

# 日本第 5 次能源基本計畫

## —2030 年的基本方針和政策對應，2050 年能源轉型和脫碳化的挑戰

林祥輝、許雅音

國家能源發展策略規劃及決策支援能量建構計畫

工業技術研究院 綠能與環境研究所

### 摘要

日本政府於 2018 年 7 月 3 日公布新的「第 5 次能源基本計畫」，提出日本能源轉型和脫碳化戰略的情境設計方向，做為 2030 年和 2050 年中長期能源發展規劃的政策指引和行動綱領。此新計畫維持 2014 年「第 4 次能源基本計畫」中有關 2030 年度的基本架構，但強化相關政策措施，以及未更改 2015 年「長期能源供需展望」所提出的電源結構目標，亦即 2030 年度再生能源占 22~24%、核能占 20~22% (合計 44%)，以及燃煤 26%、燃氣 27%、燃油 3%。新計畫將擴大導入再生能源，使其成為主力電源，並儘可能降低對核能發電的依賴，淘汰低效率的燃煤發電。此外，在 2050 年溫室氣體減量 80%的目標下，必須在能源轉型和脫碳化上進行創新技術的開發，依據更高度的 3E+S 原則，採取全方位的複線情境，追求各種選擇的可能性，同時基於最新資訊和技術動向，進行科學審查，修正各種能源系統選擇方案的開發目標，決定投入重點。雖然新計畫的目標受到外界批判，但在不得罪任一方的情況下通過。新計畫在 2050 年情境設計上，提出更高度的 3E+S、複線情境、科學的審查機制、脫碳化能源系統間的成本和風險驗證等新的概念，將值得我國未來在長期能源政策規劃上的借鏡參考。

關鍵字：能源轉型、脫碳化、能源政策

## 一、前言

依據 2002 年「能源政策基本法」之規定，日本政府應考量國內外能源情勢變化和能源政策實施情況，每隔 3 年檢討修訂「能源基本計畫」，做為能源政策推動的方針。第 4 次能源基本計畫於 2014 年 4 月修訂，隔 3 年後，日本經濟產業省的專家小組「基本政策分科會」從 2017 年 8 月開始檢討能源基本計畫的修訂，並因應巴黎協定的生效，首次納入「能源情勢懇談會」提出的 2050 年「能源轉型的倡議」建議案後，於 2018 年 5 月 16 日提出一份草案，經過 30 天(5 月 19 日至 6 月 17 日)的民眾意見徵詢後(共收集 1,710 個意見)，最終於 7 月 3 日由日本內閣核定「第 5 次能源基本計畫」[1, 2]。對於第 5 次能源基本計畫的制訂背景，請參考文獻[3]之詳細說明。

第 5 次能源基本計畫共分為三章，如圖 1 所示，第 1 章說明結構性問題和情勢變化，第 2 章說明 2030 年的基本方針和政策對應，第 3 章說明 2050 年能源轉型和脫碳化的挑戰[4]。重點摘述如下：



圖 1、日本第 5 次能源基本計畫的結構[5]

## 二、日本面臨的能源情勢變化

第 5 次能源基本計畫第 1 章說明日本面臨的結構性問題和能源情勢變化，以及說明 2030 年的能源結構目標的進展狀況。

(一)日本面臨的結構性問題：(1)依賴海外資源的脆弱性問題：大部分能源依賴海外進口，福島核災後，能源自給率(含核能)從 2010 年約 20%，至 2014 年零核電下降至 6.4%，2016 年因有 3 部核電機組恢復運轉和再生能源推廣，微增至 8.3%，但脆弱性結構問題仍存在；(2)中長期需求結構的變化：預期未來人口將減少、節能技術提升、製造業能源密集度降低、次世代車輛、AI(人工智慧)、IoT(物聯網)及 VPP(虛擬電廠)等數位化技術應用等發展趨勢，可能使需求結構發生巨大變化；(3)資源價格的不穩定化：中國與印度等開發中國家的能源需求增加可能導致全球資源的激烈爭奪戰，美國頁岩氣革命也造成全球能源供應面的巨大結構性變化，加上中東地緣政治的影響，可能導致資源價格的劇烈波動；(4)全球溫室氣體排放持續增加：預期排放量會從 2016 年約 320 億噸增加至 2040 年約 360 億噸，大幅削減全球排放量將是當務之急。

(二)能源環境的情勢變化：(1)脫碳化技術間的競爭：再生能源結合蓄電與數位控制、化石燃料結合碳捕集與封存(CCS)、小型核反應爐等脫碳化創新技術的競爭會日益劇烈；(2)地緣政治風險擴大：依據國際能源總署(IEA)預測，2040 年初級能源供應中化石燃料的占比，已開發國家為 53%，開發中國家為 63%，對化石燃料的依賴未變；此外，中國、印度、東南亞等國家對能源需求增加，均會造成能源相關的「地緣政治風險」提高；另一方面，中國與印度等新興大國在能源供需上的影響力日漸提高，並藉此發揮其政治影響力，顯現「地緣經濟風險」的問題；(3)國家間/產業間的能源轉型競爭：主要國家在長期溫室氣體減量目標上，都提出非常有雄心的目標，揭示其願景與方向性，同時在歐美的主要能源企業之間，也開始著手能源轉型與脫碳化的規劃而彼此競爭。

