

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

林祥輝

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

隨著「巴黎協定」的生效，確定了全球抗暖化的長期目標，主要國家均致力於能源系統脫碳化(decarbonization)的技術發展，同時國家間正進行「脫碳化能源技術霸權」的競爭。由於 2050 年的能源轉型，很難只靠過去單一模式來推動，必須透過非連續的創新技術開發才能實現。日本也設定到 2050 年溫室氣體減量 80% 的目標，在這種能源轉型的競爭中，將取決於國家能源技術、產業、制度的結構變革，有必要擬定實現目標的長期能源選擇戰略。因此，日本經濟產業省設立「能源情勢懇談會」，自 2017 年 8 月起共召開 9 場會議，邀請國內外 14 位專家討論國際未來的能源情勢發展，於 2018 年 3 月 30 日綜整提出 2050 年能源情境論點，並於 4 月 10 日提出「能源轉型的倡議」建議案，經濟產業省則於 4 月 13 日正式公布能源情勢懇談會的建議，揭示採「複線情境」(multiple track scenario)實現脫碳化的方針，改用「脫碳化能源系統間的成本和風險驗證」方法，並指明再生能源的目標是「經濟自立和脫碳化的主力電源」；對於核能，目標為降低依賴度，但將其定位為「實用階段的脫碳化選擇」。該建議案已納入日本「第 5 次能源基本計畫」的草案中。

關鍵字：能源轉型、脫碳化、能源政策

一、前言

日本政府依據 2002 年「能源政策基本法」之規定，應考量國內外能源情勢變化和能源政策實施效果，約每隔 3 年檢討修訂「能源基本計畫」，做為能源政策推動的方針。能源基本計畫最近的一次修訂是在 2014 年 4 月，三年後，從 2017 年 8 月起，在經濟產業省「總合資源能源調查會 基本政策分科會」開始檢討「能源基本計畫」的修訂。此外，隨著「巴黎協定」的生效，為了從 2050 年的觀點，檢討長期能源政策的方向，經濟產業省也設置「能源情勢懇談會」同步進行檢討。

「基本政策分科會」自 2017 年 8 月至 2018 年 4 月共召開六場會議，進行「能源基本計畫」的檢討，除聽取經濟產業省、環境省、外務省等部會的意見外，也聽取國內各工商團體和消費者團體的意見。並於 2018 年 3 月 26 日綜整提出實現 2030 年能源結構目標的方向性(案)，於 4 月 27 日提出第 5 次能源基本計畫的骨子案(綱要草案)，5 月 16 日提出第 5 次能源基本計畫草案，公開徵求民眾意見，預計 2018 年 7 月將由內閣核定。

「能源情勢懇談會」在同期間共召開九場會議，邀請國內外 14 位專家討論國際未來能源情勢發展，於 2018 年 3 月 30 日綜整提出 2050 年能源情境論點，並於 4 月 10 日提出「能源轉型的倡議」建議案[1]，經濟產業省於 4 月 13 日正式公布能源情勢懇談會的建議，揭示採複線情境(multiple track scenario)，實現脫碳化(decarbonization)的方針，並指明再生能源的目標是「經濟自立和脫碳化的主力電源」；對於核能，目標為降低依賴度，但將其定位為「實用階段的脫碳化選擇」。

在「能源轉型的倡議」建議案中，指出長期能源戰略所考慮的 3 個前提：

- (一)在規劃 2050 年的能源戰略時，應記取福島第一核電廠核事故的教訓，對於核能作為能源選擇之一的檢討是不可避免的。

(二)雖然對實現一個新的脫碳社會的可能性的期望越來越高，但在國家間競爭技術創新主導權的趨向還不明確。由於目前情勢變化充滿可能性和不確定性的本質，因此應提出日本能夠展現其主導性的脫碳化技術。

(三)過去對能源選擇的考量是能源自立，以抑制巨大的能源成本、改變依賴海外能源的結構。但在巴黎協定生效後，見到了全球脫碳化的動力。日本是一個先進的能源技術國家，必須在脫碳化能源的發展中發揮其主導角色。由於非連續的能源轉型必須靠技術創新來帶動，因此應提出今後日本在政策、產業和金融上的大方向。

