國立政治大學國際事務學院

國家安全與大陸研究碩士在職專班碩士論文

指導教授：李世暉博士

當代臺灣與日本能源政策的比較研究：經濟安全的觀點

研究生：陳德勛

中華民國一０八年七月

DOI:10.6814/NCCU201900917

摘要

由於我國與日本能源供給均高度仰賴進口化石能源，且能源供給及產業結構十分相似，比較臺日兩國的能源狀況及政策，有助於明確臺灣在政策制定上的方向，日本 311 核災前，在 2010 年的電力結構為核能占 30%、火力占 62%(包含石油 8.6%、天然氣 28.5%、煤炭 24.6%)、大型水力與再生能源占 8.5%(其中再生能源占比約 1%)。由於核能與其它能源相比，有自主性高、成本低、CO2 排放量低等優點，故日本在核災之前，將核電視為自主能源，並於 2010 年制定計畫，預計將未來的核電比率擴大到 45%，成為電力組成中的主力。

而核災發生後依據 2014 年能源基本計畫成立的長期能源供給預測小委員會，於 2015 年 7 月發布長期能源供需預測，研擬 2030 年度的日本能源組合。日本目標在 2030 年度達到 24.3%的能源自給率，碳排放量降為 2013 年的 78.1%。其中，能源自給率來自再生能源（13~14%）與核能（10~11%）。化石能源方面，預計天然氣占 18%、煤炭占 25%、LPG 占 3%，石油占 30%。最後電力組成方面，核能與再生能源各占 20%左右，預計再生能源發電量介於 2,366~2,515 億千瓦小時，以水力（占 8.8~9.2%）、太陽光（占 7%）、風力（占 1.7%）、生質能（占 3.7~4.6%）及地熱（占 1.0~1.1%）。

本文期望透過分析臺日兩國的能源使用情況及政策方針的歷史沿革，分析兩國在能源政策上的異同，找到臺灣能源發展未來的方向。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU201900917

目錄

第一章、緒論 3
第一節、研究背景與研究目的 3
第二節、研究途徑與研究方法 6
第三節、研究範圍與研究限制 7
第四節、文獻檢閱 7
第二章、從經濟安全的角度檢視能源安全 13
第一節、經濟安全 13
第二節、能源安全的觀察面向 17
第三節、經濟安全與能源政策 23
第四節、小結 27
第三章、臺灣能源政策與日本能源政策 29
第一節、國際能源政策 29
第二節、臺日能源比較性 34
第三節、臺灣能源政策 36
第四節、日本能源政策 41
第五節、小結 51
第四章、經濟安全下臺日能源政策比較 54
第一節、311 東北大地震的影響 54
第二節、臺灣與日本能源安全 61
第三節、小節 77
第五章、結論 82
第一節、研究發現 82
第二節、後續建議 84
參考文獻 88

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU201900917

第一章、 緒論

第一節、研究背景與研究目的

一、研究背景

近年來工業化與科技發展不斷進步的情況下，各國能源消耗逐漸上升，能源安全問題不斷被重視與放大，能源安全可以包含兩個層面，一個是能源的供給的穩定，另一個就是能源使用的安全。

臺灣本地能源相當匱乏，能源高度依賴國外進口，而日本在本國天然化石燃料資源蘊藏量與我們處於相似地位，日本在石油與天然氣的儲量，依據油氣期刊（Oil & Gas Journal，2017）統計，日本已證實的原油蘊藏量為 4,400 萬桶，天然氣則約有 209 BCM(BCM=10 億立方公尺)之蘊藏量 (経済産業省，2017)。

煤炭方面，據 BP(British Petroleum，世界最大的石油公司之一)統計 2018 年日本煤炭儲藏量約為 3.5 億噸，生產量為 0.8BCM 噸，年增 3.9%。日本 2018 年每日消耗 3988 千桶油，較 2017 年減少 1.1%，占全球消費量 4.1%；天然氣年消費量為 100.7BCM，年增 0.8%，占全球消費量 3.2%；煤炭年消費 120.5BCM，年增 1.7%，占全球消費量 3.2%，國內化石燃料產量遠不足國內年消費量，進口依存度幾近百分之百，在國際能源價量波動程度劇烈，以及國內能源需求持續成長等情勢下，更需要有健全的能源安全戰略及規劃。

基於上述理由，能源使用安全在環保意識抬頭的情況下，漸漸朝向綠能方向發展，對臺灣而言，發生在 2011 年日本的福島核災對社會帶來的衝擊是臺灣綠能產業發展一個重要的轉捩點。與日本比較之下，同樣身處板塊交界帶的臺灣，一樣颱風、地震年年都來，天災間接引起核災害的發生機率相對高出其他國家許多，日本 2011 年 3 月 11 日大地震引發海嘯破壞核電廠的冷卻系統，加上經由地震破壞的各項電力設備，導致福島核災的發生，從此在東亞各國掀起一場不小的

DOI:10.6814/NCCU201900917

反核旋風，當時全台能源結構核能發電占全台售電量的比例是 19.02%僅小於燃氣與燃煤的發電量 (臺灣電力公司，2018)，要在短時間內讓核電廠除役、停機幾乎是不可能的，我國首次將綠能設施放入農業設施的種類之一是在 2013 年 10 月 9 日的「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」修正案中，當時政府積極推動綠能產業發展，開始推動農地種電、廠房屋頂種電、民宅屋頂種電、離岸風電等積極作為，並誓言要在 2025 年達到非核家園的目標(中華民國經濟部，2017)，在擴大推廣再生能源方面，規劃於 2025 年再生能源發電占比達 20%，其中 2025 年之各類推廣目標裝置容量分別為太陽光電 20GW、陸域 風力 1,200MW、離岸風力 3,000MW、地熱能 200MW、生質能 813MW、水力 2,150MW 及燃料電池 60MW，總共 27,423MW(中華民國經濟部，2016)。比較現階段的電力結構可以發現，這些改變當中以太陽能光電最為吃重，從 2013 年的 0.3GW (臺灣電力公司，2018)，在 15 年內要成長 66 倍變為 20GW，政府要兌現支票實有難度。

二、研究目的

(一)認識能源安全與國際能源關係現狀

能源是經濟的命脈，是發展國民經濟和提高人民生活水平的重要保障，世界上沒有哪個國家能在能源供應不足的情況下維持經濟穩定的上升，能源安全是穩定國家的基石，從國家安全的角度來看，能源、資源的穩定供應和運輸安全始終是一個國家，特別是依賴進口的國家關注的問題，而能源為一種特殊的戰略物品，已經成為各國爭奪的目標。占世界人口 15%的發達國家，正消耗著全球 59%的能源，在複雜多變的國際情勢下，能源供應受地緣政治影響越來越大。在國際上，大國用武力控制世界優質能源和主要通道，或買通能夠進口能源的渠道及通道，如何穩定、安全的進口能源將是各國嚴峻的挑戰。

(二)檢視臺灣能源政策發展歷程

DOI:10.6814/NCCU201900917

能源的供應與民眾日常生活作息息息相關，最基本的能源政策就是需要保障能源供應的穩定性，依經濟部能源局統計，臺灣能源進口依存度為 97.69% (中華民國經濟部，2018)，臺灣一次性能源消費量根據 BP2018 年的統計數據，年消耗 115.1BCM，年增 1.3%，若不能掌握穩定供應、來源分散及結構多元等原則，將大大影響民生經濟發展，而對於國家安全而言，能源供應結構及來源若不能擴大，在戰時沒有更多元化的能源供應，將嚴重影響軍隊通信、運輸、補給等相關能力，降低作戰效率。

(三)分析比較臺灣日本能源政策的差異性及原因

由於我國與日本能源供給均高度仰賴進口化石能源，且能源供給及產業結構十分相似，比較臺日兩國的能源狀況及政策，有助於明確臺灣在政策制定上的方向，日本 311 核災前，在 2010 年的電力結構為核能占 30%、火力占 62%(包含石油 8.6%、天然氣 28.5%、煤炭 24.6%)、大型水力與再生能源占 8.5%(其中再生能源占比約 1%)。由於核能與其它能源相比，有自主性高、成本低、CO2 排放量低等優點，故日本在核災之前，將核電視為自主能源，並於 2010 年制定計畫，預計將未來的核電比率擴大到 45%，成為電力組成中的主力。

而核災發生後依據 2014 年能源基本計畫成立的長期能源供給預測小委員會，於 2015 年 7 月發布長期能源供需預測，研擬 2030 年度的日本能源組合。日本目標在 2030 年度達到 24.3%的能源自給率，碳排放量降為 2013 年的 78.1%。其中，能源自給率來自再生能源（13~14%）與核能（10~11%）。化石能源方面，預計天然氣占 18%、煤炭占 25%、LPG 占 3%，石油占 30%。最後電力組成方面，核能與再生能源各占 20%左右，預計再生能源發電量介於 2,366~2,515 億千瓦小時，以水力（占 8.8~9.2%）、太陽光（占 7%）、風力（占 1.7%）、生質能（占 3.7~4.6%）及地熱（占 1.0~1.1%）。

本文期望透過分析臺日兩國的能源使用情況及政策方針的歷史沿革，分析兩

DOI:10.6814/NCCU201900917

國在能源政策上的異同，找到臺灣能源發展未來的方向。

第二節、研究途徑與研究方法

一、研究途徑

所謂研究，是指利用有計畫與有系統的資料收集、分析和解釋的方法，獲得解決問題的過程。「歷史研究途徑」(Historical Approach)係指通過時間延續而成的變化過程，從事務本身產生及發展的具體過程中，研究與揭示發展規律的一種方法，其目的在描述歷史事實，以某種特定時空所發生的歷史事實其前因後果，或從各別歷史事實的因果關係之中重建過往的一種工作，同時也可以此歷史事件及其過程提出另一種解釋方法。由臺日兩國在 311 福島核災前後對能源政策的發展方向，及如何維護能源安全的比較均在本文研究範圍之中。

二、研究方法

(一)次級資料分析法

根據一定的研究目的或課題，通過調查文獻來獲得資料，從而全面地、正確地了解掌握所要研究問題的一種方法。文獻研究法被廣泛用於各種學科研究中。主要在能了解有關我國及日本能源政策的演進與歷史，幫助確定研究課題。第二，能得到現實資料的比較資料。第三，有助於了解事物的全貌。文獻資料來源可分為兩大類：一是正式的官方文件，如政府機關文件等，二是發表於學術期刊或媒體的文章或論述。

(二)歷史研究法

「歷史研究法」係指應用科學方法探尋歷史之記載資料，檢驗歷史紀錄尋求歷史上社會事實真相，以組成一般原理之方法，在實作上包括史料之蒐集、檢驗、分析及突釋等四個主要步驟，其特點為：有某些限度內，此種研究方法有助於我們瞭解過程、重建過去、解釋現在及預測未來。 本文部份採用歷史分析法，來

DOI:10.6814/NCCU201900917

瞭解臺日兩國能源結構變化及演進過程，分析兩國在考慮能源安全議題上的出發點及影響，並找出適當政策方向，建立完整的能源安全保護網。

第三節、研究範圍與研究限制

一、研究範圍

本論文的研究主題在於探討臺灣與日本能源安全的比較與分析，在政策及實際能源結構需求上進行討論，能源結構從火力發電(石油、天然氣)、水力發電、核能發電、太陽能發電、風力發電等電力來源進行歷年來比較，又因能源產業及能源科技日新月異，研究早期資料對於分析未來能源政策方向較無幫助，為免研究議題失焦，擬將本論文的研究範圍設定在「當代」，也就是西元 2000 年以後的能源使用狀況。

二、研究限制

資料來源限制：本文主要在比較我國與日本在西元 2000 年後的能源政策，及能源發展趨勢，在初步資料查詢的過程中發現我國的電力資料十分透明，容易透過網路查詢獲得，但日本的電力數據因語言限制，在查詢電力過程中就出現許多障礙，更遑論在尋找政策相關沿革的資料，故須在舊有的資料上綜整及建立新的延伸著實成為本文最難克服的問題。

第四節、文獻檢閱

有關本論文相關的文獻，將其區分成「能源安全」、「臺灣的能源政策及能源使用歷史」及「日本能源政策及能源使用歷史」研究文獻等三個部分來做探討，下面為相關文獻回顧內容。

一、經濟安全相關文獻：

在「能源安全分析架構研究：以臺灣能源安全為例」(王善弘，2012)文章中，

DOI:10.6814/NCCU201900917

從世界能源結構與能源安全架構出發，逐漸聚焦到能源安全影響經濟民生，透過「紮根理論研究法」對於臺灣主要使用的各種能源對於基礎供需面、經濟面、政治社會面、環境面、技術面等因素的交互影響進行分析解讀，資料精細縝密，惟臺灣主要能源結構包含：再生能源、火力發電、核能發電，文章僅提及三種臺灣普遍使用於火力發電的初級能源：石油、煤、天然氣，造成文章並未全面檢討臺灣能源結構，完整性略顯不足。

隨著 1970 年代國際石油危機的發生，日本的國家安全視野逐漸拉高，將經濟安全提升到與軍事安全同等高度，而從「日本國家安全的經濟視角：經濟安全保障的觀點」(李世暉，2016)書中，可探尋到日本自明治維新以前對經濟安全的看法，到近代日本在國際社會間的活動，包含對其他國家提出 ODA 政策、加入 TPP 及與多國的 FTA，多項跨國經濟合作，進而使日本國內經濟安全的維持更加多元化。本書從日本為中心的角度檢視日本各個時期維護經濟安全的政策與作法，臺日兩國雖然差異甚鉅，但兩國有許多共同面對的問題，同樣面臨天然資源缺乏的困境、有許多天然災害、經濟主要依賴對外出口貿易，因此日本做為相對臺灣而言經濟非傳統安全思維的先驅者，其經濟安全思維必有許多值得臺灣政策發展參考之處。

二、臺灣的能源政策相關文獻：

在「我國、日本與美國能源政策及其成效比較之研究」(許志義，1995)解釋了能源政策的基本原則與能源的特性，進而延伸到我國、日本及美國的能源概況及演變，從文中論述可知，在當時(民國八十四年)我國、日本及美國的發電結構變化趨勢頗為類似，以火力發電為主要電力來源，並且逐步用核能發電來取代水力發電的比重。書中譯論述各國的各項能源政策，從核能、石油、天然氣到再生能源，以官方的角度，客觀的論述政府的能源政策。

「沒人敢說的事實 核能、經濟、暖化、脫序的能源政策」(陳立誠，2013)

DOI:10.6814/NCCU201900917

一書中，用客觀的角度分析臺灣的電力組成結構與電費交互的影響，在電力結構並不健全的情況下，國人輿論群起反核，在書中作者將電力需求比喻為同為剛性需求的生活飲食，飯、麵、牛排比喻為核能、燃煤、燃氣發電，核能與燃煤發電成本十分低廉，如同生活中應該以價格低廉的飯、麵來當作主食，不應該以昂貴的牛排為主食，就如同全國的電力結構一樣，在平時應該以核能、燃煤發電來提供大量且穩定的電力來源，在尖峰時間少量使用燃氣發電來應急。本書從實際案例及詳細的發電成本出發解釋臺灣用電結構的病態，希望政府與輿論能從實際面出發，讓臺灣的用電結構可以更安全完善。

三、日本的能源政策概述：

「日本大地震對全球能源發展產生的影響」(林柏強，2011)，將日本福島核災對世界能源的影響分成兩個部分來討論，一方面是能源供給側，包括足量的能源供應和穩定的能源價格；另一方面是能源消費側，包括能源消費中對生態環境、可持續發展等問題產生的影響。每次的核能災害都會導致一定程度的產業發展停滯，甚至是產業萎縮，根據 IEA（2010）估計，全球能源需求結構中，核電的占比將於 2020 年和 2035 年分別達到 6.65%和 7.60%，然而，此次的核事故將影響世界各國政府及民間輿論對於核能發展的支持，所以在短期間內，在世界各國的能源結構中，核能占的比重勢必難以提升。為了填補核能發展受阻的能源缺口，方向主要有兩個，一是提高傳統化石燃料能源比重，二是發展再生能源。前者技術發展程度較為純熟，但將造成較嚴重的環境問題，後者技術較不純熟，門檻較高，如何選擇其中的比重是各國政府共同的難題。

「日本新能源政策與法律及其對我國的借鑑」(吳志忠，2013)，文中將日本於 1974 年制定發展新能源的“陽光計畫”，1978 年制定實施了有關節能的“月光計畫”，1989 年的“地球環境技術開發計畫”進行時空背景與法條相關的解釋，以法學的觀點出發，解釋法條的成效及影響。在這些計畫的實施過程中，

DOI:10.6814/NCCU201900917

日本意識到三項計畫的目標和內容是緊緊相依的，在開發新能源、節能與地球環境保護三方面的技術整合、開發是互相交織重複的，所以又將三個計畫在 1993 年融為一體，提出“能源與環境領域綜合技術開發計畫”，又稱“新陽光計畫”，讓能源開發、節約、環保等技術更加整合。與我國相同，日本能源資源十分缺乏，能源政策的重要性不言可喻，而日本作為亞洲地區能源政策的先驅者，日本的能源政策對於我國有極大的參考價值，我國應借鑒日本新能源立法上的經驗，完善相關法律規定，注意及對制定和頒布完备的施行細則，使新能源相關法律能夠更接地氣的被我國民眾接受。

「七彩能源一鑑開 從日本福島事故看能源與環保」(郭位，2012)，書中時空環境在福島發生核事故後的一年，在福島核災發生之後，鄰近地區的國家人人自危，不由分說的掀起一股反核意識，網路上、電視上等傳播媒體不斷的放送沒有科學根據、不專業且不負責的訛傳，有鑑於此，作者在本書中，一開始便自核事故對香港的影響，文內所及包含核電廠的工作安全、核事故災區生產的食物進口等面相來消弭民眾對核能無知的恐慌及疑慮，文後繼續從工作安全環境、發電效益、環境保護、核事故發生原因、人為風險控管等面向解釋各種能源的利弊相關，種種論述顯示，核能雖然在民眾輿論中有顯著的負面思潮，但在客觀的國家電力結構與科學論證的分析下，即便替代能源、再生能源科技不斷進步，核能絕對還是未來數十年間，不可缺少的電力來源之一，所以讓民眾認識核能的風險，了解核能的效益更顯重要。

目前世界各國對於能源政策相關的研究不勝其數，但在文獻回顧中未有單獨詳細介紹在日本 311 核事故之後對於臺灣及日本的政策影響，發生這麼重大的災害，日本政府在 2011 年也調整能源政策，在福島事件前日本共有 54 部核電機組運轉，事發後全數停止運轉，到了 2016 年，日本的核電佔總發電比例才恢復到 2%（2009 年核電占比是 29%）。而重啟核電的原因是因為民眾接受核能還是政府單方面因為經濟考量而下的決定?《每日新聞》2015 年 8 月的電話民調顯示，

DOI:10.6814/NCCU201900917

57%反對重啟川內核電廠，30%贊成。日本電視台旗下頻道 NNN 的民調也顯示，有 58.2%不贊成重啟，百分之 30.3%的人支持，顯示日本民眾對與重啟核電的想法仍持保留態度，在這樣的時空背景下，政策仍選擇違背民意的重啟核電的理由值得探討。本文希望藉由綜整我國與日本的能源政策發展歷史，及 311 福島核災事件後的能源政策轉變，整合於 2018 年 11 月 24 日舉行九合一選舉中的「以核養綠」及「反深澳電廠」等兩項公投議題，探究我國民眾在日本發生核事件及重啟核電兩項議題後，對於核能使用的立場及想法，及政府的政策回應。

國立政治大學
National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU201900917

研究架構與預計章節安排

本文的章節設計區分五章，第一章為「緒論」，將依序闡明全文的研究動機與目的、相關文獻檢閱、研究途徑與方法、研究範圍與限制，以及研究架構等；第二章為「從經濟安全的角度檢視能源安全」，檢視能源安全的面相有許多種，本文將著重點於主要影響經濟安全的方向進行討論分析，透過了解影響經濟安全的能源安全議題，解釋臺灣與日本的能源政策差異；第三章「臺灣的能源政策及日本能源政策」，探討日本能源安全狀況及比較能源產業與臺灣發展相似之處，在發展的過程中日本遇到阻礙的解決辦法是不是適合套用臺灣問題上；第四章「日本與臺灣能源處境比較」，從電力結構、能源政策、能源使用習慣、經濟安全角度及國家政治經濟安全等多個面向來比較我國與日本的能源情況；第五章「結論」，總結臺灣與日本在極相似的自然環境條件下，能源發展方向的差異性及為何，以及會產生這樣的差異的背景比較。

國立政治大學
National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU201900917

第二章、 從經濟安全的角度檢視能源安全

第一節 經濟安全

一、經濟安全概述

當今世界，國際關係在國家安全中的地位明顯上升，軍事武力已經不能完全確保國家在國際中地位及安全，在國際貿易、國際投資、金融自由化等因素的催化下，各國經濟互相依賴的程度都有相當程度的上升，利益關係已超越過去爭奪土地、資源使用軍事武力互相對抗的時代，各國開始權衡經濟安全、軍事安全及政治安全之間的交互關係。

但是，突破了傳統的以軍事及政治安全為主的框架，與國家經濟安全的興起，並不代表原本的軍事衝突與政治衝突已不復存在，在全球化的關係中國家間的軍事、政治衝突並沒有消滅，只是國家間的利益爭奪漸趨複雜，在維持國家安全的手段上，需要透過政治、軍事和經濟三種手段來維護國家利益，而經濟安全的重要性不約而同地在各國總體戰略中明顯上升。