(三)2030 年能源結構的實現與 2050 年情境間的關係：日本於 2015 年向聯合國遞交一份「國家自定預期貢獻」(INDC)的減碳承諾，2030 年度的溫

室氣體排放要比 2013 年度減量 26%(相較於 2005 年度減量 25.4%)。對於 2030 年的能源結構目標，在 3E+S 的原則下，堅持徹底節能、擴大引進再生能源、提升火力發電效率、儘可能降低對核電的依賴等基本方針，並加強政策措施，確實地實現目標。另一方面，對於 2050 年的長期展望，由於創新技術的可能性和不確定性、情勢變化的不透明性，預測上有其困難，因此揭示具有雄心的目標，採取一種複線情境的設計，定期依據最新技術發展資訊進行檢討，決定投入的重點。

日本實現 2030 年度能源結構目標的進展狀況，如圖 2 所示：

- (一) **節能**：2013 年度的最終能源消費量為 3.6 億公秉油當量，在預估年均經濟成長率 1.7%及節能 5,030 萬公秉油當量(約節能 13%)的情況下，2030 年度目標為 3.3 億公秉油當量。2016 年度最終能源消費量約為 3.5 億公秉油當量。
- (二) **零排放電源比率**：2013 年度約為 12%(再生能源 11%、核能 1%)，在擴大引進再生能源和重啟核電下，2030 年度目標為 44%。2016 年度零排放電源約為 17%(再生能源 15%、核能 2%)。
- (三) **能源來源(燃料燃燒)CO<sub>2</sub> 排放量**：2013 年度排放量約為 12.4 億噸，2030 年度目標為 9.3 億噸。2016 年度約為 11.4 億噸。
- (四) **電力成本**：2013 年度電力燃料費加上 FIT(再生能源固定價格躉購制度)躉購費用的電力成本為 9.8 兆日元，2030 年度目標為降低至 9.2~9.5 兆日元。目前，雖然 FIT 制度的躉購費用增加，但是能源價格有所下跌，2016 年度總費用為 6.2 兆日元。
- (五) **能源自給率**：2010 年度能源自給率達 20%，福島核災後，2013 年度大幅下滑至 6%，在擴大引進再生能源和重啟核電下，2030 年度目標將提高至 24%。2016 年度，因 3 部核電機組恢復運轉和再生能源推廣，微增至 8%。

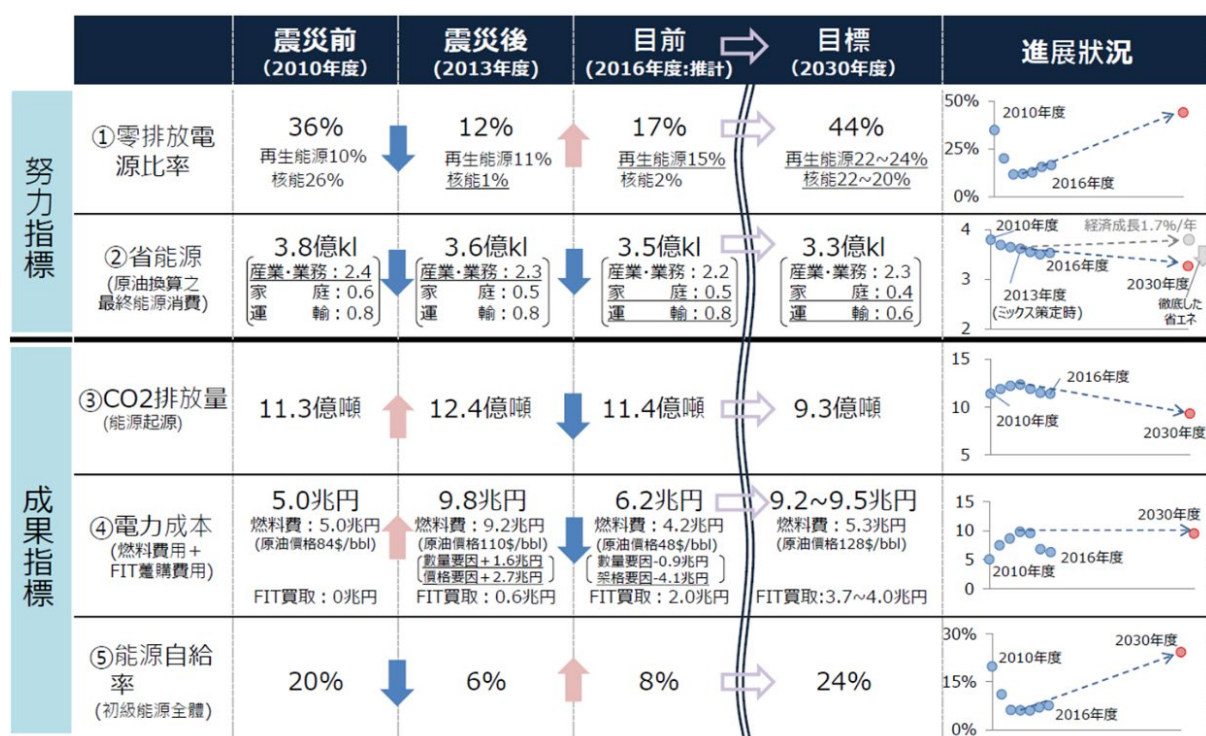


圖 2、日本 2030 年度能源結構目標的進展[6]