在能源情勢懇談會的建議案中，針對情勢變化、情境設計、各選擇的挑戰、實施總體戰等提出具體建議，以下分別摘要說明。

二、日本面臨的能源情勢變化

隨著再生能源的普及、車用蓄電池價格的下降、分散式能源整合控制的數位化技術發展，加速了全球的脫碳化進展。主要國家和企業都在標榜脫碳化的挑戰，爭奪能源轉型國家間霸權的全面性競爭。在這種情況下，日本 2050 年能源戰略的重點也應強調「透過能源轉型，進行脫碳化的挑戰」。對於日本面臨的能源情勢變化說明如下：

(一)第 5 次的能源選擇—非連續創新的能源技術霸權戰略

日本正處於第 5 次能源選擇的階段，如圖 1 所示。隨著「巴黎協定」的生效，確定了 2050 年全球抗暖化的長期目標(溫升限制於 2°C 以下)，主要國家正致力於能源系統的脫碳化發展。因此，國家間脫碳化的「能源技術霸權」的競爭將日益激烈。由於 2050 年的能源轉型很難只靠過去的模式發展，必須透過非連續的創新技術開發才能實現。日本也設定到 2050 年溫室氣體減量 80%的目標，在這種能源轉型的競爭中，將取決於國家能源技術、產業、制度的結構變革，有必要擬定實現目標的長期能源選擇戰略。

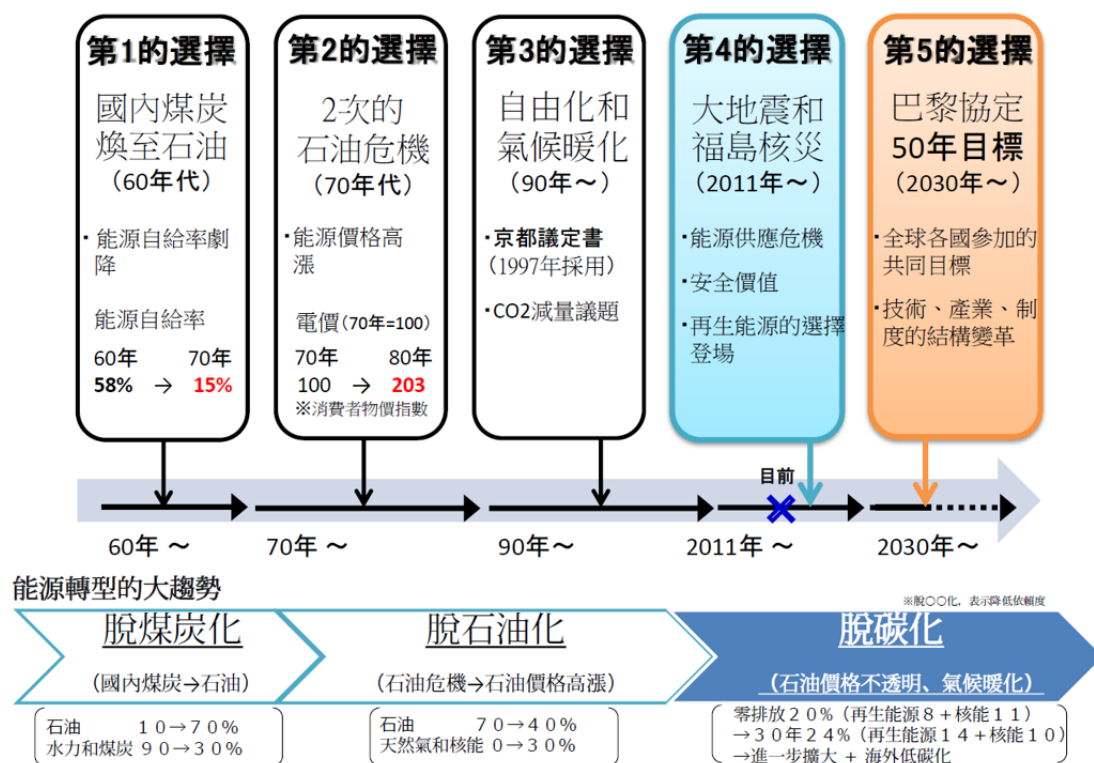


圖 1、日本能源選擇的變化趨勢[2]

