6月，捷克總統批評，德國廢核是荒謬的決策，捷克將不會改變發展核能的政策。²⁰法國則批評，因德國採取燃煤等火力發電來填補核反應爐停機的電力缺口，將使德國更加倚賴進口電力和化石燃料，碳排放量亦隨之增加，使德國電費更昂貴，且污染更嚴重。²¹

此外，2011年10月7日，德國獲悉鄰國波蘭將在兩國邊境的4個預定地點，選擇新建核電廠的廠址，其中最近的一處距離柏林僅275公里，與波蘭接壤的布蘭登邦因而表示強烈反對。波蘭計劃在2020年建造首座核電廠，2030年建造第2座，這項消息使德國的廢核計畫大受打擊。²²

¹⁸ DIGITIMES 中文網(2011年9月2日)，「德國貿然去核恐陷電荒」。

¹⁹ 自由時報(2011年9月20日)，「西門子退出核電事業」，<http://www.libertytimes.com.tw/2011/new/sep/20/today-int1.htm>。

²⁰ 聯合報，2011年6月9日，「捷克總統：德國廢核 絕對荒謬」。

²¹ Bloomberg, May 30, 2011. «France criticizes German retreat from nuclear power in wake of Fukushima.»

²² 聯合報，2011年10月8日，「波蘭以鄰為壑 德國反核破功」。

(五) 瑞士

瑞士目前擁有5部運轉中的核能機組，提供3.2百萬瓩容量電力，核能發電佔該國總發電量之40%。1957年，瑞士通過核能憲法條文，第1部核能機組於1969年開始商轉，至1984年共計完成5部核能機組。

2007年，瑞士聯邦政府確認其新能源政策，強調能源供應安全與因應氣候變遷考量，能源政策將著重於核能、能源效率，以及再生能源區塊，並著眼於建立新的核能發電機組。瑞士聯邦政府預計，由於老舊核電廠即將除役與電力需求增加等因素，2035年瑞士將缺電約250至300億度，約佔國內總發電量之一半。

福島事件後，瑞士聯邦政府對於核電廠的態度急遽轉變。2011年3月底，瑞士內閣決定均不替換現有的核電廠機組，預計於2034年全面淘汰現有的核電機組。內閣亦建議，將國內40%的核能發電缺口，由目前佔國內電力提供56%的水力發電與增加石化燃料供電來填補。這項提議預計將影響瑞士0.4%至0.7%的國內生產毛額。

2011年9月28日，瑞士國會表決通過內閣提出的逐步廢核計畫，根據提案內容，2019年將關閉貝茲諾第一核電廠(Beznau I)，2022年關閉貝茲諾第二核電廠及姆赫勒伯格電廠

(Muehleberg)，2029年關閉歌爾根電廠(Goegen)，並於2034年關閉最後一座萊伯斯達特電廠(Leibstadt)，完成瑞士全國廢核目標。

(六) 義大利

義大利原有 4 座核反應爐，在 1986 年車諾比核電廠事件後，義大利於 1987 年舉行公投選擇廢除核電，自 1990 年起，國內的核電廠已全部停止運轉。目前該國大約 10% 的用電來自於進口核能。為了減少對石油、天然氣以及進口電力的依賴，義大利政府在 2008 年宣布將在 5 年內新建核電廠，預計至 2030 年時國內 25% 的電力由核能提供。

福島事件後，2011年6月13日義大利再度舉行公民投票，結果是以57%投票率，共94%投票者反對核電，義大利決定永久廢除核能電廠的興建計畫。²³

(七) 俄羅斯

俄羅斯聯邦目前擁有 31 部核能機組，裝置容量達 23.2 百萬瓩。俄羅斯的核能發電量隨著電廠績效改善而增加，容量因數由 1998 年的 56%，提升為 2007 年的 75%。2007 年核能發電可供應全國 16% 電力，至 2011 年 9 月，另有 10 部機組興建

²³核能簡訊編輯室(2011)，「公投過關，義大利向核能說不」，*核能簡訊*，131：24-25。

中，總容量估計為 8.96 百萬瓩。

除了滿足經濟發展之用電需求，俄羅斯政府亦將核能產品與服務的輸出，視為其重要經濟政策。例如，俄羅斯將給予白俄羅斯美金 60 億元的貸款用以興建首座核電廠，該座核電廠預計於 2017 年啟用，2023 年前，俄羅斯亦將協助土耳其設立 3 座核電廠。²⁴

為達成核能輸出的經濟目標，俄羅斯政府有意採取核能擴張政策，該國目前已延展既有核反應爐之使用年限，並預定在境內新建多座核電廠。2006 年，俄羅斯國有企業 Rosenergoatom 宣佈，2020 年的核能發電佔比(總容量為 44 百萬瓩)目標為 23%。

2007 年，俄羅斯政府核准一個預計於 2020 年完工的核電機組興建計畫：自 2009 年起，每年新建 1 部機組，自 2012 年起，每年新建 2 部機組，2015 年起，每年新建 3 部機組，自 2016 年起每年新建 4 部機組；則至 2020 年，核能發電將產生 3,530 億度電，為 2004 年 2.5 倍。這項計畫將使 2020 年比 2011 年多出 17 座核反應爐，裝置容量將從 2009 年的 23.2 百萬瓩提升至 2020 年的 43.3 百萬瓩。然而，2009 年 4 月間，由於國內用電需求成長預期不高，俄羅斯政府縮小了擴張規模，暫緩了 10 座核反應爐的興建計畫。

福島事件後，俄羅斯的核能擴張政策並未受顯著影響，包

²⁴ http://news.xinhuanet.com/english2010/world/2011-03/19/c_13786709.htm

含全球首座海上核能電廠正在興建中。²⁵總理普丁表示，該國仍將尋求於10年至15年內將該國核能發電占比由目前的16%提升為25%。²⁶同時，俄羅斯政府決定提升核能之安全性，因此在2011年6月中宣布投入約5億3000萬美元，以對核電廠安全措施進行強化作業。²⁷

(八) 日本

截至2011年3月，日本為世界第3大核能發電國，僅次於美國與法國，國內建有54部核電機組，共產生47.5百萬瓩容量，提供全國30%的電力。日本首座核能機組建於1966年，直至1973年，發展核能發電才成為國家能源政策的優先選項。

日本政府於2006年公布國家能源新戰略及核能立國計畫大綱，敘明實現全球能源永續發展，以及確保日本能源供應安全的主要目標。與核能發展相關之內容包括：

1. 提高現有輕水式反應器的運轉效率，建議提高核能發電佔全國總發電量比例30%以上。
2. 投資新建、擴建和改建核能電廠。
3. 2006年起，建造第2座放射性廢棄物處置廠。

²⁵星島日報(2011年4月19日)，「福島核災猶在 俄續打造海上核電廠」，<http://www.takungpao.com/news/world/2011-04-19/732278.html>。

²⁶核能簡訊編輯室(2011)，「各國政府的核能政策反映」，*核能簡訊*，130：34-37，新竹市：財團法人核能資訊中心。

²⁷ World Nuclear News (2011). *öNuclear Power in Russia,ö UK: World Nuclear Association*, <http://www.world-nuclear.org/info/inf45.html>.

4. 將快中子滋生反應器示範建造、試運轉日期提前至2025年。
5. 積極參加美國主導的全球核能夥伴計畫(GNEP)。

2008年10月，日本社團法人原子力產業會議發表《2100年核能願景對低碳社會的建言》，評估日本目前研究結果以及實用化技術，預期於2100年，日本核能發電佔總電力供給比率將提升至67%，並可使日本對石化燃料的依存度從85%降至30%。²⁸同年，日本原子能機構(Japan Atomic Energy Agency)就氣候變遷問題與溫室氣體減量政策提出估計，預期於2050年日本的二氧化碳排放量將減少54%，於2100年二氧化碳排放量將減少90%。²⁹其中，51%的碳排放減量可由核能發電貢獻。

2011年3月福島事件後，日本政府即刻以安全檢修為由，停止境內35座商用核電機組之運轉，佔所有核電廠數量三分之二。同年6月，日本國內11家擁有核電廠的電力公司分別交出安全檢查報告。然而，日本公共輿論對核能安全產生高度懷疑，2011年6月的日本媒體民調結果顯示，7成5至8成的日本居民傾向廢棄境內的54部核能機組。³⁰6月18日，日本經濟產業相海江田萬里呼籲日本各地方政府，盡快恢復核電廠之商轉。然而，重新啟用目前安全檢修中的核電廠，還須得到設廠地的地方政府同意，在日本居民與地方政府對於核能安全的

²⁸ Japan Atomic Energy Agency (2008), *δNuclear Energy Vision 2100: Toward a Low-Carbon Society*, <http://www.jaea.go.jp/english/news/p081106/index.shtml>.

²⁹ 以2000年日本的二氧化碳排放量為標準計算。詳見 <http://www.world-nuclear.org/info/inf79.html>。

³⁰ The Christian Science Monitor (June 21, 2011), *δBeginning of the end for nuclear power in Japan?* <http://www.csmonitor.com/World/Asia-Pacific/2011/0620/Beginning-of-the-end-for-nuclear-power-in-Japan>.

重重疑慮下，日本福井縣、島根縣、佐賀縣等擁有核電廠的地方知事，對重啟核電廠一事尚未表態。³¹

2011年7月11日，日本政府宣布，若停止運轉中的35座核電機組通過第一階段壓力測試，將考慮重新恢復運轉核反應爐。第二階段測試則針對日本境內全部54座機組進行全面安全評估。然而，東京當局的這項聲明，使原先已經收到中央政府保證、準備重啟反應爐的部分地方政府不滿。這項政策也提高了夏季至隔年缺電的機率。³²

2011年7月16日，日本關西電力公司因福井縣大飯核電廠蓄壓槽故障，被迫關閉1號反應爐，並預計於22日再關閉另外2座反應爐做定期檢修。然而，關西電力公司是日本第二大電力公司，供應大阪等地的電力需求，電力公司負責人證實，關閉1號反應爐後，預估8月將會缺電6.6%，已經請求其他電力公司支援不足之電力。³³

2011年8月4日上午，經濟產業相海江田召開記者會，宣布撤換三名經濟產業省高級官僚，分別為經產省事務次官松永和夫、資產省資源能源廳長官細野哲弘，以及經產省原子能安全保安院院長寺坂信昭，作為對福島事件中行政程序不良的究責。

另一方面，北海道知事高橋春美於8月17日宣布，將會批准

³¹ http://newtalk.tw/news_read.php?oid=15284

³² 經濟日報(2011年7月11日)，「日本將啟動核電廠壓力測試」。

³³ 經濟日報(2011年7月18日)，「日電力吃緊 電力二哥還要再關二廠」。

北海道核電廠 3 號機之重新商轉。日本一橋大學教授桔川武郎則警告，持續停止核電廠運作將引發日本缺電，若導致高附加價值工廠向海外轉移，將對日本低迷的經濟造成負面影響。隨著緊接而來的另外 19 座核能機組進入檢修期，缺電問題預期將更嚴峻。³⁴

日本核能發電缺口目前由火力發電廠替補。由於燃料費用增加影響營收，東京電力公司預定於 2011 年 10 月提出申請，調漲電費約 1 成以上，自隔年 4 至 6 月間開始實施。³⁵根據財團法人日本能源經濟研究所(IEE)評估，以 2011 年 4 月的煤炭、液化天然氣等燃料價格計算，以火力發電取代核電，將使 2012 會計年度(2012 年 4 月起算)的燃料成本增加 3.47 兆日圓，如這些增加的成本反應在電費上，日本電價每千瓦小時將增加 3.7 日圓。以每家戶每月用電量 260 至 300 千瓦小時計算，平均電費將增為原來的 18.2%。能源經濟研究所並說明，用電成本提高將降低日本製造商品之全球競爭力。2010 年，產業的用電成本平均提高 36%，同時，向國外採購燃料會迫使日本電廠擔負更高成本，進而調漲電價。能源經濟研究所估計，日本於 2012 會計年度的二氧化碳排放量將達到 12.6 億噸，比 1990 年水準多出 18.7%，意味著日本將難以遵守京都議定書訂定之要求：在 2008 至 2012 年，將二氧化碳排放量減少到低於 1990 年水

³⁴ http://newtalk.tw/news_read.php?oid=17003

³⁵ DIGITIMES 電子報(2011 年 8 月 30 日)，「火力發電成本高 日電力公司擬漲一成電費」。

準 6%。³⁶

2011 年 9 月 2 日，日本新內閣野田佳彥首相於就任記者會上指出，運轉年限已到的核電廠將會依序淘汰，而新設核電廠就政治現實而言有困難之處。考慮日本經濟發展，野田政府將支持在確保安全性、並獲得地方政府諒解的前提下，重新啟用核電廠，以確保供電。³⁷同年 9 月 23 日，野田首相前往聯合國發表演說，承諾必將核電廠安全檢查標準提升至最嚴格水準，並重視平息核災、重建經濟等議題。³⁸野田政府預定於 10 月向國會提交一項規模超過 10 兆日圓的重建融資方案，用以阻升日圓、減輕福島事件後出口業的壓力，並預期實施增稅和削減政府支出的財務政策。³⁹

2011 年 10 月 5 日，日本工業部下成立了一個能源小組，用以修訂日本的能源政策。小組成員之一的新任貿易部長表示，這個小組「將徹底探索一條可讓日本在未來 100 年或 200 年中發展的路線」。在 3 月的福島事件發生之前，日本的能源政策設定核能發電的目標是於 2030 年以前，提供日本過半的電力需求。小組成員之一的日本鋼鐵公司社長表示，這個小組將在 2012 年夏天前，針對資源稀缺的日本策劃出一套新的能源政策。小組成員之一的三井公司社長則表示，需以全球觀點

³⁶ 工商時報(2011 年 6 月 14 日)，「日電費將漲 18%」。

³⁷ 中國時報(2011 年 9 月 6 日)，「救經濟 喊減核的野田重啟核電」，<http://money.chinatimes.com/news/news-content.aspx?id=20110906000403&cid=1207>。

³⁸ 世界民報(2011 年 9 月 23 日)，「日本首相聯合國演說 不放棄核能發電」，<http://worldpeoplenews.com/news/2/2011-09/16368>。

³⁹ 經濟日報(2011 年 9 月 4 日)，「野田佳彥 重申增稅減債」。

來審慎討論核能議題，持續發展核能技術是日本持續貢獻給世界各國的重要項目，不論是以國家能源政策的立場或外交策略的立場來說皆然。截至 2011 年 10 月 5 日，日本境內 54 座核電廠僅有 12 座仍在商轉。⁴⁰

(九) 南韓

南韓自 1978 年啟用核能發電，至 2011 年，境內運轉的核能機組為 21 部，總裝置容量約 18.7 百萬瓩，佔國內總發電量近 40%，目前尚有 6 部機組正興建中，並規劃繼續興建 5 部機組。南韓有 97% 的能源仰賴進口，若扣除再生能源與核能，2009 年，南韓對進口能源依存度約為 68%。2008 年，南韓提出《綠色成長計劃》，計畫於 2030 年，將化石燃料消費量佔總能源消費比例從 2008 年的 83% 降至 61%，將再生能源的佔比從 2008 年的 2.4% 提升至 11%，核能的佔比亦要從 2008 的 14.9% 提升至 27.8%。⁴¹

除了供給南韓本土的電力需求，南韓將核能產品視為重要出口項目，計劃成為核能產品與服務之世界主要供給國。南韓目前已將核反應爐外銷至阿拉伯聯合大公國，並宣稱至 2030 年，望能達到出口 80 座核反應爐的目標。

⁴⁰United Press International (October 5, 2011), "Japan takes steps to revise energy plan," http://www.upi.com/Business_News/Energy-Resources/2011/10/05/Japan-takes-steps-to-revise-energy-plan/UPI-61081317835370/.

⁴¹International Energy Agency (2008), "Korea goes to 'Green Growth'," http://www.iea.org/papers/roundtable_slit/korea_oct08.pdf.

2011 年的福島事件，對於南韓興建中的 5 部機組，以及計畫於 2020 年前興建的 4 部機組等政策尚未有明確的影響。南韓知識經濟部長於 2011 年 7 月受訪時表示，台灣與韓國都面臨天然資源有限、電力進口不易的難題，因而發展核能是必要的選擇。⁴²同年 9 月，南韓總統李明博出席聯合國核子安全高級會議時表示，將會汲取福島核災的教訓，加強核能安全標準，並計劃於 10 月成立總統直屬的核安全委員會。為減緩溫室氣體排放，南韓將持續發展核能。⁴³

(十) 中國

截至 2010 年 12 月，中國共有 13 部核電機組，裝置容量共約 11 萬瓩，正在興建的核反應爐則有 26 座，預定於 2015 年將能全數商轉，裝置容量可達 39.4 萬瓩。中國第一座核能電廠於 1994 年開始運轉，境內之核電廠皆為國營企業，並致力於開發國產之輕水反應爐技術。中國核電廠發電量，於 2008 年時僅佔總電力消費量之 1.99%，而燃煤發電 10 萬瓩以下的小型燃煤電廠仍佔總電力消費之 30%，目前中國的能源政策仍以汰換國內小型燃煤發電廠，改以效率較高的火力發電、輔以核能發電和再生能源做為國內電力供應方式。⁴⁴

為配合經濟發展需求與溫室氣體減量目標，中國採取大量

⁴² 中央社(2011 年 9 月 20 日)，「李明博訪美 出席聯合國大會」，http://www.taiwannews.com.tw/etn/news_content.php?id=1711953。

⁴³ 中國時報，2011 年 7 月 11 日，「專訪韓國知識經濟部長 崔重卿：核能是台韓必要的選擇」。

⁴⁴ 朱鐵吉(2011)，「中國大陸近期核能開發動向」，*核能簡訊*，131：13-20。

擴張核能發電之政策。在福島事故發生前，中國工程院編寫之《中國能源中長期(2030-2050)發展戰略研究》提出預測，2050年中國的核能發電將佔全國總電量之24%，使核電成為電力工業主流之一。⁴⁵

中國也積極進行鈾礦交易，作為核能發電原料，2009年中國的鈾礦年產量為750噸，而國內需求則為每年1400噸。2009年起，為確保國內鈾燃料供應無虞，中核公司除了積極購買現貨儲存之外，亦積極取得國外鈾礦脈經營權，並與加拿大、法國等鈾礦生產國簽訂長期契約，中國政府也積極投入鈾濃縮燃料加工技術，因應替換燃料需求。

福島事件之後，中國既定核電擴張政策大致不變，但更加強調核電廠之安全標準。2011年3月16日，中國宣布暫停核准新建電廠計畫，並在完成興建中核電廠的安全檢查後，才會再核發新建電廠的許可。

(十一) 台灣

目前台灣有3座運轉中的核電廠，裝置容量合計共5144百萬瓦(MW)，佔2010年全國總裝置容量的12.57%，以及2010年全國總發電量之19.3%，而第4座核電廠於龍門建置中。⁴⁶政

⁴⁵ 人民網(2011年9月16日)，「石定寰：福島核事故將減緩中國核電發展速度」，<http://finance.people.com.cn/BIG5/15674692.html>。

⁴⁶ 吳中書，郭博堯(2011年)，*因應氣候變遷能源安全政策議題及部門二氧化碳減量策略研究*，經濟部能源局100年度委辦計畫，台北市：中華經濟研究院。

府於 2000 年，以「非核家園」為主軸推行能源政策，並以「環境基本法」第 23 條條文：「政府應訂定計畫，逐步達成非核家園目標；並應加強核能安全管制、輻射防護、放射性物料管理及環境輻射偵測，確保民眾生活避免輻射危害」，此法明確限制核能的發展。

依據能源局公布的數據，2011 年前 3 季台灣對進口能源依存度達到 99.32%，。在 2010 年底的台灣發電量結構中，火力發電佔發電量 75.59%，自主發電能源(含核能及再生能源)僅約佔 24.41%，其中核能佔 19.3%。⁴⁷此外，國際能源署統計台灣的人口於 2007 年及 2009 年時分別佔世界人口 0.35 及 0.34%，但溫室氣體排放量約為 276.18 及 250.11 百萬噸，佔全球排放約 0.95 及 0.86%，故二氧化碳人均排放量高居世界前幾名。⁴⁸其中能源部門佔國內總二氧化碳排放比例約 62%。2006 至 2008 年平均而言，台灣的每單位發電量的二氧化碳排放值為 655 公克，參考鄰近國家數值，2006 至 2008 年日本平均為 436 公克，南韓平均為 460 公克，台灣之二氧化碳排放值較二個鄰國高出約 50%。⁴⁹

有鑒於國內二氧化碳排放值相對高，政府於 2008 年 6 月訂定「永續能源政策綱領」，其中提到「促進能源多元化，提高

⁴⁷吳中書，郭博堯 (2011 年)，*因應氣候變遷能源安全政策議題及部門二氧化碳減量策略研究*，經濟部能源局 100 年度委辦計畫，台北市：中華經濟研究院。

⁴⁸ International Energy Agency (2009), *Key World Energy Statistics*. France: OECD/IEA.

International Energy Agency (2011), *Key World Energy Statistics*. France: OECD/IEA.

⁴⁹ International Energy Agency (2010), *CO2 Emissions from Fuel Combustion, 2010 edition*. France: OECD/IEA.