所謂國家經濟安全，即為一國最根本的經濟利益不受傷害，與國家安全屬於同一範疇。經濟安全主要內容包括：一國經濟在整體主權上獨立，基礎穩固、健康運行、穩健成長、持續發展；在國際經濟生活中具有一定的自主性、自衛力和競爭力；不至於因為某些問題的演化而使一國經濟受到過於嚴重的打擊，進而危害到國民的經濟利益(雷家驌，2000)。

二、全球化與國家利益

國家的經濟安全發生問題的歷史可以一路從 1637 年鬱金香狂熱、1792 年美國金融危機、1857 年第一場全球化金融危機、1929 年經濟大蕭條、1973 年第一次石油危機、1997 年亞洲經融風暴，到近代的 2007 年次級房貸風暴及 2009 年歐債危機，由這些事件我們可以發現，金融危機已經一路從國家問題延伸為地區

DOI:10.6814/NCCU201900917

性問題，在而變化為全球化的影響，不僅僅是單單一個國家的政策性失誤可以造成，在經濟全球化的情況下，各國相互影響的程度越來越大，各國彷彿都變成了「多米諾骨牌」效應的其中一個環節，就算是相對小的經濟體發生問題，只要成功推倒相應的骨牌，也能夠對巨大的全球經濟發生撼動，牽連的影響會從原本的個案危機變成全球性、全面性的災害。

根本的來說，國家經濟安全是國家利益受到某事件威脅時，政府有能力對抗外來(或是內部)的動盪，保護自身利益，在這些基礎上，經濟安全具有一些一般性的特徵(雷家驌，2000)：

(一) 國家性

經濟安全保障的對象是以國家為主體為思考中心，當然經濟安全政策會從各個層面著手，地方政府的經濟政策，特定產業的經濟發展方式，如此作法是因為某些程度上，地方政府及特定產業的經濟發展與中央政府(國家)利益一致，但特定地方政府與特定企業都不會是經濟安全的主體。

(二) 根本性

國家經濟安全強調國家的根本經濟利益，在其範疇中，一個國家內部企業倒閉並不能稱為安全問題，根本性問題例如：產業結構、貨幣政策、能源政策等政策面問題，非侷限於單一事件的成敗。

(三) 廣泛性

國家經濟安全與政治安全、軍事安全、社會安全、科技安全等議題密不可分，各種領域充滿交集，衍伸問題複雜交互影響，在實際制訂政策方面也應綜合考量，作為總體政策來思考。

(四) 強調危機管理

DOI:10.6814/NCCU201900917

在經濟安全政策的考量下，主要任務就是思考國家經濟受到危害、威脅的緊急任務，能夠採取有效的措施來控制危害的影響，將損失降到最低。

(五) 戰略性

國家經濟安全有時需要犧牲某些當前利益來換取未來經濟穩定的發展性，避免未來遭受更大的經濟損失，因此未來的前瞻戰略對於經濟安全規劃也十分重要，在某些領域，如何制定一個長久的產業政策，其戰略特性和意義超越眼前的經濟利益。

全球化最突出的表現於全球化的產品、服務與資金透過國際貿易、國際投資與國際分工的快速生產，導致各國經濟在深層層次上互相影響互相依賴，對各國經濟主權也造成很高的影響，造成原本屬於國家內政的經濟權力，卻成為國際社會共同擁有的權力，各國經濟活動越來越循著國際慣例和國際條約來運作。

在第二次世界大戰後，大量的政府、非政府組織、雙邊或多邊協議誕生，在這些國際組織制定的經濟規則框架下，越來越廣泛的影響包含世界、區域及特定國家的經濟事務，導致國家經濟安全更加具有侷限性(周紹朋、張孝德，2005)。

三、保障經濟安全措施

能源雖然在穩定且充足供應的情況下，與其他商品幾乎沒有差異性，只要合乎供給規範與市場需要，在價格合理的狀況下，通常可以藉由市場機制調節，供需可以達到穩定狀況。由於能源是一切經濟發展的動力來源，一旦發生能源供應不穩定或是短缺的情況，影響層面將十分廣泛及嚴重，因此，在追求整體能源市場的供應穩定的目標下，國家需要針對各種突發短期能源問題，提出相應的解決措施。

因此在追求整體能源供應穩定的目標下，首先必須先了解能源市場短期短缺的因素(許志義，1993)：

DOI:10.6814/NCCU201900917

(一) 天然及人為災變：係指因不可抗力之自然現象、人為疏失或人為破壞所造成之災難，此種災難可能嚴重影響能源市場的供需，或嚴重的公共安全災害。例如水力電廠霸臺安全、火力電廠所需燃料運儲時爆炸、核電廠爐心熔毀、核燃料或廢料輻射外洩、煤礦場坍塌等意外性事故，均會為能源市場造成突發性的衝擊。

(二) 政治社會因素：在能源運產過程中，會因利益團體介入、社會認知衝突或政治力干涉導致能源市場震盪。例如能源產業工人集體罷工、核電續存爭議、空汙問題引起民眾或政客對火力發電廠抗議等。

(三) 供需規劃不當：能源在供給需求預測中未準確掌握，並事先規劃進口量體，導致供需失衡狀況。例如臺灣近年來經濟成長快速，火力發電因空汙問題遭民眾反彈，且核能發電因福島核事件使核四廠因觀感不佳未能啟用，導致能源使用尖峰期出現缺電狀況。

國際社會對於經濟安全制定方向主要為迅速對應當前面臨的外部挑戰，訂定中長期的目標，主要的安全防護措施有(中國現代國際關係研究院經濟安全研究中心，2005)：

(一) 戰備儲存制度

各國為了避免必需品國際價格波動影響國內民生物價，都會有一定存量的戰備儲存，例如：黃金、外匯、糧食、石油等，在戰備儲存制度的保護下，國家僅能在短期間，避開物價波動的第一波衝擊，在維持一定時間後時仍須回到市場機制，是短期的安全防護措施，另外，市場恐因預期心理，產生大量囤積、非理性購買的情況，也可能造成戰備儲存制度失效，連短期防護效果也十分有限。

(二) 關鍵部門和領域的「自立政策」

DOI:10.6814/NCCU201900917

多數國家對於國際分工中的關鍵技術往往都會避免使用比較利益原則進行分工，保有自己國家的生產能力，即便成本相對提高，可以避免經濟命脈掌握在外國手中。

(三) 預防性外交和經濟手段

國際間可能透過經濟援助、技術合作、加強雙邊關係來保有本國的特定利益，或是透過外交、軍事、經濟等壓力來預防出現對自己不利的經濟情況。

(四) 對經濟不安全因素預警

各國開始對於各種外匯、原物料、股票市場、衍生性金融商品等國際金融商品進行密切的監控，評價各種緊急事件對經濟安全的影響，即時並準確的情資掌握，幫助決策者對各種影響國家經濟安全的不確定因素進行識別和篩選。

(五) 國際條約及法律保障

各國通過參加國際貿易及經濟組織，簽訂各種投資、智慧財產保護、市場開放及貿易互惠條約仲裁糾紛，規範逾矩的經濟行為，降低國際經濟活動的風險。另外也通過立法，管制外部經濟影響因素進入，保護本國產業。

第二節 能源安全的觀察面向

一、能源安全概述

傳統能源安全定義強調一國能源供應的穩定程度，與使用者享用能源服務的可及程度，這也包括政府對能源分配網絡的觸及範圍，國際上普遍認為，能源供應的穩定性與能源價格的可負擔性，是評估一個國家的能源安全的重要面向。

DOI:10.6814/NCCU201900917

國際能源總署(IEA)將能源安全定義為能源資源在可負擔的價格下，可持續取得能源來源。長期而言，能源安全須針對經濟發展及環境保護等層面考量下對能源供給適時投資。短期來說，能源安全則聚焦於能源系統面對供需突然失衡的反應能力與韌性。

而能源安全主要可以藉由多個面向來觀察 1.民生需求 2.國家安全 3.經濟發展 4.環境品質 5.永續發展，其中民生需求、國家安全與經濟發展是維持能源安全的最低層次，也是最主要需要維持的，影響經濟安全面向，後續考量環境品質與能源利用的永續發展。

在考量能源安全的情況下，能源政策的制定可以透過六個出發點來思考(許志義，1995、許志義、陳澤義，1993)：

(一) 供應穩定

能源供應須維持供應波動最小化，避免能源供應中斷，影響國家經濟發展及民生需求，因此，供應穩定在能源政策制定中的各種面向中，仍是所有國家最重要的條件，作為制定能源政策最重要的圭臬。

(二) 經濟效率

能源市場的經濟效率性包含了數個外部因素，由自由競爭的訂價市場能優化資源配置效率；而內部能源設施的設置及效率利用亦同時影響能源的經濟效率。

(三) 能源價格

維持能源供應穩定之餘，必須考慮能源價格是否會造成市場經濟的波動，能源價格的維穩工作需透過政策面向的制訂來解決，價格的穩定與供貨穩定有很大的關係，其中亦有包含政府的補貼避免市場波動。

DOI:10.6814/NCCU201900917

(四) 環境保護

能源的供應面及使用面皆須考慮環境保護，在經濟發展的同時仍需要以環境的永續性為考量，從經濟學的觀點看來，「自然環境」可以視為一中可以提供多種勞務，滿足人類需求的資源，可以提供舒適的勞務、儲存汙染物的勞務。而環境保護議題通常圍繞水資源利用及CO2的排放，國家是否重視環境保護議題及再生能源發展，影響此能源安全結構的評分權重。

(五) 發展研究

能源安全是一個國家級的戰略目標，若僅以現有資源做考量規劃，無法長期維繫國家安全，必須握有能源發展技術，不論是探勘技術、開採技術、精煉技術、運送技術、能源使用技術及節能技術才能使能源安全及國家安全得到長期的保障。

(六) 安全使用

能源使用過程中，由於人為的輕忽或是其他因素造成意外災害，導致能源使用上的安全問題，但能源使用的安全防護越完善的同時，能源使用付出的成本也就越高，不論是安全防護設備、人員教育訓練或是緊急遮斷系統，建置成本都將加諸於能源成本上，故宜在成本最小及安全程度最高間找到一個平衡點。

綜上所述，能源政策是一公共政策，所牽涉到的範圍與層面都是多目標的，既要反映成本，又要兼顧國內產業競爭力，還要考量環保公害等問題，而這些目標往往都是相互衝突，因此能源政策在規劃的同時，決策者應有明確的方向，徹底了解能源本質，在環境因素與產業結構因素的互相配合下，做出合理的選擇，而能源政策的制定往往都是一種妥協後產生的結果，面對每個層面產生的問題，

DOI:10.6814/NCCU201900917

因重視程度的差異最後做出的比較利益選擇。

針對上述分類，本文再對於能源安全從對內的能源政策與對外的能源政策進行分類，就前開段落有提到能源政策思考方向：供應穩定、經濟效率、能源價格、環境保護、發展研究、安全使用等六項思考面向。簡單就國家內部與國家對外的能源政策種類進行分類：

(一) 內部能源政策

1、供應穩定：保障國內能源供應穩定的政策例如建立國內外能源儲備機制、適度開放能源產業民營化、國內發展多重能源產業分散能源風險、多重能源來源管道及制定能源價格政策等。

2、經濟效率(能源強度)：提升國內能源經濟效率的政策例如能源輸送系統化、自動化節電系統、國家智慧型電網配置、工業及民生能源節約政策等。

3、能源價格政策：能源價格政策不代表要維持能源價格低廉，而是要保障國家安全與永續利用為前提，讓市場不會因為過度波動造成恐慌，如臺灣現行使用的油價調整機制，同時搭配能源儲備機制，來穩定市場價格。

4、環境保護：內部能源議題的環境保護政策，主要方向大略是：

(1) 國內能源使用環保，如火力發電造成空氣汙染的解決、國內車輛耗能電力化等。

(2) 能源製造或運輸途中造成的環保問題，如核電廠排放高溫冷卻廢水造成海底環境汙染、風力發電機組造成噪音及清洗藥劑造成海洋汙染。

DOI:10.6814/NCCU201900917

5、發展研究：國內政府是否有投注資金、人才輔導國內學界、產業部門發展能源科技之政策。

6、安全使用：國家對於國內能源安全使用法規訂定及檢驗標準是否能維護能源使用上的安全，本議題最主要受到討論的便是核能電廠發電安全，核能電廠在正常使用及遭受重大災害侵襲的情況下，能否維持最基本的安全保護，甚至是能夠維持基本的供電。

(二) 對外能源政策

1、供應穩定：國家對外國維繫能源供應穩定的政策包含(1)擴大能源進口來源；(2)外交上與能源生產國維繫穩定的邦交；(3)建立對外電網；(4)建立對外能源運輸基礎建設。

2、能源價格：國家對外的能源價格政策主要仰賴遠期契約、期貨等金融商品來維繫短、中期的能源價格穩定。

3、環境保護：對外參與國際組織，簽署環境保護公約，如巴黎協定限制二氧化碳減排等相關合約，透過國際社會壓力來促進能源改革。

4、研究發展：國際間透過國與國的能源技術交流，提升國家能源發展水平，例如國際能源總署(IEA，International Energy Agency)協助東歐、高加索與中亞地區國家能源發展，確保能源安全、穩定市場及協助將傳統能源過度至潔淨能源使用(APEC 國際能源合作資訊網，2019)。

二、能源安全指標系統

DOI:10.6814/NCCU201900917

能源政策是一種偏好與選擇，能源安全則是一種狀態與結果，能源政策決定能源的種類與結構，能源安全則是在這樣的政策下對應能源的來源與系統，而能源安全程度會回饋回社會對於能源偏好的選擇，而能源安全的測定可以分為下列幾個面向(陳詩豪，2013)：

(一) 可利用性：可於市場貿易流通的能源，須考慮能源的蘊藏量與可使用量對於能源在市場商業化的可能性。

(二) 可取得性：能源的取得及使用能力，需考慮國際地緣政治因素、自然災害因素及開採技術等因素。

(三) 可負擔性：資源本身的成本或其他使用資源所需投入的成本，如開採成本；儲存槽、運送管線等基礎設備成本；降低汙染所使用的過濾系統建置、維持成本。

(四) 可接受性：能源在開採或消耗的同時對環境造成的危害之於社會大眾可以接受的程度及觀感。

能源安全的量化需透過各個能源指標系統，目前國際能源研究機構已建置能源安全測度及方法，反映各國、各區域內長短期能源安全風險，而國際上主要能源安全指標系統(陳詩豪，2017)包含：

(一) 全球能源理事會(WEC)發表的「能源三難困境指標」

主要分為能源表現及國家背景兩個部分，能源表現會從能源安全、能源公平及環境永續發展程度來評分，而國家背景會針對國家的能源制度、法規及投資環境來衡量國家的能源安全。

(二) 美國商會 21 世紀能源機構(USCC)發表的「美國能源安全風險指標」

主要用來檢視供應鏈各環節，方便用於趨勢判讀，從地緣政治、經濟可

DOI:10.6814/NCCU201900917

靠度及環境方面加以評分考量美國能源安全。

(三) 美國商會21世紀能源機構(USCC)發表的「全球能源安全風險指標系統」

參照「美國能源安全風險指標」之結構面簡化分析結構後對全球 75 個國家進行比較分析，使國際投資有參考依據。

(四) 歐盟執行委員會(REACCESS)發表的「社會經濟能源風險指標」

從經濟風險、政治風險、能源內生性風險、社會風險來檢視國家能源結構面之能源安全風險。

(五) 世界經濟論壇(WEF)發表的「能源結構績效指標」

用於能源轉型過程中的評估，從經濟成長、環境永續及能源取得安全面向進行檢討評估各項能源議題。

(六) 亞太能源研究中心發表的「油氣安全指標系統」

針對亞太地區 21 個經濟體檢視國家內部、外部影響原油、天然氣的供應因子，回顧檢視 2000 年至 2013 年各會員國能源安全，參考結構包含政治、經濟、社會、法律、環境。

使用指標系統分析可以計算出能源安全的相對風險，但無法確切指出能源安全的絕對水準，需透過進一步發展，將指標分析出偏好與選擇的政策性因素，做出有效回饋，才能使指標達到最高的效果。

第三節 經濟安全與能源政策

在經濟發展中能源政策需要有許多面向進行觀察，包含經濟安全面向、環境保護面向、產業結構面向、社會公平面向等，在這之中需要分辨哪個面向是從經濟安全的角度面向進行觀察，從上開段落論述可以知道，經濟安全面向的觀點主要針對於能源供應穩定、管道多元、價格可負擔及達成上述需求的前瞻性政策規

DOI:10.6814/NCCU201900917

劃，以下我們從這些面向下去做觀察從國際能源政策演變、經濟安全下能源政策目標的做法。

一、國際能源政策演變

有效運用各類能源優勢，積極增加能源自主性與確保能源多元性，布建分散式能源，優化能源供給結構，推動能源先期管理及提升能源使用效率，以建構穩定、可負擔及低風險之能源供需體系。

能源安全乃是國家安全的重要組成部分，在第一次石油危機後受到各國高度重視，能源是國民經濟正常運轉的基本物質基礎，並且現代經濟發展速度與石油能源消費之間有密切的關係，以石油為核心的能源安全是經濟安全的重要組成部分，而各個時期都有主要對應的戰略考量(倪健民、郭雲濤，2009)：

(一)1970~1980 年代，主要以減少石油依賴為主

1973 年 10 月第四次中東戰爭期間，阿拉伯產油國針對美國、以色列等國家實施減產、禁運政策，引起市場恐慌，油價暴漲，由這次石油危機開始，正式結束西方控制的廉價石油時代，而透過廉價石油所造成的經濟發展亦受到限制。

1978 年，伊朗國內爆發動亂，石油出口中斷，導致油價暴漲，引發第二次石油危機，油價動盪持續到 1980 年兩伊戰爭爆發，油價又攀上新高峰，1982 年時已達每桶 34 美元，高油價導致西方國家經濟下滑，引起全球性的經濟衰退，歐美國家失業率攀升至 11%，因油價浮動劇烈導致的經濟損失超過 1.2 兆美元。

石油危機的爆發及導致西方國家改變先前積極發展以石油為主體的工業，及搶占第三世界石油資源的戰略，並且突破性的重視起能源安全，建立戰略石油儲備及國際協調、分享機制，且加強國內石油的探勘與挖掘，下降自身石油進口依賴程度，並開始立法節約能源，轉移能源密集產業結構至技術密集產業或服務業，逐步形成節省能源的經濟結構。

DOI:10.6814/NCCU201900917

兩次石油危機後，石油在世界能源消費中所占的比例(由 1977 年的 53%降低至 40%)和在世界貿易中所占的比例(由 1974 年的 19.6%降低至 1997 年的 6.1%)均明顯下降(王家框，2001)，此時，在科技的發展與產業結構調整下，西方各國面對油價波動的因應能力越來越強，石油價格對世界經濟的影響明顯減弱。

(二)1980 年代中後期，保持能源穩定對於經濟日益重要

此時世界進入低油價、低耗能時期，國際能源需求成長率持續下降，1985 年至 1995 年世界能源消費成長率僅有 1,63%。西方政府採經濟自由化政策，除繼續強調節節能等措施外，也將能源經濟性回歸市場，取消石油價格管制，將能源企業私有化，並持續轉移石油及煤礦在能源結構中的比重，轉移至核能。

(三)1990 年代至今，強調能源安全與環保、能源效率等結合

因持續控制與調節下，各國開始擴大對石油的需求，依賴程度出現反彈，美國在 1985 年至 1995 年間對石油依賴程度從 29%成長至 51%；另外，也隨著經濟與社會發展逐漸成熟，環境保護觀念日益成長，能源戰略因此也有了調整，積極開闊能源市場、轉移能源需求產業至天然氣工業，繼續強調節能、提高能源效率及再生能源的發展。

在人類大量使用石油以來，不斷對石油供應的持續性表示擔心，專家曾將石油枯竭的時間設定在 20 世紀 20 年代 40 年代、70 年代，「資源枯竭」說法更是盛行一時。近年來有關 21 世紀能源短缺乃至讀源耗竭的議題也隨處可見。但事實上，隨著開採、探勘技術的發展，世界並沒有按照預言所說這麼快面臨能源枯竭的問題，而是在大致上的供需平衡，儲存量相對充裕的狀態下發展，並且隨著替代性能源的發展(可燃冰及再生能源等)，隨著科技進步與成本降低，新能源前景仍有許多可以發展的部分。

二、經濟安全下能源政策目標

DOI:10.6814/NCCU201900917

能源政策是重要的公共政策之一，因為能源不但是發展任何產業，與推動一切經濟行為的後盾，也是維持國民生活品質的基石。因此，有關能源的供給、需求、訂價及管制，一般皆須要透過政府的政策與措施加以規範。能源政策係指能源市場中，有關一切經濟活動的最高指導原則。

經濟安全不僅止於滿足現在的需求，還要考慮到未來三、五十年甚至百年是否仍能持續穩定的供應，最高目標是維持國家的經濟穩定成長，避免因為外界或內在因素波動而使國內經濟受到影響，在這樣的前提下，對於自產能源充足與缺乏的國家而言，考量面向就有極大的落差，前者無須擔心能源來源中斷，僅需維持國內產能穩定，並改善產業科技及效率即可；後者須考量外來供應是否穩定的風險、邦交關係是否會影響能源供應中斷等。