### 三、2030 年的基本方針和政策對應

第 5 次能源基本計畫並未改變 2015 年所設定的 2030 年度電源結構目標(再生能源 22~24%、核電 20~22%、燃煤 26%、燃氣 27%、燃油 3%)，在 2014 年第 4 次能源基本計畫實施後，日本歷經了電力零售全面自由化、再生能源 FIT 法修訂等改革，未來將進一步加強和深化各項措施的推動，全力實現 2030 年能源結構的目標。

(一)基本方針：依循 3E+S 的能源政策基本觀點，建構「多層化和多樣化且彈性的能源供需結構」。3E+S 係指在安全(Safety)的前提下，確保能源的穩定供應(Energy Security)，提升經濟效率性(Economic Efficiency)實現低成本的能源供應，同時符合環保要求(Environment)。當發生危機時，要確保能源的穩定供應，就必須要實現一種多層化的供應結構，可以讓每一種能源都能盡量發揮其優點，並且利用其他能源適切地彌補其弱點。另一方面，在需求端提供多樣化的選擇，並讓需求端可以參與分散式能源系統，促使能源供需結構能夠更加彈性的應變。

## (二)各種能源在供需結構的定位和因應方向

1. 再生能源定位為「重要的低碳國產能源」。將確實推動電力系統強化、法規合理化、低成本化等，實現 2030 年度發電量占 22~24%的目標，盡早奠定主力電源化的基礎。
2. 核能定位為「重要的基載電源」，在確保安全下重啟運轉，並透過節能和再生能源的導入，以及提高火力發電的效率下，儘可能降低對核能發電的依賴，實現 2030 年度發電量占 20~22%的目標。
3. 燃煤發電在穩定供應與價格競爭上是具有優勢的基載電源，地緣政治風險較低，但碳排放與污染高，因此將逐漸淘汰低效率機組，並在更新老舊和新建電廠時，引進高效率技術，同時進行煤氣化複循環發電(IGCC)、碳捕集利用與封存(CCUS)等相關技術開發。
4. 燃氣發電定位為中載電源。日本在國際市場上以較高價格採購液化天然氣(LNG)，因此應避免在發電上過度依賴天然氣，將透過供應來源的多元化，降低成本。天然氣在降低環境負荷上，逐漸扮演重要能源的角色，因碳排放較少，鼓勵產業改用天然氣。
5. 石油雖在採購上有最大的地緣政治風險，但因可搬運性、有完整供應網、充足的儲備等，可以做為替代其他電源缺口的重要能源。將多元化拓展供應來源，強化石油產業基礎和國內供應網。
6. 在二級能源中，電力扮演核心角色，確保低成本且穩定的基載電源，以及可隨需求動向機動調整輸出的中載和尖載電源，維持電力供需平衡，並推廣再生能源等分散式電源。此外，促進熱電共生和再生能源熱等熱能的有效利用，以及將氫氣做為脫碳化能源的新選項，加強在技術面、低成本面、制度面、基礎建設面的發展，實現「氫能社會」。

## (三)政策措施的推動

1. **確保資源的穩定供應：**(1)提高化石燃料的自主開發：目標是將石油和天然氣的自主開發率(日本企業在海外權益的交易量和國內生產量，占進口量和國內生產量的比率)從 2016 年的 27%提高到 2030 年的 40%以上，並維持 2030 年煤炭的自主開發率 60% (2016 年為



61%)；(2)強化產業體質：培育具備國際競爭力的上游開發企業；(3)透過資源外交的綜合性、多角化經營，包括資源供應國和資源需求國，強化資源採購環境和合作支援的基礎；(4)建立彈性且透明度高的國際 LNG 交易市場，包括提高交易流動性、建立價格指標、開放的基礎建設等，以改善採購條件；(5)促進國內海洋能源與礦物資源的開發，包括甲烷水合物、石油、天然氣、稀有金屬礦物等，以及確保礦物資源的穩定供應，進行金屬礦物的回收技術開發，建立儲備體制，目標為將礦物資源(基礎金屬)的自給率自 2016 年度的 50% 提高至 2030 年的 80%以上。