低碳能源比重，並將核能作為無碳能源的選項；發電系統中低碳能源佔比由 40% 增加至 2025 年的 55% 以上」，並擬定二氧化碳減量目標為「於 2015 年回到 2005 年排放量，並於 2025 年回到 2000 年排放量」。同年 8 月通過「能源安全策略報告」，規劃逐年將自產再生能源及準自產核能佔總電力供給的比例，由 2007 年的 9% 大幅提高至 2025 年的 18%。

2011 年福島事件發生後，國內對於核電安全議題關注提升，行政院院會於 9 月通過《核子損害賠償法部分條文修正草案》，將核電設施經營者對事故賠償責任之限額，由新台幣 42 億元提高至 150 億元，並將核子損害賠償請求權時效，由原先的 10 年延長為 30 年。⁵⁰

國內政策部分，2011 年 9 月 20 日，行政院長吳敦義於立法院答詢時說明，雖然核一廠已提出延役申請，但政府並不考慮使核一廠延役。行政院長並表示，核一廠未來的處理有 2 種可能：其一，核四廠若能通過國內外專家、具公信力之國際機構鑑定合格，可安全無虞地在 2018 年運轉，且能確保國內經濟成長後的民生及社會、產業的用電不虞匱乏的前提下，核一廠將提前除役；其二，若上述條件無法達成，則核一廠將如期於 2018 年除役，不再延役。⁵¹

⁵⁰ 行政院新聞局(2011 年 9 月 29 日)，「行政院院會通過『核子損害賠償法部分條文修正草案』」，<http://info.gio.gov.tw/ct.asp?xItem=98376&ctNode=3852&mp=1>。

⁵¹ 工商時報(2011 年 9 月 21 日)，「有條件下 核一提前除役」。

2011年9月29日，經濟部長施顏祥表示，目前運轉中的核一、核二、核三廠，政策傾向不延役，但核四廠會繼續興建。對非核家園達成的目標時間，施顏祥表示，國際間只有瑞士與德國訂定明確時間，其他國家都還在討論中，因此台灣沒有非核家園時間表。⁵²同時，經濟部次長黃重球提到，我國的綠色能源產業旭昇方案，目標是於2015年時達成總體產值1兆1580億元。行政院長吳敦義也指出，綠能產業是台灣重要新興產業之一，經濟部及相關部會應依計畫持續推動。經濟部報告中說明，台灣綠能產業已具備國際競爭力，太陽能電池在2010年產量為3億瓦，已超過日本的2.5億瓦，位居全球第2；LED光源產量台灣則為全球第1，產值第2。風力機具部分，台灣在完成國產第1台2百萬瓦的風力機艙組裝後，已躍升為全球第8個大型風力設備製造國。經濟部同時指出，台灣綠能產業於2010年時產值為3800億元，較2008年成長1.3倍，綠能產業就業人口於2010年底達5.59萬人，較2008年時增加3.99萬人，自2008至2010年累積總投資額為1384億元。⁵³

政府於2011年10月6日公布黃金十年「永續環境」願景，計劃施政主軸包括綠能減碳、生態家園、災害防制。其中與永續環境相關部分，願景提出綠能減碳4大目標：⁵⁴

1. 全國二氧化碳排放減量，於2020年回到2005年排放量。

⁵² 中央社(2011年9月29日)，「三座核電不延役 非核無時間表」。

⁵³ 中央社(2011年9月29日)，「綠能產值104年1.1兆元」。

⁵⁴ 行政院經濟建設委員會(2011年10月6日)，黃金十年 國家願景五：永續環境，<http://www.cepd.gov.tw/m1.aspx?sNo=0015942>。

2. 每年提高能源效率 2% 以上，能源密集度於 2016 年較 2010 年下降 12%，2020 年較 2010 年下降 18.3%。

3. 2016 年及 2020 年再生能源總設置容量分別達 458 萬瓩及 604 萬瓩，年發電量分別為 122 及 161 億度電(相當於 403 萬戶家庭用戶之年用電量)。

4. 推動低碳家園，倡導節能減碳新生活，全民綠色消費。

其中二氧化碳排放減量部分，願景提出的主要策略為：

(1) 充分運用國內天然資源，擴大推廣各類再生能源，建構永續能源。

(2) 擴展風力發電，優先開發陸域風場，再擴展離岸海域風場。

(3) 逐步擴大太陽光電設置，採先緩後快、先屋頂後地面。

(4) 促進低碳天然氣合理使用。

(5) 永續環境願景強調，政府有責任訂定政策，以鼓勵各種綠色能源的開發，不讓全民經濟成長被急速上漲的能源價格侵蝕；願景宣布，未來十年要創造生態家園、無毒家園，除禁絕新的污染源，也將重罰以轉嫁外部成本、製造污染來獲利企業。⁵⁵

⁵⁵ 聯合晚報(2011 年 10 月 6 日)，「馬推『永續環境』願景 鼓勵綠能開發」。

(十二) 比較分析

比較各國之核能發展，可知各國依其地理環境、資源分配與國情政治等條件差異，對於核電之發展政策各異。我國之核能政策，亦須考慮到資源稀缺、地理位置孤立、政治變動、地緣風險等要素，以綜合評估未來核電政策之發展。

我國如考慮廢止核電，與其他廢核國家相較，將面臨數個面向之問題：⁵⁶其一，國內的再生能源電力供給不穩定，且成本較傳統發電方式高昂，例如，以風力發電替代核能，則成本為核電之3倍，以太陽能替代核能，則成本為核電之5倍，且風力與太陽能皆有不穩定提供的問題，如天候狀況不佳，則須有足量備載電廠以維持電力供給的穩定性。其二，我國電網獨立，不若歐陸國家可與鄰國電網連結，以便購買鄰國電力，因而無法考慮電力輸入。其三，國內電價與供需將調整，目前我國電價每度約2.73元，而德國電價則為10元，核能大國的法國電價約為德國之一半。廢除核能的立即影響即是電價上漲，我國須考慮國內消費者對於電價之接受度，同時，隨著金融海嘯退去，經濟成長將使對電力之需求上升，例如，2011年第1季，我國電力需求成長率為4.8%，缺電可能傷害經濟，但電價亦須反應能源之成本。其四，碳排放與地形限制再生資源的發展。核電乃為零碳排放之能源，如以其他方式取代核電，則我國將面臨增加溫室氣體排放之壓力，減碳之缺口甚大；同時，台灣的山地佔全島面積4分之3，地形崎嶇，鋪設太陽能

⁵⁶ 梁啟源(2011)，「德國的非核宣示，我們可以跟隨嗎？」中國時報：A24，2011年6月10日。

發電設備難度較高。另外則有輸電問題，台灣北部長期電力不足，須仰賴中南部電力北送，如北部之核電廠停止運轉，則北部缺電情況將更加嚴峻。

觀察美國、日本、南韓、俄羅斯、中國及法國等無明確廢核之政策，而德國、瑞士等國則有較明確的逐步廢核計畫。但可以確認的是，核能安全顯然為各國最重要之考慮，而各國則依其自身情勢有不同的核能政策。綜觀我國之能源條件，不論核能電廠存廢皆須審慎評估各種成本與後續影響，同時，投資節約能源、提高能源效率及推動再生能源，有益於降低進口能源依存度、減少溫室氣體排放，並促進節能產業發展，是我國推動新能源政策的時候應積極思考的努力方向。

二、 我國最新核能及能源政策之彙整

2011年11月3日，政府宣布新能源政策，提出「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」能源發展願景。政府宣示的未來能源政策有3大原則：確保不限電、維持合理電價、並達成國際減碳承諾。⁵⁷

⁵⁷經濟部能源局(2011年11月3日)，*穩健減核 逐步邁向非核家園*，台北市：經濟部，<http://www.moeaboe.gov.tw/Policy/ReduceCO2/default.html>

(一) 穩健減核政策及相關回應

政府提出「穩健減核」能源政策，明確宣示既有的核一廠至核三廠不延役，並依規定展開核電廠除役計劃；核四廠須確保安全才能進行商轉，若能在 2016 年之前穩定商轉，則核一廠將配合提前停轉。⁵⁸

政府沒有提出明確廢核時間表，但宣布於核四廠穩定商轉後，將建立每 4 年通盤檢討機制。政府承諾，核四必須通過政府分層監督及國際評估，現役的核一、核二、核三廠也與國際同步進行全面安檢，並完成第一階段評估，強化現有核能機組抗地震、防山洪、耐海嘯機制的的能力。廢核時程將參考當時再生能源的發展情況，在決定下一階段減核目標。經濟部長施顏祥隨後補充，強調考慮核四工程計畫，以及福島核災的影響，必須增加補強措施，因此核四的工程與預算必須重新評估，估計明年上半年會訂出新的時程，經濟部長也強調，目標是 2016 年核四達到「穩定商轉」，由於電廠運轉後會有一段時間較不穩定，因此穩定商轉可能需要 1 到 2 年的時間，如此，若要在 2016 年達到穩定商轉，則須於 2014 至 2015 年就開始商轉。同時，經濟部長說，逐步減核之後，將以天然氣做為穩定供電的最大考慮，政府目標是 2030 年時，天然氣供應量達到 2 千萬噸，目前的供應量則是 1350 萬噸。然而，若以天然氣作為主要供電來源，則須面對國際天然氣量吃緊、貯存、輸送和興建新電廠等問題。此外，天然氣發電儘管碳排放較燃煤發電低，但仍有排

⁵⁸ 中時電子報(2011 年 11 月 4 日)，「核四若 2016 前商轉 核一提前停轉」；中時電子報(2011 年 11 月 4 日)，「馬：2016 年 核四商轉」；聯合晚報(2011 年 11 月 3 日)，「原能會：核四安全才能商轉」。

碳問題。⁵⁹

至 2011 年 10 月底止，政府已投入 2500 億元興建核四，福島核災後，為強化核安，核四工期將延長，預算亦會增加。台電強調，核四建好如不商轉，如以年利率 2% 估計，核四工期每多延 1 年，預算將增 72 億。⁶⁰同時，配合核一廠除役時程，台電評估，2015 年起供電及轉趨嚴峻，達成「穩健減核」過程不限電之目標，是極大挑戰。依規定，電力備轉容量率必須超過百分之十六，但台電報告顯示，2015 年時，電力備轉容量率將僅餘 10%，且備用電力容量一路走低，未來供電對於天然災害等的承受能力將減低。

民主進步黨主席蔡英文指出，在福島核災後，世界上許多國家紛紛調整核電政策，希望在最短時間內完成非核家園，並表示天災難以預防，核災一旦發生，則放棄核電恐怕為時已晚，而核四廠一旦商轉，以服役年限 30 年估計，期間可能導致政府仰賴核電而缺乏動機實施節能、發展再生能源以及改進發電效率。⁶¹立法院長王金平則呼應穩健減核政策，認為臺灣自產能源有限，目前火力等發電量僅佔 18% 至 19%，核四加入後，發電比例可提升至 25%。⁶²

經濟部長表示，核廢料分為低放射與高放射兩部分，低放射核廢料一部分放在廠內處理，一部分放在蘭嶼，高放射核廢料，最終會到境外做處理。⁶³國內的環境保護團體批評，將核廢料送至境外

⁵⁹ 聯合晚報(2011 年 11 月 3 日)，「核電廠減核 台灣電力夠用嗎？」

⁶⁰ 聯合報(2011 年 11 月 14 日)，「經部：減核後 以天然氣穩定供電」，台北：聯合報。

⁶¹ 中國時報(2011 年 11 月 3 日)，「小英：政黨輪替才有非核家園」。

⁶² 聯合報(2011 年 11 月 4 日)，「王金平：用電不足 再討論就太慢」。

⁶³ 聯合報(2011 年 11 月 14 日)，「經部：減核後 以天然氣穩定供電」，台北：聯合報。

處置，將引發棘手的國際問題。綠色公民行動聯盟副秘書長洪申翰表示，據經濟部估計，2020年我國之用電需求將比2010年時高出40%，屆時無論核四廠運轉與否，缺電問題將繼續存在，必須抑制用電需求增長。

(二)、打造綠能低碳環境

2011年11月3日所宣布之新能源政策中，政府宣示將繼續推動能源四法中的溫室氣體減量法及能源稅法。新的綠能政策意味著臺灣將更大量的使用再生能源及天然氣，並厲行能源節約。⁶⁴這項政策涵蓋電力供應和抑制需求共2大部份，除了以低碳的天然氣發電替代核能，同時發展離岸風力及太陽能、洋流發電等⁶⁵。其中再生能源之措施與目標包括：⁶⁶

1. 擴大各類再生能源推廣：規劃2025年裝置容量達9,952MW(占發電總裝置容量14.8%)，新增裝置容量6,600 MW，提早5年達成「再生能源發展條例」所定20年增加6,500 MW目標，2030年進一步擴大成長至12,502MW(占發電總裝置容量16.1%)，發電量可達356億度，相當890萬家庭用戶年用電量(占全國78%家庭用電戶數)。
2. 推動「千架海陸風力機」計畫：先開發陸域風場，再擴展離岸海域風場；2030年風力裝置容量合計達4,200MW。

⁶⁴ 經濟日報社論(2011年11月4日)，「評『新』能源政策」。

⁶⁵ 郭穗與蘇東季(民國100年8月14日)，「馬拍板 新能源政策 核電除役 電價勢必漲」，自立晚報。

⁶⁶ 經濟部能源局(2011年11月3日)，*穩健減核 逐步邁向非核家園*，台北市：經濟部，<http://www.moeaboe.gov.tw/Policy/ReduceCO2/default.html>

3. 推動「陽光屋頂百萬座」計畫：先緩後快、先屋頂後地面；

2030 年太陽光電裝置容量合計達 3,100MW。

政府的綠能政策強調產業結構轉型目標，使綠能等產業佔整體製造業實質產值，由 2008 年時的 4% 增加至 2020 年佔 30%，並提升製造業附加價值率由 2008 年之 21%，提升至 2020 年 28% 之目標。同時推動能源密集產業的效率管理、強化全方位節能減碳技術輔導，擴大區域能資源整合應用。

行政院長吳敦義指出，未來將繼續推動溫室氣體減量法，包括建構減碳能力、規劃能源價格合理化、檢討相關法規措施等；能源稅法之推動，包括促成外部成本內部化、提升綜效等，有助節能減碳市場機制之完善與法治基礎。⁶⁷

政府的新能源政策是經濟部因應日本福島核災及國內外政經情勢改變所擬定，與過去政策之差異，在於原先因應全球暖化而打算使核電廠延役之計畫，修改為核電廠如期除役，並預定於核四廠穩定商轉後，將核一廠提前除役。比較朝野分別提出之核能方案，相較於民進黨所提出之《2025 非核家園計畫》，政府所提之核能政策於 2025 年時預計核四廠仍服役，然而，電力政策之考慮，不僅包括核能安全，還須考慮島內電力供需、維持合理電價，以及達成國際減碳承諾，避免國際譴責甚至貿易制裁。

考量電力供需，2010 年底時我國之電力系統備用容量率為

⁶⁷ 聯合晚報(2011 年 11 月 3 日)，「吳揆：綠能 馬 3 年半勝扁 8 年」。

24.3%⁶⁸，高於合理備用容量率設定 16%，表示電力供應尚有閒置機組，然而，考慮其中緣故，是因全球金融海嘯及政府節能減碳政策之推動，使我國短期電力需求不增反減。隨著未來經濟成長，預期國內電力需求仍將增加，根據電力需求預測，如核四不運轉，則電力備用容量率將於 2014 年降至 4.7%，2015 年降至 1.5%，且每年缺電機率將達 114 天，對於在地供電不足，須仰賴南電北送的北部地區，產生限電壓力。此外，核四廠完工如不運轉，預測將使電價上漲 6%，且建廠成本 3000 億將成為投資損失。⁶⁹

我國 2010 年溫室氣體排放量約為每年 2.54 億噸二氧化碳當量，對國際減碳承諾則是 2020 年每產生一單位 GDP 的碳排放量須比 2005 年降低 30% 以上。如核四廠完工不運轉，並改採替代能源，我國碳排放量將不足國際承諾 1670 萬噸。為建構綠能低碳環境，政府有必要妥善處理再生能源開發以及供電不穩定等問題，並擴大天然氣之儲輸能力。⁷⁰

國內學者也指出，日本福島核災之後，各界對核電的安全關注提升，核電存廢爭議再起，反核者憂慮核子災變之危害，擁核者則考慮倉促廢核衝擊電力系統穩定，並造成電價上漲與溫室氣體排放增加，此些議題甚為重大，政府須考慮如何以適當政策規劃回應。綜觀各界對核能之看法，首要目標是「核電安全」，進行全面核安總體檢，檢討項目和評估準則與國際同步，強化複合災害整備與應

⁶⁸ 經濟部能源局(民國 100 年 6 月)，九十九年年報，
<http://www.moeaboe.gov.tw/Policy/PoMain.aspx?PageId=polist>.

⁶⁹ 經濟日報社論(2011 年 11 月 4 日)，「評『新』能源政策」。

⁷⁰ 經濟日報社論(2011 年 11 月 4 日)，「評『新』能源政策」。

變能力，並提升安全規範，以降低核災帶來的可能損失。⁷¹

三、 比較近年來朝野之能源與核能政策

政府方面先後有 2008 年的《永續能源政策綱領》、2011 年的《黃金十年：永續環境篇》及「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」之穩健減核政策，而在野的民進黨則於 2011 年提出《十年政綱：能源篇》及《2025 非核家園》等計劃，分述於表 2-3-1 及表 2-3-2：

⁷¹ 吳再益(2011 年 11 月 4 日)，「盼各界攜手『穩健減核』」，聯合報。

表 2-3-1 《永續能源政策綱領》與《十年政綱：能源篇》之比較

	永續能源政策綱領 ⁷²	十年政綱：能源篇 ⁷³
政策原則 (核心理念)	1. 永續能源政策的基本原則將建構「高效率」、「高價值」、「低排放」及「低依賴」二高二低的能源消費型態與能源供應系統。	1. 十年政綱能源篇的核心理念在於走出能源與環境分治對立的政策，採取「以生態為中心」的思維，促成能源密集產業分年逐步轉型，並將公共預算投入綠色能源應用與發展，創造就業機會與二氧化碳減排。
政策目標	1. 「能源、環保與經濟」三贏。 2. 提高能源效率：未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上；並藉由技術突破及配套措施，2025 年下降 50% 以上。 3. 發展潔淨能源：(1) 全國二氧化碳排放減量，於 2016 年至 2020 年間回到 2008 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量。(2) 發電系統中低碳能源占比由 40% 增加至 2025 年的 55% 以上。 4. 確保能源供應穩定：建立滿足未來 4 年經濟成長 6% 及 2015 年每人年均所得達 3 萬美元經濟發展目標的能源安全供應系統。	
淨源	1. 提高能源效率：未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上；並藉由技術突破及配套措施，2025 年下降 50% 以上。 2. 發展潔淨能源：(1) 全國	1. 積極建立綠色能源應用計畫與策略方案，提升綠色能源發電(太陽能、風能、生質能、地熱等)占總發電比重，以每年增加 1% 為目標。 2. 以提升火力發電效率、增加再生能源發電比重來擺脫

⁷² 經濟部(民國 98 年)，《永續能源政策綱領》，經濟部。

⁷³ 蔡英文(民國 100 年)，《十年政綱》，蔡英文競選總統辦公室。

		永續能源政策綱領 ⁷²	十年政綱：能源篇 ⁷³
		<p>二氧化碳排放減量，於 2016 年至 2020 年間回到 2008 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量。(2)發電系統中低碳能源占比由 40% 增加至 2025 年的 55% 以上。</p> <p>3. 積極發展無碳再生能源，於 2025 年占發電系統的 8% 以上。</p> <p>4. 增加低碳天然氣使用，於 2025 年占發電系統的 25% 以上。</p> <p>5. 促進能源多元化，將核能作為無碳能源的選項。</p> <p>6. 加速電廠的汰舊換新，訂定電廠整體效率提升計畫。</p> <p>7. 透過國際共同研發，引進淨煤技術及發展碳捕捉與封存。</p> <p>8. 促使能源價格合理化。短期能源價格反映內部成本，中長期以漸進方式合理反映外部成本。</p>	<p>核能依賴，新增電廠優先選擇天然氣發電。</p> <p>3. 加速老舊火力電廠汰舊換新，大幅提升其發電效率。</p> <p>4. 逐步將能源使用之外部成本內部化，促進能源價格合理化，落實使用者付費及污染者付費原則。</p>
節流	產業	<p>1. 促使產業結構朝高附加價值及低耗能方向調整，使單位產值碳排放密集度於 2025 年下降 30% 以上</p> <p>2. 核配企業碳排放額度，賦予減碳責任，促使企業加強推動節能減碳產銷系統。</p> <p>3. 輔導中小企業提高節能減碳能力，建立誘因措施及管理機制，鼓勵清潔生產應用。</p> <p>4. 獎勵推廣節能減碳及再生能源等綠色能源產業，創造新的能源經濟。</p>	<p>1. 以產業結構的逐年調整、節約用電等措施來降低用電之成長，同時降低二氧化碳之排放。</p> <p>2. 以節約能源作為促進能源自主的重要手段，提出鼓勵工業、交通與民間部門節能之具體計畫，並訂定目標逐步落實。</p> <p>3. 獎勵補助節能減碳產業及綠能產業（技術、資金、土地等），逐年降低對高耗能產業之補助。</p> <p>4. 取消對高排碳、高耗能和污染產業之能源補貼。</p> <p>5. 提供民間足夠誘因積極設置綠色能源應用設備，帶動</p>

		永續能源政策綱領 ⁷²	十年政綱：能源篇 ⁷³
			綠色能源產業發展，創造綠色就業機會。 6. 加強節能減碳技術之研發，扶植相關產業，使節能科技和應用成為我國能源產業具國際競爭力之重要支柱。
	運輸	1. 建構便捷大眾運輸網，紓緩汽機車使用與成長。 2. 建構「智慧型運輸系統」，提供即時交通資訊，強化交通管理功能。 3. 建立人本導向，綠色運具為主之都市交通環境。 4. 提升私人運具新車效率水準，於2015年提高25%。	1. 以節約能源作為促進能源自主的重要手段，提出鼓勵工業、交通與民間部門節能之具體計畫，並訂定目標逐步落實。
	住商	1. 強化都市整體規劃，推動都市綠化造林，建構低碳城市。 2. 推動「低碳節能綠建築」，全面推行新建建築物之外殼與空調系統節能設計與管理。 3. 提升各類用電器具能源效率，於2011年提高10%~70%，2015年再進一步提高標準，並推廣高效率產品。 4. 推動節能照明革命，推廣各類傳統照明器具汰換為省能20~90%之高效率產品。	1. 推動綠建築概念的普及，強化建築法規並訂定建築能源耗用標準，獎勵舊建築以節能為目標翻修整新。
	政府	1. 推動政府機關學校未來一年用電用油負成長，並以2015年累計節約7%為目標。 2. 政策規劃應具有「碳中和(Carbon Neutral)」概念，以預防、預警和篩選原則進行碳管理。	1. 政府扮演政策平台及應用示範之角色
	社會大眾	1. 推動全民節能減碳運動，宣導全民朝「一人一天減少一公斤碳足跡」努力。	1. 以節約能源作為促進能源自主的重要手段，提出鼓勵工業、交通與民間部門節能之