(二)開始脫碳化技術間的競爭—脫碳化可能性和不確定性的本質

近年來，由於頁岩氣革命、實施再生能源固定價格躉購(FIT)制度、國家政策支援等，導致國際天然氣、再生能源、車用蓄電池的價格下降，加速了結合再生能源、儲電、數位控制技術的分散式脫碳能源系統的競爭，民眾開始期待不損及經濟成長的情況下，也能實現脫碳化能源轉型。另一方面，目前太陽光電和風力發電等變動性再生能源仍需要備用的火力發電，無法單獨實現脫碳化。因此，分散式再生能源電力系統在現階段存在著自立化和脫碳化、提高發電效率、擺脫火力依賴、開發儲電系統、建構電網等課題，其技術創新競爭將全面展開。此外，日本和澳洲開始合作，透過褐煤氣化製造氫氣，並利用碳捕集與封存(CCS)技術處理碳排放，進行脫碳化能源轉型的努力，以及國際上也進行小型核反應爐的開發，這些創新技術開發有可能與再生能源相抗衡或共存。因此，考慮到脫碳化能源轉型的「可能性」

和「不確定性」的兩個本質，必須大膽的(著眼於可能性)並從多角度的觀點(著眼於不確定性)考慮 2050 年的情境。

(三)技術的變革增加了地緣政治風險

能源技術的變化也會影響地緣政治的權力平衡。美國頁岩氣革命和再生能源價格下降，改變了對中東石油的依賴，轉而以再生能源和天然氣為主體的結構。然而，依據國際能源總署(IEA)的觀察，全球能源情勢仍將取決於石油的「地緣政治風險」。另一方面，中國大陸、印度和東南亞等新興國家的能源需求增加，使得能源價格波動的風險提高，若透過其經濟影響力行使政治權力，將發生所謂的「地緣經濟風險」。此外，在脫碳化能源轉型下，必須考慮輸配電網的網絡攻擊風險、再生能源的自然變動風險、國際輸配電網的地緣經濟風險等。因此，在考慮 2050 年情境時，必須強調引領創新的「技術自給率」和掌握能源供應鏈核心技術的重要性。

(四)國家和產業之間的全面競爭

如上所述，國家間霸權的全面競爭正在向能源轉型和脫碳化方向發展。雖然主要國家制定了雄心的戰略，巧妙地帶動國際輿論，但並未承諾如何實現這些戰略。此外，歐美主要能源企業除繼續投資現有核心領域外，也揭示「能源轉型和脫碳化」的意圖，打算進入新領域，並在金融資本市場的支援下，進行整體的企業戰略，爭取主導權，因此產業間的競爭將會加劇。從長遠來看，日本企業經營也應及早因應能源轉型和脫碳化的挑戰，以追求長期的企業價值。

日本是個資源匱乏的國家，但以技術彌補其不足。目前在低碳化領域，新興國家正在抬頭，日本的存在感相對下降。另一方面，脫碳化領域的技術創新競爭已經全面展開，日本若對全球能源結構變革的挑戰猶豫不決，那麼風險就會顯現出來。脫碳化能源系統仍在發展之

中，各國的挑戰也處於摸索階段，日本有氫能、儲電、核能等脫碳化技術基礎，並與資源國家、新興國家和先進國家建立緊密的關係。因此，應利用這些巨大技術資產和發展潛力，進行 2050 年情境的設計。

三、2050 年情境的設計

對於 2050 年的長期展望，涉及技術的可能性和不確定性，以及情勢變化的不透明性，很難預測可能的能源結構，亦即在複雜和預測困難的環境下，2050 年的情境無法僅僅透過先前「能源基本計畫」中所採用的 2030 年能源結構單一目標(target)的 PDCA 循環方式來處理，所以在制定一個雄心的 2050 年目標(goal)時，有必要根據最新的技術和情勢變化，彈性設定這個情境目標。(圖 2)