是故，為了維持國內能源穩定供給，價格不隨意波動，需要仰賴以下方式調節：

(一) 節約能源

節約能源的方向有兩種，一是積極的做法，提高能源供應鏈的轉換效率，減少發電及運送過程中的能源消耗，提升能源效率；另一種則是消極的做法，訂定節能政策與目標，降低用戶端的能源使用，減少能源支出。依此而言，節約能源應致力於提高能源產力，並減少不必要的浪費。

(二) 多樣化能源結構

提高國內能源種類及分散同種能源的產地，降低單一能源因國際市場價格變動、地緣政治、匯率變化、產量過剩或產能衰退等因素影響國內能源市場價格，進而縮小對全面性的國內經濟體造成傷害。

(三) 自給自足的能源產業

能源產業在成本可容選範圍內自給自足，可以降低外來能源具有不確定

DOI:10.6814/NCCU201900917

性的風險，但這對部分沒有火力天然資源(煤礦、石油及天然氣)的國家相對的困難，必須使用高科技產業輔助，加強可再生能源的開發利用，或是增加核能發電在能源結構中的比例，進而穩健國內經濟市場。

(四) 儲油政策

政府儲油是能源安全的一環，希望能達到以下目的：(1)因應戰爭之油品短缺，(2)因應國際供需失調之油品短缺，(3)因應國內供需失調之油品短缺。因應國內供需失調之油品短缺方面，由於油品自由化，政府可能會面對廠商的勾結行為，如哄抬價格、囤積油品等，另外煉油廠的罷工與工安事件之發生，亦在所難免，此皆會影響國內油品的正常穩定供應，而產生經濟上總總的負面效果。因此，為達到穩定國民生計與經濟成長目的，政府有儲油之必要(許振邦，2003)。

第四節 小結

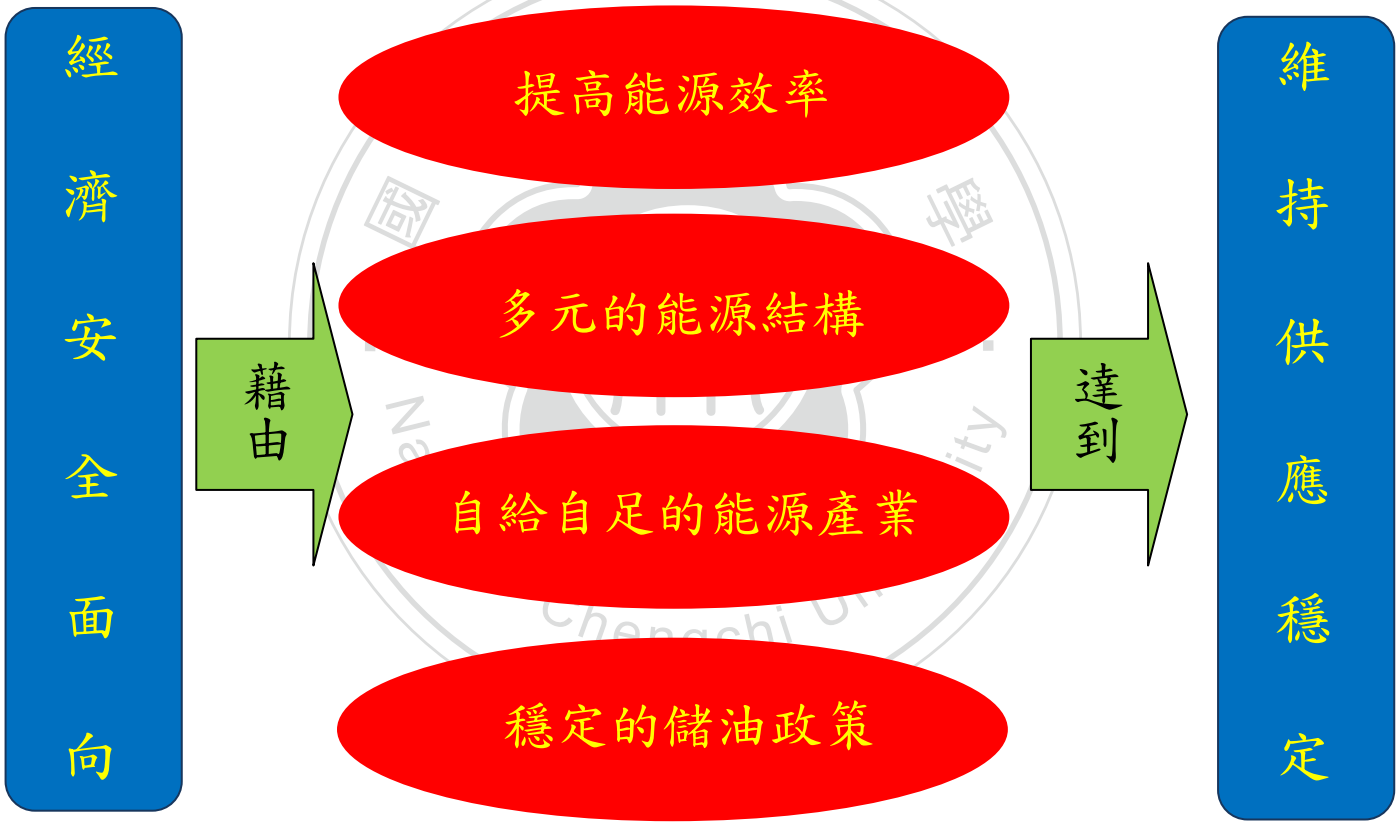
國家經濟安全的維護工作，在各國規劃戰略思考時，重要性顯著上升，經濟安全在全球化的貿易環境下，對每個國家經濟安全影響是超越國家性的，而在經濟安全的範疇中，包含許多議題：金融安全、科技安全、產業結構安全、財政安全及戰略資源安全等議題，本文主要探討經濟安全思維下的能源安全政策。

在經濟發展而言，早期能源事業發展一般先追求充裕的能源供應，目標是只要有電即可，進而在能源供給充裕，不虞匱乏的時候能源事業或政府才會開始注意到「成本」問題，開始追求能源成本最小化，也就是能源效率的探討，如何使用最小化的能源達到最大化的供給量，進而降低能源使用成本。待所有能源發展進程步入穩定，人民在有了廉價且量足的能源後，更要求能源品質提升、能源穩定度可靠、能源設施環境清潔安全等多方面的效益，俾使環境汙染及災難風險得以降低。

DOI:10.6814/NCCU201900917

因此能源政策制定上有許多的參考面向，環境保護、供應穩定及經濟效率，而能源安全的測定可以使用多種能源安全指標系統來進行相對性的估算，在本文主要探討能源安全之的經濟安全面向中，主要強調維持能源供應穩定為最重要的考量因素，能源維持穩定供應的作法有：提高能源效率、多元的能源結構、自給自足的能源產業及穩定的儲油政策。透過預防性的手段與政策，保障國內能源供應穩定，確保國家經濟穩定發展。

圖 2-1 維持經濟安全的作法



DOI:10.6814/NCCU201900917

第三章、 臺灣能源政策與日本能源政策

第一節 國際能源政策

一、國際能源發展

在 1990 年代，世界上主要的工業化國家開始發展再生能源，其目的主要是要追求新型的能源技術競爭，非從需求面著手積極研發。直至 21 世紀開始，全世界面臨各種與以往不同的大規模天災，洪災、乾旱、颶風等，在經濟、政治接受到巨大影響的情況下，綠色能源推廣被迫前進，前進往低碳能源、經濟與社會的轉型。

早期，歐美國家的能源轉型，主要驅動來自於人們對於核能源的排斥，在 1979 年美國三浬島核災與 1986 年烏克蘭車諾比核災後，推力效果尤是明顯，促動了民間行動與變革，而在這個時期，大多數國家並沒有同步的進行能源轉型，如多數歐洲國家在車諾比核災後啟動能源轉型，但在其他地區則非然，東亞地區已開發國家對於再生能源的起步更晚；然而，現今全球已進入能源減碳、綠色科技與經濟、空汙導致的健康危害三重壓力的情況，而這些壓力對東亞國家更加強大，因為相較於歐美國家，東亞國家需要面對更大規模、大空間的空汙霾害問題，對於東亞國家，發展更乾淨、更有效率的能源壓力更勝歐美國家。

1992 年里約地球高峰會，也就是聯合國環境發展會議，可以說是國際社會面對氣候變遷與永續發展努力的一個成果展現，會議中誕生《里約宣言》、《21 世紀行動進程》、《氣候變化綱要公約》、《生物多樣性公約》，這些都是二十年來國際社會在發展重大綱領或議程設定的基礎，雖然宣言與公約僅是被尊重，內容表述也稍嫌模糊，但卻是全球能源轉型與環境保護的重要里程碑。

2015 年年底簽屬的巴黎協議，由全球近兩百個國家協議，2016 年底生效，設定目標在追求氣候變遷增溫低於攝氏 2 度，並呼籲在本世紀中，溫室氣體的排

DOI:10.6814/NCCU201900917

放量與吸收量相當，達到碳中和。巴黎協定沒有規定各國應該做出多大量的減排，而是讓各國自行提出減量承諾，並自 2018 年起，每 5 年重新檢視，逐步修正且提高承諾值，惟彙整目前各國所提出之減排方案，數據累計至 2030 年時，仍無法達到增溫低於 2 度的目標，足見各國須更努力執行並自願提高減碳目標，不可以有搭這波環保便車的心態。巴黎協議最終目標為所有國家在本世紀結束前，停止使用各種化石燃料，才可將氣候穩定至可接受範圍。

而對於能源價格而言，各個層面的事件，不論是經濟、政治、軍事、能源、社會問題、自然環境等，都在互相影響，造成事件變化的程度與事件複雜的程度都不斷提升，越來越難以捉摸，能源的價格是此種波動重要的一環，多年來專家皆認為能源需求不斷增加的情況下，將推升石油價格一步一步成長，但在 2014 年時，原油由每桶百美元降至 30 美元低點，因市場預期產能過剩心理，加上頁岩油等替代石油主要能源科技不斷研發，造成石油價格異常崩跌現象，直接影響以石油為主要經濟來源的產油國，目前主要影響原油價格的因素為頁岩油開採成本，若原油價格高於頁岩油開採成本，將有助於頁岩油開採與頁岩油科技發展，使原油價格進行有上限的價格調整。

近年來，能源民主化的概念興起，這個概念最早源自於「氣候正義運動」的思考脈絡，為了確保所有人對於能源的可近性，能源生產不能汙染環境或是傷害人類。更明確的說，未來使用能源的方向應開始排除石化燃料，生產方式應該更著重於自然環境的永續經營；而能源民主化的轉型過程強調更廣泛的民眾參與權利，例如再生能源科技的發展，需要能源民主的實踐動力支持其運作，包含再生能源場址選定、電價級別議定等議題，都需要消費者或當地居民的參與，在能源民主的模式中，較容易關照到貧富負擔的問題，採取能量負擔電價級距，非像石化產業一般，由上而下的獨裁治理為主導模式。

不論是在能源民主化或是節能減排的目標上，以現階段科技而言，解決方式

DOI:10.6814/NCCU201900917

都指向再生能源，20 世紀末時，世界對於再生能源投資的推動雖不停強化，但成效與發展遲遲沒有重大進步，原因是 20 世紀末期，經濟成長較預期低，對能源需求也隨之下降，導致對新能源的開發意願連帶降低。到了 21 世紀初期，多數已開發國家對電力要求已不再是量足、穩定即可，更多的是能源效率、使用安全性、永續經營與環保概念，帶動再生能源發展起飛。

2000 年時全球風力及太陽能發電總量僅 5GW，2010 年單年就增加了 17GW，發展至今，統計至 2017 年僅風力設施能提供 539GW、太陽光電 402GW，包含地熱、水利等再生能源總發電量有 2,195GW(工業技術研究院綠能與環境研究所，2018)，德國學者 Mycle Schneider 所主導編輯的 2018 世界核電產業現況報告中指出，2018 相較於核能發電在 2017 年時僅有 1GW 的淨成長，全球核電占比從 1996 年高峰 17.5%開始下降，直至 2017 年僅剩 10%，而近年來持續興建與啟用核能電廠主要國家為中國，而現今全球核能發電占全球總電力產能的 13%，而核能發電前五大國(美國、法國、中國、南韓及俄羅斯)就占了全球核能發電總量的 70%，當中美國及法國就占了全球核能總發電量的一半，核能電廠發電所付出的成本(包含興建與維護費用)遠高於天然氣與再生能源，再生能源的 20 年躉購價格相較於核能長期攤提成本還低，雖再生能源發電受限於自然條件限制(受制於時間、地點、天氣)，發電不安定特性會導致電網建立相對困難，但在再生能源科技發展逐步成熟，並以依靠氫能或其他儲存媒介發展作為儲電方式，降低再生能源不安定調價，將大大提高各國使用再生能源意願，且再生能源發電成本若持續下降，與化石能源及核能相較的競爭力勢必上升。

總結而言，不論在電價上亦或者是電能提供上，再生能源都逐步的侵吞核能發電市場，核能發電在全球電力市場的比重與地位都不斷下降，這從核能電廠在全球興建量不斷下修，及再生能源發電量不斷上升都可以看出來。

二、能源轉型

DOI:10.6814/NCCU201900917

能源是當今具高度政治性討論的議題，而能源也時常與社會正義問題作連結，特別是經濟與負擔能力問題，美國學者 Sovacool 指出能源正義的概念提供了「如何最小化?」和「即時消除能源威脅和不正義」框架，包含幾個關鍵原則(Sovacool,B. K,2013)：

(一) 可獲取量：所有人應獲得充足且高品質的能源。

(二) 可承受力：所有人，包含貧困階層的人口，獲取能源的成本不應該超出總收入的 10%。

(三) 適當的程序：國家在生產及使用能源時，應該要充分考量法律規範及人權原則。

(四) 資訊：所有人都應該可以獲得能源、環境和公平的數據，並且能以透明的方式對能源決策問責。

(五) 審慎：能源使用不應該僅追求眼前利益，應當以永續發展為目標。

(六) 世代間的公平：每個人都應該有公平的獲得能源權力，並且世代間應該有享受美好生活的權利，不受目前世界對能源系統造成損害的威脅。

(七) 責任：所有國家都應該保護自然環境，減少能源相關的環境威脅，以保護全球能源永續發展為目標。

能源民主在所有權上，強調從生產到消費端改變過去政治、私有化等形式，改採合作協力、公共性形式加以管理，例如臺灣再生能源政策中，鼓勵民眾自主架設太陽能發電面板後，回購給政府電力組織統合運用，產業鏈從太陽能面板製造業、物流業、農漁業及銀行業相較於石化產業的集中性，有更多廠商、更多民眾能雨露均霑，體現能源民主的親近性，帶動能源的附加價值給予一般民眾，亦有促進就業的正面效應。

DOI:10.6814/NCCU201900917

而能源轉型的意義並非單純的從化石燃料轉換成再生能源，這種發電方式的轉變，更強調能源系統所有權的改變，從企業獨裁轉換為集體性、公眾性的控制方式，而再生能源資源與生產方式更分散於社區內，美國學者 Sean Sweeney(2013)指出，世界能源系統必須進行改造使其符合公共利益，而非著重於極大化銷售利潤。他認為能源民主才能符合當代需求且公平正義的能源，意即勞工、社區以及大眾的意見必須被納入決策過程。

能源轉型需要解決三個主要變數，能源市場、社會技術及政治政策，以下分述之(周桂田，2016)：

(一) 能源市場：能源市場主要影響因素包含能源蘊藏量、取得成本、進出口運送成本、石化燃料類型、再生能源技術、相關科技研發成本、基礎設施營運、建立成本及年限，而能源需求量是否穩定、能源密集度高低也會影響到能源轉型的結果。

(二) 社會技術：國家部門技術創新能量是否充足，國家與他國間科技交流暢通程度，相關能源技術在全球的成熟度，而本國在全球能源科技的核心或者邊陲位置，國際能源技術出口的可能性。以上技術的取得、研發、交流程度都會影響國家能源轉型。

(三) 政治政策：國家目標建立與否以及影響國家目標建立的因素，例如進口依賴及國際競爭；政黨及產業間的特殊利益，例如產業遊說、政治捐助；政黨考量投票人的偏好影響決策；國家在國際上的地位，將影響科技交流、資源取得的能力；國家體系運作模式，對於能源轉型的困難程度，包含立法、行政機關訂定法律、規則程序繁瑣程度。

過去，政府為維持經濟穩定發展，補貼石油價格以提供低價能源供給，而油價波動將會大幅度影響政府對補貼金的支出，1970 年兩次石油危機帶來高油價的經濟衝擊，嚴重影響國內金融體系，迫使各國開始檢視本身能源政策，而油價

DOI:10.6814/NCCU201900917

補貼就是其中之一的作法；1980 年代，國際油價回穩，各國紛紛降低油價補貼措施，當時最大的石油補貼國家主要集中於發展中國家，至 1981 年時，各發展中的石油輸出國都已降低對石油產品的補貼政策；1990 年代能源價格議題重新被提起，配合減碳風潮，能源議題被納入環境面向，石油產品過度補貼問題被重新檢視，化石燃料補貼的移除或政策改革，已被視為全球能源轉型的關鍵，政府降低對化石燃料的補貼不僅有助於加速能源轉型，更可以達到環境保護、改善財政及變更既有的社會分配，更可以透過移除(降低)化石燃料補助，將原用資金投注於潔淨能源科技研發、設備改善及人才培育等相關發展，促進資金流轉移

第二節 臺日能源比較性

一、島嶼國家：

台灣與日本皆屬領土完全座落於一個或多個島嶼上，且沒有與鄰國相接壤邊界的島嶼型國家，島嶼型國家發展戰略需以海洋出發，在能源安全方面若無自產化石燃料資源，能源供應穩定僅能仰賴海運，且跨國電網架設難度及成本較高，導致能源調度無法與他國合作，能源孤立性較高，這也是影響國家能源戰略的主要原因之一。

二、美國陣營：

在第二次世界大戰後，投降的日本受到美國控制，後續隨著美國與蘇聯兩大強國對立逐漸表面化，1947 年以美國為代表組成北大西洋公約組織，並在共產國家周圍部屬軍事基地，採取圍堵政策，防止共產勢力滲透，與此同時，代表美方勢力的國民黨及代表蘇聯勢力的共產黨在中國大陸交戰後，國民黨退守台灣，美國為防止共產黨勢力擴散，定位臺日等位於東亞在中國大陸以東的國家是防衛共產黨勢力的第一島鏈。因此，臺日兩國在這樣同屬美國陣營的歷史淵源下，能源科技、能源政策均受到美國援助，因此能源政策也趨近相似，皆從水力發電開始發展，慢慢的變為水力發電及火力發電並重時期，1980 年代開始發展核電等

DOI:10.6814/NCCU201900917

等，均可看出在電力系統上台日能源的相似性。

三、中東石油依賴：

中東是全世界最主要的生產地區，儲油比例占全球的三分之一，主要分布於沙烏地阿拉伯、伊拉克、伊朗、科威特、阿拉伯聯合大公國及卡達，日本國內石油供應主要源自於中東地區，沙烏地阿拉伯、阿拉伯聯合大公國、科威特、伊朗及卡達，而臺灣主要的石油來源亦是來自沙烏地阿拉伯、科威特及伊拉克，因我國與日本皆是位處東亞且缺乏天然資源的島嶼行國家，兩國石油進口國家及運送路線重疊性高，石油從中東運輸自波斯灣出發，經印度洋，穿越馬六甲海峽，後運送到東亞，其中不論是運送過程或開採產地區域情勢變動都將提高臺日兩國能源安全風險。

四、對核能的態度：

臺日兩國對核能態度，在發生 2011 年發生 311 福島核事件前，不論是社會態度還是政策方向，皆定位核能為降低火力發電汙染及再生能源發展不及之過渡性電源。臺灣方面，1999 年行政院原子能委員會核發核四建廠執照後，雖零星有反核聲量，甚至 2000 年陳水扁總統以反對核四及停止核能使用為政策當選我國總統，都沒有停止核四興建及現役核電廠運轉，直到福島核事件發生後，原子能委員會於 2015 年審查通過，才在 7 月時下令核四封存；日本方面為了能源供應穩定，在福島核災發生前擁有 55 部機組，是僅次於美國、法國的世界第三大核能發電國，從 2003 年時日本當時公布的能源政策，規範日本能源中長期戰略，經 2007 與 2010 年兩次修訂，目標是逐步提升核能發電占比，預期 2030 年核能發電將占 53%，預期溫室氣體排放量減少 25%，直到福島核事件發生後，2012 年 5 月 5 日日本政府才全面停用國內 54 座核子反應爐，以火力發電及再生能源填補電力缺口。以上皆可說明臺日兩國在 311 核事件發生前，對於核能都有相當高的重視與依賴程度。

DOI:10.6814/NCCU201900917

第三節 臺灣能源政策

一、 臺灣能源狀態

(一) 臺灣能源結構

在 1960 年代以前，臺灣主要能源供應以煤炭為主，在 1963 年，煤炭供應占總能源的 60%以上，並且全都來自國產煤炭，以煤炭產業為首支撐各級產業發展，惟當時國際油價低廉，加上國際間，各種機工具開始轉型為石油燃料為主要能源來源，臺灣開始進口廉價且量足的石油，煤炭所占比重大幅滑落，以石油取而代之，1967 年石油占臺灣能源來源的比重達到 43.9%，首度超越煤炭所占比重 42%，自此，石油取代煤炭地位，成為臺灣主要能源來源，於 1977 年達到高峰 80%，後續因兩次石油危機的刺激，加上後續石油價格居高不下，讓煤炭使用率止跌回升，1984 年時石油與煤炭使用比重再次反轉，也在此同時，次年度(1985 年)核能使用比重達到有史以來最高峰 52.4%。