		永續能源政策綱領 ⁷²	十年政綱：能源篇 ⁷³
		2. 從中央、地方政府到鄉鎮村里，自機關學校到企業及民間團體，發揮組織動員能量，推動無碳消費習慣，建構低碳及循環型社會。	具體計畫，並訂定目標逐步落實。
法規基礎		<p>1. 推動「溫室氣體減量法」完成立法，建構溫室氣體減量能力並進行實質減量。</p> <p>2. 推動「再生能源發展條例」完成立法，發展潔淨能源。</p> <p>3. 研擬「能源稅條例」並推動立法，反應能源外部成本。</p> <p>4. 修正「能源管理法」，有效推動節能措施。</p>	<p>1. 透過立法，形成國家能源、環境與經濟整體策略，確立穩定持續的能源產業補助與獎勵。</p> <p>2. 推動能源稅，稅收可挹注推動綠色新政所需經費，獎勵綠色能源應用與綠色生產。</p>
配套機制		<p>1. 建立公平、效率及開放的能源市場，促使能源市場逐步自由化，消除市場進入障礙，提供更優質的能源服務。</p> <p>2. 規劃碳權交易及設置減碳基金，輔導產業以「造林植草」或其他減碳節能方案取得減量額度；推動參與國際減碳機制，透過國際合作加強我國減量能量。</p> <p>3. 能源相關研究經費4年內由每年50億元倍增至100億元，提升科技研發能量。</p> <p>4. 紮根節能減碳環境教育，推動全民教育宣導及永續綠校園。</p>	1. 並透過公民論壇凝聚國人共識，形成綠色經濟整體政策框架與推動時間表。
後續推動		<p>1. 各部門依據本綱領項目，擬定具體行動計畫，並訂定各工作項目量化目標據以推動。</p> <p>2. 各部門行動計畫，應訂定部門節能減碳績效額度，以達成全國二氧化碳排放減量目標。</p>	

	永續能源政策綱領 ⁷²	十年政綱：能源篇 ⁷³
	3. 訂定追蹤管考機制，定期檢討執行成果與做法，以實現整體節能減碳目標。	
核能政策	1. 促進能源多元化，將核能作為無碳能源的選項	1. 核四廠不商轉，核一、二、三廠不延役，並借鏡日本福島核災之應變經驗，嚴格監督除役前之運轉安全。

表 2-3-2 政府穩健減核政策、《黃金十年：永續環境篇》、《2025 非核家園》以及《十年政綱：能源篇》之比較

	政府近期能源政策 ⁷⁴ 與黃金十年	2025 非核家園 ⁷⁵ 與十年政綱
核能政策	<p>1. 行政院長吳敦義於 2011 年 9 月 20 日明確表示，核一廠不考慮延役，最晚如期在民國 107 年除役，若核四廠順利商轉，且能確保經濟成長後的民生及產業需要，核一廠就可提前除役⁷⁶。</p> <p>2. 2011 年 10 月提出的黃金十年政策中，宣示提升核電安全措施，包括：</p> <p>(1) 民國 101 年完成二階段核能電廠安全總體檢與個廠壓力測試，落實執行安全防護與緊急應變強化方案。</p> <p>(2) 成立行政院核能安全督導會報，持續加強安全管制與監督。加強核四施工與測試品質查核，確保如質安全運轉。</p> <p>3. 2011 年 11 月 3 日，馬英九政府宣布新能源政策，提出「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」能源發展願景。</p>	<p>1. 核四廠不商轉，核一、二、三廠不延役，至 2025 年全數關閉。</p> <p>2. 以再生能源(太陽能、風能、生質能、地熱)逐漸取代核能，目標為每年增加 1% 之總發電量，⁷⁸並輔以嚴格監督除役前之運轉安全。</p>

⁷⁴經濟部能源局(2011 年 11 月 3 日)，*穩健減核 逐步邁向非核家園*，台北市：經濟部，<http://www.moeaboe.gov.tw/Policy/ReduceCO2/default.html>。

⁷⁵ 蔡英文(民國 100 年)，《2025 非核家園計畫》，蔡英文競選總統辦公室。

⁷⁶ 崔慈悌(民國 100 年 9 月 21 日)，「有條件下 核一提前除役」，工商時報。

⁷⁸ 聯合報(2011 年 11 月 4 日)，「蔡英文：核四運轉 非核家園延遲 30 年」。

	政府近期能源政策 ⁷⁴ 與黃金十年	2025 非核家園 ⁷⁵ 與十年政綱
	這項政策明確宣示既有的核一廠至核三廠不延役，並依規定展開核電廠除役計劃；核四廠須確保安全才能進行商轉，若能在 2016 年之前穩定商轉，則核一將配合提前停轉。 ⁷⁷	
淨源	<ol style="list-style-type: none"> 2011年6月，行政院長吳敦義表示，政府將端出「陽光屋頂百萬座，千架海上風力機」作為發展再生能源的具體措施⁷⁹。 在改善火力發電效率方面，台電 	<ol style="list-style-type: none"> 提高再生能源的比例：依照政府規劃，在 2025 年再生能源可以增加約 6.5%的總發電量。 改善火力發電效率：如果投資火力電廠改善設備，約可以增

⁷⁷ 中時電子報(2011年11月4日)，「核四若 2016 前商轉 核一提前停轉」；中時電子報(2011年11月4日)，「馬：2016年 核四商轉」；聯合晚報(2011年11月3日)，「原能會：核四安全才能商轉」。

⁷⁹ 顏瑞田(民國 100年6月5日)，「吳敦義：新能源政策很快出爐」，工商時報。

	政府近期能源政策 ⁷⁴ 與黃金十年	2025 非核家園 ⁷⁵ 與十年政綱
	<p>於99年亦已開始從新設機組採最佳可行技術，以及提升既有火力發電機組平均效率兩方面著手進行⁸⁰。</p> <p>3. 黃金十年永續環境之綠能減碳政策，提出加速產業結構轉型，發展低碳能源，推廣再生能源設置，逐步降低對核能之依賴，完善有助節能減碳之市場機能及法制基礎，促進節能省水綠生活等發展方向。</p> <p>主要目標為：</p> <p>(1) 全國二氧化碳排放減量，於2020年回到2005年排放量。</p> <p>(2) 每年提高能源效率2%以上，能源密集度於2016年較2010年下降12%，2020年較2010年下降18.3%。</p> <p>(3) 2016年及2020年再生能源總設置容量分別達458萬瓩及604萬瓩，年發電量分別為122及161億度電(相當403 萬家庭用戶之年用電量)。推動低碳家園，倡導節能減碳新生活，全民綠色消費。</p> <p>4. 2011年11月3日，經濟部發表新能源政策，其中涵蓋電力供應和抑制需求共2大部份，除了以低碳的天</p>	<p>加 5.8%的總發電量。改善設備除了增加發電效率，也可以減少碳排放。</p> <p>3. 新建電廠以天然氣電廠優先：前兩種方式相加，已經可以增加 10%以上的總發電量。如果用電量增加必須新建電廠，應以較乾淨、建廠快速的天然氣電廠為優先。</p>

⁸⁰ 李崇濱(民國 99 年)，「台灣電力公司火力發電廠節能減碳策略簡介」，台灣電力公司，取自 <http://www.kunitech.com.tw/download/Clean/9901.pdf>

	政府近期能源政策 ⁷⁴ 與黃金十年	2025 非核家園 ⁷⁵ 與十年政綱
	<p>然氣發電替代核能，同時發展離岸風力及太陽能、洋流發電等⁸¹。其中再生能源之措施與目標包括：</p> <p>(1)擴大各類再生能源推廣：規劃2025年裝置容量達9,952MW(占發電總裝置容量14.8%)，新增裝置容量6,600 MW，提早5年達成「再生能源發展條例」所定20年增加6,500 MW目標，2030年進一步擴大成長至12,502MW(占發電總裝置容量16.1%)，發電量可達356億度，相當890萬家庭用戶年用電量(占全國78%家庭用電戶數)。</p> <p>(2)推動「千架海陸風力機」計畫：先開發陸域風場，再擴展離岸海域風場；2030年風力裝置容量合計達4,200MW。</p> <p>(3)推動「陽光屋頂百萬座」計畫：先緩後快、先屋頂後地面；2030年太陽光電裝置容量合計達3,100MW。</p>	
節流	1. 行政院於2009年底成立「行政院節能減碳推動會」，並於民國99年通過「國家節能減碳總計畫」及	1. 節約能源：政府可以透過鼓勵節能措施、鼓勵淘汰耗電產品、鼓勵綠建築，來減少耗電。

⁸¹ 郭穗與蘇東季(民國100年8月14日)，「馬拍板 新能源政策 核電除役 電價勢必漲」，自立晚報。

	政府近期能源政策 ⁷⁴ 與黃金十年	2025 非核家園 ⁷⁵ 與十年政綱
	<p>其十大標竿方案，包含「健全法規體制」、「改造低碳能源系統」、「打造低碳社區與社會」、「營造低碳產業結構」、「建構綠色運輸網絡」、「營建綠色新景觀與普及綠建築」、「擴張節能減碳科技能量」、「推動節能減碳公共工程」、「深化節能減碳教育」及「強化節能減碳宣導與溝通」等多面向⁸²。</p> <p>2. 黃金十年計劃推動低碳樂活家園，推動節能省水綠生活，具體措施包括：</p> <p>(1) 推動「國家節能減碳總計畫」，落實十大標竿方案與具體行動計畫。</p> <p>(2) 推動智慧節能低碳示範社區，打造低碳示範城市及全國成為低碳生活圈。</p> <p>(3) 建構智慧節能基礎建設。</p> <p>(4) 推動智慧綠建築及執行綠建築評定。</p> <p>(5) 研訂「低碳產品轉換計畫」，獎勵汰舊換新採用高效率能源產</p>	<p>2. 調整產業結構：不是去犧牲經濟發展，而是減少高耗能產業、讓產業結構轉型，是減少耗電的重要方式。</p> <p>3. 電業自由化：打破台電壟斷賣電市場的局面，讓民營電廠與台電競爭，不但提升發電效率，也可以鼓勵再生能源產業的發展，增加其發電比重。</p> <p>4. 推動能源稅，促使能源價格合理化：包括取消對高排碳、高耗能和高污染產業之能源補貼，逐步將能源使用之外部成本內部化，促進能源價格合理化，落實使用者付費及污染者付費原則；另一方面則推動能源稅，稅收可挹注推動綠色新政所需經費，獎勵綠色能源應用與綠色生產。</p>

⁸² 行政院節能減碳推動會(民國 99 年)，《國家節能減碳總計畫》，行政院節能減碳推動會。

	政府近期能源政策 ⁷⁴ 與黃金十年	2025 非核家園 ⁷⁵ 與十年政綱
	<p>品。</p> <p>(6) 公部門率先推動省油、省水、省電、省紙，引導民間採行。</p> <p>(7) 推廣商品環保標章、碳標示、綠色採購及活動碳中和。</p> <p>(8) 研究導入市場價格機制，建立節用水電資源型社會。</p> <p>(9) 推動農業用水節水灌溉，以促進水資源之有效使用。</p>	

四、 情境設定與模擬方式

(一)、 情境說明

1. 基礎情境

本研究之基礎情境，為核一、二、三屆齡除役，核四商轉，是以政府於 100 年 11 月 3 日所公布新能源政策為基礎，但不考慮核一廠提前於民國 105 年除役，而在其他電力供應來源方面，如抽蓄水力、再生能源、煤、油、液化天然氣以及汽電共生等發電能源開發規劃，表 2-4-1 為台電協助政府於 100 年 11 月 3 日所公布新能源政策之分析工作所研擬的「台灣電力新政策規劃說明」時所提供之資料為藍本，其電力規畫最主要情境原為核四如果順利商轉時則核一於民國 105 年除役，而核二、三屆齡除役，但為求與本研究基礎情境（核一屆齡除役）一致，故調整其核電發電裝置容量，因此，表 2-4-1 所顯示之核電裝置容量將較台電原先提供之資料在民國 105~108 年時多出 1272MW。

表 2-4-1 台電系統規劃裝置容量

單位:MW

形式 年別	抽蓄水力	再生能源	核能	煤	油	液化天然氣
2010	2,602	3,073	5144	11,897	3,626	15,194
2011	2,602	3,471	5144	11,897	3,323	15,202
2012	2,602	3,653	5144	11,297	3,325	15,209
2013	2,602	3,840	5144	11,297	3,314	15,223
2014	2,602	4,032	6494	11,297	3,317	15,223
2015	2,602	4,242	6494	11,297	3,316	15,223
2016	2,602	4,582	7844	13,097	3,316	18,103
2017	2,602	4,932	7844	13,897	2,575	19,043
2018	2,602	5,292	7208	16,297	2,560	19,720
2019	2,602	5,662	6572	17,897	2,560	20,440
2020	2,602	6,042	6572	19,497	2,215	20,440
2025	2,602	9,952	2700	27,697	2,092	21,991
2030	2,602	12,502	2700	32,197	592	25,636

資料來源：台灣電力公司

註：台電協助政府提出「台灣電力新政策規劃說明」時所提供之資料，其電力規畫情境原為核一於民國 105 年除役，核一、二、三屆齡除役，但為求與本研究基礎情境一致，故調整其核電發電裝置容量，因此，表一所顯示之核電裝置容量將較台電原先提供之資料在民國 105~108 年時多出 1272MW。

2. 對應情境

本研究之對應情境設計共有四種，分別為：

情境 1：核一提前於 2016 年除役(兩座反應爐分別在 2016 與 2017 關閉)，核二、三屆齡除役，核四商轉(2014 先商轉一座反應爐，另一座於 2016 商轉)。此情境為政府 2011 年 11 月 3 日所公布新能源政策的最主要情境。

情境 2：核一、二、三屆齡除役，核四不商轉。此情境為民進黨「十年政綱」之情境。

情境 3：核一、二、三延役，核四商轉。

情境 4：核一、二、三延役，核四不商轉。

等四種情境，此四種情境僅針對核能發電的部分進行變動，其餘發電源的開發仍然依據台電協助政府所提出「台灣電力新政策規劃說明」之規劃方式。

本研究將基準情境的核能發電量⁸³減去各對應情境的核能發電量，即可獲得不同的對應情境相較基準情境的核電發電量變動情況(請見表 2-4-2)，若表二欄位中的數值為正，則表示對應情境的供電量少於基準情境，例如 2016 年情境 1 的供電量將比基準情境減少 4,555.701 百萬度。反之，若欄位中的數值為負，則表示對應情境的供電量多於基準情境，例如 2018 年情境 3 的供電量將比基準情境增加 4,555.701 百萬度。

如果對應情境的供電量少於基準情境，如情境 1 與情境 2，為求穩定供電，則必須使用其他發電方式取代，因此本研究需再進一步探討，在對應情境的供電量少於基準情境的情況下，分別以 1.離岸風力、 2.太陽光電、3.燃煤以及 4.燃氣來取代核能發電時，發電成本、CO₂ 排放以及電價的變化。據此，情境 1 之下又分情境 1-1：以增加離岸風力補足不足電力、情境 1-2：以增加太陽光電補足不足電力、情境 1-3：以增加燃煤發電補足不足電力、情境 1-4：以增加燃氣發電補足不足電力等 4 種情境。

⁸³ 對於核電及火力發電，本研究以容量因素 85%，每年發電 365 天*24 小時=8760 小時計算毛發電量，扣除 3.8%的廠用電後得到最終的淨發電量。

情境 2 之下亦分為情境 2-1：以增加離岸風力補足不足電力、情境 2-2：以增加太陽光電補足不足電力、情境 2-3：以增加燃煤發電補足不足電力、情境 2-4：以增加燃氣發電補足不足電力等 4 種情境。

而若對應情境的供電量大於基準情境，如情境 3，本研究則以多出來的電力用以取代燃煤發電(情境 3-1)，探討在情境 3-1 之下發電成本、CO₂ 排放以及電價的變化。

情境 4 較為特殊，從表 2-4-2 可見自 2014~2023 年期間，供電量少於基準情境，但 2023 與 2024 兩年則反轉為供電量多於基準情境的情況，因此必須分為兩段來討論，在 2023 年以前分別探討以 1.離岸風力、 2.太陽光電、3.燃煤以及 4.燃氣來取代核能之後發電後，發電成本、CO₂ 排放以及電價的變化，故在情境 4 之下又分為情境 4-1：以增加離岸風力補足不足電力、情境 4-2：以增加太陽光電補足不足電力、情境 4-3：以增加燃煤發電補足不足電力、情境 4-4：以增加燃氣發電補足不足電力等 4 種情境。而 2024 年以後則是探討多出來的電力用以取代燃煤發電(情境 4-5)之後發電成本、CO₂ 排放以及電價的變化。

根據上述本研究總共有基準情境以及替代情境 1-1、1-2、1-3、1-4、2-1、2-2、2-3、2-4、3-1、4-1、4-2、4-3、4-4 等 14 種情境，將此一架構以圖 2-4-1 表示。

表 2-4-2 不同的對應情境相較基準情境的核能發電量變動情況

單位:百萬度

	對應情境 1	對應情境 2	對應情境 3	對應情境 4
2010	0	0	0	0
2011	0	0	0	0
2012	0	0	0	0
2013	0	0	0	0
2014	0	-9670.12	0	-9670.12
2015	0	-9670.12	0	-9670.12
2016	-4555.701	-19340.24	0	-19340.24
2017	-9111.402	-19340.24	0	-19340.24
2018	-4555.701	-19340.24	+4555.7	-14784.54
2019	0	-19340.24	+9111.4	-10228.84
2020	0	-19340.24	+9111.4	-10228.84
2021	0	-19340.24	+9111.4	-10228.84
2022	0	-19340.24	+16167	-3173.232
2023	0	-19340.24	+16167	-3173.232
2024	0	-19340.24	+23222.6	+3882.37
2025	0	-19340.24	+30034.7	+10694.4

- 註：1.對於火力發電及核能發電，本研究以容量因素 85%，每年發電 365 天*24 小時=8760 小時計算毛發電量，扣除 3.8%的廠用電後得到最終的淨發電量。
2.正(負)值表示該對應情境將比基準情境提供較多(少)的電。

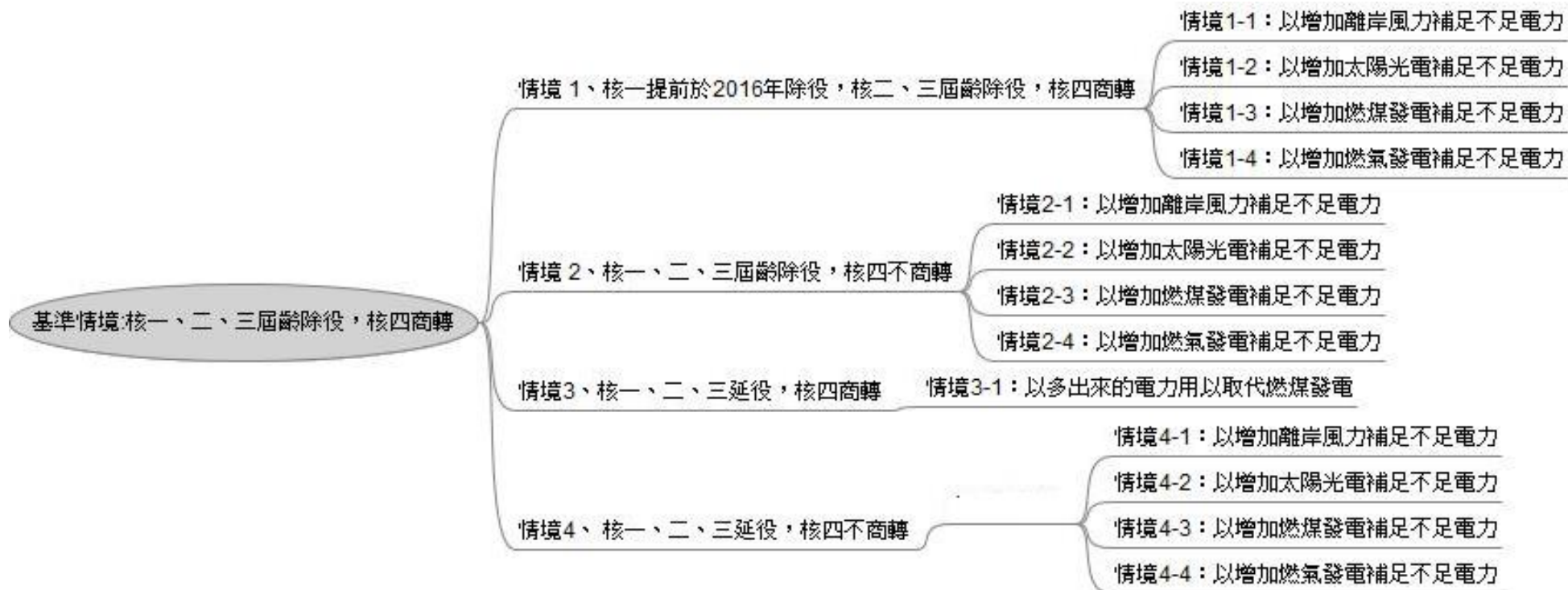


圖 2-4-1 情境架構圖

3. 對應情境模擬邏輯與假設條件

以下將介紹本研究如何推估以離岸風力、太陽光電、燃煤以及燃氣等各種替代能源取代核能發電後，或以核能取代燃煤發電之後，對發電成本、CO₂ 排放、電價以及經濟成長的影響。