2. **實現徹底的節能社會**：2030 年能源消費總量要削減 5,030 萬公秉油當量，能源密集度要較 2012 年低 35%。將加強各部門的節能：(1)住商部門：擴大領跑者(Top Runner)制度適用對象；實現照明目標：2020 年流通(新出貨)燈具、2030 年現存(國內設置)燈具 100%為高效率照明(LED 等)；實現 2020 年新建公共建築、2030 年新建築平均為 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)；(2)運輸部門：2030 年實現次世代汽車占新車銷售量 50~70%的目標，加強宅配物流的節能，推動自動駕駛和智慧交通系統(ITS)等；(3)工業部門：引進產業 Top Runner 制度(標竿制度)，推進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)建立需量反應的環境，2020 年代初期全部家庭和企業場所都引進智慧電表，並利用物聯網(IoT)、人工智慧(AI)、大數據等，提升電力供需預測結果與電力系統最佳化運作。
3. **推動再生能源的「主力電源化」**[7]：實現太陽光電和風力發電的低成本化，促進地熱、水力和生質能的地區共生和自立化，檢討 FIT 制度，克服電力系統的限制，建立次世代輸配電網，推動彈性化使用系統容量的「日本版 Connect and Manage」，確保因應變動性再生能源的調整力，促進福島成為再生能源產業的示範基地。為抑制國民負擔，將進行創新技術開發和擴大競標範圍，2030 年 FIT 躉購總

費用要控制在約 3.7 ~ 4 兆日元。在低成本化方面，2030 年實現事業用太陽光電的發電成本降至 7 日元/kWh、(陸域/著床式)風力發電價格降至 8~9 日元/kWh 的目標。此外，將開發利用蓄電池、熱電共生和電動車(EV)等需求端的分散式能源資源的「虛擬電廠」(Virtual Power Plant, VPP)、電動車蓄存電力回流控制的「車到電網」(Vehicle-to-Grid, V2G)技術、穩定電力系統用的蓄電池，以及利用氫氣儲電的「電轉氣」(Power-to-Gas, P2G)技術的次世代調整力，進行調整力的脫碳化。

4. **重建核能政策**：推動福島的復興，提高核能安全，建立穩定的商業環境，加強高階放射性廢棄物的最終處置，擴大使用過核燃料的儲存容量，進行放射性廢棄物減量、降低有害度的技術開發，推動核燃料回收再處理政策，建立與國民、地方政府和國際社會的信任關係。
5. **高效率 and 穩定地利用化石燃料**：(1)促進高效率燃煤和燃氣發電的有效利用：新建火力發電設備要求使用高效率技術，燃煤發電要求採用最新 USC(超超臨界壓)技術，並逐漸淘汰低效率的燃煤發電，並且要求各發電業者 2030 年火力發電的整體平均發電效率須達 44.3% 以上，另一方面，要求電力零售業者 2030 年銷售的非化石電力(再生能源與核能之電力)須達 44%。此外，推動 IGCC、煤氣化燃料電池複合發電(IGFC)等次世代高效率燃煤發電、CCUS 等之技術開發和實用化；(2)重建石油和液化石油氣(LPG)產業的商業基礎：進行石油產業(精煉、銷售)的事業重整與改革，擴大海外和其他產業領域的投入以提高收益，強化全球競爭力，確保石油和 LPG 的最終供應體制，確立公正且透明的石油產品交易結構。
6. **實現「氫能社會」**：推動「氫能基本戰略」[8]，降低氫氣成本、建構氫氣「製造、儲存、輸送、利用」的國際供應鏈、進行氫氣發電技術開發等。將加速氫氣與燃料電池的技術創新，家庭用燃料電池(Eno-Farm)的價格已降至 100 萬日元，2030 年要達 530 萬台的普及目標；在車輛方面，燃料電池汽車(FCV) 2025 年達約 20 萬台、2030



年達約 80 萬台，燃料電池巴士 2030 年達約 1,200 台、燃料電池堆高機達約 1 萬台的普及目標；加氫站設置 2025 年達 320 座；在 2030 年左右建構商用規模的國際氫氣供應鏈，每年採購氫氣約 30 萬噸，實現氫氣供應成本約 30 日元/Nm<sup>3</sup>的目標；開發氫氣燃燒器，在 2030 年左右實現氫氣發電的商用化，發電成本以 17 日元/kWh 為目標。開發再生能源製氫的 P2G 技術，其核心的水電解製氫系統儘早在 2020 年實現 5 萬日元/kW，2030 年左右實現商用化的目標。