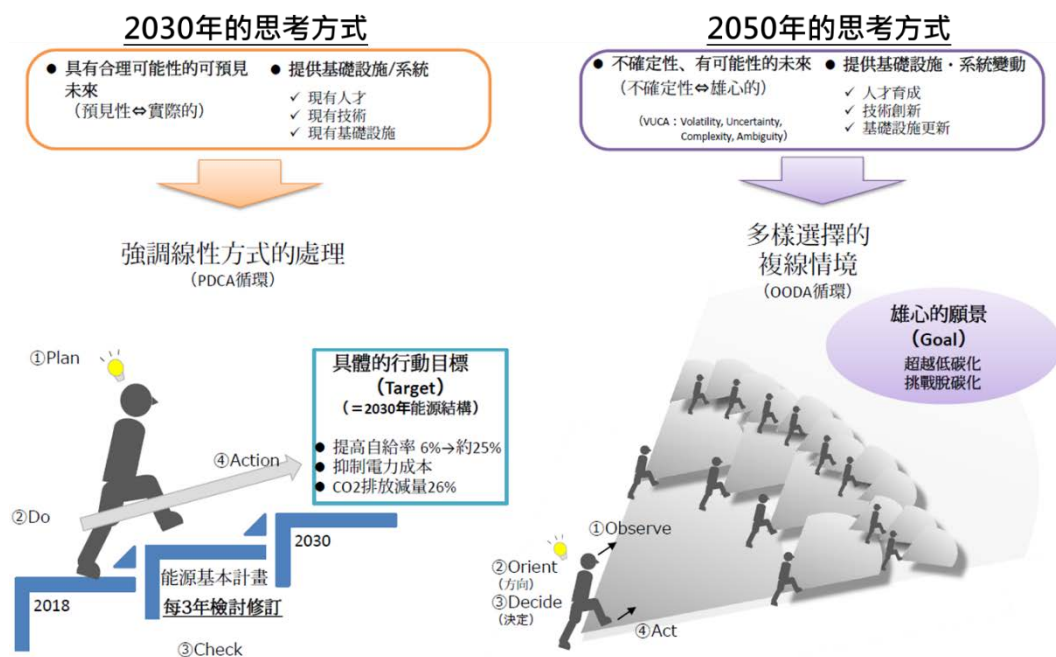


圖 2、2030 年能源結構單一目標和 2050 年複線情境設計的比較[2]

因此，2050 年情境的基本設計將採用：(1)全方位的複線情境：著重在技術的可能性和不確定性下，追求各種選擇的可能性；(2)科學的審查機制：在不透明的情勢下，引進科學審查機制，靈活地設定和修正技術和政策的重點；(3)系統間的比較：對電力、供熱、運輸系統等，採用脫碳化能源系統間的成本和風險驗證。

(一) 全方位的複線情境—追求各種選擇的可能性

對於 2050 年情境的設計，將試圖找到實現長期目標的可能方法，由於目標是非常有雄心的脫碳化，必須採取非連續的技術開發。然而，很難辨別哪一種非連續的技術開發能夠成為未來能源轉型的可靠技術。目前採用的脫碳化工具主要是水力和核能，變動性再生能源還無法單獨用來作為脫碳化的工具。

日本由於資源匱乏、沒有跨國電網、有再生能源大量導入的面積限制等，必須透過非連續的創新大幅度提高發電效率，採用「旨在實現能源轉型和脫碳化的全方位有雄心的複線情境」，追求再生能源、氫氣與 CCS、核能等各種選擇。

依據 2014 年的能源基本計畫，日本是以 3E+S 作為能源選擇的評估軸，然而隨著國家間全面展開長期能源轉型霸權的競爭，必須設定以「更高度的 3E+S」作為能源選擇的評估軸。具體而言，強調在不確定情況下的 4 項應對能力：

1. 安全(Safety)：安全最優先下，透過技術和治理改革，實現安全的創新。
2. 能源安全保障(Energy Security)：除提高資源自給率外，提高技術自給率和最大風險¹極小化，以確保能源選擇的多樣性。
3. 環保(Environment)：致力於環境保護到脫碳化的挑戰。
4. 經濟效率(Economic Efficiency)：抑制國民負擔，加強產業競爭力。

(二) 科學的審查機制—高透明性、多層次的驗證機制

在採用「全方位的複線情境」時，其範圍擴及 2050 年的長期展望，因此在過程中，可預見技術和世界情勢將大幅變動。其中，為了實施「更高度的 3E+S」的能源選擇，有必要全方位觀察、掌握最新的技術動向和情勢變化，導入高透明性的「科學的審查機制」來靈活