(1) 模擬邏輯

i. 以各種替代能源取代核能發電

本研究以圖 2-4-2 來說明，如何推估各種替代能源在取代核能發電後，對發電成本、CO₂ 排放、電價、GDP 以及物價的影響。首先，本研究先計算出各對應情境相較基準情境之發電度數變化(如表 2-4-2 所示)，第二，假設所減少發電度數全部用以某一種替代能源來取代；第三，以替代能源的每度電發電成本減去核能發電的每度電發電成本後再乘上取代發電度數，獲得取代核能後所增加的發電成本。第四，在增加的發電成本完全轉嫁給消費者的假設下，估計電價的上升幅度。第五，在利用一般動態均衡模型來估計，電價上升後對 GDP 及物價的影響程度。

此外，若以燃煤或燃氣來取代不排碳之核能發電，將使得二氧化碳的排放量增加。因此，在圖 2-4-2 的下半部亦說明，若以燃煤或燃氣來取代核能發電時，本研究如何推估二氧化碳排放量的變化。從圖 2-4-2 可知，本研究將取代的發電量乘上替代能源的二氧化碳排放系數，即可獲得替代能源取代核能發電後所增加的二

氧化碳排放量。

ii. 以核能發電取代燃煤發電

本研究以圖 2-4-3 來說明，如何推估核能發電在取代燃煤發電後，對發電成本、CO₂ 排放、電價、GDP 以及物價的影響。首先，本研究先計算出各對應情境相較基準情境之發電度數變化(如表 2-4-2 中情境 3 所示)，第二，假設所增加核能發電度數全部用替代燃煤發電；第三，以燃煤發電的每度電發電成本減去核能發電的每度電發電成本後再乘上取代燃煤發電的度數，獲得取代燃煤發電後所減少的發電成本。第四，在減少的發電成本完全回饋給消費者的假設下，估計電價的下降幅度。第五，在利用一般動態均衡模型來估計，電價下降後對 GDP 及物價的影響程度。

此外，若以不排碳之核能發電取代燃煤發電，將使得二氧化碳的排放量減少。因此，在圖 2-4-3 的下半部亦說明，若以核能來取代燃煤發電時，本研究如何推估二氧化碳排放量的變化。從圖 2-4-3 可知，本研究將取代的發電量乘上燃煤的二氧化碳排放系數，即可獲得核能發電取代燃煤發電後所減少的二氧化碳排放量。

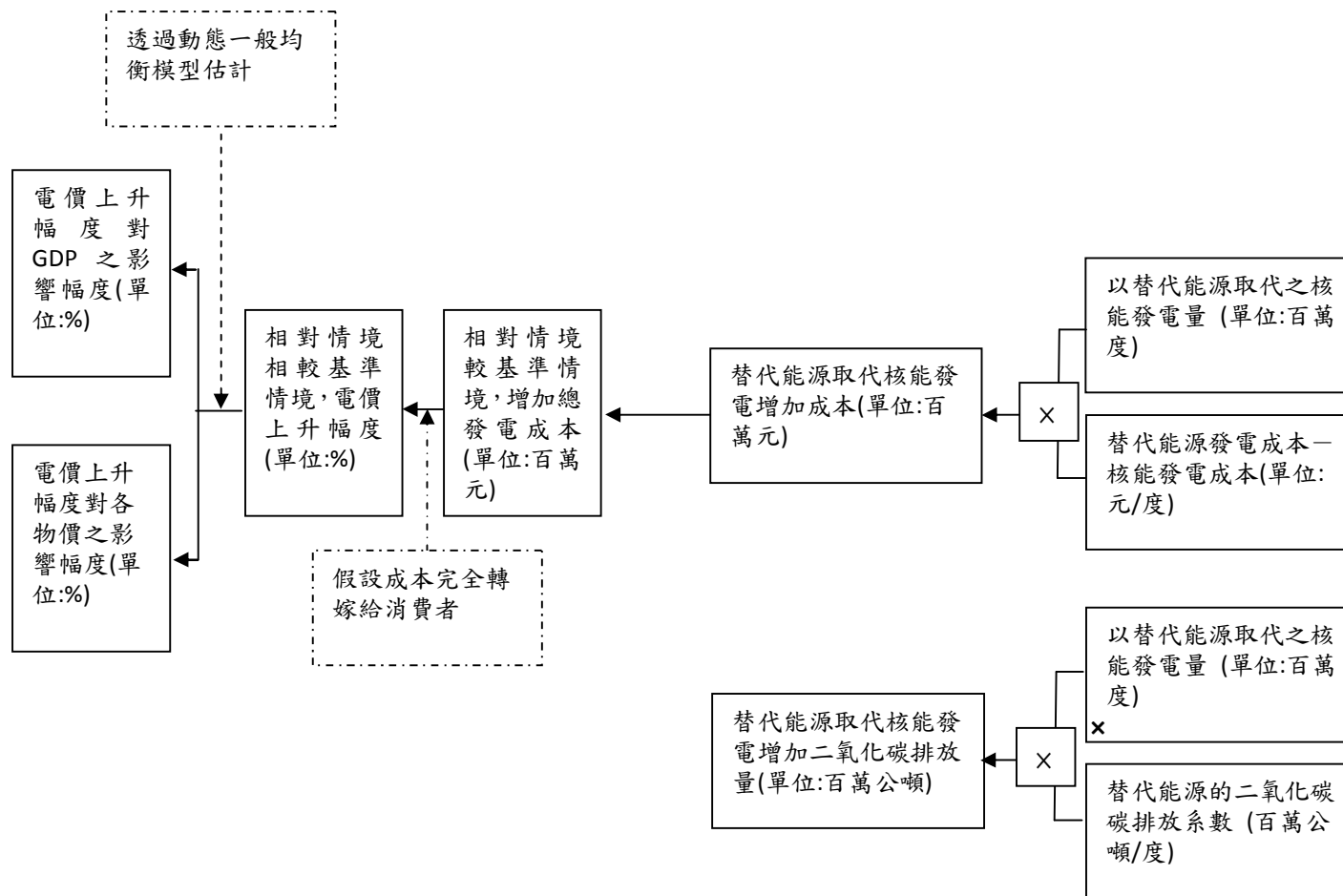


圖 2-4-2 以替代能源取代核能發電之發電成本與二氧化碳變化推估邏輯

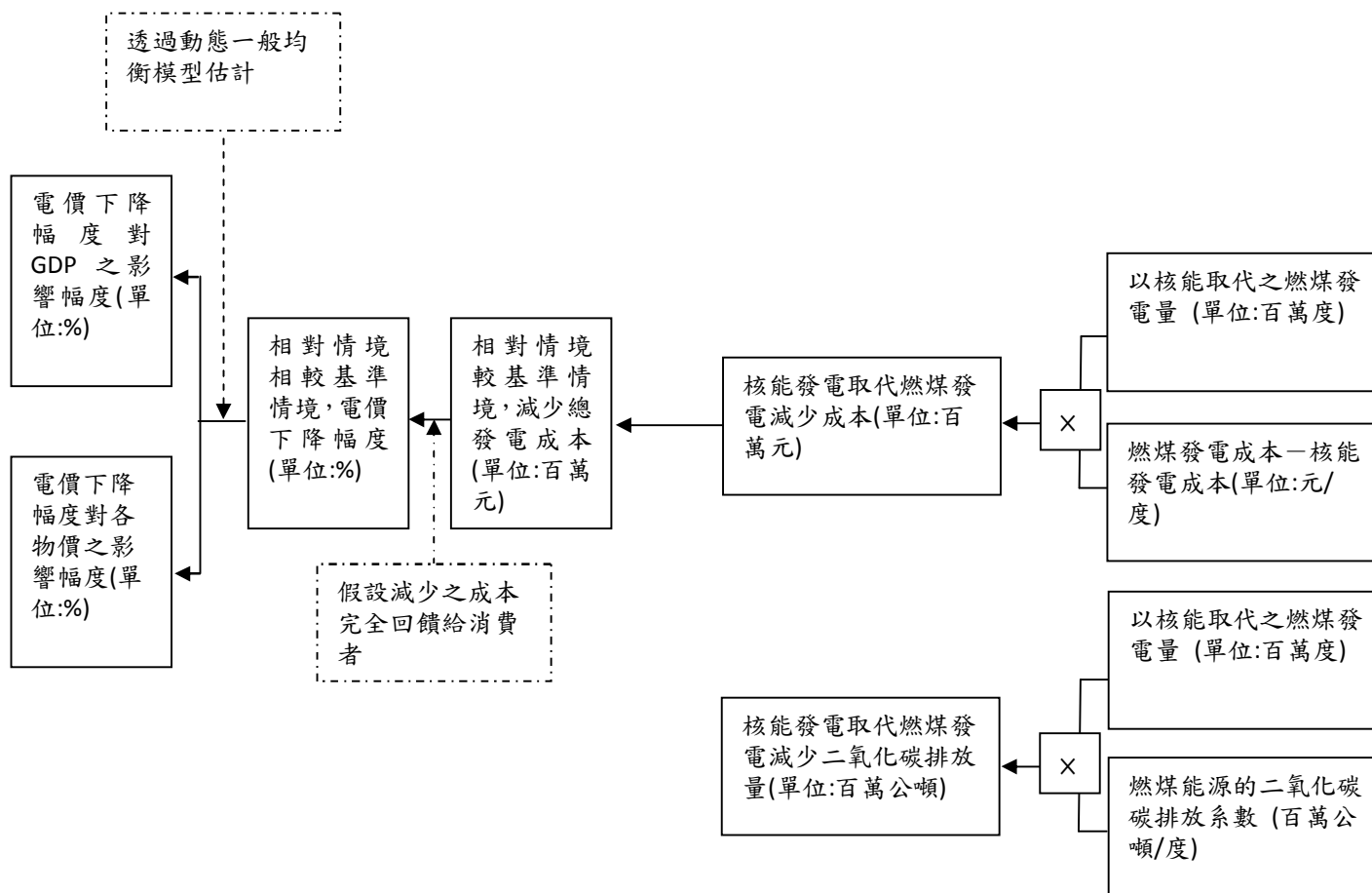


圖 2-4-3 以核能發電取代燃煤發電之發電成本與二氧化碳變化推估邏輯

(2) 條件假設

由圖 2-4-2 與圖 2-4-3 可知，若要估計出本研究所需各項數值，必須先獲得各種發電方式的單位成本以及二氧化碳排放系數。以下本研究將就各種能源的 2011 年至 2025 年單位發電成本以及二氧化碳排放系數進行推估與說明。

i. 核能發電

根據台電(民 100 年)的資料顯示核一、二、三廠的發電成本為 0.66(元/度)，核四廠的均化發電成本⁸⁴為 1.37(元/度)，然而在 2011 年 3 月發生日本福島核災之後，必須針對核電廠之安全進行強化，故本研究認為必須再加上強化成本，就核一、二、三廠而言，由於此三廠安全設計與建廠時間較早，可能需要增加較多防災改善，因此本研究以原本的發電成本的 20% 作為其核安強化成本，故核一、二、三廠的發電成本為 $0.66 \times (1+20\%) = 0.802$ (元/度)，而核四廠的防災設計較新，因此僅就其原本的發電成本 15% 作為其核安強化成本，故核四廠的發電成本為 $1.37 \times (1+15\%) = 1.48$ (元/度)。本研究假設核燃料價格至 2025 年維持穩定，因此自 2011 年至 2025 年故核一、二、三廠的發電成本均為 0.802(元/度)，核四廠的發電成本均為 1.48(元/度)。此

⁸⁴ 本研究採用台電公司 2011 年上半年所估算結果進行計算，核四每瓩投資成本 3450 美元，全生命週期為 25 年，容量因數 85%，而利率以 0.69% 計算

外，由於核電廠不排碳，因此，核能發電的二氧化碳排碳係數為 0。

ii. 離岸風力

由於國內尚無以建構完成離岸風力機組可供參考，因此對於離岸風力發電成本之推估，乃以英國 Committee on Climate Change(簡稱 CCC)於 2011 年所發表「The Renewable Energy Review」，以及英國能源及氣候變遷部 (UK Department of Energy and Climate Change, DECC) 委託 ARUP 公司於 2011 所發表的「Review of the generation costs and deployment potential of renewable electricity」等兩本研究報告中，所計算之離岸風力發電成本趨勢，作為本研究在推估 2011 年至 2025 年離岸風力發電成本的參考依據。

就 CCC 而言，該報告公佈 2011、2020、2030 年以及 2040 年離岸風力發電成本的高預測值與低預測值，而 DECC 則公佈 2010、2015、2020、2025 以及 2030 年離岸風力發電成本的高、中、低預測值，為了使兩者易於比較，本研究以內插法估計出 CCC 在 2015 與 2025 的高、低預測值，以及 DECC 於 2011 年的高、中、低預測值，本研究將兩單位的預測值，以及本研究以內插法所估計出預測值整理於表 2-4-3 並將其繪製成圖 2-4-4。

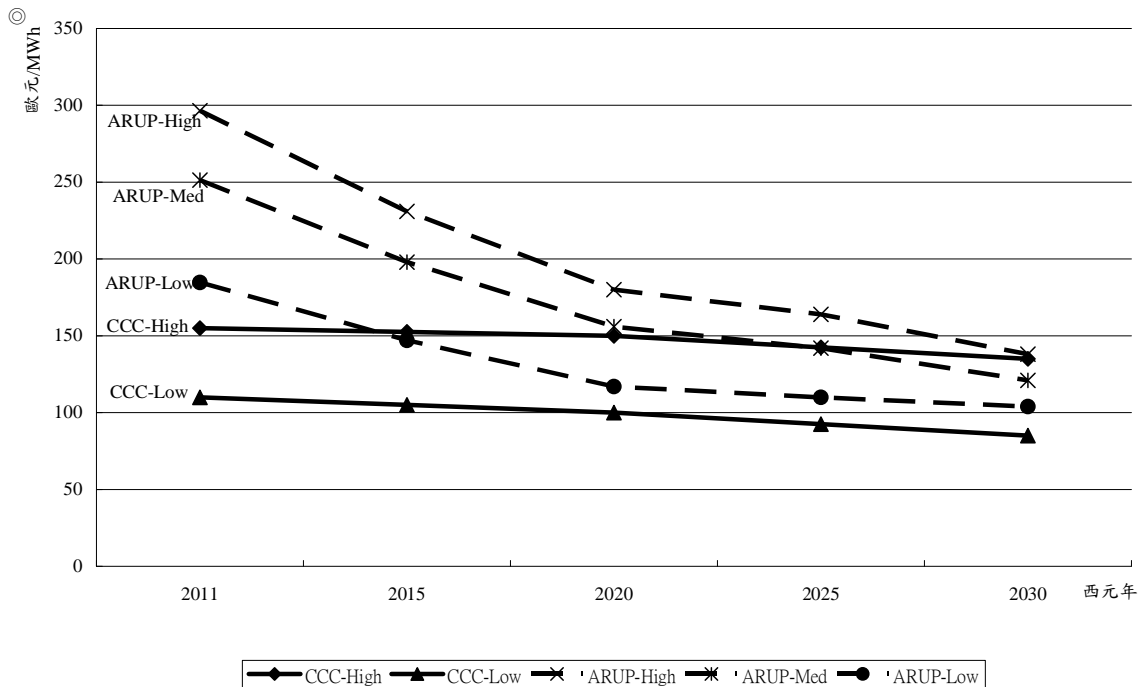
表 2-4-3 CCC 與 DECC 估計之離岸風力發電成本

單位:歐元/MWh

		2011	2015	2020	2025	2030
Committee on Climate Change(2011), The Renewable Energy Review, London, UK	High	155	152.5	150	142.5	135
	Med					
	Low	110	105	100	92.5	85
DECC(2011),Review of the generation costs and deployment potential of renewable electricity, London, UK	High	296.5	231	180	164	138
	Med	251.3	198	156	142	121
	Low	184.7	147	117	110	104

資料來源: Committee on Climate Change(2011)與 DECC(2011)

註: 本研究以內插法估計出 CCC 在 2015 與 2025 的高、低預測值，以及 DECC 於 2011 年的高、中、低預測值



資料來源: Committee on Climate Change(2011)與 DECC(2011)

圖 2-4-4 CCC 與 DECC 估計之離岸風力發電成本

本研究從兩單位所示資料中選取最高值當作上

界，最小值當作下界，以中位數作為中間值，本研究茲將用以計算的數值整理如表 2-4-4。

表 2-4-4 本研究所假設之離岸風力發電成本(以歐元為單位)

單位:歐元/MWh

	2011	2015	2020	2025	2030
高發電成本	296.5	231	180	164	138
中發電成本	184.7	152.5	150	142	121
低發電成本	110	105	100	92.5	85

此外，由於我國天候特性導致冬天風力較佳而夏天風力較弱的現象。因此，風力發電系統並非一年四季都能穩定供電，故必須仰賴輔助電源或儲存系統來維持其穩定性，進而提升風力發電之成本。因此實際上離岸風力發電成本可能比本研究之估計值來的高。

最後，本研究將成本單位從歐元/MWh 轉換成新台幣元/kWh，結果整理如表 2-4-5 所示，由於本研究之期間設定在 2011 年至 2025 年，故僅顯示此一期間之預測值，至於其他年份，如 2012、2013、2014、2016i 等等其他年份則透過內插法估計而得。最後，由於離岸風力發電並不排碳故其二氧化碳排放係數為 0。

表 2-4-5 本研究所假設之離岸風力發電成本(以新台幣為單位)

單位:新台幣元/kWh

	2011	2015	2020	2025
低發電成本	4.29	4.09	3.90	3.61
中發電成本	7.20	5.94	5.85	5.54
高發電成本	11.56	9.00	7.02	6.39

iii. 太陽光電

關於太陽光電發電成本之推估，仍以英國 Committee on Climate Change(簡稱 CCC)於 2011 年所發表「The Renewable Energy Review」，以及英國能源及氣候變遷部 (UK Department of Energy and Climate Change, DECC) 委託 ARUP 公司於 2011 所發表的「Review of the generation costs and deployment potential of renewable electricity」等兩本研究報告中，所計算之太陽光電發電成本趨勢，作為本研究在推估 2011 年至 2025 年太陽光電發電成本的參考依據。

與離岸風力的情況相同，就 CCC 而言，該報告公佈 2011、2020、2030 年以及 2040 年太陽光電發電成本的高預測值與低預測值，而 DECC 則公佈 2010、2015、2020、2025 以及 2030 年太陽光電發電成本的高、中、低預測值，為了使兩者易於比較，本研究以內插法估計出 CCC 在 2015 與 2025 的高、低預測值，以及 DECC 2011 年的高、中、低預測值，本研究將兩單位的預測值，以及本研究以內插法所估計出預測值整理於表 2-4-6 並將其繪製成圖 2-4-5。

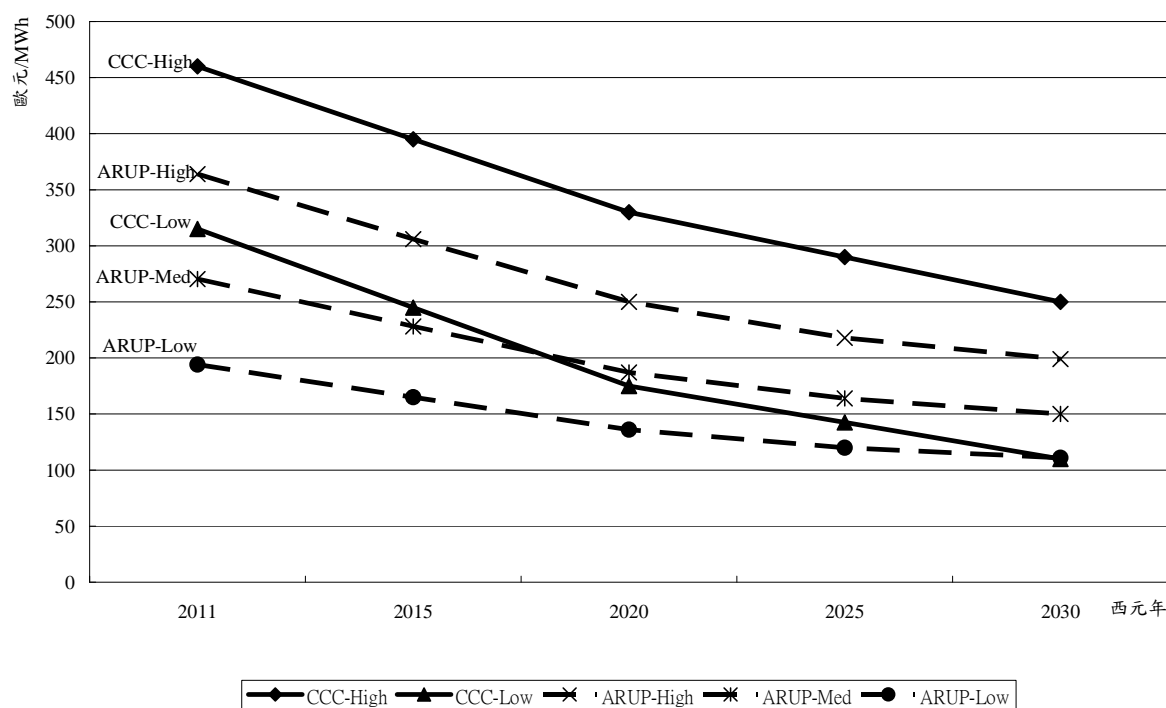
表 2-4-6 CCC 與 DECC 估計之太陽光電發電成本

單位:歐元/MWh

		2011	2015	2020	2025	2030
Committee on Climate Change(2011), The Renewable Energy Review, London, UK	High	460	395	330	290	250
	Med					
	Low	315	245	175	142.5	110
DECC(2011),Review of the generation costs and deployment potential of renewable electricity, London, UK	High	363.9	306	250	218	199
	Med	270.3	228	187	164	150
	Low	194.0	165	136	120	111

資料來源: Committee on Climate Change(2011)與 DECC(2011)

