

# 日本第六次能源基本計畫草案評析

黃莉婷、林韋廷、王穎達、劉家豪、方育恆  
工業技術研究院綠能與環境研究所

## 中文摘要

日本於 2021 年 7 月 21 日發布第六次能源基本計畫草案，經濟產業省由兩大觀點開展整份草案：(1)因應全球暖化與氣候變遷議題、(2)面對近年日本能源供需結構變化。延伸出兩大主軸：2050 碳中和的長期展望，和 2030 年的能源政策具體措施。日本將能源政策視為達成 2030 年溫室氣體減量目標的核心議題，現階段規劃的 2030 年的能源技術發展與政策都將與 2050 年碳中和願景完全掛勾，日本除將積極開發並擴散先進脫碳技術外，亦會同時考量現有能源技術成熟度、社會接受度與成本等問題，以通盤規劃至 2030 年前的能源政策具體措施。

關鍵字：日本、能源基本計畫、2050 願景

## 英文摘要(Abstract)

Japan has published the draft of its sixth revision of energy basic policy on 21st, July, 2021. The Ministry of Economy, Trade and Industry has based the policy draft on two viewpoints: (1) Adaptive strategy to global warming and climate change (2) Recent changes of the energy supply and demand of Japan.

Two main principles were extended from these two viewpoints: the outlook towards carbon neutral by 2050, and the specific measure for 2030. Japan has viewed the energy policy as the core issue of greenhouse gas reduction by 2030. The current plan of energy technology development and policy by 2030 will be coupled with the outlook of carbon neutral by 2050. Besides actively developing and expanding the usage of advanced decarbonization technologies, the maturity, social acceptance and cost of the technology will also be considered, in order to complete the specific plan for the energy policy by 2030.

Keywords: Japan, Energy basic policy, Outlook of carbon neutral, 2050

## 一、前言

日本能源基本計畫約莫每4年定期發布，2014年公布第四次基本計畫，2018年公布第五次基本計畫。此次配合政府提出2050年碳中和願景目標，於2021年7月21日發布第六次能源基本計畫草案，經濟產業省由兩大觀點開展整份草案：(1)因應全球暖化與氣候變遷議題、(2)面對近年日本能源供需結構變化。

首先，隨著極端氣候事件與天災頻繁，因應全球暖化與氣候變遷的政策規劃已是全球須共同面對的急迫議題。許多先進國家早已致力於發展先進脫碳、再生能源、節能技術，前開技術發展將可能徹底改變工業革命以來形成的產業結構，此刻如國家能源與氣候政策偏誤，即可能喪失該產業乃至於國家整體競爭力。此外，先進國家亦積極主導國際法規、標準，以求國家利益獲得保障，並創造符合新興產業的機會。

有鑑於此，日本於2020年10月宣布「2050年達成碳中和」的長期願景，並於2021年4月宣布「2030年的溫室氣體排放量將相較於2013年下降46%」的中期目標，且保有2030年減碳超過50%的野心。

其次，日本的能源供需結構正發生重大轉變。近年受到颱風與地震等天然災害影響，日本經歷前所未有的大規模停電，加之近年數位科技產業、資通訊產業蓬勃發展，皆促使日本社會愈加重視供電穩定性與電價合理性，期待透過公私部門合作建立強大且穩定的能源供需結構。故第5次能源基本計畫所訂下的「3E+S」能源政策方針，即能源之安全性(safety)、穩定供應(energy security)、經濟效率性(economic efficiency)及符合環保(environmental protection)的能源政策基本方針將被延續進而強化。

由上述兩大觀點出發，第6次能源基本計畫延伸出兩大主軸：2050年碳中和的長期展望，和2030年的能源政策具體措施。日本將能源政策視為達成2030年溫室氣體減量目標的核心議題，現階段規劃的2030年的能源技術發展與政策都將與2050年碳中和願景完全掛勾，日本除將積極開發並擴散先進脫碳技術外，亦會同時考量現有能源技術成熟度、社會接受度與成本等問題，以通盤規劃至2030年前的能源政策具體措施。

針對2050年能源轉型與脫碳規劃，由於能源技術發展的可能性和不確定性，以及情勢變化的不透明性，2050年的長期展望難以現階段準確預測。因此第6次能源基本計畫草案延續第5次能源基本計畫提出的「複線情境」

概念，將持續依據最新資訊，進行脫碳化能源系統間的成本和風險的分析驗證。

從 2020 年的 10 月起，日本自然資源及能源廳的基本政策小組委員會已開始討論審議第六次能源基本計畫，會議過程透過線上直播，完全公開透明，且相關資料均上網公開，並開放徵求各界意見。從 2021 年 1 月 27 日起設立「能源政策意見箱」，民眾可在經產省網站隨時提供意見及理由，並註明姓名、年齡、性別、地址、電話和郵件聯繫方式。截至 7 月 21 日，累計收到 601 則，並配合基本政策小組委員會會議期程，定期彙整作為會議現場資料，供委員討論參考。

以下本文將進一步說明日本 2050 年實現碳中和的挑戰與因應對策，以及基於 2050 年碳中和目標下，2030 年能源對策內容，供我國能源政策參酌。

## 二、日本 2050 年實現碳中和的挑戰與因應對策

由於現階段能源技術發展的可能性與不確定性，加之國際政治經濟形勢的不確定性，僅以單一的情境規劃未來能源供需結構是不夠彈性亦不可行的。日本參考歐盟、英國規劃 2050 碳中和路徑後，亦得出皆不以單一情境為目標，而是規劃多元情境、多種能源組合的可能性的結論，故日本將透過多種情境反覆分析檢驗，進而提出達成 2050 年碳中和願景需要努力的方向。

雖然目前日本政府根據專家意見評估 2050 年的發電量配比，再生能源約占 50%（包含太陽能、風電、水電、地熱能和生質能），氫／氨能約占 10%，核能與配有碳捕獲與封存技術的火力發電則占約 30-40%。但因為每種電力皆有其限制與不確定性，故日本政府仍強調保持彈性，持續以最新技術與環境資訊反覆驗證分析，繪製多種脫碳路徑與情境。

為達成 2050 碳中和的目標，占日本總溫室氣體排放量超過 80% 的能源部門需要承擔重責大任，整體而言脫碳方向為最大化使用再生能源，並推動氫能和碳捕獲、利用與封存技術(CCUS)技術的商業化、擴大化。

而在追求能源、電力脫碳化的過程，確保穩定且低廉的能源供應對於維持日本國家競爭力相當重要，故未來日本不僅要求提高能源自給率，更要提高脫碳技術的自給率，達到真正的能源自主。

此外，日本政府認為需要突破傳統思維，帶動社會認知碳中和的重要性以贏得人民的信任，並在確保能源安全的前提下，尋求各種機會與選擇，在保持國際競爭力的同時，提供廉價穩定的能源以減輕人民的負擔，創造產業結構、社經條件與自然環境的良好循環，讓各產業、各部門、每位公民都能夠共同努力，實現 2050 碳中和的願景。