¹最大風險包括：再生能源系統的自然變動風險、核電系統的事故風險、化石燃料系統的地緣政治風險、儲電系統的稀有金屬風險、新進技術的他國依賴風險等。

地修正和決定每個選擇的開發目標和政策資源投入重點。

「科學的審查機制」必須是多層次的驗證機制，如下：

1. 利用內部和外部的的人際網絡收集和分析全球能源情勢和技術創新的進展。
2. 根據其結論，無論是在研究階段、示範階段或實用階段的主要選擇，均使用統一的技術評估軸，進行比較和驗證。
3. 同時，從最大風險極小化的觀點出發，鑑定每個選擇管理最大風險的可能技術。
4. 接著，檢視國內技術的優勢，並鑑定每個選擇與其他國家比較的相對優勢。
5. 基於這些客觀的、多面向的、專業的分析，將為每個選擇設定開發目標，判斷各選擇的相對重點，並相應地決定政策資源的優先順序。

此外，透過以上的科學審查，向國民提供正確的最新能源資訊，廣泛傳達，加深理解，促使每個國民在生活中做出自主的能源選擇。

(三) 脫碳化能源系統間的成本和風險驗證

2015 年的長期能源供需展望中，針對電力系統採用「電源別的成本驗證」方法，決定 2030 年的電源結構。但是，電源別的成本驗證很難進行涵蓋供需調整、系統增強等其他成本的比較。因此，對於 2050 年情境，為因應能源轉型和脫碳化的挑戰，將改採「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、供熱和運輸等能源系統的各種脫碳化技術的成熟度。電力系統中脫碳化能源系統的例子，如圖 3 所示，由變動性再生能源、儲電系統、氫氣系統、碳固定系統、核能系統、數位化系統等之可能組合，進行成本和風險驗證。對於運輸系統的脫碳化例子，如電力系統與電動車(EV)、氫氣系統與燃料電池車(FCV)、自動運轉的交通量控制等，以汽油車為基準，進行成本和風險的評估比較。對於供熱系統的脫碳化例子，可以考慮電氣化、氫氣化、合成氣化(甲烷化)等方式，以化石燃料為基準，進行成本和

風險的評估比較。

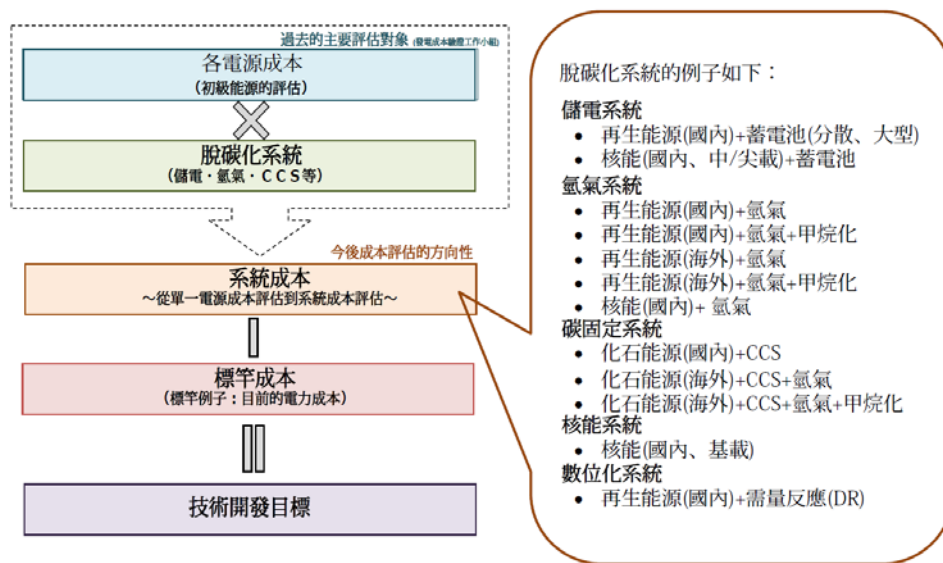


圖 3、脫碳化能源系統的成本評估[2]

四、各選擇面臨的挑戰和對應重點

日本在海外的脫碳化貢獻，將大幅超過國內，這有助於日本實現雄心的脫碳化目標。另一方面，目前脫碳化能源系統雖有多種選擇，但是沒有單獨變動性再生能源對應的實用階段選擇，因此有必要確定最新情勢和技術的動向，依據「更高度的 3E+S」進行評估，整合最佳脫碳化能源系統，推動在日本和海外的脫碳化工作。