我國 2017 年能源總消耗量約為 1.17 億公秉油當量，也隨著臺灣經濟成長逐步穩定，社會開始追求能源的品質與穩定，2000 年前後，臺灣開始加速天然氣在火力發電及能源總量中的比重，自 2009 年起用量大幅提升；統計從 1990 年開始使用至 2018 年，30 年不到的時間，燃氣發電在能源結構中達到 38.6%，與燃煤發電提供電量相當，成為臺灣電力結構中的主力，反觀核能發電占比為近 35 年來新低；自 2014 年底核一廠 1 號機大修、2016 年 5 月核二廠 2 號機大修，再加上 2017 年 6 月因豪雨沖塌核一廠輸電鐵塔，迫使核一廠 2 號機停機，直至 2019 年 4 月 25 日，核一廠皆未能發電運轉，總總原因皆使 2017 年核能發電量驟降，而核能發電造成的電力缺口主要由天然氣與煤炭補足。

(二) 臺灣能源問題

我國主要能源問題有三：高度仰賴化石性能源、孤島集中單向性電網，不利

DOI:10.6814/NCCU201900917

儲存和他國支援、高碳排放產品不利競爭與環境保護，換言之臺灣能源問題有著高依賴性、高化石性能源及高碳排放等問題，加上在上述問題下，還反常的擁有極低的電價供應，呈現出一個以化石燃料撐起的臺灣經濟，並且以低落的能源效率方式使用，而缺乏長遠政策提高自有能源比例也一直都是臺灣國家發展最大的風險，過去半個世紀以來，能源依賴率一直都是 97~99%，僅有少數水力發電及廢棄物發電能算是自給自足，另外反觀臺灣的核能發電，不僅核燃料依賴外國進口，技術及設備也完全仰賴他國，實不能算是自產能源。

面對全球的減碳、產業轉型、空汙治理轉型等三層壓力，臺灣能源的困境與挑戰是個急需處理的問題，臺灣目前在各類產業的發展中已經達到轉換的臨界點，從 1980 年代開始，因產業政策成功，帶動經濟起飛，為臺灣製造業打下基礎，1990 年代，台商帶著技術與資金，西進大陸，延續代工製造業的優勢，取得市場利基，帶動經濟榮景，然近二十年來，全球化的市場西方國家逐漸走向技術密集的高科技產業，中國則享受了現行製造業的代工優勢，而臺灣卻喪失了各種開闢新徑的機會。

當過去臺灣經濟發展起步的優勢：加工出口、代工製造的技術及商業模式無法再得到優勢時，這些產業的習性卻沒有使臺灣的下一步進程得到更好的發展，欠缺新的壓力根源，導致臺灣產業轉型怠惰(周桂田、林子倫，2016)；高耗能與高污染的產業遲滯發展的情況下，也拖緩了核能產業與石化產業的轉型，整個產業鏈面臨結構上的困境。

二、臺灣近年能源政策轉型

臺灣能源發展歷史最早可以追溯到 1968 年通過「臺灣地區能源發展原則」，並在 1970 年透過此法成立「經濟部能源政策審議小組」，1973 年公布「臺灣地區能源政策」，在第一次國際能源危機(1978 年)發生後(1979 年)第一次修訂「臺灣地區能源政策」，其後每 5~6 年修訂一次，並同年度成立經濟部能源委員會，

DOI:10.6814/NCCU201900917

在波斯灣戰爭發生時(1990 年)進行第三次「臺灣地區能源政策」修訂(林唐裕、蔡欣欣，2010)。

臺灣能源轉型的政策則從 1998 年政府回應京都議定書，首次召開全國能源會議開始，2001 年成立國家層級之行政院永續發展委員會，擬定經濟與社會藍圖、2005 年召開第二次全國能源會議、2006 年召開全國永續經濟會議、2009 年召開第三次全國能源會議、2009 年經濟部推動綠色經濟、《新能源產業旗艦計畫》及《再生能源發展條例》、2010 年行政院推動「低碳經濟」、「低碳社會」發展藍圖，並於 2011 年建構節能減碳行動方案、2011 年因應福島核災，行政院能源局重新擬定，並於 2012 年頒佈《能源政策發展綱領》、2015 年召開第四次全國能源會議並通過《溫室氣體減量及管理法》，於年底提出《國家自願減量承諾》，環保署於 2017 年修正「空氣品質嚴重惡化緊急防治辦法」台電應依空氣品質惡化程度配合燃煤電廠降載，並以燃氣電廠補足，這也造成燃氣發電量開始提升並超越燃煤發電量。

而發展時程可以分成三個部分(林唐裕、蔡欣欣，2010)：

(一) 經濟發展型能源政策階段(1998 年以前)：

此時期能源政策發展特色為支撐經濟成長為首要考量，以穩定能源、提高能源效率、發展能源事業為主軸。

(二) 偏向永續發展型能源政策階段(1998~2004)：

此時期能源政策偏向永續發展，除穩定供應能源等上個階段的政策方針外，增加兼顧環境永續能源政策。

(三) 永續能源政策階段(2005 年以後)：

自 2005 年起，全國能源會議具體行動方案皆已邁向永續能源政策階段，各部會及產業推動皆朝向 3E(穩定、效率、潔淨)目標邁進。

DOI:10.6814/NCCU201900917

然而，近十年來雖然政策發展規劃不斷朝著減碳及綠能的方向前進，但在實質進程上並沒有明顯突破，在制度層面上，我國對於石化產業的補助從未間斷過，根據國際能源總署統計，2013 年臺灣工業電價補貼高達新台幣 321.43 億元(台電，2014)。這種能源補貼政策雖有助於增加臺灣產業競爭力，但長久以來已造成產業缺乏創新動能，僅依賴補貼所造就優勢，維繫產業鏈生存。同時，政府為了繼續穩定國內經濟避免產業外移，除了政策性的能源補貼外，同時也放寬對企業環境管制的壓力，造成企業將環境成本外部化，使得製造研發端欠缺發展高質化產品。

能源政策是蔡英文總統(民進黨)自 2016 年 5 月 20 日全面執政以來，最主要推動的政策。但民眾對此政策報有質疑，不外乎是電價是否因發電模式改變而上漲、提升綠能發電在電業結構中的比重是否會影響供電穩定及品質。對此，蔡政府承諾，基本度數不漲價，確保用電公平；同時將留意物價指數波動、家戶負擔，照顧民生用電需求、減少電價波動；對於用電大戶，不僅需要節電，同時也要減少尖峰時間用電，提升電力供需穩定度，此外，政策性要求五大創新產業(亞洲矽谷、智慧機械、綠能科技、生技醫藥、國防工業)中的「綠能科技」發展(周桂田、張國輝，2017)，這樣的能源政策考量消費層面的節流省電，與國家產業發展能源結構取向，改變過去不重視綠能產業的發展方式，促進臺灣經濟結構及能源結構轉型，同時呼應國際間主流能源思維：能源民主化。擺脫過去傳統經濟低效能、使用非再生能源、高耗材、利益高度集中、對環境高度破壞，及後續帶來高度氣候變化的能源使用結構。

惟再生能源建設同樣面臨到分配正義問題，特別是對於設施附近居民的不利影響及潛在風險，最明顯的例子就是苗栗苑裡「反瘋車」行動，居民抗議風力發電機組架設在居住地區 250 公尺內，低頻噪音對居民造成生活品質上重大的影響；另外，離岸風電機組架設於彰化外海，引起附近漁民的不滿，擔心風力發電機不論是在工程期間對生態環境的影響，還是建設完成後，階段性清潔造成清潔液流

DOI:10.6814/NCCU201900917

入海中，破壞既有的漁業資源。

三、臺灣能源轉型及能源經濟安全的角度

依我國新能源政策推動時程，依照經濟部規劃 2025 年時要將國內既有核能電廠除役，規劃屆時的電力結構為天然氣占總發電量的 50%，煤炭與再生能源分別占總發電量的 30%及 20%，在去除對於核能及降低對煤炭的依賴的情況下，扮演銜接關鍵的天然氣與再生能源卻可能遭遇問題，以下分就天然氣與再生能源發展分述如下：

(一) 天然氣

預估 2025 時，全國天然氣的需求量將達到 2,291 萬公噸/年，預估在 2025 年天然氣發電量達到 50%的情況下，臺灣需增加 8.9GW 天然氣發電裝置容量，這個數字較核一到核四廠裝置容量加總還高，而臺灣天然氣接收站嚴重不足，對於 2025 的目標，天然氣接收站至少還缺少 25%，惟原預定 2022 年完工之接氣站，因環團擔心對海底藻礁造成影響，還須環境評估，完工時間還尚待評定。

再者，臺灣目前燃氣發電近四成(全球第 9)，遠高於全球平均 22%，甚至高於使多自產天然氣國家，若將發電占比提升至 5 成，將會是全球第 4 高，僅次於盧森堡、墨西哥與以色列。臺灣距天然氣產地遙遠，需靠低溫高壓運氣船運輸，現有儲油槽也僅能儲存兩週用氣，夏日電高峰期，也只夠燒 7 天，大量運輸問題、天然氣儲放設備不足問題、發電成本上升問題及半數發電仰賴外國進口能源等問題都需研議與克服(賴品潔，2018)。

(二) 再生能源

1、 太陽能發電：

太陽能發電及風電是臺灣目前最主要的再生能源來源，對臺灣而言太陽能發電最大的問題是土地面積不足，大面積的綠能土地越來越難尋找，

DOI:10.6814/NCCU201900917

2016 太陽能發電在尖峰時間的供電量在 20~30 萬千瓦，2018 年尖峰時間供電量成長至 1200 萬千瓦，兩年間成長 4 倍，看似非常卓越的成長幅度，但是在太陽能科技發展無法快速提高光電效率的前提下，在有限綠能土地面積與降低補助低政策誘因的狀況下，我國太陽能發電成長速度勢必下滑，故太陽能發電電容量提升至預期標準須先克服太陽能建置地點不足問題。

2、風電：根據經濟部能源局統計至 2017 年，臺灣風電裝置容量約 682MW，台電預估預計至 2025 年陸域風電可達 3GW(臺灣電力公司，2019a)，為根據經濟部 2017 年 8 月公布的「風力發電 4 年推動計畫」，當時預期 2017~2020 年可新增裝置容量約 132MW，惟本文撰寫時(2019 年 5 月)，根據臺灣電力公司公布 2019 年 3 月全台風力發電累積裝置容量僅 711MW，兩年內成長率僅 4%，要達到短期(2020 年)及中期(2025 年)的預期標準，恐須更大努力。

第四節 日本能源政策

一、日本能源狀態

(一) 日本能源結構

產業與能源對於國家發展而言關係密不可分，日本選擇發展輸入資源，加以加工、生產、再出口的經濟發展道路，造成國內能源與產業皆過度依賴廉價的石油，而日本的能源大多依賴海外輸入，而石油依存度與石油依賴中東的程度也相當高，使日本能源結構再 1960~1980 這個時期，相較於其他先進國家，可以說是十分脆弱。

1973 年在第一次石油危機發生時期，日本在第一次性能源消費石油就占了 77.9%，在這樣幾乎一面倒的依賴石油的情況下，如果石油停止供應，或者在供

DOI:10.6814/NCCU201900917

應量上受到限制，對於國家經濟發展與民生需求都將造成決定性的影響。除了自我限制節能措施外，特別派遣副總理三木武夫至中東各國，提升與中東產油國之間的關係。雖在相關因應作為之下石油危機的打擊並沒有擊潰日本，但原油價格在兩次石油危機後價格已不比當年，日本經濟在1974年首度在戰後出現負成長，國際收支也呈現大幅赤字，

自 2011 年 3 月發生福島核災後，日本積極發展節能科技及落實節能政策，2016 年的電力需求較 2010 年下滑 11%，雖是短期性且政策性的節能，仍緩解日本在停止使用核能第一年的燃眉之急。而對於長期的預期，日本擬於 2030 年能源消費量要減低至 5,030 萬公秉油當量，能源密集度要較 2012 年低 35%(林祥輝、許雅音，2016)。

除節流外，日本政府亦尋求新的發電來源，再生能源發電量(含水電)大幅增加 35%，再生能源之發電占比從 2010 年的小於 9%上升至 2016 年的 15%，其中水力占 7.7%、太陽光電占 4.7%、生質能占 1.4%、風電占 0.9%、地熱發電占 0.2%。在裝置容量部分，太陽光電達 42GW，並於 2016 年超過核電，若按此速度發展，太陽光電將在未來 1 至 2 年內超過燃煤和水力，成為僅次於燃氣發電的第二大電源(徐造華、左重慶、吳東穎，2018)。電力需求下滑及供給增加之趨勢主要受兩大驅動力影響，分別係「能源效率」與 2012 年 7 月推出之「FIT 補貼制度」(提供再生能源優渥的收購費率)。

提高能源效率發展和再生能源補貼作為「能源轉型」推手，而風電和太陽光電發電成本大幅降低亦扮演相當重要的角色，對傳統綜合電業的經營模式產生重大衝擊。日本 10 家綜合電業已經受到電力需求下降的負面影響，2010 至 2016 年自有電廠發電量減少 20%，大於售電量之降幅 14%。儘管在全日本導入大量再生能源發電裝置(主要是太陽光電)，但十大綜合電業仍依賴傳統發電機組(化石燃料、核電、大型水電)，近幾年再生能源裝置容量僅微幅增加 54MW，且大部

DOI:10.6814/NCCU201900917

分係採增加燃煤、燃氣、水力以替代核能及燃油之能源配比策略，但火力發電中長期將面對全球暖化、排碳限制及能源安全問題，燃料價格波動亦容易造成發電成本大幅變化。日本國內短期則面臨太陽光電和風電之邊際成本較火力發電更具競爭力，故從全系統成本最佳化之經濟調度觀點，再生能源將優先被調度(徐造華、左重慶、吳東穎，2018)。

日本相對於臺灣而言，發展再生能源的先天條件較佳，各種再生能源開發狀況如下：

(1) 太陽能發電：日本自 2012 年實施固定價格躉購制度後，由於太陽能光電優惠價格時間較短，使申請量短時間急速增加，惟亦有後續取得證照後未實際建置設備案件，且電力成本相較於國際水平較高，故於 2016 年又修正了 FIT，修正內容包含新認定制度確認申請案件將確實推動、決定複數年度的躉購價格，以利業者事先規劃、實施競標制度控制電價減輕國民負擔，雖 FIT 制度優惠在再生能源導入初期有助於設備建置與提高參與意願，但中長期來看，再生能源仍須回歸市場機制，才能夠長遠發展。

(2) 風力發電：風力發電在日本電力占比雖低，但成長速度快速，2010 年至 2016 年間占比由 0.36%提高至 0.91%，成長 2.4 倍，惟目前發電成本仍較歐美等國高(平均：8.8 日圓/kwt；日本 13.9 日圓/kwt)，故預計於 2021 年採 FIT 制度全面競標制，由競標價低之業者優先收購電力，將調整價格壓力下放予再生能源業者(福岡臺灣貿易中心，2019)。

(3) 水力發電與地熱發電：水力與地熱發電是日本再生能源發電中，開發較早技術也較成熟的電力來源，目前水力與地熱發電資源開發地區已近乎飽和，對於尚未開發地區，距離電力需求密集區距離較遠，電力供給輸送距離過長，且建置成本較高，無法達到經濟效益，故即便積極推動再

DOI:10.6814/NCCU201900917

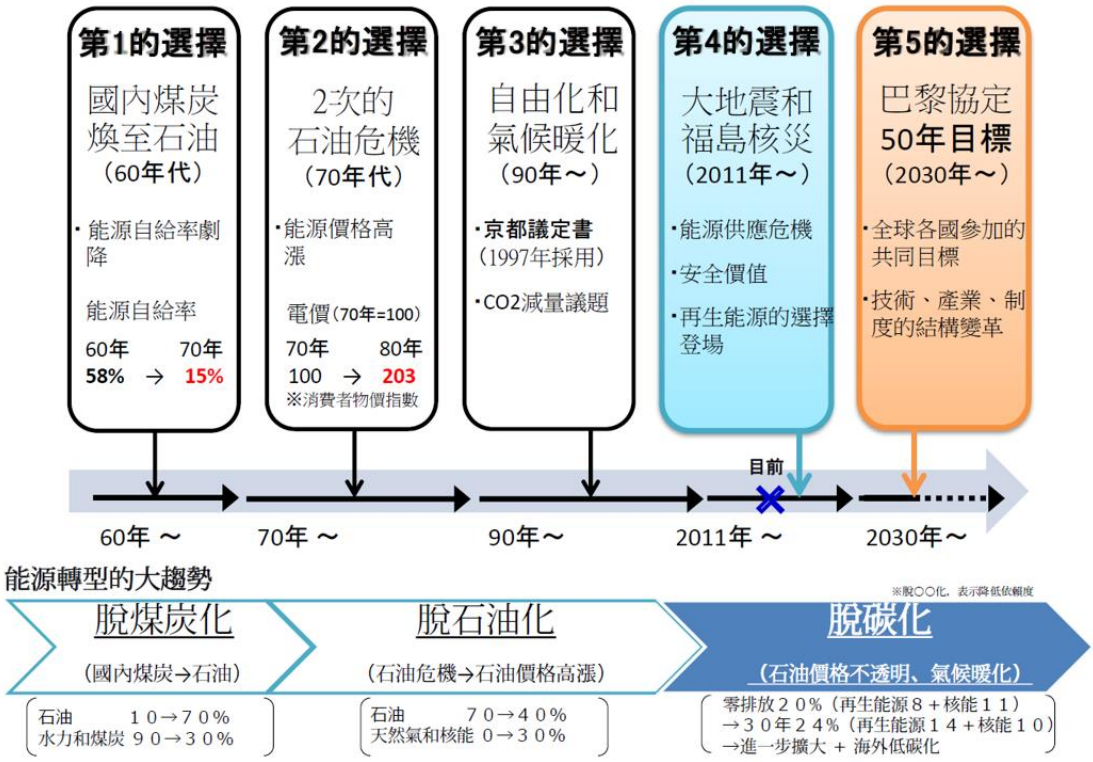
生能源產業發展，水力與地熱發電成長率相對較低。

此外，展望未來日本之能源轉型，國際能源總署(IEA)預測其電業發展前景有兩大方向，第一個方向係日本在能源效率方面仍有很大提升空間，特別在工業和建築領域，IEA 認為為強化日本的能源安全，應優先提高能效。其次，IEA 預測日本整體的發電量未來將不會增加太多，而再生能源成本競爭力持續強化，截至 2017 年 3 月底，FIT 制度下已認證的再生能源發電裝置容量達 105GW(含小水力)，其中 35GW 已併網運轉，70GW 處於待機狀態。惟按 2017 年度 4 月生效的新 FIT 法之認定制度，未運轉裝置其中一部分約 27GW 的容量認證將會被撤銷，但未來仍將新增 43GW 容量併網運轉，俾利達成日本政府設定 2030 年之再生能源發電占比 22%至 24%的目標(IEA，2018)。

日本的電力消費未來增長或削減還尚未可知，但再生能源在發電量占比可望大幅增加，依據 IEA 的預測，保守估計日本 2030 年再生能源（包括水電）發電占比可達 25%，甚至超過 33%。在備用容量充足的情況下，日本重啟核電沒有其必要性，且核電尚有安全升級成本過高，加上 311 核事件後，社會對核電的接受度不高，潛在之延役、除役及核廢料處理等問題都尚待克服。

圖 3-1 、日本能源選擇變化趨勢

DOI:10.6814/NCCU201900917



資料來源：林祥輝 (2018)，頁 4

(二) 日本能源問題

日本是從海底隆起的火山列島，其土地成分並不適合構成石油所需之微生物堆積條件，雖其煤礦有相當的產量，但由於地層結構較曲折，故後期開採並不符合經濟效益，僅能利用高低差地形及豐沛的雨量發展水力發電，這也是日本為何如同臺灣一般，都是自產資源貧乏的國家。1945 年二次世界大戰以後，日本不論經濟或者建設均折損嚴重，為了重新發展努力朝經濟自立目標邁進，廉價的能源成為發展的基本架構，石油對於原本所使用的舊能源(煤炭)而言，發電量更高、燃燒效率更好且易於使用，同時日本自產煤炭開採陷入瓶頸，更加速了日本對於石油的需求，因此日本與此時期大部分國家一樣，對石油需求快速上升，在這個能源需求由煤炭轉為石油的世界性能源變革中，日本進展迅速，除原本的僅是使用石油能源外，亦開始發展石油加工、生產、再輸出的石化工業，在石化工業及一般工業的雙重刺激下 1962 年，能源供應石油首度超過煤炭。

綜整上述狀況，日本主要面臨能源問題主要有下列 5 點：

DOI:10.6814/NCCU201900917

1、自產資源不足：

依據 Oil and Gas Journal 統計，2012 年日本已證實的原油蘊藏量惟 4,400 萬桶，天然氣 7,380 億立方英尺，而據 BP 最新數據顯示，2011 年日本煤炭蘊藏量為 3.5 億噸，假設日本開始使用自產能源，不仰賴進口，僅能維持日本現今能源消費量一年時間，且後期開採並不符合經濟效益(臺灣經濟研究院，2012)。

2、能源過度依賴石油：

日本本身雖有探明發現少量石油資源，卻因開採不符合商業考量，故所有的石油資源都仰賴外國進口，為第三大石油進口國，絕大多數的石油都來自中東，由波斯灣→馬六甲海峽→臺灣海峽路線進口，若地區情勢緊張亦或是產有國出現動盪，將嚴重影響日本目前經濟發展。