註: 本研究以內插法估計出 CCC 在 2015 與 2025 的高、低預測值，以及 DECC 於 2011 年的高、中、低預測值



資料來源: Committee on Climate Change(2011)與 DECC(2011)

圖 2-4-5 CCC 與 DECC 估計之太陽光電發電成本

本研究從兩單位所示資料中選取最高值當作上界，最小值當作下界，以中位數作為中間值。本研究茲

將用以計算的數值整理如表 2-4-7。

表 2-4-7 本研究所假設之太陽光電發電成本(以歐元為單位)

單位:歐元/MWh

	2011	2015	2020	2025	2030
高發電成本	460	395	330	290	250
中發電成本	315	245	187	164	150
低發電成本	194	165	136	120	110

為了更嚴謹的確認本研究之太陽光電發電成本是否合理，故進一步將本研究所估計之太陽光電發電成本與 IEA 的 Stefan Nowak, Paolo Frankl and Cedric Philibert 在 2011 年 9 月所撰寫的報告"IEA PVPS: Global PV markets and policies"中所列之成本進行比較，此份報告中考慮到屋頂型太陽光電年發電量條件不同對太陽光電發電成本的影響，其中年發電量為 1500 kWh/kW 與年發電量 1000 kWh/kW 的預測發電成本如表 2-4-8 所示，為了便於比較，故先將幣值換算成歐元之後，復以內插法計算出，在台灣太陽光電目前的年發電水準 (1200 kWh/kW) 之下的發電成本，其計算結果如表 2-4-9。

表 2-4-8 屋頂型太陽光電發電成本(以美元計價)

(美元/MWh)

年發電量	1500 kWh/kW	1000 kWh/kW
2008	480	720
2020	210	315
2030	135	205
2050	90	135

資料來源：Stefan Nowak, Paolo Frankl and Cedric Philibert, "IEA PVPS: Global PV markets and policies," Photovoltaic Power Systems Programme, International Energy Agency, September 9, 2011

表 2-4-9 屋頂型太陽光電發電成本(以年發電 1200kWh/kw 且以歐元計價)

(歐元/MWh)

年發電量	1500 kWh/kW	1000 kWh/kW	1200 kWh/kW
2008	360	540	468
2020	157.5	236.25	204.75
2030	101.25	153.75	132.75
2050	67.5	101.25	87.75

註：匯率 1 美元等於 0.75 歐元計算

經由比較發現，IEA 在 2011 年 9 月報告的估計值為基準，以台灣太陽光電目前的年發電水準(1200 kWh/kW)進行估算，則 2020 年屋頂型太陽光電發電成本約 205 歐元/MWh，2030 年約 133 歐元/MWh，和本研究依英國之估算數據的中位數相比，差異不大(本研究 2020 年約 187 歐元/MWh，稍微較 IEA 低估；2030 年約 150 歐元/MWh，稍微較 IEA 高估，但差距都不大)。

此外，類似風力發電的情況，由於我國天候特性導致冬天日照較弱而夏天日照較佳的現象。因此，太陽光電系統並非一年四季都能穩定供電，故必須仰賴輔助

電源或儲存系統來維持其穩定性，進而提升太陽光電發電之成本。因此實際上太陽光電的發電成本可能比本研究之估計值來的高。

最後，本研究並將單位從歐元/MWh 轉換成新台幣元/kWh，整理結果如表十所示，由於本研究之期間設定在 2011 年至 2025 年，故僅顯示此一期間之預測值，至於其他年份，如 2012、2013、2014、2016 等等其他年份則透過內插法估計而得。最後，由於太陽光電發電並不排碳故其二氧化碳排放系數為 0。

表 2-4-10 本研究所假設之太陽光電發電成本

單位:新台幣元/kWh

	2011	2015	2020	2025
低發電成本	7.6	6.4	5.3	4.7
中發電成本	12.3	9.6	7.3	6.4
高發電成本	17.9	15.4	12.9	11.3

iv. 燃煤發電

根據台電(民 100 年)的資料顯示 100 年燃煤發電成本為 2.068(元/度)，其中燃料成本為 1.541(元/度)、固定成本 0.430(元/度)、運轉維護費用 0.098(元/度)。本研究假設固定與運轉維護費用將不隨著時間而變動，但燃料成本將隨著全球的煤儲量的逐漸稀少而逐漸上升，根據經濟部能源局(100 年)「99 年~108 年長期負載預測與電源開發規劃摘要報告」，99~108 年煤炭價格所預測之年成長率 3.06%，本研究將依此成長率調整燃煤發電成

本中的燃料成本，表 2-4-11 為本研究所預測之 2011 年至 2025 年燃煤發電成本。此外，根據台灣電力公司(100 年)的資料顯示，燃煤發電的二氧化碳排放係數為 0.839(公斤/度)。本研究假設此一係數至 2025 年止將不隨著時間而變動。

表 2-4-11 2011 年至 2025 年燃煤發電成本

單位：元/度

年份	發電成本	年份	發電成本
2011	2.07	2019	2.57
2012	2.12	2020	2.65
2013	2.18	2021	2.72
2014	2.24	2022	2.80
2015	2.30	2023	2.88
2016	2.37	2024	2.97
2017	2.43	2025	3.06
2018	2.50		

v. 燃氣發電

根據台電(民 100 年)的資料顯示 100 年燃氣複循環發電成本為 4.147(元/度)，其中燃料成本為 3.91(元/度)、固定 0.149(元/度)、運轉維護費用 0.088(元/度)。本研究假設固定與運轉維護費用將不隨著時間而變動，但燃料成本將隨著全球的天然氣儲量的逐漸稀少而逐漸上升，根據經濟部能源局(100 年)「99 年~108 年長期負載預測與電源開發規劃摘要報告」，99~108 年天然氣價格所預測之年成長率 2.91%，本研究將依此成長率調整燃氣發電成本中的燃料成本，表 2-4-12 為本研究

所預測之 2011 年至 2025 年燃煤發電成本。此外，根據台灣電力公司(100 年)的資料顯示，燃煤發電的二氧化碳排放係數為 0.389(公斤/度)。本研究假設此一係數至 2025 年止將不隨著時間而變動。

表 2-4-12 2011 年至 2025 年燃氣發電成本

單位: 元/度

年份	發電成本	年份	發電成本
2011	4.15	2019	5.16
2012	4.26	2020	5.30
2013	4.38	2021	5.45
2014	4.50	2022	5.60
2015	4.62	2023	5.75
2016	4.75	2024	5.91
2017	4.88	2025	6.08
2018	5.02		

(3) 一般動態均衡模型

i. 理論模型

本研究預計使用 Liang-Jorgenson (2003) 的台灣動態一般均衡模型(Dynamic General Equilibrium Model of Taiwan) 簡稱 DGEMT 模型來分析。DGEMT 模型是一個結合梁啟源(2000)的台灣能源經濟模型包含生產者模型和消費者模型，行政院主計處總體經濟計量模型及工研院 MARKAL 模型共四個模型而建立。

a. 生產者模型

生產者模型是一個包括 29 個產業的動態產業關聯模型。29 個產業包括 8 大業（農業、工業、礦業、製造業、營建工程、水電瓦斯業、交通運輸業及服務業）、17 個製造業（食品業、飲料及煙草業、紡織業、成衣及服飾品業、皮革毛皮及其製品業、木竹製品、傢俱業、造紙與紙製品及印刷出版業、化學業及塑膠業、橡膠製品、非金屬礦物製品、基本金屬工業、金屬製品業、機械設備、電力及電子機械器材、運輸工具製造業、雜項製造業）及 4 個能源產業（煤礦業、煉油業、天然氣及電力）。

實際估計函數係數時進一步採用非常一般化的超對數 (Translog) 函數型式，來估計成本函數。從 Translog 生產函數出發，J-L 模型中，每一產業的價格及投入產出係數的變動皆可透過下列四個子模型來解釋：

1. 總投入子模型：內含一個價格方程式（產出價格）、四個份額方程式（資本、勞動、能源、中間投入）及一個技術變動率方程式。
2. 能源子模型：包括一個價格方程式（能源價格）及四個份額方程式（煤炭、石油產品、電力及天然氣）。
3. 中間投入子模型：含有一價格方程式（中

間投入價格)及五個份額方程式(農產品、工業產品、運輸服務、服務業勞務及進口品中間投入)

4. 石油子模型：包括一個價格方程式(石油產品價格)、四個份額方程式(汽油、柴油、燃料及其他油品)

有關各子模型的相關關係，如圖 2-4-6。就各子模型的價格及份額方程式的解釋變數而言，除石油子模型外，均包括各種要素價 (Pi) 及以時間代表之技術指數 (T)，石油子模型的解釋變數裡則只有要素價格。

茲以總投入子模型及能源子模型為例，具體說明各子模型的價格及份額方程式如下。總投入子模型的價格(產出價格)的方程式為：

$$\ln P = \alpha_0 + \alpha_T T + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_i \beta_{iT} \ln P_i T + \frac{1}{2} \beta_{TT} T^2 \quad i, j = K, L, E, M \quad (1)$$

上式中 PK 表資本勞務價格，PL 勞務價格，PE 表能源價格，PM 表中間投入價格，T 表以時間代表之技術指數。其份額方程式為：

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j + \beta_{iT} T \quad i, j = K, L, E, M \quad (2)$$

上列份額方程式係以 $\ln P_i$ 對價格方程式偏微分，並根據 Shephard 定理 ($\frac{\partial TC}{\partial P_i} = Q_i$, i 類要素需求量) 求出。若以 T 偏微分(1)式，則可求出下列的技術變動方程式：

$$-R_T = \alpha_T + \beta_{TK} \ln P_K + \beta_{TL} \ln P_L + \beta_{TE} \ln P_E + \beta_{TM} \ln P_M + \beta_{TT} T \quad (3)$$

能源子模型的價格方程式為：

$$\begin{aligned} \ln P_E = & \ln \alpha_* + \alpha_T T + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j \\ & + \sum_i \beta_{iT} \ln P_i T + \frac{1}{2} \beta_{TT} T^2 \quad i, j = C, O, N, e \end{aligned}$$

份額方程式為：

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j + \beta_{iT} T \quad i, j = C, O, N, e$$

梁啟源(2000)是將 Jorgenson-Liang (1985)中生產者模型之時間數列資料由 1961-1981 延長至 1961-1993，並結合了消費者模型(Liang(1983))、行政院主計處、總體經濟計量模型及楊任徵 (1996) 工業技術研究院的 MARKAL 工程模型。值得注意的是，DGEMT 模型的建構需龐大的資料庫，建構相當費時。以生產者子模型為例，其資料包括 29 個產業的產出，資本存量(分五類)、資本勞務價格(分五類)、及勞動人數及工時(分 72 類)，能源量、價(分四類)及中間投入(分五類)的方程式即多達

638 條。以最近一次更新由 1961-1981 延展至 1961-1993 費時超過六年(故永遠達不到及時更新所有參數的要求)，通常在應用這種大型模型做模擬的標準作法是修改常數項。也即比較 1994 的理論值與實際值取其差異的平均數來調整常數項。這也是本文所採的作法。⁸⁵

b. 消費者模型

根據 Jorgenson(1984) 及 Jorgenson-Slesnick (1983,1984)，假設 k 家計單位 (household) 係以下列的超對數間接效用函數來做最適化消費選擇：

$$S = \frac{1}{D(P)} \left(\alpha_p + \beta_{PP} \ln P - \beta_{PP} t \frac{\sum M_k \ln M_k}{M} + \beta_{PA} \frac{\sum M_k A_k}{M} \right)$$

(k=1,2,...,k) ... (4)

在正確加總理論 (exact aggregation) 的假定下，家計部門的商品支出份額 (S) 實為個別家計單位商品支出份額 (Sk) 的加權平均數。權數為個別家計單位的總支出 (Mk) 佔全體家計部門總支出 (M) 的百分比。

(4)式表示整體家計部門的支出份額決定於價格 (P)、家計部門的支出分配 ($\frac{\sum M_k \ln M_k}{M}$) 及家計

⁸⁵但這樣的方式是以 shift 的方式，而非真正完全解決行為改變的問題，後者問題的解決待資料的全部更新。

部門支出及家庭屬性的聯合分配 ($\frac{\sum M_k A_k}{M}$)。其中 M_k 及 A_k 代表 k 家計單位的總預算及屬性 (Attribute) 向量。 t 為 1 之向量。另並將民間消費分成五類：

1. 食：食品、飲料及煙草業支出；
2. 衣：成衣及服飾品業支出；
3. 住：租屋及非能源設施、傢俱；
4. 能源：燃料（包含車輛燃料）及電力支出；
5. 娛樂、運輸及雜項：娛樂、教育、醫藥保健、運輸及雜項消費支出。

家計單位屬性則包含：

1. 家庭規模：1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 或更多。
2. 職業：農戶與非農戶。
3. 受雇人數：1, 2, 3 或更多。

c. 總體經濟計量模型（主計處何金巡總體經濟模型）⁸⁶

主計處的總體經濟計量模型係由 159 條方程式所組成的凱因斯模型。我們從總體經濟計量模型中取得下列變數的預測值作為基本推計值的重要

⁸⁶ Ho, Chin-Sheun, Jeff Chien-Fu, an Jan-Sho Wang (2001)及何金巡所提供之模型相關資料。

變數：(1)GDP 成長率；(2)工資；(3)利率；(4)家計消費；(5)CPI；(6)WPI；(7)投資；(8)政府支出及(9)出口。CPI 及 WPI 受各業產出價格的影響，國民生產毛額、工資、利率與家計支出在主計處的總體模型中是 CPI 和 WPI 的函數，因此，補貼再生能源收購電價的實施所導致產業產出價格的變動將會使主計處總體經濟模型與生產者模型兩者間有回饋的關係。

總供給則包含各業之中間需求及家計消費 (C)、投資、政府支出 (G) 與出口 (X) 扣除進口 (M) 的最終需求。在市場均衡的假設下，下式必須成立：

$$P_i Q_i = \sum_j P_j A_{ij} + P_i (C_i + I_i + G_i) + P_i X - P_i M_i$$

i, j=1, 2, 3, ..., 29, 1, 1, 1, 1 (5)

d. 工研院 MARKAL 工程模型⁸⁷

MARKAL 將諸多變數、參數以及使用者自定的限制條件組成線性方程式／不等式，再由這些方程式的集合構建而成線性模組。因此利用 MARKAL 可以將複雜的能源系統(全國、地區或部門)展現為線性規劃模式。模式資料庫由三類資料構建而成：

⁸⁷ 參考楊任徵(1996)。

1. 能源服務需求：工業、住宅、商業、運輸等
各部門未來數十年的能源服務需求；
2. 初級能源供應：未來數十年各類初級能源的
自產，進口上限與價格；
3. 能源技術：既有及未來可能商品化的能源轉
換、處理與使用技術。資料內容包括：投資
成本、固定及變動操作維護費、使用年限、
使用能源類別、效率、可用度、輸出及最大
市場穿透力預估等。

MARKAL 根據前述資料以線性規劃方式選擇最佳能源技術組合，來滿足未來各期能源服務需求。

由 DGEMT 的生產者子模型、消費者子模型及總體經濟計量模型雖可推估台灣 29 個產業及民間消費之各種能源需求量之基本推估值，但由於 bottom-up 的 MARKAL 模型較易為外界所瞭解，且已考慮未來能源技術的變動，故本文改以 MARKAL 的預估值來控制各能源需求及 CO₂ 排放總量。換言之，在做政策模擬時，先比較基本值與其他情境(如：電價上漲)對應之比率後乘上 MARKAL 的對應預測值求算基本值與其他情境對應能源需求及 CO₂ 排放量之差異數。MARKAL 模型的估計值會因未來經濟成長、能源政策及能源結構的規劃等假設改變而改變。本研究係採工研院的最新估計值並根據主計處總體計量模型估計之經濟成長率加以修正以取得子模型間的一

致性。

總體經濟計量模型提供未來經濟成長、民間消費、工資、利率、物價、進口物價，作為 DGEMT 模型中生產者子模型及消費者子模型基線(Baseline)的外生變數初始值(Initial Value)並藉以建立相關基線(Baseline)，但在模擬課徵碳稅的情境時，則因能源透過生產者子模型及消費者子模型會影響能源價格從而影響整體經濟的生產者物價、消費者物價、經濟成長及各業成長，從而「回饋」影響總體經濟計量模型的工資(PL)資本勞務價格(PK)及總產值(Q)，故總體經濟計量模型和生產者子模型及消費者子模型之間是個彼此互動的整合模型。

總體經濟模型所估計之民間消費總值乘上消費者模型的份額方程式並除以其物價平減數，可求得以固定幣值表示之民間消費各商品及勞務數量(含住宅部門之能源使用量)。

由於 Bottom-up 的 MARKAL 模型可進一步考慮未來能源供給結構以及能源技術演變，這是估計整體產業 CO₂ 排放量必要的資訊，故本文係以 MARKAL 的預估值來控制各能源需求及 CO₂ 排放總量。換言之，在做政策模擬時，先比較基線與其他情境(如：碳稅)差異之相對百分比後，乘上 MARKAL 的基線預測值，求算課徵碳稅對能源需求及 CO₂ 排放量和基線之絕對差異數。此四個子模型的相互關聯，如圖 2-4-6 所示。

(生產者模型) -----29產業

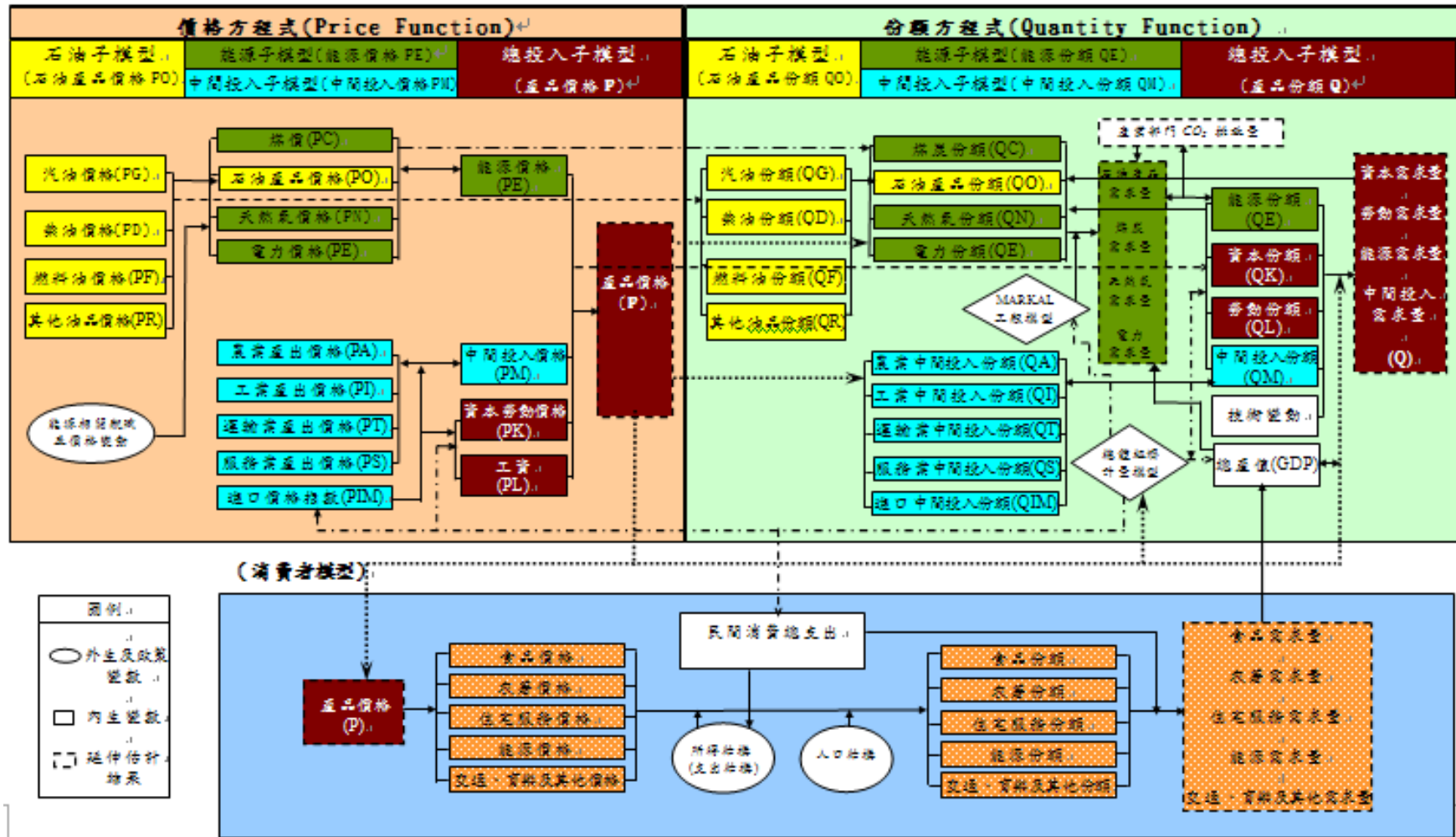


圖 2-4-6 動態一般均衡模型(DGEMT)模擬分析架構

ii. 模擬方法

以下就如何應用 DGEMT 模型分析各種對應情境所造成的電價變動對我國物價及 GDP 之影響，進行簡要之說明。

a. 基線估計

由主計處總體經濟計量模型取得資本勞務價格 (PK)、工資(PL)及進口物價 (PM)做為起初(initial 值)資料代入 29 業的生產者模型中可求得 2004-2020 年 29 業的產出物價及成本結構。

在產業結構方面，本研究以 2010 年產業結構為基期，以梁啟源 (2005) 所估計之結構成長率估算至 2025 年各年 GDP 產業結構，同時亦以 2010 年為基期，依梁啟源 (2005) 所估計之 GDP 成長率估算未來各年 (至 2025 年) 之整體 GDP 總值，再進一步以估算出的產業結構及整體 GDP，估算各產業之 GDP。值得注意的是能源價格及中間投入價格係由模型內生決定。