7. **推動能源系統改革：**推動電力系統、瓦斯系統和供熱系統的自由化改革，打破業種和區域獨佔之藩籬，形成自由競爭的市場。2016 年 4 月起實施電力零售全面自由化及採用發電、輸配電、零售證照制，預定 2020 年 4 月將輸配電部門獨立出來，為建立一個公平競爭的環境，正著手創設基載市場、容量市場、供需調整市場、非化石價值交易市場等。另一方面，2017 年 4 月起實施都市瓦斯零售的全面自由化，預定 2022 年 4 月將大型瓦斯業者的導管部門進行法律分離。
8. **強化國內能源供應網：**(1)因應海外的供應風險，加強石油儲備等：考慮國內石油需求動向和風險，重新檢討儲備總量(包括國家、民間、產油國共同儲備)、國家儲備中原油與石油產品所占的比率、儲備基地設施的有效利用等；此外，維持目前國家和民間液化石油氣(LPG)儲備合計達 90 天的目標，並檢討有效維持的措施；(2)加強國內地震等災害風險的因應：針對地震、豪雨、大雪等大規模災害，檢討強化石油、LPG、電力、都市瓦斯等供應系統的措施，並利用人造衛星等掌握能源相關設施的狀況；此外，建構分散式能源系統，提高需求端因應危機的能力。
9. **改善二級能源結構：**推動熱電共生系統(包括家庭用燃料電池)有效利用電與熱，擴大導入再生能源與利用蓄電池促進調整力之脫碳化，建立運輸部門選擇各種能源(生質燃料、電力、氫氣等)的環境，普及次世代汽車(電動車、燃料電池車等)。

10. **拓展能源產業政策：**(1)藉由電力系統等自由化改革，建立能源供應業者相互加入的環境，並鼓勵新技術和新服務業者加入，進行能源產業結構的大轉型，活化能源市場；(2)利用能源供應業者相互加入電力、瓦斯市場，產生更多的綜合能源企業，強化經營基礎，進而開拓國際能源市場；(3)依地區特性推廣綜合能源供需管理的分散式、地產地消型能源系統；(4)擴大蓄電池、氫氣、燃料電池等先進技術的國際市場，透過電力、LNG 等基礎設施出口強化能源產業進軍國際。

11. **推動國際合作：**各國能源供需結構的穩定化與效率化，除自身的努力外，國際間的合作很重要，因此將加強推動雙邊、多邊在各能源領域的合作，特別是建構與關係密切國家和國際機構的策略性、廣泛性能源合作的架構，支援海外能源相關的先進技術、產品、系統、服務、基礎設施等，對國際溫室氣體排放減量做出貢獻。

(四)推動技術開發：再生能源低成本化、高效率化及多樣化用途，提高核能發電的安全性、可靠性及效率性，蓄電池、氫氣和燃料電池的低成本化，燃煤和燃氣發電的高效率化，CCS 等創新技術開發。此外，2016 年 4 月制定「能源環境創新戰略」，進行長期創新技術戰略開發，挑選溫室氣體減量潛力大的次世代太陽光電、地熱發電、蓄電池、氫能、CO<sub>2</sub> 固定化和有效利用等[9]。

(五)加強與國民各階層的溝通：依據科學見解，藉由第三方機構等發佈和提供客觀的能源資訊與相關風險，加強能源宣導，推動能源教育，促進國民各階層對能源的理解，以及加強政策制訂過程的透明化和雙向溝通。

#### 四、2050 年能源轉型和脫碳化的挑戰

為實現 2050 年溫室氣體減量 80%(尚未設定基準年度)的高目標，不可能延續過去的政策，必須在能源轉型和脫碳化上進行非連續性(突破性)創新技術的開發，依據更高度的 3E+S 原則，採取全方位的「複線情境」，追求各種選擇的可能，同時基於最新資訊和技術動向，進行科學審查，修正各選擇方案的開發目標，決定投入重點[10]。

### (一)採取雄心的複線情境，追求各種選擇的可能性

每個國家因：(1)化石資源的稟賦條件；(2)土地面積的限制；(3)自然條件決定的變動性再生能源的運轉率；(4)電力網和天然氣管網等國際連接的情況；(5)能源相對價格等差異，影響其能源的選擇。隨著 2050 年脫碳化技術的可能性和不確定性，日本將依據其特有的能源環境判斷，採取「能源轉型與脫碳化全方位的、雄心的複線情境」，追求再生能源、氫能、CCS、核能等各種創新技術組合的選擇方案。

### (二)2050 年情境的設計

在更高度的 3E+S、科學的審查機制、脫碳化能源系統間的成本和風險驗證下，進行 2050 年情境的設計。

1. **更高度的 3E+S：**能源選擇評估的基本方針：(1)在能源安全(Safety)最優先的前提下，透過技術創新和治理改革，實現安全的創新；(2)在能源穩定供應(Energy Security)上，除提高資源自給率外，還要提高技術自給率，以確保能源選擇的多樣性，降低各種風險；(3)在經濟效率性(Economic Efficiency)上，努力降低能源成本，抑制國民負擔，並強化國內產業競爭力；(4)在環保要求(Environment) 上，從低碳化，進一步邁向脫碳化的挑戰。
2. **科學的審查機制：**定期掌握最新的全球情勢和技術動向，在透明的機制和程序下，建立「科學的審查機制」，評估各技術的優勢與風險，彈性地修改和決定每個選擇的開發目標，並決定政策資源要投入的重點。
3. **脫碳化能源系統間的成本和風險驗證：**對於 2050 年能源轉型和脫碳化的挑戰，存在可能性和不確定性，例如脫碳化的電力系統可能由變動性再生能源、儲電系統、氫氣系統、碳捕集、利用與封存(CCUS)系統、核能系統、數位化系統等組合，無法依循傳統的「電源別的成本驗證」方法，應改採「脫碳化能源系統間的成本和風險驗證」方法，以全面掌握電力/非電力、供熱和運輸等能源系統的各種脫碳化技術的成熟度。