故以下將說明電力、工業、商業、家庭與運輸部門為達成 2050 碳中和願景，而制定的因應對策。

## 1. 電力部門

由於日本規劃於工業、商業等部門推動電氣化，故預計日本的電力需求將提升，在此情境下，日本規劃以再生能源為 2050 主要電力來源，為此日本需要提高電力系統的穩定度，配合電網總體規劃、引入儲能等分散式能源，並開發下一代太陽能電池與浮力式離岸風力技術。此外，日本認為須強化再生能源設置區域的人民溝通、接受度，並致力於降低再生能源發電成本，以降低民眾經濟負擔。

除此之外，日本則將盡可能減少對核能的依賴，但仍將之視為脫碳電力的選項之一。日本將持提高核能發電廠的安全性，並積極處理核電廠除役、核廢料處理等候端問題，以恢復社會信任。

在先進技術部分，有鑑於當前日本仍以火力發電為主要電力來源，且其具備彈性調度的優勢，故日本認為有必要積極發展碳循環技術，透過在火力發電設備加裝二氧化碳分離／回收設備實現火力發電脫碳。此外，日本將積極發展氫／氨能，力爭在 2050 年時將其成為主要供電與調度電力的電源，為此日本已積極建設大規模氫氣供應鏈的技術開發與示範案，並持續嘗試降低氫能發電成本。另一方面，日本將積極發展碳捕獲、利用與封存技術，透過公私部門合作達到降低成本、尋找適宜碳封存地點、實現商業化的願景。

## 2. 工業部門

工業部門除須徹底節能與提高能源使用效率外，還需要積極推動電氣化，針對難以電氣化的產業領域，氫氣、合成甲烷、合成燃料等創新技術的開發勢在必行，例如發展氫還原煉鋼技術。此外，針對仍有高熱需求的製程，將搭配直接空氣碳捕獲與封存技術(DACCS)、生物質能碳捕獲與封存(BECCS)等脫碳技術，以達成碳中和的目標。此外，由於工業領域的設備一

般使用壽命約為 30~40 年，故應透過公私部門合作注意設備更換的時機點，在更換設備時即選用具脫碳設備、高效率的款式，且尤其需提供中小企業節能診斷、脫碳技術等相關細節資訊，以達到整體工業部門脫碳的目的。

### 3. 商業與家庭部門

商業與家庭部門的脫碳關鍵是最大限度的使用太陽光電、太陽能熱水系統。並需要加強房屋與建築物的隔熱、節能性質，且持續研發新的脫碳建築材料，並引入高效率設備。

推動商業與家庭部門脫碳時，應更加注意每個地區的建築與自然環境差異，例如在城市大多使用城市燃氣，在農村地區大多使用液化石油氣與煤油的特性。

除此之外，隨著數位革命帶動的大數據計算、數位設備、數據資料中心等，除能更精準計算企業使用能源的習性，據以設計能源管理系統，但數位產業、資通訊產業亦可能提升電力需求，故未來應推動數據中心、數位產業的節能與效率提升技術。

### 4. 運輸部門

在運輸部門，日本的目標是通過減少汽車生產、使用所產生的二氧化碳，並提高物流的能源使用效率，以及車輛使用的燃料脫碳等方法達到碳中和。

首先，日本已規劃一般客車於 2035 年起僅銷售電動車的目標，在商用車的部分則規劃 8 公噸以下的小型商用車於 2030 年的銷量要達到市占 20~30%，並於 2040 年時應全面銷售電動或合成燃料的商用車，目標是在 2050 年時全面使用電動或合成燃料等不排放二氧化碳的車輛。為達上述目標，日本已積極擴大電動汽車的基礎設施，強化電池、供應鏈等相關技術與產業發展，並結合數位科技，推動運輸模式朝向能源使用效率較高的方向前進，例如整合總體運輸網絡、提高物流效率等。

此外，日本亦致力於開發將氫／氨使用於商用車、大型進出港口車輛、船舶等其他交通領域的技術。而在航空領域，日本則預計規畫推動永續航空燃料(SAF)、減少機場設施與車輛、引進新型設備等方式達到脫碳，與此同時，日本亦考慮透過公私協力的方式於機場設置大規模再生能源發電設備。針對永續航空燃料(SAF)部分，日本將確保本國能取得必要原物料，並在符合國際民用航空組織(ICAO)的規定下，透過公私協力模式持續精進相

關技術並推動示範案。

在海運領域，有鑑於日本 99.6%的進出口貨物都需要透過產業港口運輸，故建立「碳中和港」是日本的重要脫碳策略之一。具體而言，日本將推動使用大量且穩定的氫／氨，促進港口貨物裝卸機具、大型車輛皆改用氫燃料。此外，日本亦將積極開發合成燃料技術，預計在 2030 年建立高效率、規模化的製造技術，並持續降低成本、擴大規模，其後於 2040 年起實現商業化。

### 三、基於 2050 年碳中和目標下，2030 年能源對策

#### (一) 2030 年能源供需展望

日益嚴重的氣候變化問題已是全人類共同面臨的緊迫問題，國際上許多已發展國家皆陸續制定極具野心的 2030 年溫室氣體減量目標，日本也依循其 2050 目標，規劃極具野心的 2030 年能源供需展望，預計將在 2030 年溫室氣體較 2013 年減量 46%，甚至要挑戰減量 50%以上，也因此需要克服供需兩方面的各種問題，包括推動徹底節能與非化石能源。

在政策規劃上，也適必要考量多個面向的影響。首先需穩定供電，鑑於北海道東部伊武里地震(2018)、15 號颱風(2019)造成的重大停電，穩定的能源供應將是不可或缺的因素。因此，需同時考量降低化石能源發電占比、但另一方面仍須考量電力的穩定供應；若在引進非化石能源前，立即採取遏制化石能源的措施，可能會阻礙影響供電，因此要充份考量措施的強度和實施時機。其次，也需兼顧能源成本，因能源成本也是支持產業活動的基礎，甚至也影響企業選址等業務策略，盡可能降低能源成本是維持和加強日本產業競爭力、實現經濟進一步增長的重要課題。

在需求面，考量經濟增長率、人口統計、主要產業活動，及考量各部門實際可行的節能措施，日本 2030 年度最終能源消費中可節能約 6,200 萬公秉油當量，因此 2030 年能源總需求約 2.8 億公秉油當量。而滿足此能源需求的初級能源供給預計約為 4.3 億公秉，石油約佔 30%、再生能源 20%、天然氣 20%、煤炭 20%、核能 10%、氫/氨約 1%。從電力供需結構來看，因經濟增長、電氣化比例提高等因素，預計將增加電力需求，但由於節能(節電)的深入推進，2030 年電力需求將在 8,700 億度，預計總發電量約 9,300~9,400 億度。此外，徹底推動節能，能源效率的提升也將大大超過石

油危機後的水準。

在供電方面，盡可能按「S+3E」原則，最優先的原則是盡最大可能引進再生能源，並將穩定供應作為前提，降低化石能源比例、讓火力發電脫碳化，並盡可能減少對核電依賴。其中，再生能源將透過加強各部門的措施，同時考慮目前的引進狀況和認證狀況，預估各部會施政最強力推動新專案的情況下，約可發 3,120 億度；如進一步加強相關措施、且效果得以實現，預計總共可引入約 3,300 至約 3,500 億度綠電，占電力配比 36~38%。相關部會也將共同努力，確保再生能源之選址與區域共生共榮、克服系統限制、降低成本等。