3、再生能源銜接不上核電無法補足之缺口：

核能發電的優點在於(1)以全球化的角度來看，核能資源相當豐富。(2)能源供應穩定。(3)燃料補給頻率不高。(4)經濟效率高。(5)不會造成空氣汙染。好處雖多，卻牽涉到許多公共安全、核廢料處理、廢棄融爐處理問題。惟日本核電在 311 東日本大地震後，緊急停止當時日本正在運行的 54 部核電機組運轉，歷經兩年零核時間，深切體認日本缺乏資源，停用核電後國際貿易赤字大增、電價上揚且二氧化碳排放居高不下，是故於 2014 年重啟核電，惟至 2016 年僅有 9 座反應爐啟用，核能電力僅占總體發電量 2%(Abby Huang,2018)，在預期達到 2030 年 22%供電依靠核能的情況下，至少要有 30 作核電機組運作，若未能及時興建電廠，未來將面臨舊電廠屆齡除役等問題。

4、沒有跨國電網：

DOI:10.6814/NCCU201900917

電網系統指的是長距離、低耗損的高壓輸電網，在全球變遷的壓力下，使用低碳排放的再生能源成為國際趨勢，惟再生能源發展有許多限制性因素，諸如地區、氣候等供電不穩定的影響變因，故需要將電力需求及供給的母體擴大，以維持電力供需相對穩定。目前歐洲、美國、中國都已陸續規劃建置超級電網系統，但目前日本與相同臺灣都面臨無法建置大面積、長距離的電網系統的問題(李沛濠、陳庚轅、莊雅婷、李依蓉，2011)。

5、FIT 補貼制度造成財政負擔：

FIT(Feed-in Tariffs)躉購費率制度，是政府鼓勵再生能源發展的價格工具，指政府使用固定價格長期購電合約補貼再生能源產業發電成本的一種方式，收購金額會因再生能源種類發展成熟程度，調整政府補貼金額高低。

不論臺灣還是日本的 FIT 制度都面臨同樣的問題，即 FIT 的補貼來源不足，對政府造成巨大的經濟與財政負擔，臺灣的再生能源電力收購資金來自於再生能源發展基金，而日本透過全民附加電價方式籌集資金，透過向終端用戶徵收再生能源附加費的方式維持 FIT 制度。FIT 除了資金問題外，還面臨阻礙市場自由化發展的弊病，在 FIT 政策持續補助下，雖可以快速建置再生能源機組，但對於後續研發、精進及產業永續發展都有不良的影響(莊昇勳，2018)。

二、日本近年能源政策轉型

(一) 能源政策轉型契機

1973 年石油危機發生時，日本政府警覺不能再單單靠石油支撐日本經濟成長，同年 8 月產業技術審議會對於能源技術開發的方向做了意見諮詢，次年 3 月制定了「陽光計畫」(煤液化、瓦斯化及太陽化)開發科技。1980 年制定石油替

DOI:10.6814/NCCU201900917

代能源的開發導入相關法律，設立綜合開發機構(NEDO)。NEDO 實行太陽能發電，燃料電池、煤炭液化、瓦斯化等技術開發及海內外煤炭、地熱調查。

1993 年開始「新陽光計畫」，將太陽能相關產業發展列為國家發展重要項目之一，此計畫目標是提高太陽能發電效能與成本降低；1994 年 12 月將能源議題列入國家全體基本方針：「新能源導入大綱」，此大綱中心能源代表太陽能發電、廢棄物發電等。

1995 年施行第 1 次電氣事業改革，主要內容為開放獨立發電業市場，並允許創設特定電氣及直供發電業；1999 年第 2 次電氣事業改革，引進部分電力零售競爭，開放 20KV 大型工廠契約容量 2000KW 以上用戶用電選擇權，並引進代輸規範，電力公司發輸配會計獨立；2003 年第 3 次電氣事業改革 ，擴大開放 500KW 以上用戶用電選擇及 50KW 以上用戶零售競爭，並成立躉售電力的日本電力交易所，及提升配送電部門之公平性與透明性，導入行為規制；2008 年第 4 次電氣事業改革，本次改革主要檢討電力市場自由化的影響，認定繼續擴大範圍(50KW 以下)將不利於住宅用戶，決定電力零售全面自由化延緩實施，取而代之，更進一步自由化方向，朝向管制機構改革並引進代輸費率系統修訂，提升競爭性；2013 年第 5 次電氣事業改革，此次改革成立「電力廣域營運推進機關」，完全開放電力零售競爭、輸電系統法定分離確保中立，有關零售自由化預於 2020 年開始實施(日本經產省，2015)。

(二) 日本能源政策

日本在福島核災後，原訂於 2030 年達到所有核電機組能夠停機，卻導致日本發生燃料成本上漲，國際貿易赤字大幅提升，國家財富外流，經濟惡化等負面效果，在 2013 年的貿易逆差相較於 2012 年增加 65.4%，達到 11 兆 4803 億日圓，各家電廠調漲電價 5~17%，最後日本首相安倍晉三上任後重新檢討核電政策，宣布政府會在安全無虞的情況下，再啟核能發電。

DOI:10.6814/NCCU201900917

日本內閣會議於 2018 年 6 月 8 日核定 2017 年度能源年度報告—「能源白皮書 2018」，其係依據能源政策基本法第 11 條之規定，自 2004 年 6 月起每年須向國會提出前一年度能源相關政策實施概況和能源情勢變化的報告書。此份能源白皮書包括三大部分：能源面臨的情況與主要對策、國內外能源動向、2017 年度能源供需政策施行概況，摘述如後：

1、能源面臨的情況與主要對策：

311 日本大地震後，對於核事件善後的作為，與檢討 2030 年能源結構進展和 2050 年的能源情勢變化。自 2017 年 8 月起，開始檢討能源基本計畫增修，除檢討近期 2030 年能源結構設定目標與挑戰外，也因應「巴黎協定」簽署生效後，對於遠期 2050 年能源情勢與結構變化做調整，如設置「能源情勢懇談會」，由遠期目標來設定近期之政策方向，將結果納入「能源基本計劃草案」。內容說明資源和燃料政策、推動節能工作、導入大量再生能源、能源系統改善與建置及未來核能政策

2、國內外能源動向：

能源供需概要、部門別能源消費動向、初級能源動向、二級能源動向、國際能源成本的比較等國內外的能源供需資料。

3、2017 年度能源供需政策施行概況：

2017 年，基本能源政策目標有加強與資源供給國家的關係、改善資源採購條件，降低能源成本、促進國產資源的開發、促進回收利用和加強儲備制度、需求端能源資源的有效使用、固定價格買取制度(FIT)的適切運用、加強導入開發期長的電源、促進分散式能源系統使用再生能源、擴大導入再生能源、核能面臨的環境和政策對應、福島的再生與復興、提升核能使用的安全性、電力系統、瓦斯系統和熱供給系統的改革、促進

DOI:10.6814/NCCU201900917

高效率煤炭和液化天然氣(LNG)火力發電的有效使用、重新建構石油產業和液化石油氣(LPG)產業的事業基礎、推動戰略性技術(再生能源、核能、蓄電池及氫能)開發。

2018 年 6 月日本政府公布最新的「五年能源計畫」，其中引人注目的焦點無非是 2030 年各能源別的電力占比，分別是燃煤 26%、天然氣 27%、核能 20~22%、再生能源 22~24%，其中再生能源將由 2016 年的 15%提升至 22%，核能則由 2% 增加至 20%，逼近福島核災發生之前的比重。

表 3-1 、日本再生能源導入進展

	導入量 (萬 kw)	FIT 實施前導入量+FIT 認定量(萬 kw)	2030 年度電源結構目標 (萬 kw)	目標達成率
太陽光電	4,450	7,570	6,400	70%
風力	350	910	1,000	35%
地熱	54	60	140~155	37%
中小水力	970	980	1,090~1,170	86%
生質能	360	970	602~728	約 54%

資料來源：林祥輝、許雅音(2018)，頁 14

日本的核電雖然存在許多不確定因素，但有一點可以肯定的是，新能源計畫中 2030 年的核電發展目標要達成是非常困難。要達到這份計畫定下的目標，必需要有大約 30 座反應爐（相當於 30GW 裝置容量）運轉。現有仍可運作的 39 座反應爐中，只有 26 座已經向 原子力規制廳(NRA) 提出審查申請重新運轉，

DOI:10.6814/NCCU201900917

其中至少有 6 到 14 座反應爐不會重新運轉，而且到 2030 年將有 10 座反應爐必須申請將服役年限延展至 40 年以上，才有可能維持住電力占比 22%的發電量。即便有諸多不確定性，在福島核災後日本已經宣告永久關閉 15 座反應爐，而現有的這 39 座反應爐中也有 16 到 34 座有可能在 2030 年會宣告除役，僅剩 5 座會繼續運作(日本綠色和平組織，2018)。

根據日本綠色和平組織推算，到 2030 年日本即便要維持 8%到 10%的核電占比，都表示 NRA 得批准數座反應爐延長服役年限到 60 年以上，並完成所有興建中的發電廠，同時克服民情普遍反對核能輿論壓力。在福島核災之後，所有新增的核能反應爐都將在社會上引起激烈反彈，較難有機會花費動輒上兆日圓的經費興建核電廠。考量種種客觀因素，2030 年日本的核電占比極有可能不到電量占比的 10%，新的 5 年計畫中規劃的核能電量實難達標。

第五節 小結

21 世紀開始，全世界面臨各種與以往不同的大規模天災，洪災、乾旱、颶風等大規模的災害，在經濟、政治接受到巨大影響的情況下，綠色能源推廣被迫前進，前進往低碳能源、經濟與社會的轉型。轉型的過程從 1992 年里約地球高峰會，2015 年的巴黎協議，呼籲全球降低碳排放量，期間多種國際社會間不論是政府或是非政府組織發起的能源改革，皆朝向再生能源發展。能源民主化概念也同時興起，提出的概念是希望未來使用能源的方向應開始排除石化燃料，生產方式應該更著重於自然環境的永續經營；而能源民主化的轉型過程強調更廣泛的民眾參與權利。美國學者 Sovacool 指出能源正義包含了幾個原則(1)可獲取量(2)可承受力(3)適當的程序(4)資訊公平(5 使用審慎(6)世代間公平(7)國家責任。能源轉型的意義並非單純的從化石燃料轉換成再生能源，這種發電方式的轉變，更強調能源系統所有權的改變，從企業獨裁轉換為集體性、公眾性的控制方式，而能源轉型需要解決能源市場、社會技術及政治政策等三項變數，可以透過資金由化

DOI:10.6814/NCCU201900917

石燃料產業轉移至再生能源產業達成。

臺灣主要面臨能源問題有三：高度仰賴化石性能源、孤島集中單向性電網，不利儲存和他國支援、高碳排放產品不利競爭與環境保護，凸顯出高依賴性、高化石性能源及高碳排放等問題，過去半個世紀以來，能源依賴率一直都是 97~99%。面對全球的減碳、產業轉型、空汙治理轉型等三層壓力，臺灣目前在各類產業的發展中已經達到轉換的臨界點。臺灣能源轉型可以分成三個階段：(1)經濟發展行能源政策階段(1998 年以前)(2)偏向永續發展型能源政策階段(1998~2004)(3)永續能源政策階段(2005 年以後)。能源政策是民進黨自 2016 年 5 月 20 日全面執政以來，最主要推動的政策，惟再生能源建設同樣面臨到分配正義問題，依照經濟部規劃 2025 年要將國內既有核能電廠除役，規劃屆時的電力結構為天然氣占總發電量的 50%，煤炭與再生能源分別占總發電量的 30%及 20%，其中扮演重要角色的天然氣、太陽能及風力發電卻可能遭遇到天然氣儲放設備不足問題、太陽能建置地點不足、風力發電裝置容量發展速度不如預期、發電成本上升問題及半數發電仰賴外國進口能源等問題。

1945 年二次世界大戰以後，日本在國際油價低廉及煤炭工業遇到瓶頸雙重推力下，加速日本對於石油的需求，並對發展加工、生產、再輸出的石化工業，對此日本主要面臨能源問題主要有下列五點：(1)自產資源不足(2)能源過度依賴石油(3)再生能源銜接不上核電無法補足之缺口(4)沒有跨國電網(5)FIT 補貼制度造成財政負擔。2011 年 3 月發生福島核災後，日本積極發展節能科技及落實節能政策，亦尋求新的發電來源，再生能源之發電占比從 2010 年的小於 9%上升至 2016 年的 15%，電力需求下滑及供給增加之趨勢主要受兩大驅動力影響，分別係「能源效率」與 2012 年 7 月推出之「FIT 補貼制度」。日本在福島核災後，原訂於 2030 年達到所有核電機組能夠停機，卻在各方經濟、能源壓力下，日本首相安倍晉三上任後重新檢討核電政策，宣布政府會在安全無虞的情況下，再啟核能發電，2018 年 6 月日本政府公布最新的「五年能源計畫」中提到，2030 年

DOI:10.6814/NCCU201900917

各能源別的電力占比，分別是燃煤 26%、天然氣 27%、核能 20~22%、再生能源 22~24%，其中再生能源將由 2016 年的 15%提升至 22%，核能則由 2%增加至 20%，逼近福島核災發生之前的比重。日本的核電雖然存在許多不確定因素，但多數資料顯示，目前日本核能電廠能夠運轉的機組實難達到 2030 年預期目標。

國立政治大學
National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU201900917

第四章、 經濟安全下臺日能源政策比較

臺日能源狀況皆有自然資源不敷使用狀況，雖日本自然資源相對充足(少量的煤炭與石油)，但能源自給率也僅 7%(根據國際能源總署統日本的整體能源自給率 7%，是所有國家中排名倒數第 8，臺灣 11%排名倒數第 11)，但主要還是仰賴中東地區，不論從 20 世紀中期主要能源從煤炭轉為石油，自產轉換為外購，且經濟發展至今，亦為僅少數國家中發展核能，且占比約 20%，面臨能源轉型階段，脫石油、能源多樣化成為努力的目標，且臺日兩國皆採獨立電網、地震多、颱風多，經歷過 311 東日本大地震所引發的核事件後，輿情壓力及政策方向都以 2030 年為目標，致力發展再生能源產業，並且都以太陽能發電及風力發電為主要的發展方向，本章節將以經濟安全觀點比較臺日兩國能源政策發展方向。

第一節 311 東北大地震的影響

一、311 東北大地震

2011 年 3 月 11 日，日本時間 14 時 46 分，宮城縣牧鹿半島東南方約 130 公里的西北太平洋海域發生地震矩規模 9.0 的地震，震源深度約 24.4 公里，是有紀錄以來在日本所發生規模最大的地震，引發最高 40.1 公尺的海嘯，東北三縣包含宮城縣、岩手縣、福島縣及茨城縣等地沿海都遭受海嘯衝擊，包含氣仙沼市油槽引發大火、仙台機場被淹沒以及福島核電廠遭海嘯破壞，爆炸導致輻射外洩。日本首相菅直人宣稱，此次震災堪稱二次大戰以來，日本所面臨最嚴重的危機也是日本有史以來成傷亡及經濟損失最慘重的自然災害之一，此次震災不僅造成日本受災廠商被迫停工，影響面板原料、矽晶圓、金屬材料、曝光設備及汽車零組件等生產活動，而且嚴重衝擊日本電力供應，因此造成日本 3 月工業生產月減率達 15.3%，創 1953 年以來的最大跌幅。所導致日本的經濟損失，估計至少達 1,800 億美元或 GDP 的 3%(李榮謙、朱美智、黃麗倫、陳星豪，2011)，東北地震不僅造成受災廠商被迫停工，並嚴重衝擊日本電力供應，福島第一核電廠的核

DOI:10.6814/NCCU201900917

能災變，致日本實施戰後以來首次的限電措施、供應鏈中斷等，年度日本經濟成長率下修 1.1 個百分點。

本次地震所引發災情中最受矚目的即是福島核災，主震 30 分鐘後巨大的海嘯逐次沖襲岩手、宮城、福島、茨城等縣的沿海地區，造成約兩萬人在海嘯中被吞沒，福島縣大熊町的福島第一核電廠（以下簡稱為福島第一）的一號機至三號機反應爐立即自動停機，爐心冷卻裝置因為廠區停電而停止運轉，停電時應會啟動的緊急爐心冷卻裝置（Emergency Core Cooling System, ECCS）也因為隨後發生的大海嘯的灌水造成發電機、冷卻泵浦、電源盤淹沒，廠內的緊急備用柴油發電機失效而無法運作；福島第二核電廠（以下簡稱為福島第二）的 ECCS 雖然順利運作，但是其他設備可能受損。由於冷卻裝置停止屬於《原子能災害特別措施法》規定的緊急狀態，因此中央政府於 19 點 3 分發表緊急狀態宣言，設置與緊急災害對策本部平行的針對福島第一的原子能災害對策本部，並要求距離福島第一半徑 3 公里以內的居民迅速避難，半徑 3 公里至 10 公里內的居民留在室內，不要外出；12 日凌晨 5 點 44 分又下令半徑 10 公里以內的居民撤離。可是福島第二的第一、二、四 號機於 12 日 5 點起陸續出現了無法控制爐心壓力的問題，中央政府於清晨針對福島第二發布原子能緊急狀態宣言，並要求距離福島第二半徑 3 公里以內的居民撤離，當時東電認為，如果實施降壓，反應爐將無法再次使用，只要恢復冷卻系統的運作，就不需要進行降壓，惟災害影響比想像中嚴重，冷卻系統仍無法修復而一至三號機組更因無法冷卻造成反應爐心的熔毀，接下來一、三、四號機組的氫氣爆炸，反應爐上方的結構物破損造成大量放射性物質蔓延至大氣中。日本政府隨後下令引海水冷卻反應爐，也意味反應爐將無法修復(黃偉修，2012)，此次東北地區震災受到影響的核電設施共計五座電廠 15 個機組，其中東京電力福島第一核電廠受到顯著之災害，被國際原子能總署(IAEA)列為等級七，屬於最嚴重之事故(日本社團法人都市環境能原協會，2012)。

這場地震引發前所未有的複合式災害，強烈大地震首先衝擊日本國土，伴隨

DOI:10.6814/NCCU201900917

著 40 公尺高的海嘯，與東京電力核電廠的事故，據日本警視廳統計，因 311 大地震、海嘯襲擊的罹難人數為 15,868 人，失蹤 2,848 人，343,935 人遷外避難，105 萬幢以上的建築物遭受破壞，8 年後仍有 5 萬人住在安置所，因災害造成的破壞太嚴重，日本政府設定 311 大地震的災後復興期為十年，依據政府於 2011 年 7 月「東日本大地震後的復興基本方針」的推估，復興的事業規模預計於十年間需花費 23 兆日圓，其中前五年至少要占 19 兆日圓，期望到 2021 年 3 月將會完成地震的災後復興，但由於災害損害過於龐大，復興廳於 2018 年評估 2021 年以前，無法完成全面性的重建，故打算成立「新復興廳」接手原重建工作，重建工作遇到的主要困境有：難以尋找可用地、原料成本上漲、重建人力不足、土地加高工程耗時，導致重建工作推展緩慢(每日頭條，2019)

二、對日本能源政策影響

自 2011 年 3 月發生福島核災後，日本 2016 年的電力需求較 2010 年下滑 11%，而再生能源發電量(含水力)大幅增加 35%，因此再生能源發電占比從 2010 年的小於 9%上升至 2016 年的 15%，其中水力占 7.7%、太陽能發電 4.7%、生質能占 1.4%、風電占 0.9%、地熱發電占 0.2%。在裝置容量部分，太陽能發電達到 42GW，並於 2016 年超過核電，若按此速度發展，太陽光電將在未來 1 至 2 年內超過燃煤和水力發電，成為僅次於燃氣發電的第二大電源(徐造華、左重慶、吳東穎，2018) ，此次核災的發生讓日本國內的反核運動達到前所未有的高潮，但有鑑於替代性能源之不足，電力供應的限制嚴重影響經濟發展，政府當初所採取的方向是較為實際的「逐年減低對核電的依賴」政策。

新的能源政策的制定在 2015 年 11 月，日本期望透過改革能源系統與實現 2030 年理想能源組合，擴大能源投資，以求達到減少二氧化碳排放、提升能源效率與經濟成長的三重目標。政策內容與方向著重在降低核能發展、提升再生能源發電占比、降低整體能源消耗、提高火力發電發電效率，並降低火力發電對環

DOI:10.6814/NCCU201900917

境之危害，達到節能減排，並提供高效穩定的電源。

福島核災對於日本能源政策的影響是最直接也影響最大的，從 2003 年時日本當時公布的能源政策，規範日本能源中長期戰略，經 2007 與 2010 年兩次修訂，目標是逐步提升核能發電占比，預期 2030 年核能發電將占 53%，預期溫室氣體排放量減少 25%；2011 年福島核災發生後，日本緊急關閉核電，突然失去原本預期的主力發電來源，日本緊急增加火力發電供應，並且於用電吃緊時實施分區式斷電，開始緊急研議與過去完全不同的能源結構政策，在 2012 年 5 月，日本因缺電及龐大的燃料費用支出壓力下，日本政府核准關西電力公司大阪核電廠重啟。2014 年日本因應福島核災制定了新版能源基本計畫，考慮到 2011 年發生之重大災變，將能源基本政策定調為「3E+S」，即在安全(Safety)的前提下，確保能源供應穩定(Energy Security)，提升經濟效率(Economic Efficiency)，並提高環境保護要求(Environment)，但由於是時日本尚未完全啟動核能發電機組，未來的能源結構尚未確定，真正確定能源結溝方向的是 2015 年制定的能源改革新策略，所發布內容中有關鍵的「2030 電力供應組合」，其中天然氣、煤炭、石油占比下降，核能回升，再生能源占比顯著提升。