利用主計處編製之產業關聯表內部資料⁸⁸將 29 業的產出物價轉換成 5 類消費者物價。再將此五類消費者物價代入加上取自總體經濟計量模型的民間消費總額資料之消費者模型中求出五類消費品各佔民

⁸⁸ 採用 1996 年資料，是本文寫作時可得之最可信資料；若改採最新的 2001 年 I/O 表相關主計處內部資料，雖資料較新，但該年是台灣戰後第一次出現負成長的特殊年度，其正確性學界也有質疑。

間消費總額的份額。

個別能源需求的估計，以石油產品為例係根據下式估計：

$$\frac{O}{Q} = \frac{P_e E}{P \cdot Q} \cdot \frac{P_o O}{P_e E} \cdot \frac{P}{P_o} = S_E \cdot S_o \cdot \frac{P}{P_o} \quad (6)$$

上式中 SE：能源佔總產值份額

SO：石油佔能源支出份額

P：產出價格

PO：油價

SE、SO、P 及 PO 皆為模型內生決定。

業別總產值（Q）資料則取自主計處。

本研究參考 MARKAL 對能源供需預測結果，僅修正其有關經濟成長的假設，故基本上相關結構不變，僅調整各能源供需數字的絕對值，以估算未來各產業能源使用量。

住宅部門的能源需求係根據下式求得：

$$E_H = S_E \cdot \frac{PC}{P_E} \quad (7)$$

上式中 S_E 、 P_E 及 PC 皆由模型內生決定。

各類能源使用所造成的 CO_2 排放量係根據工研院 MARKAL 估計值，煤（3.53 噸 CO_2 /公秉油當量），油（2.89 噸 CO_2 /公秉油當量），天然氣（2.09 噸 CO_2 /

公秉油當量)，電力（2000 年 2.1281 噸 CO₂ /公秉油當量；2010 年 2.0943 噸 CO₂ /公秉油當量；2020 年 2.1281 噸 CO₂ /公秉油當量）。

b. 電價變動情境之推估

接著我們計算電價變動之情境。方法是將變動後電力的價格乘上各產業總產值預測值則求出各產業的電力需求量。之後再將生產者模型求出新的各產業之產品價格代入消費者子模型中，並利用主計處編製之產業關聯表內部資料將 29 業的產出物價轉換成 5 類消費者物價，求出新的一組消費結構及各種商品消費量(含能源)。

但以上各種情境的計算尚未考慮電價變動對資本勞務價格 (PK)、工資 (PL) 以及個別產業總產出 (Q) 的『回饋效果』，根據總體經濟計量模型，消費者物價指數為利率及工資的影響因素。課徵能源稅及調整油電價格等，實際上電力價格政策會影響整體經濟的生產者物價及消費者物價，從而影響總體經濟模型中的 PK 及 PL。所以我們將新的 GDP 平減數分別代入總體經濟計量模型中的 PK 及 PL 方程式，得到另一組 PK 及 PL，並重新代入生產者模型及消費者模型，再重複一遍上述(1)至(7)的過程，一直到數字收斂(差異小於 0.1%)以得到新的產業別價格、成本結構以及各種能源需求量。

詳細的回饋管道如下：

基本值： P_K^0 、 $P_L^0 \Rightarrow P_i^0 \Rightarrow PPI^0 \Rightarrow CPI^0$

其他情境：電價 $\Rightarrow P_i^1 \Rightarrow PPI^1 \Rightarrow CPI^1 \Rightarrow$
 P_K^1 、 $P_L^1 \Rightarrow P_i^2 \Rightarrow PPI^2 \Rightarrow CPI^2 \Rightarrow P_K^2$ 、 $P_L^2 \Rightarrow$
 $P_i^3 \Rightarrow \dot{1}$

以上 P_i ， P_K ， P_L 分別代表產品價格，資本勞務價格及工資。CPI，PPI 分別代表消費者物價指數及生產者物價指數。

c. 影響評估

為評估各種對應情境對物價及 GDP 之影響，本研究將利用 DGEMT 模型估算各種對應情境下對我國物價及 GDP 的影響，以提供政府做為電力規劃的施政參考。

五、 情境分析結果

(一) 各種對應情境下之成本與二氧化碳變動情況

1. 情境 1：在核一提前於 2016 年除役，核二、三屆齡除役，核四商轉。

由於情境 1 較基準情境唯一的差別僅在於，核一提前於 2016 年除役(原定 2018 年除役)，因此會產生差異的年份僅會出現在 2016 至 2018 等三年間，從表 2-4-13 可以看出，若不考慮二氧化碳排放成本，以太陽光電來取代核能發電(情

境 1-2)最為昂貴，其次離岸風力(情境 1-1)，第三是燃氣發電(情境 1-4)，最後是燃煤發電(情境 1-3)。若以零碳排放為目標，成本較低的離岸風力發電應是較佳的選擇。然而若無法承受再生能源所帶來的高成本，且能接受某一限度的碳排放量增加，排放量較低的燃氣發電是不錯的選擇。

表 2-4-13 情境 1-1~情境 1-4 相較基準情境成本與二氧化碳變動情況

			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
情境 1-1 (以離岸風力取代)	成本增加 (百萬元)	低發電成本	0	0	0	0	0	20,966	41,454	20,490	0	0	0	0	0	0	0
		中發電成本	0	0	0	0	0	32,335	64,433	32,098	0	0	0	0	0	0	0
		高發電成本	0	0	0	0	0	48,379	91,694	43,438	0	0	0	0	0	0	0
	CO2 增加 (百萬公斤)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
情境 1-2 (以太陽光電取代)	成本增加 (百萬元)	低發電成本	0	0	0	0	0	24,424	46,769	22,383	0	0	0	0	0	0	0
		中發電成本	0	0	0	0	0	37,750	71,086	33,453	0	0	0	0	0	0	0
		高發電成本	0	0	0	0	0	64,062	123,410	59,430	0	0	0	0	0	0	0
	CO2 增加 (百萬公斤)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
情境 1-3 (以燃煤發電取代)	成本增加 (百萬元)	0	0	0	0	0	7,130	14,863	7,744	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO2 增加 (百萬公斤)	0	0	0	0	0	3,804	7,608	3,804	0	0	0	0	0	0	0	0
情境 1-4 (以燃氣發電取代)	成本增加 (百萬元)	0	0	0	0	0	17,986	37,168	19,200	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO2 增加 (百萬公斤)	0	0	0	0	0	1,772	3,544	1,772	0	0	0	0	0	0	0	0

註:情境 1~1 至情境 1~4 分別代表在核一提前於 2016 年除役，核二、三屆齡除役，核四商轉的情境下，以離岸風力、太陽光電、燃煤發電以及以然氣發電取代核能發電量減少之子情境。

2. 情境 2：在核一、核二、三屆齡除役，核四不商轉。

由於情境 2 較基準情境的差別僅在於核四是否運轉（原定 2014 年開始運轉），因此會產生差異的年份會出現在 2014 年之後。且由於本研究假設在基準情境中，核四廠的兩座反應爐分別於 2014 年與 2016 年陸續加入，因此在 2014 與 2015 年間與情境 2 與基準情境差異較小，故各情境 2 下之各子情境與基準情境成本差異較小。但 2016 年後由於離岸風力與太陽光電的發電成本逐年下降，故從表 2-4-14 可以看出，不論是離岸風力或是太陽光電發電成本增量的最高點在 2016 年，之後則呈現逐年下降的現象。反之，由於煤炭及天然氣的燃料價格將逐年成長，故燃煤及燃氣發電的成本呈現逐年上升的情況。

若在不考慮二氧化碳排放成本的情況下比較四種子情境，以太陽光電來取代核能發電(情境 2-2)最為昂貴，其次離岸風力(情境 2-1)，第三是燃氣發電(情境 2-4)，最後是燃煤發電(情境 2-3)。若以零碳排放為目標，成本較低的離岸風力發電應是較佳的選擇。然而若無法承受再生能源所帶來的高成本，且能接受某一限度的碳排放量增加，排放量較低的燃氣發電是不錯的選擇。

表 2-4-14 情境 2-1~情境 2-4 相較基準情境成本與二氧化碳變動情況

			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
情境 2-1 (以離岸風力取代)	成本增加 (百萬元)	低發電成本	0	0	0	39,111	38,494	75,963	74,948	73,943	72,947	71,962	70,986	70,019	69,062	68,114	64,423
		中發電成本	0	0	0	66,126	62,367	124,228	123,723	123,221	122,720	122,221	121,723	121,227	120,733	120,240	114,179
		高發電成本	0	0	0	109,291	101,820	192,339	181,589	171,362	161,632	152,376	143,570	135,193	127,224	119,642	136,293
	CO2 增加 (百萬公斤)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
情境 2-2 (以太陽光電取代)	成本增加 (百萬元)	低發電成本	0	0	0	71,863	68,240	130,372	124,489	118,824	113,369	108,115	104,870	101,702	98,610	95,591	92,643
		中發電成本	0	0	0	117,411	109,500	205,803	193,311	181,485	170,288	159,689	154,800	150,038	145,399	140,881	136,481
		高發電成本	0	0	0	191,892	184,282	354,741	341,399	328,522	316,093	304,096	295,402	286,934	278,688	270,658	262,837
	CO2 增加 (百萬公斤)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
情境 2-3 (以燃煤發電取代)	成本增加 (百萬元)		0	0	0	7,398	7,994	17,224	18,505	19,831	21,205	22,629	24,104	25,632	27,216	28,856	30,555
	CO2 增加 (百萬公斤)		0	0	0	8,075	8,075	16,149	16,149	16,149	16,149	16,149	16,149	16,149	16,149	16,149	16,149
情境 2-4 (以燃氣發電取代)	成本增加 (百萬元)		0	0	0	18,912	19,748	41,218	42,989	44,812	46,688	48,619	50,606	52,651	54,755	56,920	59,149
	CO2 增加 (百萬公斤)		0	0	0	3,762	3,762	7,523	7,523	7,523	7,523	7,523	7,523	7,523	7,523	7,523	7,523

註:情境 2~1 至情境 2~4 分別代表在核一，核二、三屆齡除役，核四不商轉的情境下，以離岸風力、太陽光電、燃煤發電以及以然氣發電取代核能發電量減少之子情境。

3. 情境 3：在核一、核二、三延役，核四商轉。

情境 3 與前述情境狀況完全相反，在所有核能發電全部啟動的狀況下，情境 3 的發電量將高於基準情境，故本研究反過來考慮以多出來的核電取代既存的燃煤發電，根據前述，核能發電成本低於燃煤發電，且核能發電不排放二氧化碳，因此以核電取代燃煤發電將產生發電成本下降以及二氧化碳排放量減少的情況。本研究茲將此一情境下成本與二氧化碳排放減少的情形列於表 2-4-15。從該表中發現，不論是發電成本或是二氧化碳排放量皆呈逐年減少的情況。

雖然未來我們將朝穩健減核的目標邁進，但在於國際減碳要求以及國內產業要求維持低成本的穩定供電等雙重壓力之下，如果能夠確保核安，既有核電廠延役仍有可能在特別的情況下成為一種權宜的選擇。

表 2-4-15 情境 3-1 相較基準情境成本與二氧化碳變動情況

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
情境 3-1 (以核能取 代燃煤)	成本減少 (百萬元)	0	0	0	0	0	0	0	7,744	16,136	16,807	17,501	32,331	33,655	65,070	83,066
	CO2 減少 (百萬公斤)	0	0	0	0	0	0	0	3,804	7,608	7,608	7,608	13,499	13,499	25,079	30,767

註:情境 3-1 代表在核一，核二、三延役，且核四商轉的情境下，在此一情境下核能發電量將較基礎情境為高，故此一情境之模擬邏輯乃以增加之核能發電取代燃煤發電之子情境。

4. 情境 4：在核一、核二、三延役，核四不商轉。

情境 4 是一個與基準情境完全相反的狀況，故在分析上會較為複雜，如同前述表二所示，相較基準情境而言，一開始基礎情境的核電供電量大於情境 4，且逐年拉大差距，直至 2018 年開始差距開始逐年縮小，甚至到了 2024 年開始，情境 4 的核電供電量大於基準情境，在分析此一情境時，需以 2023 年為界分開進行討論。

就 2023 年以前的情境而言(見表 2-4-16)，由於前述的供電量變化，造成各子情境的發電成本變化亦呈現類似的情況，在 2018 年以前(不含 2018 年)發電成本逐年上升，2018 年以後發電成本又呈現逐年下降。與情境 1 及情境 2 類似，若在不考慮二氧化碳排放成本的情況下比較四種子情境，以太陽光電來取代核能發電(情境 4-2)最為昂貴，其次離岸風力(情境 4-1)，第三是燃氣發電(情境 4-4)，最後是燃煤發電(情境 4-3)。若以零碳排放為目標，成本較低的離岸風力發電應是較佳的選擇。然而若無法承受再生能源所帶來的高成本，且能接受某一限度的碳排放量增加，排放量較低的燃氣發電是不錯的選擇。

就 2024 年以及 2025 年的情境而言(見表 2-4-16，由於核電供電量將比基準情境多，因此本研究將多出來的核電將取代既存的燃煤電廠，故表 2-4-16 中 2024 與 2025 年呈現發電成本與二氧化碳排放量減少的狀態，因此在表 2-4-16 中以負號表示減少的情況，由表 2-4-16 中可知，就成本而言 2024 年減少 15,969 百萬元新台幣，2025 年減

少 27,658 百萬新台幣。就二氧化碳排放量而言，2024 年減少 8,930 百萬公斤，2025 年減少 14,618 百萬公斤。

表 2-4-16 情境 4-1~情境 4-4 相較基準情境成本與二氧化碳變動情況

			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
情境 4-1 (以離岸風力取代)	成本增加 (百萬元)	低發電成本	0	0	0	39,111	38,494	75,963	74,948	56,525	38,581	38,060	37,544	11,488	11,331	-15,956	-27,658
		中發電成本	0	0	0	66,126	62,367	124,228	123,723	94,195	64,905	64,641	64,378	19,890	19,809		
		高發電成本	0	0	0	109,291	101,820	192,339	181,589	130,996	85,485	80,590	75,933	22,182	20,874		
	CO2 增加 (百萬公斤)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-8,930	-14,618
情境 4-2 (以太陽光電取代)	成本增加 (百萬元)	低發電成本	0	0	0	71,863	68,240	130,372	124,489	90,834	59,959	57,181	55,465	16,687	16,179	-15,956	-27,658
		中發電成本	0	0	0	117,411	109,500	205,803	193,311	138,735	90,064	84,458	81,872	24,617	23,856		
		高發電成本	0	0	0	191,892	184,282	354,741	341,399	251,137	167,178	160,833	156,235	47,078	45,726		
	CO2 增加 (百萬公斤)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-8,930	-14,618
情境 4-3 (以燃煤發電取代)	成本增加 (百萬元)		0	0	0	7,398	7,994	17,224	18,505	15,160	11,215	11,968	12,748	4,206	4,465	-15,956	-27,658
	CO2 增加 (百萬公斤)		0	0	0	8,075	8,075	16,149	16,149	12,345	8,541	8,541	8,541	2,650	2,650	-8,930	-14,618
情境 4-4 (以燃氣發電取代)	成本增加 (百萬元)		0	0	0	18,912	19,748	41,218	42,989	34,256	24,693	25,714	26,765	8,639	8,984	-15,956	-27,658
	CO2 增加 (百萬公斤)		0	0	0	3,762	3,762	7,523	7,523	5,751	3,979	3,979	3,979	1,234	1,234	-8,930	-14,618

註：1.以負號表示成本化二氧化碳排放減少的情況

2.情境 4~1 至情境 4~4 分別代表在核一，核二、三延役，核四不商轉的情境下，以離岸風力、太陽光電、燃煤發電以及以然氣發電取代核能發電量減少之子情境。

3.但在 2024 之後由於情境 4 的核能發電量將較基礎情境為高，因此在 2024 年以後分析邏輯則改以增加的核能發電取代燃煤發電。

(二) 各種對應情境下之電價、物價與國家生產總值(Gross Domestic Product ,GDP)之變化

此一部份的模擬方式如圖 2-4-6 所示，先模擬各對應情境之電價變化的程度，然後再利用一般動態均衡模型模擬各對應情境之物價與 GDP 變化情形。由於一般動態均衡的估計方式，已於前節中進行說明，故此處僅就電價變化幅度的設算方式進行說明。

對於電價變化幅度的設算，本研究假設增加(或降低)之成本將完全反應在價格上，因此價格漲幅應等於成本漲幅，設算電價漲幅的第一步必須設算在基礎情境下的發電總成本，一般而言國營企業採用平均成本定價法，故其電價應等於平均發電成本，但在目前的電價之下致使台電產生虧損，故目前電價應低於實際的發電成本，因此以目前平均電價 2.6 元/度來做為平均發電成本可能產生低估，政府正研擬調整電價，因此本研究假設 2012 年的平均發電成本為 2.9 元/度，之後由於進口煤炭與天然氣價格逐年上漲，以及再生能源發電的加入，將使得發電成本逐年增加，本研究假設至 2025 年，平均的發電成本將達 3.5 元/度。2012 年至 2025 年中間的各年份，本研究將以幾何平均法逐年進行換算其預期發電成本(詳見表 2-4-17)。

然而，除了對於發電成本之設算以外，還要對未來各年的供電量進行假設，此一部份我們將參考經濟部能源局(100 年)「99 年~108 年長期負載預測與電源開發規劃摘要報告」中所做的全國供電預測所提供的供電量預測數據作為計算依據

(詳見表 2-4-17)。接著，將預期發電成本乘上預期供電量將可獲得預期的基準情境發電總成本，最後將前節所模擬出的在各項對應情境下的發電成本變化情況，除以基準情境發電總成本，即可獲得電價漲幅的各年估計值(詳見表 2-4-17)。

表 2-4-17 基準情境發電總成本預測

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
成本 (元/度)	2.90	2.94	2.98	3.02	3.06	3.10	3.14	3.19	3.23	3.27	3.32	3.36	3.41	3.45	3.50
供電量成 長率(%)	-	3	3.5	3.9	4.4	3.9	3.4	2.9	2.5	2.3	2.3	2	1.9	1.9	1.9
供電量 (億度)	1,986.37	2,045.96	2,117.57	2,200.15	2,296.96	2,386.54	2,467.69	2,539.25	2,602.73	2,662.59	2,723.83	2,778.31	2,831.10	2,884.89	2,939.70
發電總成 本(億元)	5,164.56	5,433.65	5,744.51	6,096.63	6,501.47	6,899.98	7,287.68	7,659.95	8,019.93	8,380.45	8,757.18	9,124.00	9,496.87	9,884.98	10,288.95

資料來源：經濟部能源局(100年)「99年~108年長期負載預測與電源開發規劃摘要報告」，本研究整理。

1. 情境 1：在核一提前於 2016 年除役，核二、三屆齡除役，核四商轉。

由於情境 1 較基準情境唯一的差別僅在於，核一提前於 2016 年除役(原定 2018 年除役)，因此會產生差異的年份僅會出現在 2016 至 2018 等三年間，表 2-4-18 至表 2-4-21 分別代表在情境 1-1(離岸風力來取代核能發電)、情境 1-2 太陽光電來取代核能發電)、情境 1-3(燃煤發電來取代核能發電)以及情境 1-4(然氣發電來取代核能發電)。以表 2-4-18 為例，表示若以離岸風力來取代核能發電，在低發電成本的假設下，2016 年時發電成本將增加 41,933 億元新台幣，電價將上漲 2.83%，消費者物價指數 (Consumer Price Index ,CPI)將上升 0.10%，GDP 將下降 0.04%。在中發電成本的假設下，2016 年時發電成本將增加 32,335 億元新台幣，電價將上漲 4.37%，CPI 將上升 0.16%，GDP 將下降 0.06%。在高發電成本的假設下，2016 年時發電成本將增加 48,379 億元新台幣，電價將上漲 6.54%，消費者物價指數 CPI 將上升 0.24%，GDP 將下降 0.09%，其餘各表亦依此邏輯解讀。

比較表 2-4-18 至表 2-4-21 等 4 個表格，以情境 1-2，(以太陽光電取代核能發電)所增加之成本最高，故其對電價、物價以及 GDP 上升的影響最大。影響程度第二大的情境為以離岸風力取代核能發電(情境 1-1)，第三大為以燃氣發電取代核能發電(情境 1-4)，影響程度最小情境則為以燃煤發電取代核能發電(情境 1-3)。

若以年度來看，以 2017 年與基準情境的差異最大，在各種情境中又以情境 1-2(以太陽光電取代核能發電)影響最鉅，在中發電成本的假設下，相較於基準情境，成本將增加 71,086 億元(見表 2-4-19)，電價將上漲 9.16%，CPI 將上漲 0.34%，GDP 則將下跌 0.13%。

表 2-4-18 情境 1-1 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	低發電成本	0	0	0	0	0	20,966	41,454	20,490	0	0	0	0	0	0	0
	中發電成本	0	0	0	0	0	32,335	64,433	32,098	0	0	0	0	0	0	0
	高發電成本	0	0	0	0	0	48,379	91,694	43,438	0	0	0	0	0	0	0
電價變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	0	0	2.83	5.34	2.53	0	0	0	0	0	0	0
	中發電成本	0	0	0	0	0	4.37	8.31	3.97	0	0	0	0	0	0	0
	高發電成本	0	0	0	0	0	6.54	11.82	5.37	0	0	0	0	0	0	0
CPI 變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	0	0	0.10	0.20	0.09	0	0	0	0	0	0	0
	中發電成本	0	0	0	0	0	0.16	0.31	0.15	0	0	0	0	0	0	0
	高發電成本	0	0	0	0	0	0.24	0.44	0.20	0	0	0	0	0	0	0
GDP 變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	0	0	-0.04	-0.07	-0.04	0	0	0	0	0	0	0
	中發電成本	0	0	0	0	0	-0.06	-0.12	-0.06	0	0	0	0	0	0	0
	高發電成本	0	0	0	0	0	-0.09	-0.17	-0.08	0	0	0	0	0	0	0