### (三)每個能源選擇的挑戰與對應

目前脫碳化能源系統有多個選擇，每個選擇都有其特點、優點與缺點。各能源系統選擇的挑戰與對應如下：

1. 再生能源：實現經濟自立、脫碳化、主力電源化之目標。首先低成本化，盡早擺脫 FIT 補助，實現自立化，進一步尋求突破性創新技術開發，大量導入再生能源，包括大幅度提高發電效率克服土地面積的限制、開發高性能低價格的蓄電池和氫能系統實現調整力的脫碳化、開發數位技術實現更精確的供需調整、增強輸配電網和開發分散式網絡系統等，並與地區密切合作，強化人才、技術及產業基礎。
2. 核能：實用階段脫碳化的選項之一，必須先恢復社會的信任，在安全最優先下，儘可能降低依賴度，強化人才、技術和產業基礎，追求有優越安全性、經濟性和機動性的反應爐，解決廢爐和核廢料處置的技術開發等。
3. 化石燃料：實現能源轉型和脫碳化前過渡期的主力電源，淘汰低效率的燃煤發電，改用較潔淨的天然氣，以高效率的燃煤技術支援全球低碳化，加強資源外交等。
4. 供熱系統和輸送系統：以中低溫供熱和中小型車輛為主，追求電氣化和氫氣化轉型的可能，配合技術創新進展，決定基礎設施更新目標，提高可預見性。
5. 節能 and 分散式能源系統：透過產業領跑者制度(標竿制度)，提高日本在全球頂級的節能水準。此外，再生能源系統的小型化和高效率化，蓄電池和氫能系統的技術創新，運輸系統的電動化，數位化技術和智慧電網技術的進展，使區域的供需控制成為可能，透過有效組合這些技術，整合成高效率的電力、供熱和運輸系統，形成分散式能源系統，實現脫碳化的目標。

### (四)實現情境的總體戰(總力戰)

能源轉型的倡議是長期技術和人才投資的戰略，為了追求每種選擇的可能性，克服挑戰，產生最佳的能源選擇，將動員政府和民間部門，

持續進行技術創新、人才培育之挑戰，建立必要的投資機制，避免過少的投資，增加落後於全球能源競爭的風險。為具體實施能源轉型和脫碳化，將推動市場和制度改革等能源政策，進行國際合作，強化國際性綜合能源企業集團和建構次世代能源基礎設施，建立資金循環機制，實現政策、外交、產業和金融等 4 個層面良性循環的總體戰。

## 五、外界的批判

第 5 次能源基本計畫未更改 2015 年所決定的 2030 年度電源結構目標，其相較於 2010 和 2016 年度的實績值，如圖 3 所示，核能發電量從 2010 年度的 25.1%，福島核災後，2014 年度一度降為零核電，2016 年度回復至 1.7%，2030 年度目標要提高至 20~22%；在積極推廣下，再生能源發電量從 2010 年度約 9.5%(不含水力占 2.2%)增加到 2016 年度約 14.5%(不含水力占 6.9%)，2030 年度則要達到 22~24%(不含水力占 13.2~14.8%)的目標；化石燃料發電量則從 2010 年度的 65.4%，2016 年度為彌補核電缺口提高至 83.8%，2030 年度目標為降至 56%。

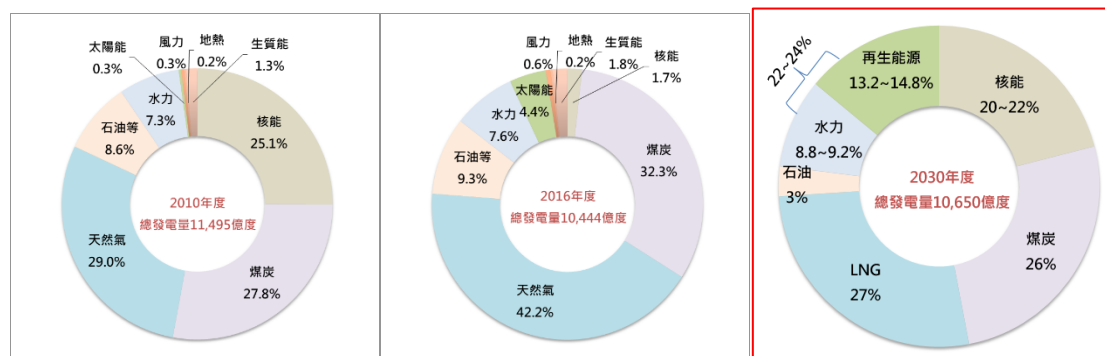


圖 3、日本電源別發電量占比[11]