三、對國際的影響

311 東日本大地震發生後最直接的影響就是國際能源價格，日本是世界第 3 大原油消費國，與第二大原油進口國，福島核電廠關閉導致日本超過 26%的發電量受損，日本進口的化石燃料需求驟升，導致國際原油價格上升。而核事故本身對於國際間近年來因石油價格高漲、全球暖化及空氣汙染等外部效果所推升的核能復興造成很大的衝擊，尚未擁有核能發電的國家開始放棄原有的核計畫，已經擁有核能的國家開始思考封閉正在運轉的核電廠，福島核事故讓世界各國對核能帶來許多新的質疑與輿論的反彈，而其中影響最大的就是離災區日本最近的亞洲各國，開始思考核能加上自然災害形成的複合式重大災害，也反向的使各國提升

DOI:10.6814/NCCU201900917

對於化石燃料需求，刺激再生能源產業與軟硬體科技研發，以下針對福島核事件後各國對於能源政策的影響作簡略的分述。

我國在福島核事件發生後，行政院原子能委員會於松山、桃園、小港等機場檢測入境國民和外國旅客放射線劑量，並加強檢驗日進口各類商品放射值；民間、政界開始對於現行運轉的核一、核二提出公共安全風險的質疑，並重新檢視核能發電在我國能結構中的地位，於 2017 年時通過電業法修正，確定「綠能先行」與「2025 非核家園」的政策目標，預期在 2025 年朝向非核家園目標邁進，並為此提高再生能源與天然氣發電在我國能源結構中的比重。

中華人民共和國剛通過不久的十二五規劃把新能源作為重點發展產業，而在規劃中核能又是整個新能源規劃的重點產業，惟本次日本核災發生後，讓中國核電發展受到嚴重衝擊，事實上中國目前運行的核電機組與日本本次爆炸的福島核電廠一樣，皆屬二代核電設備，採用電力推動式安全冷卻系統，及以備用電力推動冷卻水循環流動來冷卻反應爐，3 月 16 日總理溫家寶開國務院會議，針對福島核災進行相對應的緊急處理，會議中決議：(一)立即對中國核設施進行全面安全檢查(二)加強正在運行的核設施安全管理(三)全面審查在建核電站(四)在核安全規劃批准前，暫停審批核電項目(紀碩鳴，2011)。

德國反核思維可以追溯到 1986 年車諾比核電廠外洩事件，透過輿情與民意機關推動下，在 1998 年德國提出非核計畫，2002 年國會正式通過廢核法案，在 2010 年時原本德國境內共有 17 座核電廠，總發電量約占 22%，當時德國總理梅克爾宣布需要將電廠除役時間延後，以求能源供給保持穩定，隔年 3 月，福島核災發生，德國反核民意更甚全球多數國家，在民意壓力下，德國政府決定回復原訂廢核時程，預定 2022 年，將現有 17 座核電廠全數關閉。

南韓近年為求經濟發展與滿足民生需求近年來亦廣推核能發電，南韓電費分成相較於其他鄰近國家低廉，核能發電在南韓雖有逐年微減的趨勢，但仍是主要

DOI:10.6814/NCCU201900917

的發電來源，2018 年 8 月南韓遭熱浪侵襲，用電高峰期電力需求高達每小時 8,830 億度，其中三分之一由國內正在運行的 24 座核電機組供應，比例僅次於法國為世界第二，比例雖高核電廠問題也接連發生，最老舊的釜山古里電廠自 2011 年起接連發生機組故障、意外斷電、管理疏失，甚至出現工作人員委託小公司生產山寨組件、進行跨電廠間出售而賺取回扣等不法事件，雖是如此但南韓民間對核能的反彈聲量卻不如臺灣，因長期依賴核能所帶來的超低電價加上政治人物官官相護的洗腦及宣傳，導致南韓能源政策轉型困難，即便在福島核災發生後，反核聲量僅在學界發酵，社會尚未達到高度共識的情況下，要說服民眾擺脫核能，提高電價幾乎是不可能的(楊虔豪，2013)。

歐洲各國對針對福島核事件也都有相對應的核能政策產生，法國電力公司原計畫 2018 年在英國修建一座新的核電站，目前受英國官方阻撓，預計重新核審；瑞士原訂新建 3 座核電站，以替代 5 座電站除役，此計畫也因安全標準需重新評估而暫被擱置；歐盟總共約 150 個反應爐，半數分布在內陸地震帶，這使各國政府、民眾產生對核能的恐慌，此次核事件讓各國重新認識核能事故的恐怖，使歐洲各國核計畫難以再推行(台電核能月刊，2018)。

福島核災雖造成嚴重的災難，仍有國家堅持擁核立場，印度就是最好的例子，印度核工業建設不透明度加深了公眾不信任程度，政府並沒有相關機構來監督公共設施建設過程與驗收結果，印度核電公司的東家原子能部管著原子能管理局，人民對於核能的陳情都需要項此部門投訴，惟民眾根本無法得到透明與正確的資訊，印度透過國家機密保護法，保密所有核能相關資訊，並法辦抗議核能電廠興建的民眾，禁止民間社運團體、個人進入該區域；最令人感到質疑的是該核電廠使用全球其他地區從未使用過的裝置—漸進型動力堆，該模型首見於芬蘭，現今仍在修建當中，惟修建過程中困難重重，遲遲無法完工。令人擔心的還有該核電廠地處於中度危險級的三級地震帶，雖較福島的五級地震帶相對安全，但在這個區域 15 年之內曾發生 2 起嚴重海嘯，並且此核電廠建設區域為農業與漁業極富

DOI:10.6814/NCCU201900917

饒之區域，引起民眾更高的反彈，但這些考量都阻止不了印度當局蓋電廠的決心，該電廠在 2018 年底已開始動工，並預劃於 2022 年完工，解決目前印度至少兩億人缺電的情況(張玉潔，2018)(喬伊迪普格普塔，2011)。

表 4-1 、全世界運轉中核能發電機組現況

國家	機組數	淨裝置容量/MW	國家	機組數	淨裝置容量/MW
美國	99	99,952	瑞士	5	3,333
法國	58	63,130	巴基斯坦	5	1,318
中國	44	40,488	芬蘭	4	2,769
日本	42	39,752	匈牙利	4	1,889
俄羅斯	37	28,264	斯洛伐克	4	1,814
南韓	24	22,494	阿根廷	3	1,633
印度	22	6,255	保加利亞	2	1,926
加拿大	19	13,554	巴西	2	1,884
烏克蘭	15	13,107	南非	2	1,860
英國	15	8,918	墨西哥	2	1,552
瑞典	8	8,620	羅馬尼亞	2	1,300
德國	7	9,515	伊朗	1	915
西班牙	7	7,121	斯洛維尼亞	1	688
比利時	7	5,918	荷蘭	1	482

DOI:10.6814/NCCU201900917

中華民國	6	5,052	亞美尼亞	1	375
捷克	6	3,930	總計	455	397,649

資料來源：台電核能月刊(2018c)，頁 14

表 4-2 、全世界興建中核能發電機組現況

國家	機組數	淨裝置容量/MW	國家	機組數	淨裝置容量/MW
中國	13	13,042	日本	2	2,653
印度	7	4,824	烏克蘭	2	2,070
俄羅斯	6	4,573	斯洛伐克	2	880
阿拉伯聯合大公國	4	5,380	孟加拉	2	2,160
韓國	4	5,360	芬蘭	1	1,600
美國	2	2,234	巴西	1	1,340
巴基斯坦	2	2,028	土耳其	1	1,114
中華民國	2	2,600	法國	1	1,630
白俄羅斯	2	2,220	阿根廷	1	25
			總計	55	55,733

資料來源：台電核能月刊(2018c)，頁 15

第二節 臺灣與日本能源安全

一、臺日能源安全比較

DOI:10.6814/NCCU201900917

依本文第二章、第二節之一所提在考量能源安全的情況下，能源政策的制定可透過 6 個出發點來思考包含：供應穩定、經濟效率、能源價格、環境保護、發展研究、安全使用，本段將依此面向進行分析。

(一) 供應穩定

日本由於再生能源發展與核能發電回復使用，燃油發電量下降，得以使石油占比在 2019 年時達到連續四年下降，1965 年以來首次降至 40%以下，日本對石油的依賴程度是 93.6%相較於其他已開發國家而言非常高，所以穩定供應是日本主要的問題。

為確保資源穩定供應，日本政府積極發展外交，聯合資源探勘局(JOGMEC)透過上游投資獲取海外資源利益，日本亦使用金融商品進行避險，石油、天然氣、甲烷水合物等重要能源，多樣化能源結構與能源來源，積極發展新一代的火力發電燃料，並擁有全世界最高天數的石油儲備，只要區域情勢維持穩定，日本確有能力保障國內能源短期穩定供應。

我國行政院 2018 年於立法院提出施政報告中，將能源供應穩定針對電力供應穩定提報，透過火力發電機組檢修與興建、再生能源占比提升、智慧電表建置、鼓勵自主節能及在太陽能發電密集區建立儲能電池系統，等方式來維持電量供應穩定。

惟臺灣能源供應穩定面臨的問題不僅有電力供應穩定，對於臺灣來說，石油依賴程度與日相當，在全球石油進口排名第 15 位，在無自產能源的情況下，不論是核原料或是化石燃料都需要仰賴國外進口，石油多從中東地區(沙烏地阿拉伯、科威特、伊拉克及伊朗)，經馬六甲海峽運輸，而未來能源最重要的主體天然氣，則由卡達、印尼及馬來西亞進口，值得一提的是，天然氣自卡達進口超過 40%，對於單一國家依賴率非常高，未來在臺灣天然氣發電要占總發電 50%時，若仍已超過 40%的比例持續向單一國家進口天然氣，對於維持我國能源供應恐是

DOI:10.6814/NCCU201900917

一大隱憂。

為了達成 2025 年天然氣占比達總供電量 50%，依目前臺灣天然氣接收站儲存槽容量，無法負荷的起如此巨大發電量的天然氣，故選址於桃園觀塘工業區，於 2018 年開始興建第三天然氣接收站，預計 2022 年完工，2023 年啟用，用來滿足新增的天然氣需求，惟再 2017 年 6 月初，學者意外的在觀塘工業區大潭藻礁發現第一級保育類珊瑚礁「柴山多杯孔珊瑚」，因涉及生態保育，在環境保護團體的抗爭下，造成第三天然氣接收站興建工程延宕，直到 2019 年初，經修正建築面積，降低對藻礁危害風險後，環境評估終於通過，於 2019 年初已開始興建，經濟部長沈榮津表示第三天然氣接收站仍規畫於 2023 完工。

(二) 經濟效率

為衡量各國能源效率政策表現，美國能源效率經濟委員會自 2012 年起，挑選全球能源效率表現較高的國家，每兩年進行國際能源效率評分，根據 2018 年 6 月份發表的全球能源效率計分卡，各項評分與排名分別就國家效能、建築、工業及運輸等 4 個領域提出 36 個政策績效指標進行評分，內容略為能源密集度變化、節能投資、節能目標等，日本與臺灣分別為全球第 5 名及第 9 名)，針對國家效能部分，以能源密集度做為比較依據來檢視國家能源使用效率最有效果，即是檢視國家每單位 GDP 所消耗的能數量，根據 IEA 統計資料，世界各國能源密度接逐年下降，顯示能源效率都逐年上升，資料顯示臺灣 2015 年能源密集度為 0.11，日本則為 0.10，近 5 年平均下降速度，臺灣 2.95、日本 2.87(吳雨寰，2017)，顯示台、日兩國在能源的經濟效率表現中，工業技術及國家政策兩個項目表現十分相近，主要原因為臺日兩國在產業結構類型相似，臺灣一、二、三級產業產值分別為 1.77%、32%、66.9%(行政院主計總處，2019)；日本則為 1.2%、27.5%、71.4%(日本經產省，2019)。

(三) 能源價格

DOI:10.6814/NCCU201900917

因臺日皆為能源進口國，故國際化時燃料價格對兩國差異不大，惟發電結構與政府補貼政策會造成民生用電及工業用電價格的不同，本項將從電價及政府補貼層面探討台、日兩國在能源價格上的能源安全比較。

下表為臺灣與鄰近國家電價比較：

表 4-3 、我國與鄰近國家電價比較

年分	2016 年		2017 年	
用電別 / 國家	住宅用電	工業用電	住宅用電	工業用電
臺灣	2.5679	2.4491	2.4793	2.3874
中國	2.6656	2.8407	2.6203	3.0873
馬來西亞	2.7493	2.9911	2.3026	2.5954
南韓	3.8475	3.0410	3.3213	2.9986
新加坡	4.4212	3.1322	4.8445	3.0424
菲律賓	5.9336	4.0333	8.1950	5.8400
日本	7.1597	5.1027	6.8854	4.9613
計價單位：新台幣				

資料來源：臺灣電力公司 (www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=213&cis=351&cchk=1b3321ee-37c3-4811-9d4d-a1bb215f33c8)，2018

依據上表顯示，臺灣電價幾乎是全亞洲最便宜，雖有利能源安全與維持物價穩定，卻未真實反映電價成本，因法案規範臺灣電價漲幅，導致台電在國際化石

DOI:10.6814/NCCU201900917

燃料上漲時並不能及時跟上國際漲幅，台電自 2018 年開始平均每度電賠 0.06 元，自 2019 年起，每度電賠 0.4 元，統計至 3 月時已虧損 173 億元。(臺灣電力公司，2019b)再者，目前多篇報載指出台電因政治性考量將核電的建設成本、核廢料處理成本及電廠除役成本低估，或使用會計手法將建設硬體設施費用採用了偏頗的折舊，導致帳面上看來核電價格低很多。

發電成本的組成項目有(林祥輝，2015)：

1、資本費：包括建設費、固定資產稅、水力權使用費、設備廢棄費用等。

2、維運費：包括人事費、修繕費、廢棄物處理費、消耗品費、租賃費、委託費、保險費、雜支、業務分攤費等。

3、燃料費：燃料採購費用，核電包含核燃料再處理與儲存費用。

4、追加安全對策費(核能)：日本在福島核事件後，針對核能相關設備，為因應防範或維護核能相關設備所追加之安全對策費用。

5、二氧化碳對策費(化石燃料)：使用化石燃料發電，二氧化碳排放權之購買費用。

6、事故風險對應費(核能)：核能嚴重事故的風險對應成本。

7、政策經費：包括預算支援、地方回饋金、研究開發費用、固定價格買取制度之內部收益率等政策費用。

比較我國與日本於 2014 年的發電成本統計如下表：

表 4-4 、各種發電成本之比較

發電方式	台電公司		日本	
	2017	2018 年 4 月底	2014 年	2015 年時預估 2030 年

DOI:10.6814/NCCU201900917

燃油	4.88	5.67	8.6~12.2	8.1~11.6
燃煤	1.64	1.6	3.5	3.6
燃氣	2.4	2.73	3.8	3.8
核能發電	1.29	1.11	2.8	2.9
慣常水利	1.8	2.19	3.1	3.1
風力發電(自) 風力發電(購)	1.87 2.46	1.53 2.45	6.0	3.8~6.0
太陽光電(自) 太陽光電(購)	7.97 5.36	6.81 5.28	6.8~8.3	3.6~4.4
備註：1.單位：元(新台幣) 2.日本發電成本以 1 日元換算新台幣 0.28 元				

資料來源：作者自行整理臺灣電力公司(2019)、Smart Japan(2015)資料

根據表 4-4 可以看出，我國與日本電價成本差異相當大，但我國與日同是能源進口國，我國的能源進口亦並無特殊優勢管道，為何會有如此差異，根據核能研究所 2014 年所發表的「各國核能發電均化成本比較」文章中，可以發現，日本的發電成本中，將發電過程中的外部效應，例如政策推行費用、事故發生費用等非建設及燃料費用納入考量，在成本計算方法上與我國有明顯不同(袁正達、葛復光、孫廷瑞、卓金和、柴蕙質，2014)。

日本的核能價格估算尚須考慮目前核電機組除已確定除役機組外，餘 43 組機組都運轉的前提下所估算之成本，維目前多數機組估算至 2030 年時，幾乎皆已進入除役階段，核電成本恐需上修；另太陽光電在臺日兩國皆於近五年內快速

DOI:10.6814/NCCU201900917

導入，在購電優惠政策利多吸引下，太陽能裝置快速建置，預估未來在 2030 年時，太陽光電發電成本可大幅下修。

日本能源價格還需考慮躉售電價過高的影響，將造成日本國民未來的負擔，目前電費中，再生能源附加費已占 10%以上，未來幾年將持續墊高，日本政府希望 2030 年度總 FIT 躉購費用控制在 3.7~4 兆日圓，惟預估 2018 年年度結算躉購電價就將高達 3.1 兆日圓，為降低 FIT 躉購費用，除逐年降低躉購價格外，將擴大競標制度的適用範圍，逐步取消補貼，期望實現再生能源經濟自立(林祥輝、許雅音，2018)。

比較臺日兩國發電成本分析，雖我國與日本在各種能源成本的計算上不盡相同，並因本撰寫本文時美中貿易戰仍在進行，日幣被認為是避險標的，導致日幣驟升，因匯兌關係恐導致評估失準，但日本在計算成本時能納入追加安全對策費、事故風險對應費及針對化石燃料上納入二氧化碳對策費，均值得我國參考，由客觀的角度納入內部消(損)耗成本，與外部效應附加成本，都對整體評估能源成本有正面影響。

(四) 環境保護

環境保護的分析方式本文主要比較細項目為替代能源及核能佔能源使用比率、能源部門人均氧化亞氮排放量、單位電力生產所排放二氧化碳、能源部門人均甲烷排放量及懸浮微粒濃度等 5 項。臺灣在學者自行評估報告中，能源環境永續呈現出來的排名為全球統計 128 個國家中的第 110 名，主要原因為臺灣能源使用量密集度高，又因近年來反核意識高漲，政府預期達到非核家園目標，臺灣無法啟用新的核電機組與修復舊有損壞之機組，另再生能源開發並未及時填補原先核能發電供應的空缺，使臺灣高度使用燃煤、燃氣發電供應，使溫室氣體排放及懸浮微粒濃度都居高不下，預估未來數年再生能源發電輛尚未足以銜接火力發電的情況下，環境保護項目評估恐難有改善(梁啟源、王鈊鋊、劉致峻、鄭睿合、

DOI:10.6814/NCCU201900917

呂易恂、郭博堯，2017)。

相對於臺灣在此項目的困境，日本國內雖歷經福島核災劇變，導致核能產業受阻，惟因天然的再生能源相較於臺灣豐富，且再生能源產業起步較臺灣早，使再生能源在福島核災後的建置速度相較臺灣為快，以原本就已發展成熟的水利及地熱發電為基礎，繼續建置太陽能與風力發電裝置，使日本雖在福島核災發生後承受高度進口化石燃料能源的經濟壓力，但預估後續提高核能及再生能源發電比例後，可以得到改善(經濟產業省，2018)。

(五) 發展研究

日本 2018 能源政策白皮中表示，目前正致力開發次世代火力發電技術，於 2016 年成立「電氣事業低碳社會協議會」，IGFC(煤炭氧化燃料電池複合發電技術)、GTFC(燃氣輪機燃料電池複合發電)、二氧化碳分離回收技術及氫氣發電技術，目標在於提高火力發電發電效率、降低因火力發電所造成溫室氣體產生，透過提高燃燒效率及炭封存、捕捉的方式降低溫室氣體排放，及新型態氫氣火力發電開始運用，可以發現日本針對 2030 年能源結構的目標，將能源發展方向主要著重於新型態火力發電，致力於克服目前火力發電所造成的負面影響包括溫室氣體排放、燃燒效率不佳、燃料種類稀缺。日本預計於 2025 年將次世代高效率火力發電技術確立後於 2030 年投入運用，並設定可以達到電力排放係數 0.37kg-CO2/kWh 之目標，期能達到 2050 年減排 80%的目標。

反觀臺灣經濟部能源局所出版的 2017 能源局年報，有具體目標的僅有智慧電網與智慧電錶建置，其餘政策性目標多為口號性質，並未有實質研究發展期程與目標，期許透過電業法修正案的通過，在未來能夠有更多的民間業者參與市場競爭後，有不同的態樣。

(六) 安全使用

DOI:10.6814/NCCU201900917

目前全球各國能源使用安全幾乎已趨於穩定，僅有核能的使用安全尚受質疑，尤其是在日本 311 東日本大地震所引發的福島核事件後，各國核能使用安全又受到全面性的檢視。

日本在福島核災發生後，2012 年 6 月公布修訂「實用發電用反應爐新管制基準」，新的管制基準中，在「目的」方面，除了人員安全外，再追加環境保護，同時將嚴重事故納入管制對象，並加入嚴重事故對策及防恐對策基本方針，而新管制基準主要要求事項有：