而對於核電，作為有助於減少二氧化碳排放的能源，則會將核安放在首位，盡最大努力解決公眾疑慮的前提下，將基於世界上最嚴格的監管標準，交由監管委員會的專家判斷，並尊重其判斷以重啟核電站，國家政府也將主動爭取地方政府和其他相關單位的理解與合作，預計發電占比 20~22%。

火力發電方面，在盡力引進再生能源的同時，暫時將繼續作為主要供應與協調動力，補充再生能源的間歇性；並根據非化石能源引進情況，在確保穩定供應的前提下，也將推動淘汰低效燃煤等方式，盡可能降低火電發電比例。屆時，從能源安全的角度，保持以天然氣和煤炭為核心的適當火力發電結構，在電源構成上，燃氣發電約 20%，燃煤發電約 19%，石油等做為必要備援至少仍需 2%。此外，為了加快實施將氫和氨作為未來社會重要能源，預計氫和氨在能源構成中的新增發電量將占到 1%左右。

如前述供需展望在 2030 年度可實現，預計作為衡量能源穩定供應的指標「能源自給率」約可達到 30%，比 2015 年制定之長期能源供需展望的 25% 更高。而作為經濟效率指標的「電力成本」部份，擴大引入成本持續降低的再生能源，雖 FIT 成本、系統穩定及整合之相關成本仍會增加，但化石燃料價格如同 IEA 預測下降，因此預計總成本約 8.6~8.8 兆日元，低於之前假設的電力成本(9.2~9.5 兆日元)。

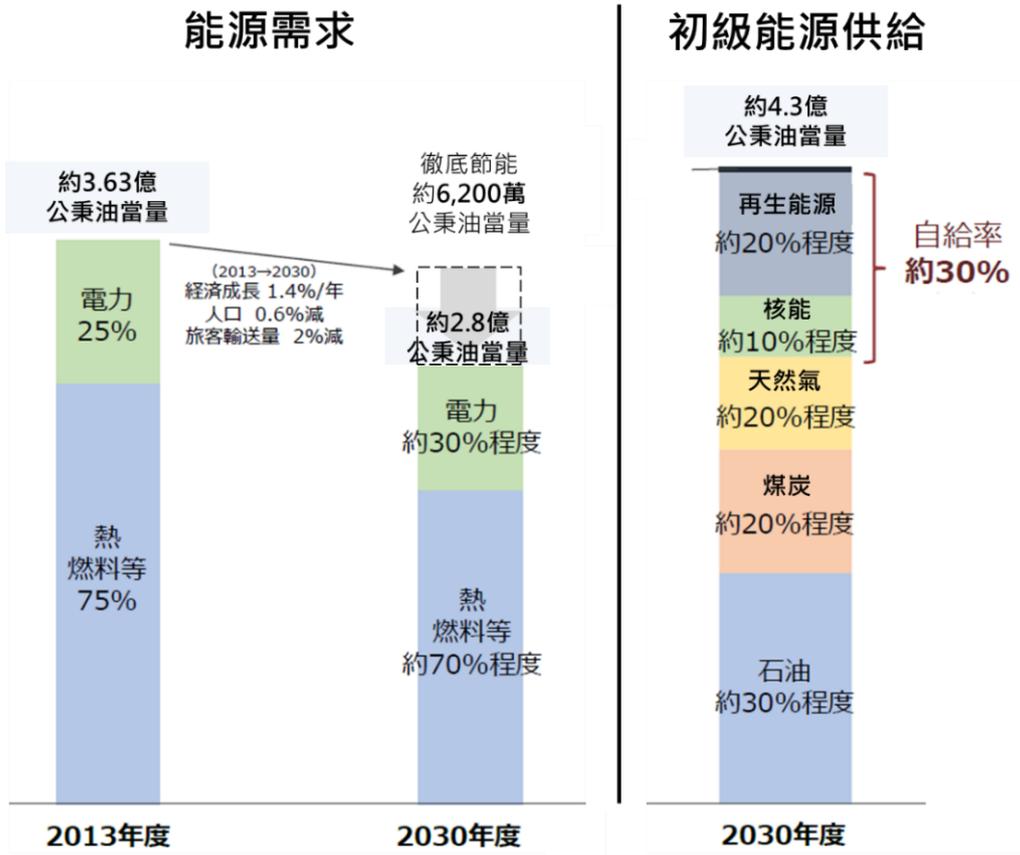


圖 1、2030 年日本能源需求及初級能源供給

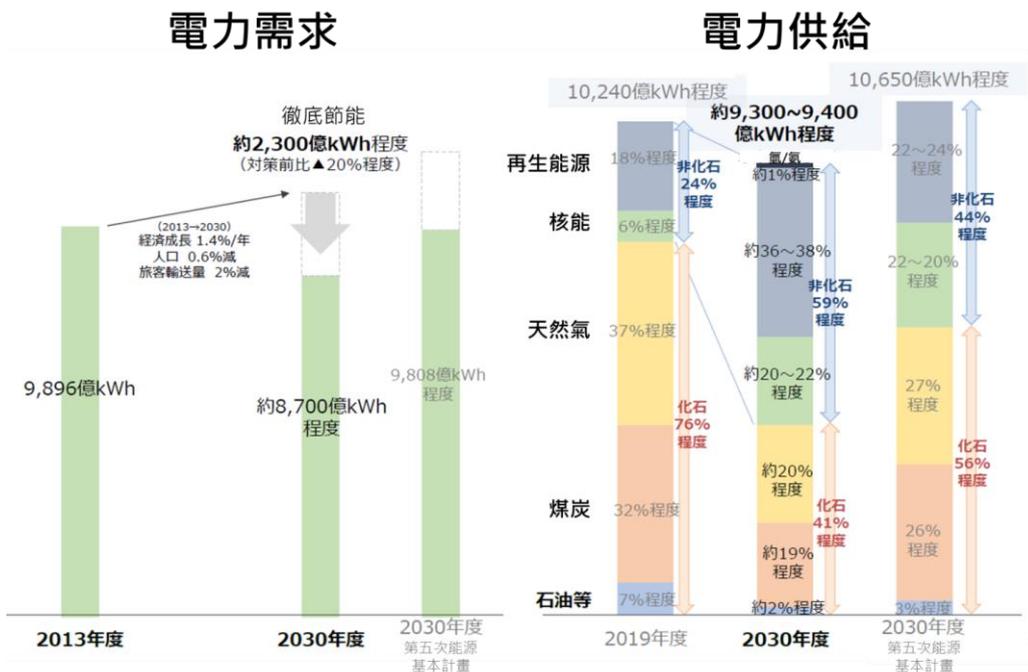


圖 2、2030 年日本電力需求及電力供給

表 1、2030 年日本發電結構

	發電量 (億度)	占比 (%)
石油	200	2
煤炭	1,800	19
天然氣	1,900	20
核能	1,900-2,000	20-22
再生能源	3,300-3,500	36-38
氫/氨	90	1
合計	9,300-9,400	100