註:1.負號代表下降

2.情境 1-1 代表在核一提前於 2016 年除役，核二、三屆齡除役，核四商轉的情境下，以離岸風力取代核能發電量減少之子情境。

表 2-4-19 情境 1-2 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	低發電成本	0	0	0	0	0	24,424	46,769	22,383	0	0	0	0	0	0	0
	中發電成本	0	0	0	0	0	37,750	71,086	33,453	0	0	0	0	0	0	0
	高發電成本	0	0	0	0	0	64,062	123,410	59,430	0	0	0	0	0	0	0
電價變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	0	0	3.30	6.03	2.77	0	0	0	0	0	0	0
	中發電成本	0	0	0	0	0	5.10	9.16	4.14	0	0	0	0	0	0	0
	高發電成本	0	0	0	0	0	8.65	15.91	7.35	0	0	0	0	0	0	0
CPI 變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	0	0	0.12	0.22	0.10	0	0	0	0	0	0	0
	中發電成本	0	0	0	0	0	0.19	0.34	0.15	0	0	0	0	0	0	0
	高發電成本	0	0	0	0	0	0.32	0.59	0.27	0	0	0	0	0	0	0
GDP 變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	0	0	-0.05	-0.08	-0.04	0	0	0	0	0	0	0
	中發電成本	0	0	0	0	0	-0.07	-0.13	-0.06	0	0	0	0	0	0	0
	高發電成本	0	0	0	0	0	-0.12	-0.22	-0.10	0	0	0	0	0	0	0

註:1.負號代表下降

2.情境 1-2 代表在核一提前於 2016 年除役，核二、三屆齡除役，核四商轉的情境下，以太陽光電取代核能發電量減少之子情境。

表 2-4-20 情境 1-3 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	0	0	0	0	0	7,130	14,863	7,744	0	0	0	0	0	0	0
電價變化幅度 (%)	0	0	0	0	0	0.96	1.92	0.96	0	0	0	0	0	0	0
CPI 變化幅度 (%)	0	0	0	0	0	0.04	0.07	0.04	0	0	0	0	0	0	0
GDP 變化幅度 (%)	0	0	0	0	0	-0.01	-0.03	-0.01	0	0	0	0	0	0	0

註:1.負號代表下降

2.情境 1-2 代表在核一提前於 2016 年除役，核二、三屆齡除役，核四商轉的情境下，以燃煤發電取代核能發電量減少之子情境。

表 2-4-21 情境 1-4 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	0	0	0	0	0	17,986	37,168	19,200	0	0	0	0	0	0	0
電價變化幅度 (%)	0	0	0	0	0	2.43	4.79	2.37	0	0	0	0	0	0	0
CPI 變化幅度 (%)	0	0	0	0	0	0.09	0.18	0.09	0	0	0	0	0	0	0
GDP 變化幅度 (%)	0	0	0	0	0	-0.03	-0.07	-0.03	0	0	0	0	0	0	0

註:1.負號代表下降

2.情境 1-2 代表在核一提前於 2016 年除役，核二、三屆齡除役，核四商轉的情境下，以燃氣發電取代核能發電量減少之子情境。

2. 情境 2：在核一、核二、三屆齡除役，核四不商轉。

由於情境 2 較基準情境的差別僅在於核四是否運轉(原定 2014 年開始運轉)，因此會產生差異的年份會出現在 2014 年之後。表 2-4-22 至表 2-4-25 分別代表在情境 2-1(離岸風力來取代核能發電)、情境 2-2 太陽光電來取代核能發電)、情境 2-3(燃煤發電來取代核能發電)以及情境 2-4(然氣發電來取代核能發電)。

比較表 2-4-22 至表 2-4-25 等 4 個表格，以情境 2-2，(以太陽光電取代核能發電)所增加之成本最高，故其對電價、物價以及 GDP 上升的影響最大。影響程度第二大的情境為以離岸風力取代核能發電(情境 2-1)，第三大為以燃氣發電取代核能發電(情境 2-4)，影響程度最小情境則為以燃煤發電取代核能發電(情境 2-3)。

若以年度來看，以 2016 年與基準情境的差異最大，在各種情境中又以情境 2-2(以太陽光電取代核能發電)影響最鉅，在中發電成本的假設下，相較於基礎情境，成本將增加 205,803 億元(見表 2-4-23)，電價將上漲 27.8%，CPI 將上漲 1.03%，GDP 則將下跌 0.39%。

表 2-4-22 情境 2-1 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	低發電 成本	0	0	0	39,111	38,494	75,963	74,948	73,943	72,947	71,962	70,986	70,019	69,062	68,114	64,423
	中發電 成本	0	0	0	66,126	62,367	124,228	123,723	123,221	122,720	122,221	121,723	121,227	120,733	120,240	114,179
	高發電 成本	0	0	0	109,291	101,820	192,339	181,589	171,362	161,632	152,376	143,570	135,193	127,224	119,642	136,293
電價變化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	5.89	5.48	10.26	9.66	9.14	8.68	8.26	7.86	7.50	7.16	6.84	6.26
	中發電 成本	0	0	0	9.95	8.87	16.78	15.95	15.23	14.60	14.03	13.47	12.98	12.52	12.07	11.10
	高發電 成本	0	0	0	16.45	14.49	25.99	23.41	21.18	19.23	17.49	15.89	14.47	13.19	12.01	13.25
CPI 變化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	0.22	0.20	0.38	0.36	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.23
	中發電 成本	0	0	0	0.37	0.33	0.62	0.59	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.45	0.41
	高發電 成本	0	0	0	0.61	0.54	0.96	0.87	0.78	0.71	0.65	0.59	0.54	0.49	0.44	0.49
GDP 變化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	-0.08	-0.08	-0.14	-0.14	-0.13	-0.12	-0.12	-0.11	-0.10	-0.10	-0.10	-0.09
	中發電 成本	0	0	0	-0.14	-0.12	-0.23	-0.22	-0.21	-0.20	-0.20	-0.19	-0.18	-0.18	-0.17	-0.16
	高發電 成本	0	0	0	-0.23	-0.20	-0.36	-0.33	-0.30	-0.27	-0.24	-0.22	-0.20	-0.18	-0.17	-0.19

註:1.負號代表下降

2.情境 2-1 代表在核一、核二、核三屆齡除役，核四不商轉的情境下，以離岸風力取代核能發電量減少之子情境。

表 2-4-23 情境 2-2 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	低發電 成本	0	0	0	71,863	68,240	130,372	124,489	118,824	113,369	108,115	104,870	101,702	98,610	95,591	92,643
	中發電 成本	0	0	0	117,411	109,500	205,803	193,311	181,485	170,288	159,689	154,800	150,038	145,399	140,881	136,481
	高發電 成本	0	0	0	191,892	184,282	354,741	341,399	328,522	316,093	304,096	295,402	286,934	278,688	270,658	262,837
電價變化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	10.82	9.71	17.61	16.05	14.69	13.49	12.41	11.61	10.89	10.22	9.60	9.00
	中發電 成本	0	0	0	17.67	15.58	27.80	24.92	22.43	20.26	18.33	17.13	16.06	15.07	14.14	13.26
	高發電 成本	0	0	0	28.89	26.22	47.93	44.01	40.61	37.61	34.90	32.70	30.72	28.89	27.17	25.55
CPI 變化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	0.40	0.36	0.65	0.59	0.54	0.50	0.46	0.43	0.40	0.38	0.36	0.33
	中發電 成本	0	0	0	0.65	0.58	1.03	0.92	0.83	0.75	0.68	0.63	0.59	0.56	0.52	0.49
	高發電 成本	0	0	0	1.07	0.97	1.77	1.63	1.50	1.39	1.29	1.21	1.14	1.07	1.01	0.95
GDP 變化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	-0.15	-0.14	-0.25	-0.22	-0.21	-0.19	-0.17	-0.16	-0.15	-0.14	-0.13	-0.13
	中發電 成本	0	0	0	-0.25	-0.22	-0.39	-0.35	-0.31	-0.28	-0.26	-0.24	-0.22	-0.21	-0.20	-0.19
	高發電 成本	0	0	0	-0.40	-0.37	-0.67	-0.62	-0.57	-0.53	-0.49	-0.46	-0.43	-0.40	-0.38	-0.36

註:1.負號代表下降

2.情境 2-2 代表在核一、核二、核三屆齡除役，核四不商轉的情境下，以太陽光電取代核能發電量減少之子情境。

表 2-4-24 情境 2-3 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	0	0	0	7,398	7,994	17,224	18,505	19,831	21,205	22,629	24,104	25,632	27,216	28,856	30,555
電價變化幅度 (%)	0	0	0	1.11	1.14	2.33	2.39	2.45	2.52	2.60	2.67	2.74	2.82	2.90	2.97
CPI 變化幅度 (%)	0	0	0	0.04	0.04	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11
GDP 變化幅度 (%)	0	0	0	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04

註:1.負號代表下降

2.情境 2-3 代表在核一、核二、核三屆齡除役，核四不商轉的情境下，以燃煤發電取代核能發電量減少之子情境。

表 2-4-25 情境 2-4 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	0	0	0	18,912	19,748	41,218	42,989	44,812	46,688	48,619	50,606	52,651	54,755	56,920	59,149
電價變化幅度 (%)	0	0	0	2.85	2.81	5.57	5.54	5.54	5.56	5.58	5.60	5.64	5.68	5.71	5.75
CPI 變化幅度 (%)	0	0	0	0.11	0.10	0.21	0.21	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
GDP 變化幅度 (%)	0	0	0	-0.04	-0.04	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08

註:1.負號代表下降

2.情境 2-4 代表在核一、核二、核三屆齡除役，核四不商轉的情境下，以燃氣發電取代核能發電量減少之子情境。

3. 情境 3：在核一、核二、三延役，核四商轉。

情境 3 與前述情境狀況完全相反，在所有核能發電全部啟動的狀況下，情境 3 的發電量將高於基準情境，故本研究反過來考慮以多出來的核電取代既存的燃煤發電，根據前述，核能發電成本低於燃煤發電，因此以核電取代燃煤發電將產生發電成本下降的情況。本研究茲將此一情境下發電總成本，電價、物價以及 GDP 的變化情形列於表 2-4-26。

由表 2-4-26 可見，自 2018 年之後由於成本減少，在不以營利為目的前提下，假設台電將降低的成本反映於電價上，預期電價將下降，此舉將帶動物價的下降以及 GDP 的上升。

表 2-4-26 情境 3-1 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	0	0	0	0	0	0	0	-7,744	-16,136	-16,807	-17,501	-32,331	-33,655	-65,070	-83,066
電價變化幅度 (%)	0	0	0	0	0	0	0	-0.96	-1.92	-1.93	-1.94	-3.46	-3.49	-6.53	-8.07
CPI 變化幅度 (%)	0	0	0	0	0	0	0	-0.04	-0.07	-0.07	-0.07	-0.13	-0.13	-0.24	-0.30
GDP 變化幅度 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.09	0.11

註:1.負號代表下降

2.情境 3-1 代表在核一，核二、三延役，且核四商轉的情境下，在此一情境下核能發電量將較基礎情境為高，故此一情境之模擬邏輯乃以增加之核能發電取代燃煤發電之子情境。

4. 情境 4：在核一、核二、三延役，核四不商轉。

表 2-4-27 至表三十分別代表在情境 4-1(離岸風力來取代核能發電)、情境 4-2 太陽光電來取代核能發電)、情境 4-3(燃煤發電來取代核能發電)以及情境 4-4(然氣發電來取代核能發電)。

情境 4 是一個與基準情境完全相反的狀況，故在分析上會較為複雜，如同前述表二所示，相較基準情境而言，一開始基礎情境的供電量大於情境 4，且逐年拉大差距，直至 2018 年開始差距開始逐年縮小，甚至到了 2024 年開始，情境 4 的供電量大於基準情境，在分析此一情境時，需以 2023 年為界分開進行討論。

就 2023 年以前的情境而言，比較表 2-4-27 至表三十等 4 個表格，以情境 4-2，(以太陽光電取代核能發電)所增加之成本最高，故其對電價、物價以及 GDP 上升的影響最大。影響程度第二大的情境為以離岸風力取代核能發電(情境 4-1)，第三大為以燃氣發電取代核能發電(情境 4-4)，影響程度最小情境則為以燃煤發電取代核能發電(情境 4-3)。

在 2012 年~2023 年期間，以 2016 年與基準情境的差異最大，在各種情境中又以情境 4-2(以太陽光電取代核能發電)影響最鉅，在中發電成本的假設下，相較於基礎情境，成本將增加 124,228 億元(見表 2-4-28)，電價將上漲 27.8%，CPI 上漲 1.03%，GDP 下降 0.39%。

就 2024 年以及 2025 年的情境而言，由於核電供應量將比基準情境多，因此本研究將多出來的核電將取代既存的燃煤電廠，故 2024 與 2025 年不論是在電價或 CPI 上，相較基準情境皆呈現減少的狀態。就電價而言，2024 年減少 1.6%，2025 年減少 2.69%。就 CPI 而言，2024 年減少 0.06%，2025 年減少 0.1%。由於電價的下降將帶動 GDP 的上升，故 2024 年將較基準情境增加 0.02%，2025 年將較基準情境增加 0.04%。

表 2-4-27 情境 4-1 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	低發電成本	0	0	0	39,111	38,494	75,963	74,948	56,525	38,581	38,060	37,544	11,488	11,331	-15,956	-27,658
	中發電成本	0	0	0	66,126	62,367	124,228	123,723	94,195	64,905	64,641	64,378	19,890	19,809		
	高發電成本	0	0	0	109,291	101,820	192,339	181,589	130,996	85,485	80,590	75,933	22,182	20,874		
電價變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	5.89	5.48	10.26	9.66	6.99	4.59	4.37	4.16	1.23	1.17	-1.60	-2.69
	中發電成本	0	0	0	9.95	8.87	16.78	15.95	11.64	7.72	7.42	7.13	2.13	2.05		
	高發電成本	0	0	0	16.45	14.49	25.99	23.41	16.19	10.17	9.25	8.40	2.37	2.16		
CPI 變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	0.22	0.20	0.38	0.36	0.26	0.17	0.16	0.15	0.05	0.04	-0.06	-0.10
	中發電成本	0	0	0	0.37	0.33	0.62	0.59	0.43	0.29	0.27	0.26	0.08	0.08		
	高發電成本	0	0	0	0.61	0.54	0.96	0.87	0.60	0.38	0.34	0.31	0.09	0.08		
GDP 變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	-0.08	-0.08	-0.14	-0.14	-0.10	-0.06	-0.06	-0.06	-0.02	-0.02	0.02	0.04
	中發電成本	0	0	0	-0.14	-0.12	-0.23	-0.22	-0.16	-0.11	-0.10	-0.10	-0.03	-0.03		
	高發電成本	0	0	0	-0.23	-0.20	-0.36	-0.33	-0.23	-0.14	-0.13	-0.12	-0.03	-0.03		

註:1.負號代表下降

2.情境 4~1 代表在核一，核二、三延役，核四不商轉的情境下，以離岸風力取代核能發電量減少之子情境。

3.但在 2024 之後由於情境 4 的核能發電量將較基礎情境為高，因此在 2024 年以後分析邏輯則改以增加的核能發電取代燃煤發電。

表 2-4-28 情境 4-2 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	低發電成本	0	0	0	71,863	68,240	130,372	124,489	90,834	59,959	57,181	55,465	16,687	16,179	-15,956	-27,658
	中發電成本	0	0	0	117,411	109,500	205,803	193,311	138,735	90,064	84,458	81,872	24,617	23,856		
	高發電成本	0	0	0	191,892	184,282	354,741	341,399	251,137	167,178	160,833	156,235	47,078	45,726		
電價變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	10.82	9.71	17.61	16.05	11.23	7.13	6.56	6.14	1.79	1.68	-1.60	-2.69
	中發電成本	0	0	0	17.67	15.58	27.80	24.92	17.15	10.72	9.69	9.06	2.64	2.47		
	高發電成本	0	0	0	28.89	26.22	47.93	44.01	31.04	19.89	18.46	17.29	5.04	4.74		
CPI 變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	0.40	0.36	0.65	0.59	0.42	0.26	0.24	0.23	0.07	0.06	-0.06	-0.10
	中發電成本	0	0	0	0.65	0.58	1.03	0.92	0.63	0.40	0.36	0.34	0.10	0.09		
	高發電成本	0	0	0	1.07	0.97	1.77	1.63	1.15	0.74	0.68	0.64	0.19	0.18		
GDP 變化幅度 (%)	低發電成本	0	0	0	-0.15	-0.14	-0.25	-0.22	-0.16	-0.10	-0.09	-0.09	-0.03	-0.02	0.02	0.04
	中發電成本	0	0	0	-0.25	-0.22	-0.39	-0.35	-0.24	-0.15	-0.14	-0.13	-0.04	-0.03		
	高發電成本	0	0	0	-0.40	-0.37	-0.67	-0.62	-0.43	-0.28	-0.26	-0.24	-0.07	-0.07		

註:1.負號代表下降

2.情境 4~2 代表在核一，核二、三延役，核四不商轉的情境下，以太陽光電取代核能發電量減少之子情境。

3.但在 2024 之後由於情境 4 的核能發電量將較基礎情境為高，因此在 2024 年以後分析邏輯則改以增加的核能發電取代燃煤發電。

表 2-4-29 情境 4-3 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化(億元)	0	0	0	7,398	7,994	17,224	18,505	15,160	11,215	11,968	12,748	4,206	4,465	-15,956	-27,658
電價變化幅度(%)	0	0	0	1.11	1.14	2.33	2.39	1.87	1.33	1.37	1.41	0.45	0.46	-1.60	-2.69
CPI 變化幅度(%)	0	0	0	0.04	0.04	0.09	0.09	0.07	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	-0.06	-0.10
GDP 變化幅度(%)	0	0	0	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.02	0.04

註:1.負號代表下降

2.情境 4~3 代表在核一，核二、三延役，核四不商轉的情境下，以燃煤發電取代核能發電量減少之子情境。

3.但在 2024 之後由於情境 4 的核能發電量將較基礎情境為高，因此在 2024 年以後分析邏輯則改以增加的核能發電取代燃煤發電。

表 2-4-30 情境 4-4 相較基準情境總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化(億元)	0	0	0	18,912	19,748	41,218	42,989	34,256	24,693	25,714	26,765	8,639	8,984	-15,956	-27,658
電價變化幅度(%)	0	0	0	2.85	2.81	5.57	5.54	4.23	2.94	2.95	2.96	0.92	0.93	-1.61	-2.69
CPI 變化幅度(%)	0	0	0	0.11	0.10	0.21	0.21	0.16	0.11	0.11	0.11	0.03	0.03	-0.06	-0.10
GDP 變化幅度(%)	0	0	0	-0.04	-0.04	-0.08	-0.08	-0.06	-0.04	-0.04	-0.04	-0.01	-0.01	0.02	0.04

註:1.負號代表下降

2.情境 4~4 代表在核一，核二、三延役，核四不商轉的情境下，以燃煤發電取代核能發電量減少之子情境。

3.但在 2024 之後由於情境 4 的核能發電量將較基礎情境為高，因此在 2024 年以後分析邏輯則改以增加的核能發電取代燃煤發電。

5. 政府「新能源政策」與民進黨「十年政綱」之比較

情境 1(核一提前除役，核二、核三屆齡除役，核四運轉)為政府於 2012 年總統大選競選期間所提出的新能源政策之主要情境，情境 2(核一、核二、核三屆齡除役，核四不運轉)則為民進黨「十年政綱」所主張的能源政策之情境，故特別在此為文討論此二情境之差異，本研究以情境 1 作為基礎情境，以情境 2 作為對應情境。並根據前述研究方法進行模擬。本研究將相較兩情境之後，所得之發電成本及二氧化碳變化將如表 2-4-32 所示，而總成本、電價、物價與 GDP 變動情況則如表 2-4-33、表 2-4-34、表 2-4-35 以及表 2-4-36 所示。

就核電供應量而言，情境 2 除了較情境 1 少了核四廠的供電之外，另外由於情境 1 的核一廠為提前除役，情境 2 的核一廠則為屆齡除役，故情境 2 在 2016 與 2017 年會較情境 1 多了核一廠的供電量，但少了核四廠的供電量，但至 2018 與 2019 兩年情境 2 之下的核一廠亦除役，故 2019 年之後(包含 2019 年)各年情境 1 與情境 2 的核電發電差異僅在於核四廠的發電量，茲將情境 1 與情境 2 的核電量供電差異列於表 2-4-31。

表 2-4-31 情境 2 相較情境 1 的核能發電量變動情況

單位:百萬度

	情境 1 v.s.情境 2
2010	0
2011	0
2012	0
2013	0
2014	-9,670.12
2015	-9,670.12
2016	-14,784.54
2017	-10,228.84
2018	-14,784.54
2019	-19,340.24
2020	-19,340.24
2021	-19,340.24
2022	-19,340.24
2023	-19,340.24
2024	-19,340.24
2025	-19,340.24

- 註：1.表中各欄數字為情境 2 之核電發電量減去情境 1 之核電發電量。
 2.本研究以容量因素 85%，每年發電 365 天*24 小時=8760 小時計算毛發電量，扣除 3.8%的廠用電後得到最終的淨發電量。
 3.負值表示該對應情境 2 將比情境 1 提供較少的電。

就成本與二氧化碳變動而言(詳見表 2-4-32)，基本上與情境 2 相對基礎情境的變化程度類似，但由於在 2017 年時情境 2 相對情境 1 的核電缺少幅度下降，因此呈現出在 2017 年成本與二氧化碳增加幅度下降的情況，但在 2018 年後又隨即上升。大致上由於核四廠的不運轉，長期而言發電總成本與二氧化碳呈現增加的狀況，其中尤以太陽光電取代核能的總成本增加幅度最高，以燃煤取代核能的二氧化碳增加幅度最大。