一、強化因應大規模災害、提升火災、水災、停電等之耐久力

二、新增加災害發生後因應作為，如防止爐心損傷、維持阻體之封閉功能、抑制放射性物質擴散、確保指揮所支援功能及因應反應爐廠房外設備破損(恐怖攻擊)。

新基準相較於過去舊有基準，新增加了因應蓄意之航空器撞擊、抑制放射性物質擴散對策、防止圍阻體破損之對策、防止爐心損傷之對策、考慮內部溢水之可能、考量火山、龍捲風及森林火災發生可能、對海嘯對策大幅強化，新基準將過去就有基準作一次完整的檢視，並明訂各天然及非天然災害之應處作為，並明令其境內所有核電廠於原子力規制委員會成立日期起 10 個月內符合基準法規範，並就設備設計、運轉管理體制、軟硬體實效性進行綜合審查(原子力規制委員會，2013)。

福島核災後，臺灣立即召開數次國家安全會議，其中 311 專案第 5 次會議中裁示：「三座運轉中核電廠及一座興建中核電廠，應再予以總體檢。」，其後，原子能委員會於 2011 年 3 月 24、28 日邀集經濟部、台電公司共同檢討現有核能機組因應事故之能力，以及天災發生之後救災過程中，是否會與日本 311 事件一般，因部分機組失效造成之危險要素，而檢視核能電廠複合式災害應變能力臺灣電力公司將其主要分成三個部分：

DOI:10.6814/NCCU201900917

1. 強化防災能力：強化有關防海嘯、土石流、豪大雨、耐震及任何需緊急應變之天然災害之計畫及實際演練。

2. 提升救援能力：災害發生時之備用電力、水源及救援物資整備。

3. 建構斷然處置：建立斷然之程序、啟動條件、通報及決策機制，並納入呈現驗證與人力規劃。

台電於2011年6月及12月辦理核電廠全面性檢查,6月時為第一階段檢驗，透過前開段落敘述之三種核能電廠複合式災害應變能力檢視臺灣現有核電廠之抗災程度；12 月時進行第二階段壓力測試檢查，確認核電廠最終安全餘裕足夠性，找出弱點並擬定補強措施。依據臺灣電力公司所公布檢測後結果發現，我國經歐盟標準檢測方式檢測後，並未發現電廠有任何安全相關需停機之弱點。並於檢測後進行自主式安全強化，包含冷凝水槽耐震強化、馬達控制中心支撐強化、空氣分離器耐震強化、增建核電廠防水牆、海嘯牆、緊急海水進水池及新購置緊急發電機、防災設備等。

台電並準確律定斷然處置措施，當面臨超出設計基準情況，致機組喪失場內外交流電源，或反應爐補水時，採取斷然行動，最短時間內將可運用水源準備完成，確保核燃料有水覆蓋，防止放射性物質外釋。最終，透過蒐集福島核電廠事故最終檢討報告，及國際原子能總署、日本及美國相關檢討報告之經驗回饋與建議，吸取福島核事件發生之經驗，避免再度發生(臺灣電力公司，2015)、。

二、經濟安全觀點比較臺日能源安全

依本文第二章、第三節所提,在經濟安全考量的情況下,國家能源穩定供應、價格不隨意波動須由四個做法來保障，包括：能源節約、多樣化能源結構、自給自足能源產業、儲油政策，本段將依此做法進行分析。

(一)能源節約

DOI:10.6814/NCCU201900917

日本節能目標訂為 2030 年能源消費總量目標削減到 5,030 萬公秉油當量，能源密集度要較 2012 年低 35%。為加強各部門節能成效，分成數個單位進行分析(林祥輝、許雅音，2018)：

1. 住商部門：擴大領跑者制度適用對象；實現 2020 年流通(新出貨)燈具、2030 年現存燈具 100%為高效率照明；實現 2020 年新建公共建築、2030 年新建建築平均為 ZEB(淨零能耗建築)、2020 年新建獨棟住宅一半以上、2030 年新建住宅為 ZEH(淨零能耗住宅)(淨零耗能建築：透過綠電及節能方式，使其生產能源較每年使用的總能源還多，稱為淨零耗能建築)。
2. 運輸部門：2030 年實現次世代汽車佔新車銷售量 50~70%、加強宅配物流節能、推動智慧駕駛與智慧交通系統(ITS)(智慧交通系統 ITS：將先進的資訊科技、通訊科技、傳感技術、控制技術及電腦技術等有效率的整合運用在交通運輸系統上，從基本的汽車導航系統、交通訊號控制系統、內容管理系統、可變資訊版、自動車牌辨識技術，到進階的資料整合傳輸，例如停車誘導系統、公路氣象資訊系統、道路除冰系統等)。
3. 工業部門：引進產業標竿制度、推動多家業者和設備協作的新節能措施、提供節能規劃支援和節能設備投資補助。
4. 建立需量反應環境：2020 年代初期，全部家庭與企業場所引進智慧電表，並利用物聯網、大數據、人工智慧提供電力預測結果與電力系統最佳化運作。

依照行政院 107 年於立法院的能源政策專案報告中，針對節能方面主要目標為：推動產業結構優化轉型、強化新建築節約能源設計規範、由公家機關帶頭推動自願性節能措施、整合節能、能源管理及儲能等措施。而其中在政策推動上最具有實質目標的是整合節能、能源管理與儲能措施的智慧電網發展(行政院，2018)。

DOI:10.6814/NCCU201900917

我國智慧電網發展時程為：前期布建(2011 年~2015 年)、推廣擴散(2016 年~2020 年)、廣泛運用(2021 年~2030 年)，目標先依照電網分成發電與調度、輸電、配電及用戶等 4 種類型之供需關係。

整個智慧電網的建置目標都是提高綠能使用及確保供電穩定，智慧調度部分，朝向「提高再生能源併網占比」及「提升發電廠運轉效率可靠度」方向推動，內容包含投入儲能設備與管理系統研究、抽蓄電廠變速運轉控制、大規模再生能源併入電網調度、再生能源發電預測與分析、電力供應中斷反應機制(全黑啟動規劃)。

智慧輸電朝向「提高輸電效率」及「增加輸電安全」方向推動，內容包含更換耐熱導線增加輸電容量、建置動態熱容量監測系統、廣域監控系統、變電所智慧化等。

智慧配電朝向「提升配電安全與效能」及「強化分散式能源整合」發展，實質內容為配電自動化、設計需量反應電價結構、再生能源併網容量管理、發展區域型儲能系統、發展自主式區域電網技術等。

智慧用戶朝向「終端資訊建設」及「前瞻用戶服務規劃」，包含智慧電表基礎建設、設計反應供電成本及具節電誘因的電價制度、推動電動車及充電站建設等(經濟部能源局，2017)。

日本人均初級能源消費量低於我國，並且能源使用量與人均所得脫鉤，依照上述的比較可以看出日本對於節能的標準、目標即強制性都值得我國學習，並且在節能成效中，能源價格的實質性對於能源消費量有顯著的影響。

(二) 多樣化能源結構

俄羅斯是世界上最靠近日本的石油與天然氣主要生產國，但日本向俄羅斯進口的石油與天然氣均不到分別進口總額的 10%，對日本天然氣供應有巨大的潛力，

DOI:10.6814/NCCU201900917

聯合自由探勘局與伊爾庫茨克石油公司在東西伯利亞合作探勘已超過 10 年，於 2016 年轉入生產階段有助於增進日本能源多元來源。

針對中東的石油提供，沙烏地阿拉伯是日本源由最大供應國，維繫外交關係加深多邊情誼對於穩定石油供給有相當的重要性，日本、薩爾曼王國及沙烏地阿拉伯首腦會議上達成穩定供給相關協議，作為 2030 年新能源目標的後盾。阿布達比的海洋油田是世界上儲量最高的海洋油田，日本除掌握石油利益外，仍以醫療、農作等廣泛領域合作，再透過官員外交努力，日本 JOGMEC 與阿布達比國家石油公司(ADONOC)達成協議，JOGMEC 獲得繼續參與油田開發和營運的權力，意指未來 40 年裡，日本成為阿布達比最大的石油領域合作夥伴。

日本在國際上的能源外交不勝枚舉，舉凡澳大利亞的天然氣保險投資、阿塞拜然投資油田等，在自體能源產量不足的情況下，透過國際外交方式一方面從來源方面調整自身能源結構配比，另一方面長期穩定的外交合約及投資國外能源開發產業等方式使能源生產國提供穩定的能源(經濟產業省，2018)。

我國原油進口主要來自沙烏地阿拉伯、科威特、阿曼、伊拉克與阿拉伯聯合大公國，從沙烏地阿拉伯進口就佔了總進口數的 32.3%，科威特佔 21.89%(經濟部能源局，2019)，近年來與日本相較能源外交發展情況相當消極，甚至因為中國能源需求提高，從原本自給自足的能源用量，因經濟成長快速，逐漸轉變為仰賴進口能源的國家，能源轉變以煤炭最為明顯，自 2007 年起正式從煤炭的出口國轉變為進口國，這對原本從中國進口煤炭的臺灣而言造成衝擊，並且中國將進口煤炭的來源轉向原本臺灣的進口國—澳洲，對我國而言不但減少一個能源窗口，更對原本既有的來源產生排擠效應。中國也積極加入國外能源投資的競爭市場，確保其國內能源安全，擴大進行能源外交導致臺灣能源進口斡旋空間相對被壓縮，短期而言雖不致有重大能源斷炊的問題，但中長期看來不論在外交情況與能源供應都將受到阻礙(經濟部能源局，2008)(楊豐碩，2009)。

DOI:10.6814/NCCU201900917

(三) 自給自足能源產業

自給自足的能源產業在傳統能源安全中，本應是以化石燃料作為火力發電基礎的火力發電產業，惟日本與我國天然能源產量缺乏，傳統化石燃料無法供應本身能源消耗量，所以本文在此面向僅以再生能源產業作為論述基礎。

日本再生能源產業在2012年7月推出FIT法律後透過「固定價格買取制度」，開始有全新進程，下表呈現「固定價格買取制度」實施後再生能源導入的變化狀況：

表 4-5 、日本可再生能源發電設備介紹

再生能源種類	固定價格買取制度導入前	固定價格買取制度導入後各年度導入量							
	2012年6月底前累積導入量	2012	2013	2014	2015	2016	2017 4~9月	合計	2030目標
太陽能(住宅)	470	96.9	130.7	82.1	85.4	79.4	29.7	504.4	6,400
太陽能(非住宅)	90	70.4	573.5	857.2	830.6	543.7	297.8	3173.2	
風力	260	6.3	4.7	22.1	14.8	31.0	4.1	82.9	1,000
地熱	50	0.1	0	0.4	0.5	0.5	0	1.5	140
水力	960	0.2	0.4	8.3	7.1	7.9	4.5	28.4	1,090

DOI:10.6814/NCCU201900917

生質能	230	1.7	4.9	15.8	29.4	33.3	31.3	116.4	602
合計	2,060	175.6	714.2	986.0	967.7	695.8	367.4	3,906.8	9,232
單位：萬 kw									

資料來源：日本 2017 年能源年度報告，(2018)頁 271

日本導入固定價格買取制度後，再生能源發展幾乎都有倍數以上成長，一來是因為固定價格買取制度，二來是再生能源科技發展逐漸成熟，以太陽能光電為例，2018 年 3 月底止，已經開始運轉的容量已達成 2030 年度目標的 70%，後續固定價格買取制度之躉購價格雖將調低，恐會影響再生能源發電設備建置速度與意願，惟可期冀能源科技發展將提升發電效率，利潤提升的同時，將增加能源業者願意建置再生能源基礎設施之意願。

另觀察臺灣再生能源建置情形，依行政院對立法院提出之行政院能源政策專案報告，顯示我國在 2017 年時，總再生能源裝置容量仍較 2020 年預期目標，短缺超過 1 倍，再依過往建置成長率來看，要在 2020 年達成目標實有難度，再者，再生能源建置過程中，不斷受到不論是環團或是輿情反彈，亦是政府需要面對的問題。我國在歷經 22 年冗長的法案審議與評估後，終於在 2017 年完成電業法修正案通過，在逐步開放電力市場自由化的過程中，期待能以此為誘因，增加業者願意投入綠能發電產業的意願。

表 4-5 、臺灣可再生能源發電設備介紹

項目	再生能源裝置容量			
	2016 年	2017 年	2020 年	2025 年

DOI:10.6814/NCCU201900917

太陽光電	124.5	176.8	650	2000
陸岸風力	68.2	68.4	81.4	120
離岸風力	0	0.8	52	300
地熱	0	0	15	20
生質能	72.7	72.7	76.8	81.3
水力	208.9	208.9	210	215
燃料電池			2.25	6
總計	474.3	527.6	1087.5	2742.3

資料來源：行政院能源政策專案報告 ，(2018)頁 17

(四)儲油政策

為確保石油穩定供應，日本從20世紀60年代便開始建立石油儲備政策。1973年第一次石油危機後，日本全面推進民間石油儲備政策，1975 年制定了《石油儲備法》，1980年代開始建立國家儲備機制，經歷過一連串石油儲備政策的演進，日本具備了堪稱世界最強的石油儲備制度，據 2016 年 7 月統計，政府儲備原油 4,837 公秉、油品 138 萬公秉，約 123 日國內石油需求量，另計算日本國內石油業者儲備原油 1592 萬公秉、油品 1668 萬公秉，約為 83 日日本國內需求量，另日本與產油國簽定共同儲備原油 144 萬公秉，約 4 日國內石油需求量，合計日本總石油儲量有 6573 萬公秉，約有 210 日國內石油需求量，為全球最高的石油儲備天數，依此足見日本對於石油儲備與穩定的供應不論在政策上、外交上都作了實質且有效的努力(臺灣綜合研究院，2016)、(陳雅慧，2008)。

我國依據「石油管理法」規定石油煉製業及輸入業，應儲備前 12 個月內石

DOI:10.6814/NCCU201900917

油平均銷售量及使用量不低於 60 日安全存量。但液化石油氣，應儲備前 12 個月平均銷售量及使用量不低於25日之安全存量。另政府應運用石油基金儲存石油；其儲存量，依前一年國內石油平均銷售量及使用量之 30 日需要量計算。實際上依 2014 年資料指出，國內可用油儲存量約為 918 萬公秉，約可供國內 147 日消費需求(經濟部能源局，2015)。

對於非化石能源生產國的臺灣與日本而言，能源儲備機制十分重要，不僅是對於戰時的因應作為有顯著的重要性，對於平時能源價格波動時，能夠降低民間儲油量或是定量的釋出官方儲油，對於穩定原物料價格波動都很有幫助，檢視臺灣、日本在石油儲備政策基本都十分成熟，對於我國而言，日本在國外儲油及民間儲油的能源配套與作業模式都十分值得我國學習，惟尚需考量石油儲備成本、石油儲備需求及石油儲備目的是否與我國有不同之處。舉例來說，我國相較於日本有更遭遇經濟封鎖之風險，國外儲油政策對於經濟封鎖後，維持國內最基本能源安全，並無實質幫助，又將使能源儲存成本上升，以此觀點檢視，國外儲能政策對於我國而言並不適用。

第三節 小節

2011 年 3 月 11 日，日本宮城縣發生地規模 9.0 的地震，是有紀錄以來發生規模最大的地震，引發 40.1 公尺海嘯，包含宮城縣、岩手縣、福島縣及茨城縣沿海都遭受海嘯衝擊造成福島核電廠破壞，爆炸導致輻射外洩。此次災難引起各國對能源政策的重新檢視，也重新訂定未來能源發展方向，以日本為例，新的能源政策的制定在 2012 年，國內雖有一連串的反核情緒，但因替代性能源之不足，政府採取「逐年減低對核電的依賴」政策，到 2016 年的電力需求已較 2010 年下滑 11%，而再生能源發電量(含水力)大幅增加 35%，在裝置容量部分，太陽能發電達到 42GW，並於 2016 年超過核電。日本期望透過改革能源系統與實現 2030 年理想能原組合，擴大能源投資，以求達到減少二氧化碳排放、提升能源

DOI:10.6814/NCCU201900917

效率與經濟成長的三重目標。政策內容與方向著重在降低核能發展、提升再生能源發電占比、降低整體能源消耗、提高火力發電發電效率，並降低火力發電對環境之危害，達到節能減排，並提供高校穩定的電源。

而 311 大地震發生後對國際能源最直接的影響就是國際能源價格，日本是世界第 3 大原油消費國，與第二大原油進口國，無核電可用的日本，進口的化石燃料需求驟升，導致國際原油價格上升。福島核事故讓世界各國對核能帶來許多新的質疑與輿論的反彈，而其中影響最大的就是離災區日本最近的亞洲各國，使各國提升對於化石燃料需求，刺激再生能源產業與軟硬體科技研發。

考量能源安全的能源政策制定可透過 6 個出發點來思考包含：供應穩定、經濟效率、能源價格、環境保護、發展研究、安全使用。日本對石油的依賴程度是 93.6%相較於其他已開發國家而言非常高，為確保資源穩定供應，日本政府積極發展外交，透過上游投資獲取海外資源利益，聯合資源探勘局(JOGMEC)，日本使用金融商品進行避險，石油、天然氣、甲烷水合物等重要能源，另外，日本也透過，積極發展新一代的火力發電燃料，並擁有全世界最高天數的石油儲備確保國內能源穩定供應，我國行政院施政報告中，將能源供應穩定針對電力供應穩定為重點，透過火力發電機組檢修與興建、再生能源占比提升、智慧電表建置、鼓勵自主節能及在太陽能發電密集區建立儲能電池系統，等方式來維持電量供應穩定。惟臺灣能源供應穩定面臨的問題不僅有電力供應穩定，臺灣天然氣由卡達進口即超過 40%，對於單一國家依賴率過高，未來在臺灣天然氣發電要占總發電 50%時，若仍已超過 40%的比例持續向單一國家進口天然氣，對於維持我國能源供應恐是一大隱憂；經濟效率部分，根據 2018 年 6 月份發表的全球能源效率計分卡，日本與臺灣分別為全球第 5 名及第 9 名，針對國家效能部分，據 IEA 統計資料，顯示臺灣 2015 年能源密集度為 0.11，日本則為 0.10，近 5 年平均下降速度，臺灣 2.95、日本 2.87，顯示台、日兩國在能源的經濟效率表現中，工業技術及國家政策兩個項目表現十分相近；能源價格因臺日皆為能源進口國，故國際

DOI:10.6814/NCCU201900917

化時燃料價格對兩國差異不大，惟發電結構與政府補貼政策會造成民生用電及工業用電價格的不同，資料顯示臺灣電價幾乎是全亞洲最便宜，雖有利能源安全與維持物價穩定，卻為真實反映電價成本，發電成本的組成項目有：資本費、維運費、燃料費、追加安全對策費(核能)、二氧化碳對策費(化石燃料)、事故風險對應費(核能)、政策經費。比較臺日兩國發電成本分析，日本在計算成本時能納入追加安全對策費、事故風險對應費及針對化石燃料上納入二氧化碳對策費，都對整體評估能源成本有正面影響。

環境保護的分析方式為替代能源及核能佔能源使用比率、能源部門人均氧化亞氮排放量、單位電力生產所排放二氧化碳、能源部門人均甲烷排放量及懸浮微粒濃度等 5 項。臺灣目前遭遇問題為能源使用量密集度高、無法啟用新的核電機組與修復舊有損壞之機組、再生能源開發速度不夠快，使臺灣高度使用燃煤、燃氣發電供應，溫室氣體排放及懸浮微粒濃度都居高不下。日本以原本就已發展成熟的水利及地熱發電為基礎，繼續建置太陽能與風力發電裝置，預估後續提高核能及再生能源發電比例後，環境評估問題可以得到改善；發展研究部分，日本目前正致力開發次世代火力發電技術，目標在於提高火力發電發電效率、降低因火力發電所造成溫室氣體產生，及新型態氫氣火力發電開始運用，日本將能源發展方向主要著重於新型態火力發電，克服火力發電所造成溫室氣體排放、燃燒效率不佳、燃料種類稀缺等缺點。安全使用方面僅比較核能使用安全，日本在福島核災發生後，2012 年 6 月公布修訂「實用發電用反應爐新管制基準」，主要要求事項有：強化因應大規模災害耐久力、新增加災害發生後因應作為，臺灣則在 311 專案第 5 次會議中裁示：「三座運轉中核電廠及一座興建中核電廠，應再予以總體檢。」台電加強災害防救能力方向為：強化防災能力、提升救援能力、建構斷然處置。

在經濟安全考量的情況下，國家能源穩定供應、價格不隨意波動須由 4 個做法來保障，包括：能源節約、多樣化能源結構、自給自足能源產業、儲油政策。

DOI:10.6814/NCCU201900917

能源節約部分，日本節能目標訂為 2030 年能源消費總量目標削減到 5,030 萬公秉油當量，能源密集度要較 2012 年低 35%，透各個部門分種類、標準及技術修正，達到此目標，我國依照行政院 107 年於立法院的能源政策專案報告中，針對節能方面主要目標為：推動產業結構優化轉型、強化新建築節約能源設計規範、由公家機關帶頭推動自願性節能措施、整合節能、能源管理及儲能等措施。日本人均初級能源消費量低於我國，並且能源使用量與人均所得脫鉤，依照上述的比較可以看出日本對於節能的標準、目標即強制性都值得我國學習，並且在節能成效中，能源價格的實質性對於能源消費量有顯著的影響。