## (二) 各部門節能策略及能源合理使用

第六次能源基本計畫草案中，2030 年工業、商業及家庭、運輸部門節能對策重點說明如下：

### 1. 工業部門：

依據能源合理化法(節能法)規定，日本經產省自 2008 年起針對鋼鐵、水泥、造紙、石油煉製、石化及電力供應業等 6 個行業，總計 10 種業別，訂定「產業能源效率標竿基準」，將同業別節能績效排名前 10~20%者訂為標竿，作為產業能源管理績優及補助獎勵之評估工具。為了因應 2050 年淨零排放目標，第六次基本計畫草案提到日本政府將審查各行業標竿基準值，並且考慮擴大目標行業範圍。此外，為了進一步擴大節能，經產省在第六次基本計畫正式核定公布後，預計將與新能源產業技術綜合開發機構(NEDO)合作再次修定「節能技術戰略」，致力於投入工業廢熱回收利用等節能技術的開發及廣泛應用。

### 2. 商業及家庭部門：

在商業與家庭部門，第六次基本計畫草案提到將強化「建築節能法」的監管措施，推動住宅、建築物的節能化、隔熱材的改良，實現 2030 年新建住宅及商辦建築物達到零碳建築(Net Zero Energy House/Building)目標，並透過制定一般消費者用的節能指導方針，促使商業及家庭進一步採取節能措施。

### 3. 運輸部門：

有關交通運輸部分，第六次基本計畫草案提出以 2035 年為目標，要求新車禁售燃油汽車，只可販售油電混合動力車與電動汽車，並嘗試以監督管理和輔導獎勵雙管齊下的方式，努力提高新售電動車輛比例。預計將擴大引進電動車輛和相關輔助設施，推動電池規格標準化、產業供應鏈整合、利用 AI 和物聯網等技術打造友善使用環境。

此外，鑒於日本電商市場持續快速成長，倉儲運輸業的節能日益重要，除了持續加強運具之能源使用效率外，如何增加物流體系整體能源效率，減少「再配送」次數極為關鍵。為此，將通過標準化配送系統和引進大數據等資訊技術提高作業流程效率，並要求寄件人、物流業者、收件人在選擇貨品運送方式及寄件收件日期時，納入節能考量，避免造成貨品無秩序的配送。

除了上述各部門節能政策以外，在第六次基本計畫草案中亦提及將重新審視節能法中對「能源」的定義，嘗試擴大至化石能源外的所有「能源」，使目前該法規範之化石能源合理使用可進一步擴大至所有能源的合理使用。另考慮在因應能源供給波動下，建構能源需求優化機制來達成進一步節能，例如設計機制確保市場持續導入氫能等非化石能源，或因應再生能源高佔比可能出現的棄風棄光情形，以及高溫或嚴冬等極端氣候或意外停電導致電力供需緊張的情形下，提出新的需量反應(Demand Response)制度等。

#### (三) 擴大佈建智慧電網及儲能電池

隨著再生能源成本降低及資訊技術的進步，如何強化智慧電網和儲能電池的利用日益重要。日本預計在 2024 年前完成既有低壓智慧電表全面建置，並持續開發新一代智慧電表，強化增加用電記錄頻率、減少輸電損耗及具備突發性斷電立即警報等功能，預計在 2030 年起逐漸取代既有智慧電表，強化電力系統供需穩定，改善能源管理。

為了提高儲能電池在家庭、公司和工廠的使用率，日本必須優先解決國內儲能電池建置成本偏高的問題，故預計在 2030 年將家庭用儲能系統的目標價格控制在 70,000 日圓/度，商用儲能系統的目標價格維持在 60,000 日圓/度，且為了有效降低電池成本，將擴大國內生產規模在 2030 年達到

24GWh，藉此刺激相關產業製程設備的投資。

隨著電力市場多元化及分散式能源逐漸增加，2021 年日本用戶群代表參與需量反應競價達到 1.8GW，約為全國尖峰負載的 1%。用戶群代表應朝向要求能源用戶整合太陽光電、儲能設備與能源管理系統(EMS)以提高操作彈性，同時有助於解決整體電力系統壅塞或抑低再生能源發電情形。此外，為了有效利用分散式能源，將考量建置區域微電網，評估地理環境、天然資源、技術應用(分散式能源及儲能)等，促進能源在地生產在地消費，也有助於降低跨域電網佈建成本及時間，強化電網韌性和幫助區域振興。

#### (四) 推動再生能源成為主要電力來源

全球再生能源發電成本急遽下降，近年來與其他能源相比已是非常有競爭力，以至於各國裝置量急速上升。日本的再生能源成本逐年在下降，但相較國際水準仍較高。伴隨著再生能源導入量擴大，日本的再生能源賦課金在 2021 年度也達到了 2.7 兆日圓。今後有必須要在抑制國民負擔的情況下繼續擴大再生能源導入量。

##### 1. 脫離躉購費率制度

躉購費率(FIT)制度是以高於市場價格之固定優惠價格購電加強投資意願、加快再生能源引入的作法。但因 FIT 價格是根據申請時的發電成本計算，且再生能源裝設成本逐年降低，造成發電業者已完成申請卻延遲裝設及發電的情形。故近年已完成修法改善，增加 FIT 失效機制。此外，對於再生能源的獨立性，重要的是通過引入 FIP (Feed-in Premium) 制度，來激發發電業者創新，促進再生能源融入電力市場。FIP 制度採用電力市場價格加價，不同於 FIT 制度，為浮動價格。發電業者就須自行判斷市場供需，配合預測需量、儲能系統等技術，以獲得最高收益。往後 FIP 制度適用的範疇會根據各能源的發展狀況逐漸增加。而在 FIT 制度下的業者也將能自主性的轉換為 FIP 制度。此外，從確保發生災害時的能源穩定供應和振興該地區經濟發展的角度，將透過法律規範鼓勵各區域能源供需自產自銷。

##### 2. 在地環境與社區共存

為了實現再生能源與當地環境及社區共存，必須確保再生能源有完善

的因應對策，並取得當地居民的信任。在現行躉購費率制度下，不同背景或規模的光電業者紛紛投入太陽能建置，在過程中可能會對當地居民的安全、防災、景觀、環境帶來直接或間接影響，故如何排除居民的顧慮，打造長期穩定經營的環境是推動再生能源持續擴大的一大重點。

### 3. 電力系統穩定性問題待克服

隨著高變動性再生能源(風力與太陽能)占比提升，電網備轉容量也需增加，電網頻率的穩定性需要燃煤及燃氣機組之彈性調度配合。所以考量再生能源供應之間歇性，將檢討提高燃煤及燃氣機組彈性調度之技術與調度模式，穩定電力供應。