首先，加強人才、技術和產業的基礎，政府和民間合作解決問題，透過科學的審查機制進行客觀的評估，精確選擇有助於能源轉型的計畫，提高民間投資的可預測性，加強政策資源的投入。

主要選擇的問題解決方針：

1. **再生能源**：實現再生能源成為「經濟自立和脫碳化的主力電源化」的目標。首先，要將國內再生能源價格降至國際水準，儘早脫離 FIT 制度的補助而自立，徹底開放現有輸配電網，在早期階段仍維持火力發電作為備用容量的機制。同時，推動技術創新，提高發電效率，並開發氫氣、儲電、數位化技

術、分散式網絡，增強輸配電網等，擴大變動性再生能源的導入。為此，將強化人才、技術和產業基礎，邁向主力電源化。

2. **核能：**儘量降低對核能發電的依賴度，定位為「實用階段的脫碳化選擇」。必須提高安全性來控制事故風險，開發廢爐和核廢料處理等技術解決後端問題，以恢復社會的信任度。為此，將強化人才、技術和產業基礎，追求安全性、經濟性和機動性優的反應爐。
3. **化石能源：**實現能源轉型和脫碳化前過渡期的主力電源。改用較潔淨的天然氣、淘汰低效率的燃煤發電、專注於高效率燃煤技術，對全球低碳化、脫碳化做出貢獻。從長期觀點來看，結合 CCS 的氫氣轉換，推動與資源國家和新興國家的化石燃料再生(新發展)。
4. **供熱系統和運輸系統：**除高溫的熱和超大型運輸外，以中低溫的熱和中小型車為主，推動技術創新，進行電氣化和氫氣化的轉換。此外，結合汽車的車聯網(Connected Vehicle, CV)化和再生能源/熱能的分散利用，透過電氣化、氫氣化、電動化和分散數位化的最佳組合，進行供熱和運輸系統的脫碳化。
5. **節能和分散式能源系統：**推動再生能源小型化和高效率化、蓄電池和燃料電池系統技術創新、運輸系統電動化，以及可地區供需控制的數位化技術和智慧電網技術，有效組合這些技術成高效率 and 穩定的電力、供熱和運輸系統，建立以需求端為主導的脫碳化分散式能源系統。

五、實現情境的總體戰

邁向 2050 年能源轉型和脫碳化的過程充滿了可能性和不確定性。日本由於國內能源市場不太可能再擴大，因此有必要參與全球能源轉型和脫碳化的競爭。此外，為了追求「全方位的複線情境」，實現「更高度的 3E+S」的要求，有必要制定領先全球競爭對手的總體

戰略。

(一)總體戰的對應

在能源轉型過程中，能源安全保障所需的技術和人才是非常重要的，將透過政府和民間合作，持續的技術創新和人才培育，採取「總體戰」來因應各種挑戰。

同時，將利用脫碳化技術在海外做出貢獻，形成能源轉型的國際合作網絡；重新建構能源基礎設施，培養具統合能力的能源企業和負責經營管理地區分散式能源系統的企業集團；提供金融資本的支援，實現能源轉型和脫碳化的政策、外交、產業和金融的良性循環。

(二)處理投資不足的問題

在實現能源轉型和脫碳化時，能源價格的變動，可能導致投資不足的問題。例如在 FIT 制度的補助下，再生能源的大量導入，將增加電價變動的幅度，阻礙了其他電源的投資回收。此外，技術開發投資、發電投資、增強輸配電網投資、分散式網絡投資、海外投資等之能源轉型投資是巨大的。除非同時著手低碳化、脫碳化和分散化的投資，否則有落後全球能源競爭的風險。因此，為實現「更高度的 3E+S」，必須設計一種機制來確保必要的投資。

(三)能源轉型的總體戰

為實現能源轉型和脫碳化，克服投資不足問題，具體實施「強化建立脫碳化新能源系統的政策、組建國際能源轉型聯盟、加強能源產業和基礎設施的建構、建立資金循環機制」等 4 層面的總體戰。