對於第 5 次能源基本計畫未更改電源結構目標，來自外界的激烈批判指出，其大大偏離國內外的趨勢，無法實現能源轉型的目標，建議應重新檢討目標，有必要大幅降低核電的比率，提高再生能源的比率[12]。

(一)再生能源：首次提出「主力電源化」的概念，但主要的挑戰在於抑制國民負擔。日本自 2012 年開始實施 FIT 制度後，由於初期太陽光電的蔓

購價格非常優惠，且設置期程短，因此 FIT 申請案件快速增加，截至 2018 年 3 月底止，已經開始運轉的導入量約達成 2030 年度目標的 70%，若加上已取得 FIT 的認定量，則遠超過目標。如表 1 所示，生質能的認定量也超過目標，風力的認定量則達目標的 91%。然而，過高的躉購價格將造成國民負擔過重，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。因此，日本政府希望 2030 年度的總 FIT 躉購費用控制在 3.7~4 兆日元，但是預估 2018 年度將達到 3.1 兆日元。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，實施領跑者制度，逐步取消補貼，實現再生能源的經濟自立，以減輕國民負擔。外務省和一些自民黨議員要求提高再生能源的目標，但經產省並未有回應，抑制國民負擔應是主要因素。此外，日本的電力系統有容量的限制問題，大電力公司的輸配電線若沒有多餘的容量，將拒絕再生能源的併網申請，對於再生能源的主力電源化，形成一道障礙。

表 1、日本再生能源導入進展[13]

	導入量 (萬kW) (2018年3月)	FIT實施前導入量 + FIT認定量 (萬kW) (2018年3月)	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	約70%
風力	350	910	1,000	約35%
地熱	54	60	140~155	約37%
中小水力	970	980	1,090~1,170	約86%
生質能	360	970	602~728	約54%

另一個即將面臨的課題是，自 2019 年 11 月起，住宅型太陽光電的 FIT 躉購期限將陸續結束，這意味著，未來大電力公司就沒有收購這些住宅型太陽光電力的義務，那麼這些電力未來該何去何從呢？這也是日本政府和各大電力公司目前積極思考其適當的解決方法，例如：中部電力公司積極地提出能夠持續達成電力交易的基本方針，以此為發想，提出了只要是中部電力公司的客戶，就能參與「電力交易服務」—「這就是電力」的活動。具體來說，就是擁有住宅型太陽光電系統的客戶，除了能



自發自用電力外，也可以將多餘的電力分享給住在遠方的親朋好友、母校，或企業。

(二)核能發電：定位為「重要的基載電源」，但要實現 2030 年度核電占比 20~22%的目標，必須約有 30 部的核電機組運轉，其中有 10 部以上運轉超過 40 年必須延役運轉，這與現實間有很大的差距。日本目前使用中的核電機組有 35 部，加上建設中 3 部，共 38 部機組。截至 2018 年 10 月底，在新的安全基準審查下，重啟運轉的核電機組只有 9 部[14]。在新計畫未明文記載新建和更新核電機組下，即使 38 部屆時全部運轉，要實現 2030 年度核電目標似乎仍不太樂觀，何況有部分機組雖通過安全審查(例如柏崎刈羽 6~7)但難以取得地方政府的同意、有部分則位於活斷層最終可能只有廢爐一途，以及有部分到 2030 年前將面臨屆齡除役的問題。因此，依據目前的情況來看，若未能新建和更新核電機組下，要達成 2030 年度的核電目標將是不太可能的。

(三)燃煤發電：做為基載電源，具有價格低廉、供應穩定的優勢，但是碳排放和污染較嚴重。日本在 2011 年大地震發生之前，燃煤發電機組已經達到 100 部以上，總裝置容量約為 42 GW。大地震之後，自 2012 年到 2018 年 9 月底，燃煤電廠建設計畫合計有 50 部機組，約 23.3 GW。其中，8 部已運轉(約 0.9 GW)、有 7 部(約 3.6 GW)因經營環境改變而取消，其餘 35 部(18.8 GW)中，15 部建設中、5 部完成環境影響評估、12 部正進行環境評估中、3 部未明[15]。在福島核災後，核電廠陸續停止運轉，東京電力公司採取加強火力發電的方針，透過電力競標，設定較低的上限價格，此舉有利於燃料價格較低的燃煤發電競價。此外，2016 年電力零售自由化後，尋求低廉的燃煤電力，也促使燃煤發電的建設計畫增加。另一個問題是，依規定超過 11.25 萬 kW 的燃煤發電計畫需要申請環境影響評估。因此，50 部機組中，約有 20 部屬於 11.2 萬 kW 的計畫。如此，可以省略數年的評估過程，加快建設速度。事實上，當這些機組都商業運轉時，將超出能源基本計畫的目標。燃煤發電是排放溫室氣體最多的發電方式，增設燃煤發電將與溫室氣體減量目標背道而馳。此外，在巴黎協定生效後，英國、法國和加拿大等許多國家已制定