### 4. 各類再生能源待克服議題

- (1) 太陽能：光電業者急遽擴大太陽能設置量，相對的賦課金額度持續攀升，造成國民未來的負擔。如何逐漸降低購電價格、加強業者規範是太陽能所需面臨的議題。
- (2) 風力：陸域風力發展以漸趨緩，而離岸風力由於日本海域相較歐洲大陸有更複雜的海底地貌，如何找到適合發展的區域是首要課題。此外，如何完成環境影響評估、符合地方期待亦是要面臨的議題。
- (3) 地熱：日本的地熱發展條件為全世界第三名，但由於地熱資源分佈不均，因此開發地點和併網可能性受限，有必要與當地政府及社區民眾妥善協調，遵守各種開發規定。
- (4) 水力：水力發電適合場址多數已完成開發，故如何藉由導入中小型水力發電與其所必需的流量調查和詳細設計，以及促進當地理解，並降低開發成本，是後續待處理議題。
- (5) 生質能：生質能發電需要燃燒燃料，故必須確保生質燃料的穩定供應和持續性，也有必要持續降低燃料成本，未來將結合農業和林業進行多方面推廣。

## (五) 核能與火力發電定位

### 1. 核能政策未來定位

日本政府在第六次基本計畫草案中表示，對於歷經福島核災事故的日本而言，安全是最重要的任務，因此將在努力推動再生能源的情況下，減

少對核電的依賴，但核電亦是一種實用的脫碳選擇，能兼顧經濟發展和脫碳的問題，但日本社會目前對核電的信任仍不高。因此，為贏得社會信任，將在確保安全、重啟、核廢料設施、核燃料循環等前提下，將促進核電穩定利用。並在以安全為最高原則及解決社會大眾疑慮的前提下，由核監管委員會專家用全世界最嚴格監管標準來著手重啟核電廠相關程序。同時，日本政府也將積極爭取地方政府以及相關利害關係人的理解與合作。

日本目前因應約有 19,000 噸使用過的核廢料，並已達目前容納量的 80%。為了不要把負擔留給日本下一代，有責任必須要在這一代加強和全面推進相關設施的建立和配套。根據 2015 年 5 月由內閣發布的《特定放射性廢物最終處置基本方針》，在 2017 年發布了「科學特徵地圖」並以此在全國展開對話，目前在北海道蘇津町和龜內村正持續進行地質等檢驗中，也將持續加強對大眾的社會溝通和理解作業。對於高階核廢料，目前日本的原則為：(1) 盡可能減輕子孫後代的負擔，不要過度仰賴短期的人為管理，盡可能以最終處置為目標。(2) 奠基在新技術發展趨勢和相關配套方案上，以國際公認的地底處置方式為目標。因最終處置的過程相當漫長，日本未來將先階段性的擴大核廢料短期處理設施，強化核廢料的儲存能力和安全管理能力。具體而言，將考慮在既有核電廠內外建置新的臨時儲存或乾式儲存設施。此外，雖中央政府為主動積極處理，但這一切仍將尊重地方政府的意願。

除短期儲放設施和最終處置的作法外，為了減少高階核廢料的體積和危害性，也將針對核燃料循環應用的部分做更多努力，雖然六所村後處理場遲未完成且文殊電廠失敗退役，但日本政府仍不會放棄嘗試去努力推動核燃料循環應用，如仍將努力去確保六所村後處理廠以及其他 MOX 場能在 2020 年正式營運。具體而言，將依 2016 年 12 月發布的《高速爐開發方針》及 2018 年 12 月的《戰略路線圖》持續進行第三代核電廠的研發，並規劃在 2030 年代後期讓技術得以成熟。

日本未來將持續建立與社會大眾、地方政府和國際社會的信任關係。尤其雖日本大地震已逾 10 年，但人們心中仍對核電充滿不信任和焦慮，在能源方面對政府與企業的信任度仍相當低，為了要改善此現象，將積極展開與民眾的對話以及核電教育的工作。此外，未來亦將透過中央與地方

的對話和合作，來消除地方對於核電廠營運和退役的焦慮，並輔以產業振興、居民福利改善、防災措施預算等方式努力消除大眾疑慮。

## 2. 未來火力發電定位

自東日本大地震後，為確保供電穩定，天然氣是最主要的穩定供電方式之一，亦是為了因應太陽能和風能等再生能源最重要的彈性調配技術。因應環保和脫碳的成本提高，必須確保火力發電能有足夠的競爭力，因此需要加強確保火力發電機組中長期的裝置容量和發電效率。同時，需要強化因應亞洲形勢變化而有可能衍生的海上航道風險。

為了實現 2050 碳中和的目標，將針對氫和氨的應用做更多投資，並且確實安裝 CCUS 等脫碳設施於火力發電設施上。此外，也會加速汰換低效燃煤發電機組，並透過《促進化石能源原料利用和有效利用法》等法律規定，以超超臨界(USC)機組安裝為優先目標。並從現在開始測試在燃燒過程中混入氫等低碳氣體，並加速煤氣化聯合循環(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)和燃料電池複循環發電系統(Integrated Gasification Fuel Cell, IGFC)等技術的應用。

具體而言，規劃到 2030 年將有 30%的氫氣會與燃氣一起混燒發電，20%氫與燃煤一起混燒。屆時，日本對氫氣的需求將高達 300 萬噸，氨的部分亦有 300 萬噸的需求。在電源結構中，氫和氨的占比將超過 1%。此外，因應 CCUS 在 2030 年可商業化的情形下，日本政府將針對地點、技術、示範場域和相關法律等面相設計配套措施，藉此來促進 CCUS 商業化。

### (六) 強化實現氫能社會

日本是世界上第一個發布氫能國家戰略的國家，在 2017 年 12 月制定《基本氫能戰略》，並持續穩定推進，目標是建立一個在日常生活和工業活動皆以氫為基礎的社會。因應氣候緊急和 2050 碳中和，氫可作為零排放的主要動力源，目前日本加氫站氫氣的售價約為 100 日圓/立方公尺，目標是至 2030 年將成本降低至 30 日圓/立方公尺，至 2050 年時能降低 20 日圓/立方公尺以下的水準，從長遠來看，成本將可與化石燃料競爭。

此外，目前氫氣供應量約為每年 200 萬噸，規劃至 2030 年將達到每

年 300 萬噸，至 2050 年將達到每年 2,000 萬噸。同時，將同步推動氫的發展，未來 2030 年的需求量將達每年 300 萬噸，2050 年則將達到每年 3,000 萬噸，且自 2030 年起，每立方公尺將可維持在 10 日圓左右的水準。為了要長期且穩定的供應廉價的氫與氨，將建立完整的國際供應鏈，搭配完整的低碳氫能運輸技術，從船舶到陸運，目標是在 2050 年建立日本企業在全球範圍內 1 億噸規模的採購供應鏈。

為了要達成氫能社會，日本將從各領域著手努力，如在交通領域，將極力推廣燃料電池車並戰略性開發加氫站、燃料電池船、直接燃燒氫的飛機和燃料電池鐵路車輛等。此外，也會針對發電部門和工業部門強化氫的應用，運用混燒氫與氨的方式來達成發電脫碳化和工業部門脫碳化的目標。整體而言，日本未來將以 (1) 持續加強技術研發；(2) 持續擴大投資強化規模經濟的效果；(3) 建立公私協力的合作模式；(4) 建立國際供應鏈等方式來推動；(5) 與地方政府和地方團體合作，建立地方氫能社會模式；(6) 推動日本在燃料電池車、加氫站等氫能相關技術國際標準化。