1. 推動能源政策，實現能源轉型

能源政策建立在三個基礎上：(1)透過稅制、FIT 等方式，政府從國民負擔中取得的資金，進行分配和投資的資金循環機制；(2)營業法規等規章和制度；(3)市場設計。

在能源轉型計畫、技術開發和人才培育上，應加強政策資源的投入。對於電力自由化的市場設計、次世代電網、輸配

電事業的效率化和必要的投資，應著手檢討新的制度改革。同時，政府應該提出明確政策方針，提高民間投資決策的可預見性，並促使其採取行動。

2. 推動國際合作，實現能源轉型

日本應與資源國家和新興國家合作，進行低碳化和脫碳化的努力，倡導能源轉型的國際合作，發展新的能源外交。

國際能源轉型和脫碳化合作的鼓勵性設計很重要，可確保日本的能源安全，對全球能源轉型做出貢獻，並獲得市場。除了現有的二國間抵換額度制度之外，日本應提出環境性能優良的產品和服務的普及對 CO₂ 減量貢獻的計算方法，以及按產業部門別的國際領跑者(top runner)基準和最佳措施等建議，並對全球能源轉型提出一個公正、透明和有效的機制。

3. 強化擔負能源轉型的產業，建構能源基礎設施

日本能源企業，高度依賴國內市場，其蓄電池和氫能開發、次世代再生能源、次世代核能等正處於超越現有框架的階段。期待能有綜合性能源企業的出現，提出脫碳化挑戰的能源轉型經營戰略，超越傳統電力、天然氣和石油的壁壘。因此，還必須設計鼓勵這種高風險事業經營的國家政策。

積極參與全球市場的綜合性能源企業集團和負責開發地區分散式能源系統的企業集團，利用各自優勢，創造事業環境，加速能源轉型和脫碳化。此外，應加速建立次世代輸配電網、分散式網絡等能源基礎設施。

4. 建立能源轉型和脫碳化的資金循環機制

在金融資本市場上，決定能源轉型和脫碳化競爭優勝者的行動已經開始。對於這個金融產業，政府應提出政策、外交、產業和基礎設施的強化方案，同時企業也要提出經營戰略。此外，在政府和民間合作下，集合國內外金融資本的支

持，提供必要的資金，加速日本主導的能源轉型和脫碳化，建立能源轉型和脫碳化的資金循環機制。

六、日本 2030 年計畫和 2050 年情境的比較

綜觀「能源情勢懇談會」提出的「能源轉型的倡議」建議案，對於 2050 年的目標設定，無法延用先前「能源基本計畫」決定 2030 年能源結構目標的方式，而要實現 2050 年情境的脫碳化目標，必須採取非連續的創新技術開發。簡要地比較 2030 年計畫和 2050 年情境的規劃差異，如表 1 和圖 4 所示。

表 1、2030 年計畫和 2050 年情境的比較

	2030 年計畫	2050 年情境
面臨環境	可預測的環境	複雜且不可預測的環境 (VUCA 環境；波動性 Volatility、不確定性 Uncertainty、複雜性 Complexity、模糊性 Ambiguity)
規劃情境	單一情境 (2030 年能源結構)	複線情境 (選擇多樣性)
目標	具體的行動目標 (target)	雄心的到達目標 (goal)
強調點	強調規劃力	強調對應力
方法	PDCA 循環 (規劃 Plan、執行 Do、評估 Check、改進 Action)	OODA 循環 (全方位觀察 Observe、定方向 Orient、判斷 Decide、行動 Act)
成本驗證	電源別的成本驗證	脫碳化能源系統間的成本與風險驗證 儲電、氫氣、碳固定、核能、數位化等可能組合之系統
3E+S	3E+S ・安全最優先 ・低碳化 ・抑制國民的負擔 ・提高資源自給率	更高度的「3E + S」 ・創新的安全 ・脫碳化 ・強化經濟效率和產業競爭力 ・能源安全保障（選擇多樣性、提高國內技術自給率）
執行	節能、再生能源、核能、資源獲得等各領域的努力	國內政策、能源外交、產業和基礎設施的再建構、金融循環機制等 4 層面的總體戰