最遲在 2030 年之前將燃煤發電歸零的政策，許多國際大銀行開始對於燃煤發電建設計畫的融資採取審慎的態度，使得燃煤發電的融資變得較困難。未來，隨著節約能源的進展和再生能源的大量引進，燃煤發電的運轉率將降低，可能會造成投資無法回收的閒置資產(stranded asset)。因此，若業者要進行燃煤發電建設計畫時，需要注意到以上各種風險。

## 六、結論

能源的穩定供應對一國的經濟發展和民眾的日常生活是非常重要的，但是要選用什麼樣的能源必須非常慎重的考慮，其將對社會和環境產生重大的影響，並影響我們的未來。

各國能源的選擇主要依循 3E+S 的原則。實際上，沒有單一的能源可以完全符合 3E+S 的原則。因此，許多國家均依據國內外能源情況，利用各種能源的組合，制定符合 3E+S 的能源政策。日本也不例外，甚至對於 2050 年提出更高度的 3E+S，強調創新的安全、提高技術自給率、脫碳化、強化產業競爭力等。

日本第 5 次能源基本計畫是一份整合 2030 年實現能源結構目標和 2050 年能源轉型與脫碳化情境設計的計畫。在 2030 年目標實現上，並未改變電源結構目標，但將加強實現目標的努力，其中提出許多政策措施的推動方向，將值得我國在能源政策規劃上的參考；另一方面，預期未來國家間/產業間的能源轉型和脫碳化創新技術的競爭會日益激烈，因此在 2050 年情境設計上，提出更高度的 3E+S、複線情境、科學的審查機制、脫碳化能源系統間的成本和風險驗證等新的概念，同樣值得我國未來在長期能源政策規劃上的借鏡參考。

## 參考文獻

- [1] 第 5 次能源基本計畫(第 5 次エネルギー基本計画)，經濟產業省，2018/7。  
[http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/](http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/)
- [2] エネルギー情勢懇談会提言～ エネルギー転換へのイニシアティブ～，能源情勢懇談會，2018/4/10。  
[http://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene\\_situation/pdf/report.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene_situation/pdf/report.pdf)
- [3] 巴黎協議後の日本能源政策，能源知識庫，2018/9/18。  
[https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference\\_more?id=190](https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more?id=190)
- [4] 日本公布第 5 次能源基本計畫，加強實現 2030 年度目標的措施，並提出 2050 年能源轉型和脫碳化的方向，能源知識庫，2018/7/3。  
[https://km.twenergy.org.tw/Data/db\\_more?id=2533](https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=2533)
- [5] 第 5 次エネルギー基本計画の構成，經濟產業省，2018/7/3。  
<http://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-3.pdf>
- [6] 2030 年エネルギーミックス実現へ向けた対応について～全体整理～，総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第 25 回会合），2018/3/26。  
[http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/025/pdf/025\\_008.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/025/pdf/025_008.pdf)
- [7] 日本再生能源的主力電源化，將強化成本競爭力、檢討 FIT 制度、克服電力系統限制和確保調整力等，能源知識庫，2018/7/3。  
[https://km.twenergy.org.tw/Data/db\\_more?id=3549](https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=3549)
- [8] 日本政府公布「氫能基本戰略」，提出 2030 年家庭用燃料電池 530 萬台、燃料電池汽車 80 萬輛、加氫站 900 座、氫氣成本 30 日元/Nm<sup>3</sup> 等目標，能源知識庫，2017/12/26。  
[https://km.twenergy.org.tw/Data/db\\_more?id=2468](https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=2468)

- [9] 日本內閣府公布「能源環境創新戰略」草案，提出次世代太陽光電、次世代地熱發電、次世代蓄電池等 7 項長期戰略開發的創新技術，能源知識庫，2016/3/24。  
[https://km.twenergy.org.tw/Data/db\\_more?id=1201](https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=1201)
- [10] 日本能源情勢懇談會提出 2050 年能源轉型倡議建議案，能源知識庫，2018/5/31。  
[https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference\\_more?id=185](https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more?id=185)
- [11] 日本經濟產業省資源能源廳總合能源統計資料  
[http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/results.html#headline2](http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline2)
- [12] 止まらぬ石炭火力発電 「事業者はリスクに気付いて」，朝日新聞，2018/10/10。  
<https://www.asahi.com/articles/ASLB13T7WLB1ULFA00S.html>
- [13] 国内外の再生可能エネルギーの現状と今年度の調達価格等算定委員会の論点案，調達価格等算定委員会，第 38 回，資料 1，2018/10/1。  
[http://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/038\\_01\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/038_01_00.pdf)
- [14] 原子力発電所の運転・建設状況，日本原子力産業協会。  
<http://www.jaif.or.jp/data/japan-data/>
- [15] 石炭発電所ウォッチ 新設一覧表，特定非営利活動法人気候ネットワーク，2018/10/29。  
[http://sekitan.jp/plant-map/ja/v/table\\_ja](http://sekitan.jp/plant-map/ja/v/table_ja)