#### 四、結語

隨著全球企業引領無碳社會的主動權爭奪戰愈演愈烈，日本將支持民間投資、鼓勵利用民間企業持有的 240 兆日元現金和存款，並藉此吸引來自世界各地的環境相關投資基金 3000 兆日元投入到日本，確保日本可以具有國際競爭力的領域，並優先致力於及早就脫碳技術開發、及在社會實施。因此政府也制定了《綠色成長戰略》，在未來透過技術創新，在 14 個未來有增長潛力的重要領域，並設定了高目標(詳附件)。包括海上風電、氫能等能源相關產業，非能源相關產業也與能源利用方式息息相關，將以綠色成長戰略為基礎，致力於技術開發和社會實施，並期望各領域能在「研發→實證→擴大應用→成功自立商業化」四個階段逐步邁向 2050 路徑。

日本政府規劃跨部門政策工具，動員所有預算、稅收、金融、規範制度改革及標準化，在環境投資上設立史無前例的 2 兆日元「綠色創新基金」，適用於對實現碳中和的關鍵創新技術的特定目標做出承諾的公司，並在未來 10 年，持續支援從研發、實證、到可應用於社會；稅制方面，為促進民間投資，將透過設立促進碳中和的投資稅收制度、擴充研發稅制、及設

立專案，以提高改制/重組企業在虧損時的結轉抵扣限額；在金融方面，透過制定金融市場規則，為資訊揭露、穩健推動低碳轉型的評價指南，為低碳/脫碳轉型和技術創新提供融資；制度改革和標準化方面，將考量加氫站相關規範改革、審視以再生能源優先的電網系統運行規則、利用以油耗相關規範來促進汽車電氣化，並在公共採購時選擇可吸收二氧化碳所製成的混凝土等，這些都將增加需求、降低價格。

展望未來，能源政策的研議將加強政府與民間雙向溝通，促進與人民對話，尤其是核能等專業性、複雜性、安全性和風險性不易說明清楚的議題，讓地方政府、企業、民間非營利組織等各種角色共同理解。此外，將展開與青年世代對話，讓更多年輕人了解能源交流意見激發未來能源多面向思考，在 2050 年實現碳中和願景目標。

## 五、參考文獻

1. 日本第六次能源基本計畫草案

[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/2021/046/046\\_005.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/046/046_005.pdf)

2. 日本經產省基本政策小組委員會

[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/index.html](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/index.html)

## 附件：日本「綠色成長戰略」14 個領域產業

### (一) 離岸風電、次世代太陽能、地熱產業

#### 1. 離岸風電：

可大量引進、降低成本，並有機會產生經濟外溢效應，是使再生能源成為主要動力來源的一張王牌。首先，政府將致力於創造有吸引力的國內市場，以刺激國內外投資。將基於《再生能源海域利用法》推動案場、電網與港口基礎設施的計畫，也將提供設施投資誘因、促進國內外企業合作、改善商業環境等方式促進投資，構建具有競爭力的強大國內供應鏈。為了向亞洲擴張，將根據《加強海上風電產業競爭力的技術發展路線圖》進行下一代技術開發和國際合作，以創造在國際競爭中生存的下一代產業。目標是到 2030 年形成 10GW、2040 年包括浮式在內的 30~45GW。

#### 2. 太陽光電：

我們將致力於鈣鈦礦等下一代太陽能電池的實際應用，該電池可安裝在現有太陽能電池技術限制的牆上，並開拓新市場；產官學界將共同開發提高下一代太陽能電池性能的基礎技術，並與用戶公司合作證明社會實施的必要性，加速將下一代太陽能電池推向市場。透過這些努力可促進太陽光電擴大，透過振興相關市場等培育和重建產業，並確保可與該地區共存的合適地點。

#### 3. 地熱發電：

是一種再生能源和能夠穩定發電的基本負載電源，因此政府本身對適合開發的地區的資源量進行調查，向企業提供風險資金，並審視《自然公園法》和《溫泉法》相關法規之運行、及促進地方的理解。另外為在 2050 年實現碳中和，我們將領先世界實現超臨界地熱發電等下一代地熱發電技術，開發目前無法開發的地熱資源。透過在日本大力引進地熱發電，並將包括超臨界地熱資源勘探技術、深挖技術、地上和地下管道、渦輪機在內的整個發電系統變成一整包，銷售到海外，致力於進一步擴大日本地熱產業的海外擴張。

### (二) 氫能與燃料氫

#### 1. 氫能：

氫能是碳中和關鍵技術，可廣泛應用於發電、工業和交通運輸。透過擴大引進，2030年將降到目前售價的1/3(30日元/Nm<sup>3</sup>)，到2050年將具有足夠競爭力與化石燃料競爭。價格目標是將氫能發電成本降低到低於燃氣發電(約20日元/Nm<sup>3</sup>或更少)；產量目標為2030年最大引進300萬噸，2050年供應約2,000萬噸。為此，有必要共同努力降低供應成本並增加需求。

供應端將加大水電解槽的規模和模組化，構建可大規模運輸氫氣的國際氫氣供應鏈；為擴大需求，開發和示範氫能發電燃燒穩定性相關技術，支持引進燃料電池汽車，戰略性發展加氫站，擴大包括純氫燃料電池在內的固定式燃料電池的普及、建立氫還原煉鐵等技術。

此外，做為跨域方法，我們將透過構建氫社會模型，最大限度地利用現有基礎設施和周邊供需地區的特點，有效地積累知識，並致力於監管改革和國際化、標準化。

## 2. 燃料氫：

燃料氫是一種零排放燃料，燃燒時不排放二氧化碳。透過供需兩方面的努力，日本將盡快率先建成國際燃料氫供應鏈。

需求端將推動燃煤電廠20%混燒技術示範，也將同時開發抑制NO<sub>x</sub>排放的高混燒燃燒器等技術，實現專業化燃燒；此外為促進氫作為燃料的使用，燃料氫的法律地位將得到明確。對於燃料氫的國際分配和利用，在預計使用大量煤電的東南亞開發混燒技術的同時，也欲實現燃料氫規範和燃燒設備NO<sub>x</sub>排放標準的國際標準化。

供給端在推動技術開發、提高製造效率的同時，考慮加強公共金融機構和JOGMEC金融支持。到2030年，預計日本的年需求量為300萬噸，目標是每Nm<sup>3</sup>供應10日元以上(以同等熱值的氫價格換算)，此外，預計2050年國內年需求量為3000萬噸。