就電價、物價以及 GDP 的變化程度而言(詳見表

2-4-33 至表 2-4-36)，變化趨勢與總成本變化趨勢類似，長期而言電價與物價呈現增加的狀況，而 GDP 則因物價的攀升而下降。其中以太陽光電取代核能發電的變化幅度最大(見表 2-4-34)，若假設在中發電成本的假設之下，在 2019 年時總發電成本的增加幅度將最高，此時情境 2 將較情境 1 增加 122,720 百萬元的發電總成本，電價預期上漲 14.6%，CPI 上漲 0.54%，而 GDP 下跌 0.2%。

表 2-4-32 情境 2-1~情境 2-4 相較情境 1-1~情境 1-4 成本與二氧化碳變動情況

			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
情境 2-1 (以離岸風力取代)	成本增加 (百萬元)	低發電成本	0	0	0	39,111	38,494	54,997	33,494	53,453	72,947	71,962	70,986	70,019	69,062	68,114	64,423
		中發電成本	0	0	0	66,126	62,367	91,893	59,290	91,123	122,720	122,221	121,723	121,227	120,733	120,240	114,179
		高發電成本	0	0	0	109,291	101,820	143,960	89,895	127,924	161,632	152,376	143,570	135,193	127,224	119,642	136,293
	CO2 增加 (百萬公斤)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
情境 2-2 (以太陽光電取代)	成本增加 (百萬元)	低發電成本	0	0	0	71,863	68,240	105,948	77,720	96,441	113,369	108,115	104,870	101,702	98,610	95,591	92,643
		中發電成本	0	0	0	117,411	109,500	168,053	122,225	148,032	170,288	159,689	154,800	150,038	145,399	140,881	136,481
		高發電成本	0	0	0	191,892	184,282	290,679	217,989	269,092	316,093	304,096	295,402	286,934	278,688	270,658	262,837
	CO2 增加 (百萬公斤)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
情境 2-3 (以燃煤發電取代)	成本增加 (百萬元)	0	0	0	7,398	7,994	10,094	3,642	12,087	21,205	22,629	24,104	25,632	27,216	28,856	30,555	
	CO2 增加 (百萬公斤)	0	0	0	8,075	8,075	12,345	8,541	12,345	16,149	16,149	16,149	16,149	16,149	16,149	16,149	
情境 2-4 (以燃氣發電取代)	成本增加 (百萬元)	0	0	0	18,912	19,748	23,232	5,821	25,612	46,688	48,619	50,606	52,651	54,755	56,920	59,149	
	CO2 增加 (百萬公斤)	0	0	0	3,762	3,762	5,751	3,979	5,751	7,523	7,523	7,523	7,523	7,523	7,523	7,523	

表 2-4-33 情境 2-1 相較情境 1 總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本 變化 (億元)	低發電 成本	0	0	0	39,111	38,494	54,997	33,494	53,453	72,947	71,962	70,986	70,019	69,062	68,114	64,423
	中發電 成本	0	0	0	66,126	62,367	91,893	59,290	91,123	122,720	122,221	121,723	121,227	120,733	120,240	114,179
	高發電 成本	0	0	0	109,291	101,820	143,960	89,895	127,924	161,632	152,376	143,570	135,193	127,224	119,642	136,293
電價變 化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	5.89	5.48	7.43	4.32	6.61	8.68	8.26	7.86	7.5	7.16	6.84	6.26
	中發電 成本	0	0	0	9.95	8.87	12.41	7.64	11.26	14.6	14.03	13.47	12.98	12.52	12.07	11.1
	高發電 成本	0	0	0	16.45	14.49	19.45	11.59	15.81	19.23	17.49	15.89	14.47	13.19	12.01	13.25
CPI 變 化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	0.22	0.2	0.28	0.16	0.25	0.32	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.23
	中發電 成本	0	0	0	0.37	0.33	0.46	0.28	0.41	0.54	0.52	0.5	0.48	0.46	0.45	0.41
	高發電 成本	0	0	0	0.61	0.54	0.72	0.43	0.58	0.71	0.65	0.59	0.54	0.49	0.44	0.49
GDP 變 化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	-0.08	-0.08	-0.1	-0.07	-0.09	-0.12	-0.12	-0.11	-0.1	-0.1	-0.1	-0.09
	中發電 成本	0	0	0	-0.14	-0.12	-0.17	-0.1	-0.15	-0.2	-0.2	-0.19	-0.18	-0.18	-0.17	-0.16
	高發電 成本	0	0	0	-0.23	-0.2	-0.27	-0.16	-0.22	-0.27	-0.24	-0.22	-0.2	-0.18	-0.17	-0.19

註:1.負號代表下降

2.情境 2-1 代表在核一、核二、核三屆齡除役，核四不商轉的情境下，以離岸風力取代核能發電量減少之子情境。

表 2-4-34 情境 2-2 相較情境 1 總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本 變化 (億元)	低發電 成本	0	0	0	71,863	68,240	105,948	77,720	96,441	113,369	108,115	104,870	101,702	98,610	95,591	92,643
	中發電 成本	0	0	0	117,411	109,500	168,053	122,225	148,032	170,288	159,689	154,800	150,038	145,399	140,881	136,481
	高發電 成本	0	0	0	191,892	184,282	290,679	217,989	269,092	316,093	304,096	295,402	286,934	278,688	270,658	262,837
電價變 化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	10.82	9.71	14.31	10.02	11.92	13.49	12.41	11.61	10.89	10.22	9.6	9
	中發電 成本	0	0	0	17.67	15.58	22.7	15.76	18.29	20.26	18.33	17.13	16.06	15.07	14.14	13.26
	高發電 成本	0	0	0	28.89	26.22	39.28	28.1	33.26	37.61	34.9	32.7	30.72	28.89	27.17	25.55
CPI 變 化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	0.4	0.36	0.53	0.37	0.44	0.5	0.46	0.43	0.4	0.38	0.36	0.33
	中發電 成本	0	0	0	0.65	0.58	0.84	0.58	0.68	0.75	0.68	0.63	0.59	0.56	0.52	0.49
	高發電 成本	0	0	0	1.07	0.97	1.45	1.04	1.23	1.39	1.29	1.21	1.14	1.07	1.01	0.95
GDP 變 化幅度 (%)	低發電 成本	0	0	0	-0.15	-0.14	-0.2	-0.14	-0.17	-0.19	-0.17	-0.16	-0.15	-0.14	-0.13	-0.13
	中發電 成本	0	0	0	-0.25	-0.22	-0.32	-0.22	-0.25	-0.28	-0.26	-0.24	-0.22	-0.21	-0.2	-0.19
	高發電 成本	0	0	0	-0.4	-0.37	-0.55	-0.4	-0.47	-0.53	-0.49	-0.46	-0.43	-0.4	-0.38	-0.36

註:1.負號代表下降

2.情境 2-2 代表在核一、核二、核三屆齡除役，核四不商轉的情境下，以太陽光電取代核能發電量減少之子情境。

表 2-4-35 情境 2-3 相較情境 1 總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	0	0	0	7,398	7,994	10,094	3,642	12,087	21,205	22,629	24,104	25,632	27,216	28,856	30,555
電價變化幅度 (%)	0	0	0	1.11	1.14	1.37	0.47	1.49	2.52	2.6	2.67	2.74	2.82	2.9	2.97
CPI 變化幅度 (%)	0	0	0	0.04	0.04	0.05	0.02	0.05	0.09	0.1	0.1	0.1	0.1	0.11	0.11
GDP 變化幅 度(%)	0	0	0	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.02	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04

註:1.負號代表下降

2.情境 2-3 代表在核一、核二、核三屆齡除役，核四不商轉的情境下，以燃煤發電取代核能發電量減少之子情境。

表 2-4-36 情境 2-4 相較情境 1 總成本、電價、物價與 GDP 變動情況

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
總成本變化 (億元)	0	0	0	18,912	19,748	23,232	5,821	25,612	46,688	48,619	50,606	52,651	54,755	56,920	59,149
電價變化幅度 (%)	0	0	0	2.85	2.81	3.14	0.75	3.17	5.56	5.58	5.6	5.64	5.68	5.71	5.75
CPI 變化幅度 (%)	0	0	0	0.11	0.1	0.12	0.03	0.11	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
GDP 變化幅 度(%)	0	0	0	-0.04	-0.04	-0.05	-0.01	-0.05	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08

註:1.負號代表下降

2.情境 2-3 代表在核一、核二、核三屆齡除役，核四不商轉的情境下，以燃煤發電取代核能發電量減少之子情境。

參、結論與建議

綜合前述，本研究歸納出下列五個結論。

首先，本研究發現核四是否運轉扮演著相當重要的角色，相較情境 1(核一提前於 2016 年除役，核二、三屆齡除役，核四商轉)與情境 2(核一、核二、三屆齡除役，核四不商轉)可發現，核一提前除役，影響的僅有 3 年的供電量。若核四無法商轉，將影響 2014 年以後的供電情況。

其次，從情境 1-1 至情境 1-4、情境 2-1 至情境 2-4 以及情境 4-1 至情境 4-4 等 12 種情境⁸⁹可以歸納出一個結論，若考慮以其他發電方式取代核能，在不考慮再生能源不穩定供電等特性可能帶來的成本及二氧化碳排放成本的情況下比較四種子情境，仍然以再生能源中的太陽光電來取代核能發電最為昂貴，其次是離岸風力，第三是燃氣發電，最後是燃煤發電。若以零碳排放為目標，成本較低的離岸風力發電應是較佳的選擇。然而若無法承受再生能源所帶來的高成本，且能接受某一限度的碳排放量增加，排放量較低的燃氣發電是不錯的選擇。

第三，2011 年 11 月的新能源政策，乃以核四商轉而既有核電廠如期除役為基準，也有考慮將核一電廠提前至 2016 年除役，而此項考慮與核一電廠不提前除役的基準情境比較，對電價、CO₂ 排放、物價及 GDP 影響相對有限。但如果核四不商轉，不管既有核電廠有否延役，都會明顯衝擊電價、CO₂ 排放、物價及 GDP。

⁸⁹ 有關各項情境之說明請參閱圖 2-4-1:「情境架構圖」。

第四，在核四商轉的情況下，如果既有核電廠延役而減少燃煤發電使用，則對電價、物價及 GDP 影響不高，但對於 CO₂ 的減量有相當大的助益。未來核四若不商轉，確實對電價、CO₂ 排放和物價的上漲以及 GDP 的下跌有明顯影響。

第五，民進黨在「十年政綱」中提出核四完工不運轉、現有核電廠如期除役的政見，在和政府於 2011 年 11 月提出的新能源政策相比，帶來顯著的電價、CO₂ 排放和物價上漲以及 GDP 下跌的影響。

由於對整體經濟、物價、電價與 CO₂ 排放的影響，本研究建議政府應在確保核安的前提下能讓核四完工運轉，以避免對我國帶來過大的影響。

本研究的研究限制，在於核電廠加強核安的成本乃基於假設，以及未有可參考數據以分析再生能源發電成本之外的其它成本，例如再生能源設置障礙的克服成本及電力供應不穩定成本，因此未來有必要強化相關研究，以提供更明確的政策評估結果。

肆、參考文獻

1. 人民網(2011年9月16日),「石定寰:福島核事故將減緩中國核電發展速度」, <http://finance.people.com.cn/BIG5/15674692.html>。
2. 工商時報(2011年6月14日),「日電費將漲18%」。
3. 工商時報(2011年9月21日),「有條件下核一提前除役」。
4. 中央廣播電台(2011年9月28日),「瑞士國會批准逐步全面淘汰核電廠」, http://news.rti.org.tw/index_newsContent.aspx?nid=320231。
5. 中央社(2011年9月29日),「三座核電不延役 非核無時間表」。
6. 中央社(2011年9月29日),「綠能產值104年1.1兆元」。
7. 中央社(2011年9月20日),「李明博訪美 出席聯合國大會」, http://www.taiwannews.com.tw/etn/news_content.php?id=1711953。
8. 中時電子報(2011年11月4日),「馬:2016年核四商轉」。
9. 中時電子報(2011年11月4日),「核四若2016前商轉 核一提前停轉」。
10. 中國時報(2011年7月11日),「專訪韓國知識經濟部長 崔重卿:核能是台韓必要的選擇」。
11. 中國時報(2011年9月6日),「救經濟 喊減核的野田重啟核電」, <http://money.chinatimes.com/news/news-content.aspx?id=20110906000403&cid=1207>。
12. 中國時報(2011年11月3日),「小英:政黨輪替才有非核家園」。
13. 中華民國核能學會(2011),「台灣核能電廠概況」, <http://www.chns.org/s.php?id=48>。
14. 立法院圖書館,「外國法案介紹」, <http://npl.ly.gov.tw/do/www/billIntroductionContent?id=25>。
15. 行政院節能減碳推動會(2010),《國家節能減碳總計畫》,行政院節能減碳推動會。
16. 行政院經濟建設委員會(2011年10月6日),《黃金十年 國家願景五:永續環境》, <http://www.cepd.gov.tw/m1.aspx?sNo=0015942>。
17. 行政院新聞局(2011年9月29日),「行政院會通過『核子損害賠償法部分條文修正草案』」, <http://info.gio.gov.tw/ct.asp?xItem=98376&ctNode=3852&mp=1>。
18. 世界新聞網(2011年8月20日),「阿州未完工核電廠 獲准續建」, <http://www.chilicity.com/cgi-bin/bigate.cgi/b/x/g/http@www.chilicity.com/publishhtml/15/2011-08-20/20110820082341.html>。
19. 自由時報(2011年9月20日),「西門子退出核電事業」,

- <http://www.libertytimes.com.tw/2011/new/sep/20/today-int1.htm>。
20. 吳中書，郭博堯(2011)，*因應氣候變遷能源安全政策議題及部門二氧化碳減量策略研究*，經濟部能源局 100 年度委辦計畫，台北市：中華經濟研究院。
 21. 吳再益(2011 年 11 月 4 日)，「盼各界攜手『穩健減核』」，聯合報。
 22. 朱鐵吉(2011)，「中國大陸近期核能開發動向」，*核能簡訊*，131：13-20。
 23. 崔慈悌(2011 年 9 月 21 日)，「有條件下 核一提前除役」，工商時報。
 24. 顏瑞田(2011 年 6 月 5 日)，「吳敦義：新能源政策很快出爐」，工商時報。
 25. 李崇濱(2010)，「台灣電力公司火力發電廠節能減碳策略簡介」，台灣電力公司，
<http://www.kunitech.com.tw/download/Clean/9901.pdf>。
 26. 郭穗，蘇東季(2011 年 8 月 14 日)，「馬拍板 新能源政策 核電除役 電價勢必漲」，自立晚報。
 27. 星島日報(2011 年 4 月 19 日)，「福島核災猶在 俄續打造海上核電廠」，
<http://www.takungpao.com/news/world/2011-04-19/732278.html>。
 28. 核能簡訊編輯室(2011)，「各國政府的核能政策反應」，*核能簡訊*，130：34-37，新竹市：財團法人核能資訊中心。
 29. 核能簡訊編輯室(2011)，「瑞士內閣，逐步廢核」，*核能簡訊*，131：23。
 30. 核能簡訊編輯室(2011)，「公投過關，義大利向核能說不」，*核能簡訊*，131：24-25。
 31. 梁啟源(2011 年 6 月 10 日)，「德國的非核宣示，我們可以跟隨嗎？」
中國時報：A24。
 32. 經濟日報(2011 年 7 月 11 日)，「日本將啟動核電廠壓力測試」。
 33. 經濟日報(2011 年 7 月 12 日)，「德國恐大斷電 企業皮皮剝」。
 34. 經濟日報(2011 年 7 月 18 日)，「日電力吃緊 電力二哥還要再關二廠」。
 35. 經濟日報(2011 年 9 月 4 日)，「野田佳彥 重申增稅減債」。
 36. 經濟日報社論(2011 年 11 月 4 日)，「評『新』能源政策」。
 37. 經濟部能源局(2011 年 11 年 3 日)，*穩健減核 逐步邁向非核家園*，台北市：經濟部。
 38. 經濟部(2009)，*永續能源政策綱領*，台北市：經濟部，
<http://www.moeaboe.gov.tw/Policy/ReduceCO2/default.html>。
 39. 經濟部能源局(2010)，*能源統計年報*，台北市：經濟部能源局。

40. 經濟部能源局(2010)，*九十九年年報*，
<http://www.moeaboe.gov.tw/Policy/PoMain.aspx?PageId=polist>。
41. 經濟部能源局(100年)，*99年~108年長期負載預測與電源開發規劃摘要報告*。
42. 新頭殼(2011年6月6日)，「法國民意轉變 近八成要廢核」，
http://newtalk.tw/news_read.php?oid=14952。
43. 電力知識庫(2011)，「美國電力政策」，
<http://140.129.36.47/power/?q=node/176>。
44. 蔡英文(2011)，*十年政綱*，蔡英文競選總統辦公室。
45. 蔡英文(2011)，*2025非核家園計畫*，蔡英文競選總統辦公室。
46. 聯合報(2011年6月9日)，「捷克總統：德國廢核 絕對荒謬」。
47. 聯合報(2011年7月6日)，「英核能大復興 砸2.3兆建8新廠」。
48. 聯合報(2011年10月8日)，「波蘭以鄰為壑 德國反核破功」。
49. 聯合報(2011年11月14日)，「經部：減核後 以天然氣穩定供電」。
50. 聯合報(2011年11月4日)，「王金平：用電不足 再討論就太慢」。
51. 聯合報(2011年11月4日)，「環團：抑制用電政策 藍綠逃避」。
52. 聯合晚報(2011年8月24日)，「美東百年最大地震 白宮疏散 核廠停機」。
53. 聯合晚報(2011年9月13日)，「美國評估核廠耐震程度」。
54. 聯合晚報(2011年10月6日)，「馬推『永續環境』願景 鼓勵綠能開發」。
55. 聯合晚報(2011年11月3日)，「核電廠除役 新問題來了」。
56. 聯合晚報(2011年11月3日)，「原能會：核四安全才能商轉」。
57. 聯合晚報(2011年11月3日)，「核電廠減核 台灣電力夠用嗎？」
58. 聯合晚報(2011年11月3日)，「吳揆：綠能 馬3年半勝扁8年」。
59. Bloomberg (May 30, 2011), *France criticizes German retreat from nuclear power in wake of Fukushima*.
60. Committee on Climate Change(2011), *The Renewable Energy Review*, London, UK.
61. DECC(2011), *Review of the generation costs and deployment potential of renewable electricity*, London, UK
62. DIGITIMES 電子報(2011年5月13日)，「義大利 2011年6月新太陽能法後續」，
<http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnlID=10&Cat=&Cat1=&id=232676>。
63. DIGITIMES 電子報(2011年8月30日)，「日火力電廠事故連連，電力公司如履薄冰」。
http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnlID=9&Cat=150&Cat1=&id=0000248368_N9M4SP7P51LTAA977L3V8&query=

- %A4%E9%A4%F5%A4O%B9q%BCt
64. DIGITIMES 中文網(2011年9月2日),「德國貿然去核恐陷電荒」。
 65. International Energy Agency (2008), «Korea goes to «Green Growth»
http://www.iea.org/papers/roundtable_slit/korea_oct08.pdf.
 66. International Energy Agency (2009), *Key World Energy Statistics*. France: OECD/IEA.
 67. International Energy Agency (2011), *Key World Energy Statistics*. France: OECD/IEA.
 68. International Energy Agency (2010), *CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 2010 edition*. France: OECD/IEA.
 69. Japan Atomic Energy Agency (2008), «Nuclear Energy Vision 2100: Toward a Low-Carbon Society»,
<http://www.jaea.go.jp/english/news/p081106/index.shtml>.
 70. Stefan Nowak, Paolo Frankl and Cedric Philibert (2011), *IEA PVPS: Global PV markets and policies*
 71. Technology Review (June 3, 2011). «What will a nuclear-free Germany cost?» US: The MIT Press.
 72. The Christian Science Monitor (June 21, 2011), «Beginning of the end for nuclear power in Japan?»
<http://www.csmonitor.com/World/Asia-Pacific/2011/0620/Beginning-of-the-end-for-nuclear-power-in-Japan>
 73. United Press International (October 5, 2011), «Japan takes steps to revise energy plan»,
http://www.upi.com/Business_News/Energy-Resources/2011/10/05/Japan-takes-steps-to-revise-energy-plan/UPI-61081317835370/.
 74. World Nuclear News (2011). «Nuclear Power in France», UK: World Nuclear Association.
<http://www.world-nuclear.org/info/inf40.html>, accessed on September 29, 2011).
 75. World Nuclear News (2011). «Nuclear Power in the USA», UK: World Nuclear Association.
<http://www.world-nuclear.org/info/inf41.html>, accessed on September 29, 2011).
 76. World Nuclear News (2011). «Nuclear Power in Germany», UK: World Nuclear Association.
<http://www.world-nuclear.org/info/inf43.html>, accessed on September 29, 2011).
 77. World Nuclear News (2011). «Nuclear Power in Russia», UK: World Nuclear Association.
<http://www.world-nuclear.org/info/inf45.html>, accessed on September 29, 2011).

78. World Nuclear News (2011). "Nuclear Power in China," UK: World Nuclear Association. (<http://www.world-nuclear.org/info/inf63.html>, accessed on September 29, 2011).
79. World Nuclear News (2011). "Nuclear Power in Japan," UK: World Nuclear Association. (<http://www.world-nuclear.org/info/inf79.html>, accessed on September 29, 2011).
80. World Nuclear News (2011). "Nuclear Power in South Korea," UK: World Nuclear Association. (<http://www.world-nuclear.org/info/inf81.html>, accessed on September 29, 2011).
81. World Nuclear News (2011). "Nuclear Power in the United Kingdom," UK: World Nuclear Association. (<http://www.world-nuclear.org/info/inf84.html>, accessed on September 29, 2011).
82. World Nuclear News (2011). "Nuclear Power in Switzerland," UK: World Nuclear Association. (<http://www.world-nuclear.org/info/inf86.html>, accessed on September 29, 2011).
83. World Nuclear News (2011). "Nuclear Power in Italy," UK: World Nuclear Association. (<http://www.world-nuclear.org/info/inf101.html>, accessed on September 29, 2011).