資料來源：本研究

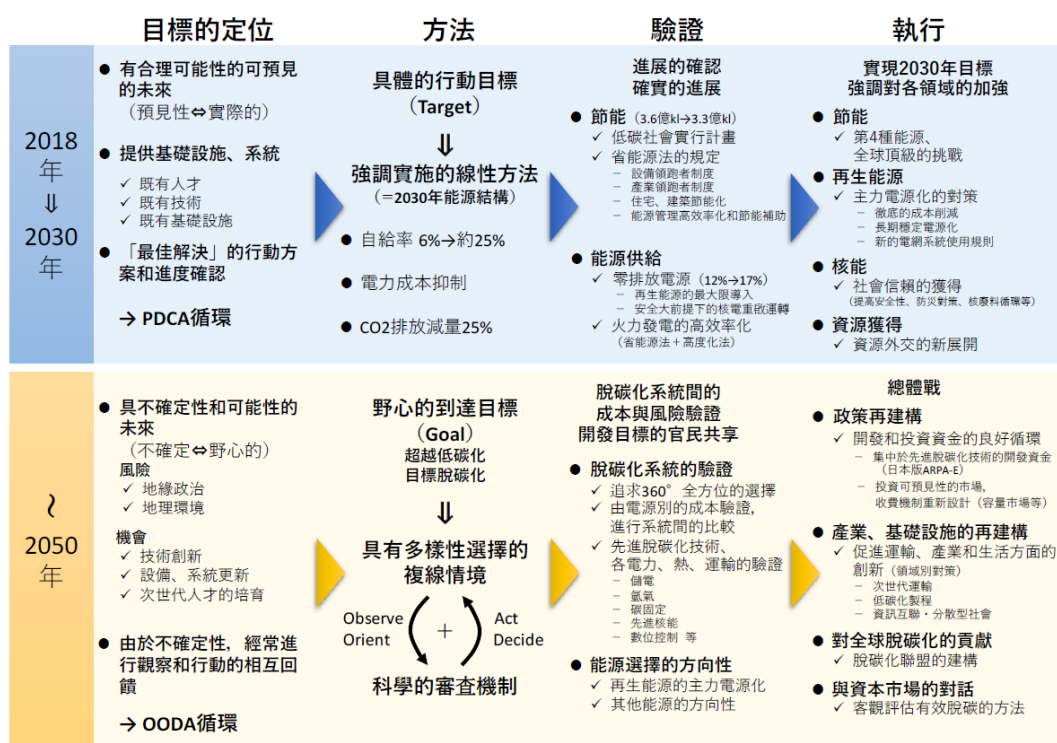


圖 4、2030 年計畫和 2050 年情境的整理[2]

七、結論

隨著巴黎協定的生效，日本政府於 2017 年設置「能源情勢懇談會」，從 2050 年日本可能面臨的能源情勢變化，檢討長期能源政策的方向，並於 2018 年 4 月提出「能源轉型的倡議」建議案。該建議案指出，對於 2050 年的長期展望，涉及創新技術的可能性和不確定性，以及情勢變化的不透明性，很難預測可能的能源結構目標。因此，有必要採行全方位的複線情境設計，追求各種能源選擇的可能性；並導入科學的審查機制，以靈活地修正和決定每個選擇的開發目標和政策資源的投入重點；為因應能源轉型和脫碳化的挑戰，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、供熱和運輸等能源系統的各種脫碳化技術發展。

在能源轉型和脫碳化的情境下，該建議案將再生能源定位為「經濟自立和脫碳化的主力電源」；對於核能，將儘量降低依賴度，並定位為「實用階段的脫碳化選擇」；化石能源則是實現能源轉型和脫碳

化前，過渡期的主力電源。

最後該建議案提出，實現「更高度的 3E+S」的要求，將推動「國內能源政策、國際合作外交、強化能源產業和基礎設施、建立資金循環機制」等 4 層面的總體戰，俾在國家間能源轉型和脫碳化技術霸權的競爭中領先對手。

我國「國家因應氣候變遷行動綱領」(2017 年 2 月)提出「分階段逐步達成於 2050 年溫室氣體排放量降為 2005 年溫室氣體排放量 50% 以下之國家溫室氣體長期減量目標」[3]，但是對於如何實施該長期能源轉型和脫碳化的目標，尚未有具體的行動規劃。因此，日本能源情勢懇談會建議案所提出的全方位複線情境、科學審查機制、脫碳化系統間成本和風險驗證之 2050 年情境設計，值得作為我國長期能源轉型規劃之參考。

參考文獻

- [1] 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
- [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 ～ 関連資料，經濟産業省 資源エネルギー庁，2018/4/10。
http://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene_situation/pdf/report_02.pdf
- [3] 國家因應氣候變遷行動綱領，行政院環境保護署，2017/2/23。
<https://ghgrule.epa.gov.tw/KnowRule/rule-10.asp>