### (三) 電動車、蓄電池產業

在汽車領域，以整個供應鏈的碳中和為目標：

- 隨著能源的脫碳，推廣電動汽車、燃料電池汽車等的引進。
- 快速充電設備、加氫站等的維護。
- 下一代汽車電池開發、生產基地的提升。

- 採取支持地域經濟、零部件供應商、汽車經銷商、維修公司、SS 等綜合措施，推動電氣化。

基於這一基本思路，我們將進行如以下具體工作：

1. **到 2035 年之前，採綜合措施以實現新售車輛 100% 電動車：**

商用車方面，8 噸以下的小型車，到 2030 年，新售車有 20~30% 為電動車，到 2040 年，新售車中，要 100% 都是電動車或使用合成燃料等脫碳燃料，我們將採取引進車輛等綜合措施。

對於 8 噸以上的大型車輛，進行技術實證以開發和推廣電動貨車和客運。我們的目標是在 2020 年代提前引入 5,000 輛為目標，透過技術研發以降低氫與合成燃料價格；並在 2030 年時，制定 2040 年的電動汽車推廣目標。

2. **充電基礎設施：**

若缺乏基礎設備，將阻礙電動汽車的普及。因此在充電基礎設施方面，要更新老舊設備、有效活用既有設施，如既有加油站等 1 萬座快速充電器；也將安裝 15 萬個充電基礎設施，其中包括 3 萬個公共快速充電器，最慢到 2030 年之前實現有如汽油車般的便利性。此時，我們將透過推動充電基礎設施普及、放鬆管制等方式，推動商業可行性的優化佈局和提升，推動充電設備普及、並為公寓住宅引入充電設備。

3. **加氣基礎設施：**

隨著燃料電池汽車、燃料電池巴士、燃料電池卡車的廣泛應用，到 2030 年將建設約 1 千座加氫站，實現人流和物流的優化佈局。同時，開展制度改革工作。對於公車、卡車等商用車充電設備、加氫站，推動企業單位專用的充電、充氣設備與維護保養工作。

4. **蓄電池產業：**

為確保國內汽車製造的穩定基礎，2030 年之前，將盡快將國產車載用的蓄電池產能提升至 100GWh，鼓勵包括蓄電池材料在內的大規模投資，加強蓄電池供應鏈。

5. **發動機零組件：**

隨著汽車的電氣化，發動機零組件供應商將面對製造電動零組件的挑戰；我們將支持積極的產業轉型和業務重組，透過如 SS/維護基地在該

地區促進新的人流、物流、及服務據點、電動汽車站改造。

#### **(四) 碳回收產業與材料產業**

碳循環是一種有效利用二氧化碳作為資源的技術，是實現碳中和社會的重要跨領域技術。日本本身具有競爭力，在推動降低成本和社會實裝後，以全球擴張為目標。

##### **1. CO<sub>2</sub> 吸收混凝土：**

透過擴大需求，到 2030 年將與現有混凝土相同的價格(=30 日元/公斤)，到 2050 年，目標是使具有防銹性能的新產品可用於建築用途。在水泥方面，將在 2030 年之前，開發出可回收近 100% 來自石灰石排放之 CO<sub>2</sub> 的工廠，並在 2050 年之前將該技術導入日本和海外，以擴大其市占率。

##### **2. 合成甲烷：**

在碳循環燃料領域，同時推進行合成甲烷實用化技術開發。

對於生物航空燃料等 SAF，我們將致力於製造技術開發和規模示範，目標是在 2030 年左右投入實際應用；在交通設備等二氧化碳和氫氣合成燃料方面，我們將在未來 10 年內集中開發和示範技術，力爭到 2040 年實現自立商業化。

##### **3. 碳循環化學品：**

將進行人工光合作用塑膠原料製造的大規模示範，旨在到 2050 年之前實現與通用塑料現成產品相同的價格(=100 日元/公斤)。以 CO<sub>2</sub> 為原料的功能性化學品，將在 2030 年建立製造技術，2050 年實現與現成產品同價。並促進熱源無碳化(燃燒器、分解爐的研發)、促進石腦油分解爐的升級。

##### **4. CO<sub>2</sub> 分離回收領域：**

將開發可降低成本的高效分離回收技術，目標是到 2050 年在全球分離回收每年 10 兆日元市場中有 30% 市占率。

##### **5. 材料產業脫碳與節能：**

為構成社會基礎的產品提供材料的材料產業是一個有望進一步發展的行業，因為它在關注碳中和的整體製造過程管理中發揮著主導作用。

但由於在製造過程中排放大量 CO2 是一個問題，因此正在推動製造階段的脫碳和下游階段的節能，例如熱源和製造過程的脫碳技術根本上的改變；透過下游節能的貢獻，將擴大高環保性能材料的普及、搶占新市場。

## **(五) 住宅建築產業/下一代電力管理產業**

住宅/建築領域是家庭/商業領域實現碳中和的重點領域，建物一旦蓋好就成為長期資產而難以大幅更動，因此是一個應立即解決與落實的領域。

### **1. 制度面改善：**

加強住宅等節能標準強制執行、訂定長期優良住宅之認證標準與住宅能效標示制度、ZEH/ZEB 擴建等監管措施普及；加強充實節能改造等現有措施，及提高房屋和建築物的使用壽命與節能績效。並維護和審查必要的能源管理相關法規。

### **2. 推動太陽光電和蓄電池的引進：**

透過支援措施，建立鼓勵引進太陽能發電等再生能源的制度，在建築物的牆壁等引進下一代太陽能電池，以期最大限度地發揮創能潛力。

### **3. 推動能源管理工作：**

根據太陽光電系統的發電量調整電力供需，將能源管理系統 (HEMS/BEMS) 用於房屋和建物。利用不斷發展的數位技術來有效因應再生能源供電間歇性，降低對電力系統穩定供給之疑慮。

### **4. 更先進的電源管理預測、操作和控制的「下一代電源管理產業」：**

具體而言，利用分散式電源並為其提供價值的企業，例如再生能源、燃料電池、汽電共生、蓄電池、需求端資源，在增加和利用分散式能源的前提下，旨在改善輸配電系統的運行和設施形成的下一代電網業務，以及在特定領域作為兩者融合形式的微電網業務。

### **5. 支援相關業務的市場與平台：**

包括可以交易價值的各種市場 (現貨市場、盤前市場、供需調整市場、遠期市場、容量市場、再生能源價值交易市場等)，作為分散式電源和環境的供應能力和調整能力價值公共和私營部門將共同考慮和推動努力，包括通過各種支持措施進行機構響應和支持。

## (六) 次世代熱能產業

日本工業和消費部門約 60% 的能源消耗是熱需求，作為熱能來源的天然氣脫碳對於 2050 年實現碳中和具有重要意義。

### 1. 天然氣脫碳：

利用氫和二氧化碳合成（甲烷化）的合成甲烷和氫的直接利用等「下一代熱能」技術開發和社會實施，從供給側和需求側著手進行這些努力。

### 2. 供給端：

到 2030 年將 1% 的合成甲烷注入現有基礎設施，5% 的天然氣將結合其他方式進行碳中和，到 2050 年將注入 90% 的合成甲烷，並結合其他方式實現氣體的碳中和。將致力於技術開發，例如烷化設備大型化和提高效率；到 2050 年將供應 2,500 萬噸合成甲烷，合成甲烷的價格將降到目前的 LNG 價格(40-50 日元/Nm<sup>3</sup>)。