多樣化能源結構方面日本透過國際能源外交方式一方面從來源方面調整自身能源結構配比，另一方面長期穩定的外交合約及投資國外能源開發產業等方式使能源生產國提供穩定的能源，我國原油進口主要來自沙烏地阿拉伯、科威特、阿曼、伊拉克與阿拉伯聯合大公國，相較於日本能源外交發展榮景，我國卻因中國能源需求提高，對我國產生排擠效應，短期而言雖不致有重大能源斷炊的問題，但中長期看來不論在外交情況與能源供應都將受到阻礙。自給自足的能源產業部分，日本與我國天然能源產量缺乏，僅以再生能源產業論述，日本再生能源產業導入固定價格買取制度後，再生能源發展幾乎都有倍數以上成長，大概可以分成兩個原因，一來是因為固定價格買取制度，二來是再生能源科技發展逐漸成熟。臺灣再生能源建置情形，在 2017 年時，總再生能源裝置容量仍較 2020 年預期目標，短缺超過 1 倍，要在 2020 年達成目標實有難度，惟我國在歷經 22 年冗長的法案審議與評估後，終於在 2017 年完成電業法修正案通過，在逐步開放電力市場自由化的過程中，期待能以此為誘因，增加業者願意投入綠能發電產業的意願。儲油政策部分，日本從 20 世紀 60 年代便開始建立石油儲備政策。1975 年制定了《石油儲備法》，經歷過一連串石油儲備政策的演進，日本具備了堪稱世界最強的石油儲備制度，而我國依據「石油管理法」規定實施儲油，成雖不及日本儲備天數為多，卻也超過國際標準許多，對於非化石能源生產國的臺灣與日本而言，

DOI:10.6814/NCCU201900917

能源儲備機制十分重要，不僅是對於戰時的因應作為有顯著的重要性，對於平時能源價格波動時，能夠降低民間儲油量或是定量的釋出官方儲油，對於穩定原物料價格波動都很有幫助。

國立政治大學
National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU201900917

第五章、 結論

第一節 研究發現

一、臺日能源狀況分析

對於臺日兩國而言，所面臨的能源安全問題都相去不遠，能源發展方向與面臨的狀況與問題，在 2000 至 2017 年都與日本有相似的發展狀況，依賴海外資源的資源進口，且多數石油、天然氣自中東地區經麻六甲海峽進口；因身為島國的地理限制因素，造成跨境、跨國電網難以建置；且同樣身為全球相對少數擁有核能的國家；中長期需求結構因技術進步、製造業能源密集度降低、電動車、人工智慧、物聯網、智慧電網、智慧電表等，可能造成全球能源需求結構有重大變化；隨著技術進步可能導致能源來源種類改變，如頁岩油、可燃冰、氫能等，也與其他大多數的國家一樣，面對著能源安全、電價上漲、溫室氣體排放、電力市場不健全等問題。

在 2017 年臺灣電業法修正案通過後，臺日兩國能源政策方向正式劃開了分水嶺，我國不僅封存即將完工的核四廠，更要在 2025 年時達成非核家園的目標，正式以燃氣、燃煤、再生能源為未來國家主要的能源結構組成，過程中雖在 2018 年公民投票時以約 590 萬票(59.49%)支持廢除電業法第 95 條第 1 項(廢除核能發電設備應於中華民國一百十四年以前，全部停止運轉之條文)，惟目前完全執政的蔡英文政府並未依照公投後的結果，將核一、二、三廠延役；反觀日本，依據日本 2018 年目前最新公布的「第 5 次能源基本計畫」，日本開始朝向以核能、天然氣、再生能源三類型能源來支持，雖有擁核與廢核兩種完全不同方向的發展，但兩國都將再生能源與火力發電同時列為維持能源穩定發展的主軸，在再生能源與新型態火力發電發展上，日本都有許多能夠值得我國借鏡的地方。

電業法修正不僅明確了臺灣未來電力發展方向，也改變臺灣電力市場的組成，

DOI:10.6814/NCCU201900917

電業法修正前，臺灣電力市場主要由「綜合電業」、「民營電廠」和「自用發電設備」組成，雖然政府並未禁止民間私立電廠，但整合發電、輸電、配電的「綜合電業」只有台電可以執行，民間電力業者僅能將自發多餘電力出售給台電後，再由台電販售予一般民眾，為此，民間發電業者處於相當不自由的處境(莊昇勳，2018)。我國行政院自 1995 年起因應國際趨勢，曾六度將《電業法草案》送至立法院審議，經常達 20 多年的評估，且政府承受 2025 非核家園的用電短缺壓力，終於在 2017 年通過《電業法》修正案，法案中將台電轉型為控股母公司(修法後 6~9 年)，下設發電業與輸配售電業，雖無法完全切割台電壟斷市場的地位，但開放用戶購電選擇權(修法後 1~2.5 年，僅針對綠電)，並成立電力交易平台(修法後 6~9 年)充分揭露電力交易資訊及成立電價穩定基金(電業法)。

二、臺日能源安全及經濟安全比較分析

(一)供應穩定

日本能源供應積極作為主要是透過各種能源外交手段爭取各國政府及企業信任，達到入資外國油田開採、已遠期契約方式進行國外儲油，並積極發展新世代火力發電，提升能源效率及降低碳排放量，國內部分完善的儲油政策亦可維持穩定供應。

臺灣在能源穩定供應作為相較於日本消極，主要著重點餘提升再生能源目標佔比與智慧電表建置，透過再生能源提升我國能源種類，智慧電表建置提升能源使用效率。

DOI:10.6814/NCCU201900917

表 5-1 、臺日能源供應比較表

日本能源供應穩定積極作為	臺灣能源供應穩定積極作為
能源外交	火力發電機組檢修與再興建
金融商品避險	再生能源目標占比提升
多樣化能源結構與來源	智慧電表建置
新一代火力發電燃料	
全球最高天數石油儲備	

資料來源：作者自行整理

(二)經濟效率

臺日兩國在能源的經濟效率表現，不論在能源密集度、能源密集度降低幅度，臺灣表現雖較日本遜色一些，單整體看來，發展趨勢表現得十分相近，其原因可歸納為產業結構相近。

國立政治大學 National Chengchi University

第二節 後續建議

日本能源與臺灣在 2017 年電業法通過後，能源結構上雖產生重大的分歧，但日本不管在能源政策與能源規劃上都有許多值得學習的地方，以下列舉 3 個方向作為參考：一、日本能源科技，二、日本能源政策，三、日本電業民營化。

一、日本能源科技

觀察日本能源科技發展主要有兩個方向，一是火力發電效能提升研究，二是

DOI:10.6814/NCCU201900917

氫氣發電的研究。

火力發電是日本與我國在未來最重要仰賴的電力來源之一，如何讓火力發電產生的負面效果降到最低，不僅是臺日兩國，更可以說是全球各國最重要的議題之一，日本為求邁向 2030 新能源結構，開發新能源科技，包含在發電單價不上升的情況下，提升燃煤、燃氣發電發電效率；研發二氧化碳補集、儲存及有效利用技術，盡量使火力發電二氧化碳排放量接近於零。

氫氣發電屬火力發電種類之一，但目前發電效率過低，且成本過高導致無法商規運用，目前日本預計氫氣發電商轉時間為 2020 年達成氫氣混燒、2030 年達成氫氣專燒，倘若氫氣發電完成研發，未來將可將多餘再生能源、核能電力加以電解水產生氫氣後，將能源儲存、運送至其他地區，成為能解決再生能源受場域、時空限制的關鍵技術，但卻要克服氫氣運送成本相較於一般電力為高，並且具有一定的儲存風險，在發電效率與價格處於商轉初期，成效還有待檢視。

此二類關鍵技術都是我國發展新型態能源必須加強的部分，而日方為了強化技術開發的推動體制，日本政府與新能源產業技術綜合開發機構(NEDO)合作，優化技術開發流程與資源配置，並由 NEDO 統整全般進度管理及技術開發，而次世代能源能夠導入還有一大困難，就是現行機組成本已投入完畢，在攤銷及年限上未完畢前，要讓民營電廠導入新的機組將有其困難度，故次世代能源發展重點還需兼顧發電成本與運轉風險，或是以將現有設備性能提升的方式執行，才可在能源導入早期加快速度，並提高普及率。

二、日本能源政策

雖日本未來所使用的能源結構與我國有所不同，但日本在能源政策制定與方向規劃而言，能明顯感覺較臺灣為迅速及確實，以福島核事件發生後，日本對於核能政策的研析、修正，不論在速度與內容新修的廣泛程度都十分全面，不僅將海嘯議題納入，更同時因應國際恐怖攻擊議題加入航空器蓄意撞擊、外圍阻體破

DOI:10.6814/NCCU201900917

損等在核電廠遭受人為蓄意攻擊情況下的應處作為;因應極端氣候議題加入龍捲風、火山噴發及森林火災對於核電廠造成危害後的對應方式，全面性考量核電廠在各類型態的複合式災害發生後，不同層級的情況下各類對應作為。另外在規畫後續國家能源政策發展時,雖在核能政策上的訂定尚有核電廠除役問題待解決外，其餘再生能源發展、火力發電電容量負荷及節能計畫截至 2019 年 6 月止皆依循 2015 年政府預期方向執行，尚未出現電力容量缺口情形。

三、日本電業民營化

日本自 2000 年開始引進部分電力零售競爭，電價除在 2008 年金融海嘯及 2011 年發生 311 東日本大地震有電價上升情形外，餘年度電價皆為下跌狀態，1995 年施行第 1 次電氣事業改革，主要內容為開放獨立發電業市場，並允許創設特定電氣及直供發電業；1999 年第 2 次電氣事業改革，引進部分電力零售競爭，開放 20KV 大型工廠契約容量 2000KW 以上用戶用電選擇權，並引進代輸規範,電力公司發輸配會計獨立;2003 年第 3 次電氣事業改革 ，擴大開放 500KW 以上用戶用電選擇及 50KW 以上用戶零售競爭，並成立躉售電力的日本電力交易所，及提升配送電部門之公平性與透明性，導入行為規制；2008 年第 4 次電氣事業改革，本次改革主要檢討電力市場自由化的影響，認定繼續擴大範圍(50KW 以下)將不利於住宅用戶,決定電力零售全面自由化延緩實施,取而代之，更進一步自由化方向,朝向管制機構改革並引進代輸費率系統修訂,提升競爭性；2013 年第 5 次電氣事業改革，此次改革成立「電力廣域營運推進機關」，完全開放電力零售競爭、輸電系統法定分離確保中立，有關零售自由化預於 2020 年開始實施。此類電氣事業改革不論是進程，或是過程中遇到的困難，都應作為我國後續電力事業民營化的借鏡，但對於我國而言，這方面的改革仍有許多國際因素的特殊性，例如電業自由化後，是否會有中資廠商進入，導致我國產業心臟及人民生活最重要也最基本的核心掌握在第一假想敵手中。

DOI:10.6814/NCCU201900917

在維護本國能源安全下的經濟安全角度而言，臺灣電力在能源節約、多樣化能源結構、自給自足能源產業及儲油政策，臺灣皆有可以向日本學習之處，雖臺日兩國處於不同的國際情勢環境，所面臨的能源安全問題不盡相同，並且在「非核家園」的政策中，確定了台日兩國能源政策與結構正式的分歧，但不能否認，臺灣在許多能源政策發展上時仍常以日本做為參考指標，以臺灣電力發展以電業民營化為例，時間已較日本遲了近 20 年的時間，且遭受的反對聲量及待解問題都才正要開始排除。另外台灣在面臨能源轉型的過程中，不管在火力發電天然氣接收站尚未建置完成、太陽能發電建置數量不如預期、風力發電機組建設選址困難等，都將是臺灣能源安全上後續將面臨的挑戰。

國立政治大學
National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU201900917

參考文獻

一、 中文文獻

BP p.l.c. (2018)，《2018 年 BP 世界能源统计年鉴》。倫敦：BP p.l.c.。

APEC 能源國際合作資訊網，(2019)，《主要國際組織能源情勢發展-國際能源總署》。(https://www.apecenergy.tier.org.tw)。

Abby Huang，(2018)，《福島核災後，日本為何還要重啟核電?東電高層來臺引戰火》。(www.thenwslens.com/amparticle/102125)。

工業技術研究院綠能與環境研究所，(2018)，《再生能源 2018 年度全球概況表》。台北：工業技術研究院綠能與環境研究所。

中華民國行政院，(2018)，《能源政策專案報告》。台北，行政院。

中華民國行政院主計總處，(2019)，《國民所得境及國內經濟情勢展望》。台北，行政院主計總處。

中華民國經濟部，(2017)，《經濟部能源發展綱領》。台北：中華民國經濟部。

中華民國經濟部，(2016)，《2016 年能源產業技術白皮書》。台北：中華民國經濟部。

中華民國經濟部能源局，(2008)，《中國能源外交策略與兩岸能源競合》(https://energymagazine.tier.org.tw)

中華民國經濟部能源局，(2015)，《施政有方法，能源不匱乏》(https://energymagazine.tier.org.tw)

中華民國經濟部能源局，(2017)，《智慧電網總體規劃方案》。台北：中華民國經濟部。

中華民國經濟部能源局，(2017)，《風力發電 4 年推動計畫》(https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/news/News.aspX?kind=2&menu_id=9802)

中華民國經濟部能源局，(2018)，《能源資料統計查詢系統》(https://www.moeaboe.gov.tw/wesnq/Views/D01/wFrmD0101.aspx)。

中華民國經濟部能源局，(2019)，《原油進口來源》(https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/web_book/wHandWebReports_File.ashx?type=pd&bool_code=M_CH&chapter_code=l&report_code=02)。

中國現代國際安全研究院經濟安全中心，(2005)，《國家經濟安全》。北京：時事出版社。

日本社團法人都市環境能原協會，2012，《311 東日本大震災調查報告書》。東京：日本社團法人都市環境能源協會。

王善弘(2012)，《能源安全分析架構研究—以臺灣能源安全為例》。台南：國立成功大學資訊工程學系。

王嘉樞，(2001)，《石油與國家安全》。北京：地震出版社。

李世暉，(2016)，《日本國家安全的經濟視角：經濟安全保障的觀點》。台北：五

DOI:10.6814/NCCU201900917

南圖書出版有限公司。
李沛濠、陳庚轅、莊雅婷、李依蓉，(2011)，《國際超級電網之發展現況》。台北：工業技術研究院 綠能與環境研究所。
李榮謙、朱美智、黃麗倫、陳星豪，(2011)，《日本東北震災對日本與全球經濟的可能影響：兼論對臺灣的啟示》，國際金融參考資料第六十一輯。
林柏強，(2011)。《日本大地震對全球能源發展產生的影響》，《電網與清潔能源》，2011 年 4 月號，1~4 頁。
林唐裕、蔡欣欣，(2010)。《調和能源、環境與經濟 3E 之永續能源政策研析》。台北，臺灣綜合研究院研一所。
林祥輝，(2015)。《日本公布 2030 年各種電源發電成本估算結果—核能發電成本為每度 10.3 日圓，仍是最廉價的電源》。台北：工業技術研究院綠能與環境研究所。
林祥輝、許雅音，(2018)。《日本第 5 次能源基本計畫-2030 年基本方針和政策對應，2050 年能源轉型和脫碳的挑戰》。台北，工業技術研究院綠能與環境研究所。
林祥輝，(2018)。《日本能源情勢懇談會提出 2050 年能源轉型倡議建議案—全方位複線情境、科學審查機制、脫碳化系統間成本和風險驗證》。台北：工業技術研究院綠能與環境研究所。
每日頭條，(2019)。《新研究表明災害威脅仍大，日本評估東日本大地震 8 年後的影響》。(www.google.com.tw/amp/s/kknews.cc/world/69jmq5l.amp)
周紹朋、張孝德，(2005)，《經濟安全：預警與風險化解》。北京：北京市秋毫印刷有限責任公司。
周桂田、林子倫，(2016)，《臺灣能源轉型 14 講》。台北：國立臺灣大學社會科學風險社會與政策研究中心。
周桂田、張國輝，(2017)，《能怎麼轉：啟動臺灣能源轉型鑰匙》。台北：國立臺灣大學社會科學風險社會與政策研究中心。
倪健民、郭雲濤，(2009)，《能源安全》。浙江：浙江大學出版社。
吳志忠，(2013)。〈日本新能源政策與法律及其對我國的借鑒〉，《法學雜誌》2013 年第 1 期，100~107 頁
吳雨寰，(2017)。《各國能源密集度趨勢比較》。台北：核能研究所-能源經濟及策略研究中心。
紀碩鳴，(2011)。《日本核災敲響中國核能發展警鐘》。(www.tangben.com/20111/hejingzh.htm)
郭位，(2012)，《七彩能源一鑑開—從福島核事故看能源與環保》。香港：天地圖書有限公司。
袁正達、葛復光、孫廷瑞、卓金和、柴蕙質，(2014)，《各國核能發電均劃成本比較》。臺北：核能研究所。
徐造華、左重慶、吳東穎，(2018)，《日本電力事業改革與轉型之最新動態及相

DOI:10.6814/NCCU201900917

關議題》。台北：臺灣電力公司。
原子力規制委員會，(2013)，《實用發電用反應爐新管制基準》。東京：原子力規制委員會。
莊昇勳，(2018)，《臺灣、日本電力市場及憑證概況比較》。台北：石門山率資產有限公司。
張玉潔，(2018)，《印法推進防務及核電核座全球最大核電廠年底開建》。(http://finance.sina.cn/usstock/mggd/2018-03-12/detail-ifyscsmu4871136.d.html?from=wap)
黃偉修，(2012)，《東日本大震災之危機處理：從防災與災害危機處理體系觀察》。全球政治評論，第三十八期（2012）No.38 頁 45-64。
許振邦，(2003)，《政府儲油與能源安全》。台北：臺灣綜合研究院。
許志義主持研究、趙志凌偕同主持，(1995)，《我國、日本與美國能源政策及其成效之比較研究(初版)》。台北：行政院研究發展考核委員會發行。
許志義、陳澤義，(1993)，《能源經濟學》。台北：華泰書局。
梁啟源、王釿鋊、劉致峻、鄭睿合、呂易恂、郭博堯，(2017)，《2017 臺灣能源績效世界評比與系統脆弱度》。台北：財團法人中技社。
陳立誠，(2013)，《沒人敢說的事實—核能、經濟、暖化、脫序的能源政策》。台北：獨立作家。
陳詩豪，(2013)，《能源安全意義內涵與臺灣能源安全議題探討》。台北：臺灣經濟研究院。
陳詩豪，(2017)，《能源安全之意義內涵、測度衡量與應對政策》。台北：臺灣經濟研究院。
陳雅慧，(2008)，《各國政府儲油狀況》。台北：臺灣綜合研究院。
楊虔豪，(2013)，《韓國 邁向非核的迷茫未來》。(http://opinion.cw.com.tw/blog/profile/128/article/299)
楊豐碩，(2009)，《中國能源外交對臺灣能源發展之影響》。《國際關係學報》第二十八期。
雷家驌，(2000)，《國家經濟安全理論與方法》。北京：經濟科學出版社。
福岡臺灣貿易中心，(2019)，《日本風力發電FIT制度將全面採用競標方式》。(www.Info.taiwantrade.com/biznews/日本風力發電 FIT 制度將全面採用競標方式-1741697.html
劉光瑩，(2018)，《拚減碳廢核，發電一半靠天然氣，臺灣賭很大?》，《天下雜誌》，654 期。
劉振乾，(2018)，《島國日本的永續能源政策》，《核能簡訊》，2018 年 6 月刊，75~77。
臺灣電力公司，(2014)，《2014 臺灣電力公司永續報告書》。台北：臺灣電力公司。
臺灣電力公司，(2015)，《臺灣電力公司核能電廠福島後安全強化現況》。台北：臺灣電力公司。
臺灣電力公司，(2018a)，《台電系統歷年發電量》。(https://www.taipower.com.tw/tc/cha rt/a01_電力供需資訊_電源開發規劃_歷年發電量及結構.html)。

DOI:10.6814/NCCU201900917

臺灣電力公司，(2018b)，《臺灣電力公司歷年發電量及購電量》。(https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=204)。
臺灣電力公司，(2018c)，《台電核能月刊》429 期/2018.9 月號。
臺灣電力公司，(2019a)，《再生能源發電概況》。(https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=204&cid=1581&cchk=82fb957e-2fe8-49b6-90a9-b750387de936)
臺灣電力公司，(2019b)，《各種發電方式之發電成本》。
(https://www.taipower.com.tw)
臺灣經濟研究院，(2012)，《日本能源與政策發展情勢》。(https://km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=KLBase&n=2012412135910.pdf)。
臺灣綜合研究院，(2016)，《國際間儲油策略及因應方向評析》。台北：臺灣綜合研究院。
喬伊迪普格普塔，(2011)，《從福島到傑塔普：印度核工業受衝擊》。(http://e-info.org.tw/node/ 65065)

二、 其他文獻

経済産業省，(2018)，《総合エネルギー統計》
(http://www.enec.hometi.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline1)。
経済産業省，(2018)，《平成 29 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2018）》東京：経済産業省。
経済産業省，(2017)，《平成 28 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2017）》東京：経済産業省。
経済産業省，(2017)，《CO2 フリー水素ワーキンググループ 報告書》。東京：経済産業省。
経済産業省，(2016)，《平成 27 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2016）》東京：経済産業省。
経済産業省，(2015)，《平成 26 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2015）》東京：経済産業省。
経済産業省，(2015)，《電力市場改革簡報》。東京：経済産業省。
国際環境 NGO グリーンピース・ジャパン。(2018)，《第 5 次エネルギー基本計画（案）についての評価と提言》
(http://storage.googleapis.com/planet4-japan-stateless/2018/07/e788b266-201807_enegy_basic_plan_jpn.pdf)
Sovacool,B. K,(2013),《Energy&Ethicsl:Justice and the Global EnergyChallenge》.NewYork:Palgrave.
International Energy Agency,(2017),《Golbal Engaaement about Japan》.(https://www.iea.org/countries/Japan#).

DOI:10.6814/NCCU201900917