### 3. 需求端：

在工業領域推動煤/油先轉換為天然氣燃料，提高天然氣利用設備的效率；再透過以合成甲烷替代天然氣，有可能在需求側轉向平穩脫碳。並將致力於氫氣的直接使用、採用已抵碳稅的 LNG、及促進 CCUS/ 碳循環。

## (七) 核能產業：

核能方面，為持續降低事故風險，將繼續開發有助於進一步提高輕水反應爐安全性、可靠性和效率的技術，包括應對嚴重事故的措施，同時與再生能源共存、無碳製氫等。

在目前國際上輕水反應爐的趨勢，中國和俄羅斯在政府財政的支持下正在席捲市場，而在美國、英國和加拿大等發達國家，他們已經找到了小型爐和創新爐的出路，目標是在 2030 年左右實現商業化正在大規模投入政府預算以加速研發。基於這些海外趨勢，具有高製造能力的日本公司也正在合作參與海外開發項目，預計日本將有多種工業用途，包括氫氣生產、有高安全性的高溫氣體反應爐。

為了支持這些努力，我們將推動加強跨產官學界的人力資源、技術和

產業基礎，包括人力資源開發和研究開發所需的試驗和研究爐。並與國際合作進行小模組反應爐研發；也將推動放射性廢棄物減量、減毒，與放射性廢棄物穩定最終處置所需的技術開發。

#### **(八) 半導體、資通訊產業：**

隨著資訊化和數位化快速發展，製造業、服務業、交通運輸、基礎設施等各個領域的電氣化、數位化進程將全面推進，實現碳中和；因此，作為數位化和電氣化基礎的半導體/信通訊產業，是同時推進綠色和數位化的關鍵。日本在半導體與資通訊產業的碳中和政策分為兩個：

##### **1. Green by Digital：數位化提高能源需求的效率、減碳。**

透過數位化，提高能源需求效率和減少碳排。推動數位化轉型，促進綠色數據中心的國內選址，發展下一代資通訊基礎設施。目標是擴大公司數量，並研究和實施各種支持措施，使日本成為世界第一的綠色數位強國。

##### **2. Green of Digital：數位設備的節能/資通訊產業本身推動綠色化。**

進行功率半導體之研發、普及與擴大，透過綠色數據中心推動與支援各種技術研發、實際應用，擴展邊緣運算技術、超分佈式運算軟體，促進節能、減碳和高性能，來構建綠色數位化社會。

#### **(九) 船舶產業**

推動氫、氨等替代燃料零排放船舶技術開發，2025年啟動示範工程，比之前目標2028年提前實現商業運營，2030年實現進一步普及。

#### **(十) 物流、人流、土木基礎設施產業**

2050年，物流、人流、土木基礎設施等產業實現碳中和，及全面實現建築零排放和碳中和。

1. 建置氫進口碳中和港。
2. 引入智慧交通、推行自行車運動。
3. 促進綠色物流，提高交通網路/據點/運輸的效率。
4. 基礎設施/城市空間等的零碳化。

## (十一) 食材、農林漁業

基於《綠色食品系統戰略》(2021年5月)，將推動創新技術和生產系統，從生產、到加工/分銷、到消費的整個供應鏈中的開發和社會實施，到2050年農、林、漁業實現淨零排放。

1. 農林機械和漁船的電氣化和氫化。
2. 減少農業和畜牧業產生的溫室氣體。
3. 努力在農業土地和海洋中長期大量儲存碳等吸收源。
4. 並強力宣導減少糧食損失。
5. 加強森林和木材對二氧化碳的吸收和封存功能、同時確立高層木造技術以促進建築物木造化，利用間伐(疏林)技術、培養生長優良的樹苗來培育再造林，以振興森林。

## (十二) 航空機產業

ICAO (國際民用航空組織) 訂定與 2019 年相比二氧化碳排放量不增加的目標，IATA (國際民用航空組織) 定定到 2050 年將二氧化碳排放量與 2005 年相比減半的目標。日本也訂定目標，提升飛機製造業在飛機領域之低碳技術優勢，如電氣化技術、氫技術、生物噴氣燃料 SAF 等、及機身碳纖維複合材料等。

### 1. 飛機電氣化：

雖然目前飛機電氣化技術的應用範圍有限，如安裝蓄電池作為輔助電源、及在地面停留時的供電，但未來將擴展到飛行時和內部系統使用的電源。未來將加速研發，從 2030 年起逐步融入飛機電池、馬達、逆變器等飛機動力核心技術。未來也將透過產學合作推動國際標準化。

### 2. 飛機氫燃料：

空中巴士 2020 年 9 月宣布其目標是在 2035 年推出氫動力飛機。日本公司也開始在氫動力飛機做出具體努力，未來將推動氫動力飛機液化氫燃料儲存槽、發動機燃燒室等核心技術發展，這將是 2035 年後實現氫動力飛機所必需的。

### 3. SAF：

氣化 FT 合成技術、ATJ 技術、微藻培養技術等被提及為主要製造技術，但目前都是小規模示範階段。後續將進行研發和規模示範、降低成本，

到 2030 年左右將成本降低到與目前航空油料相同的價格，並實現實際應用。以 CO<sub>2</sub> 和 氫氣為原料的合成燃料也有望成為可穩定供應的 SAF 之一，未來 10 年將集中開發和示範年，目標是到 2040 年商業化。此外，由於預計 2025 年後 SAF 的生產和供應將在其他國家取得進展，我們將根據 SAF 國際市場的發展趨勢，擴大在日本和海外具有競爭力的 SAF 的供應。

#### 4. 機身輕量化、碳纖維複合材料：

機身用碳纖維複合材料，從減重的角度來看，運行過程中的節能效果高於傳統金屬材料；但製造過程中的能耗大於金屬材料，因此需建立中長期回收技術，以增強整個製造週期的溫室氣體減量效果，同時與汽車等其他領域相互搭配。

### (十三) 資源循環相關產業

透過提高技術、改進設備和降低成本來進一步推動，到 2050 年將把溫室氣體排放總量減少到零，同時推進向循環經濟的轉型。

1. 廢棄物減量。
2. 再利用、回收和再生：

透過立法和規劃支持技術發展和在社會實際應用。垃圾發電/熱能利用和沼氣利用等技術已經進入商業化階段，推動普及與技術精進。

### (十四) 生活型態產業

1. 透過實施 ZEH/ZEB、家用電器、熱水供應設備和可用作移動蓄電池的電動汽車的組合，促進住宅和運輸的全面管理。
2. 推動和分享，鼓勵行為改變。
3. CO<sub>2</sub> 減排效果驗證技術開發與示範工作。
4. 根據國內外實際情況，由產官學界共同審視與推動所制定的創新環境創新戰略，以建立能夠超越淨零的創新技術，減少過去的二氧化碳存量。
5. 在脫碳困難的地區植樹造林。
6. 利用 DACCS/BECCS 等負排放技術，將大氣中的 CO<sub>2</sub> 固定化；未來將繼續開發這些負排放技術，目標是到 2050 年將它們付諸實踐。
7. 盡最大努力創造不連續的創新，以實現經濟與環境的良性循環。