

英國「淨零排放需要核電：2024 路徑」報告短評

財團法人台灣綜合研究院 蘇中正副研究員

英國國會跨黨派核電小組¹於今(2021)年 6 月發布「淨零排放需要核電：2024 路徑」報告，對英國政府與核電產業提出 2 大呼籲：

- 一、**復興核電**：呼籲英國政府應採取迫切決策，在 2024 年以前必須再額外新增至少 10GW 的核電裝置容量，以挽回核電業者與投資方將對政府信心，留住關鍵核電技術與人才，奪回核電技術的國際領導地位。
- 二、**立法提供新建核電融資**：建議英國政府在年底前立法通過新的核電融資模式，同時呼籲英國核電產業應致力於降低新建核電成本，期望 2030 年新建核電成本可減少 30%。

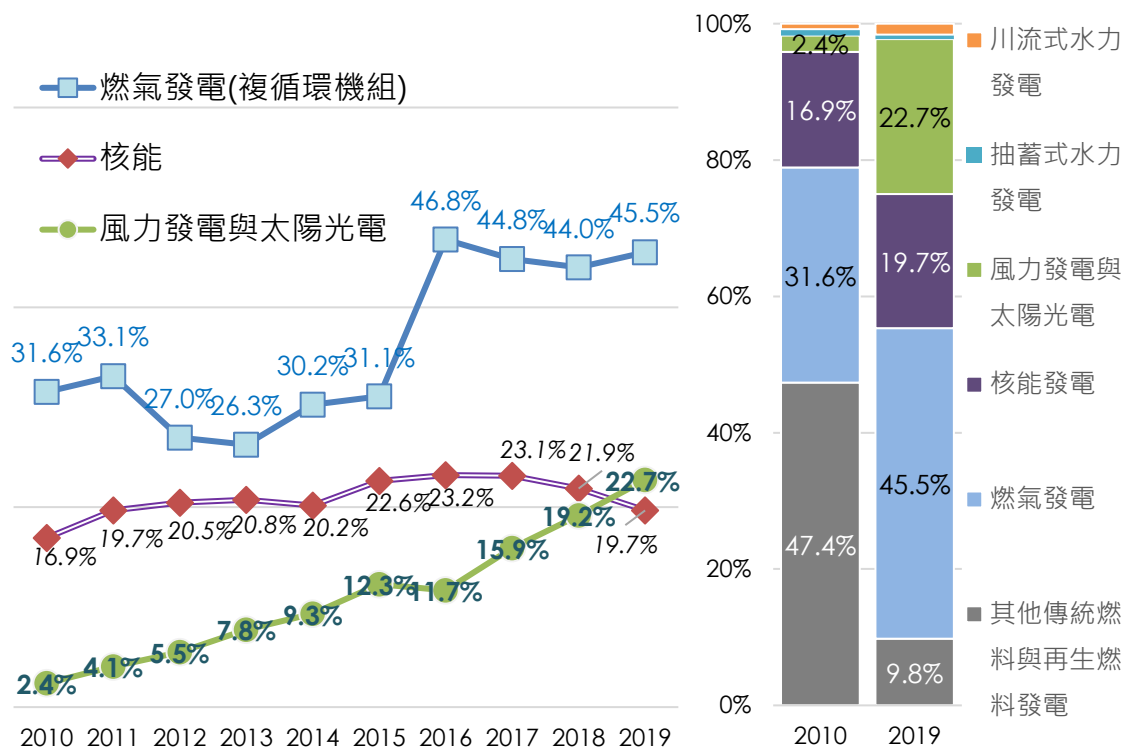
一、英國核電發展現況

(一)變動型再生能源發電已超越核電占比

觀察 2010~2019 年英國發電結構可知，複循環燃氣發電已成為主要供電來源，同期風力發電與太陽光電成長逾 7 倍，2019 年風力發電與太陽光電發電占比合計(22.7%)更首次超越核電(19.7%)(如圖 1 所示)。英國首相於去(2020)年提出更野心的 2030 年離岸風電目標：從原本的 30GW 提高至 40GW，顯示英國對未來離岸風電的重視²。

¹ 英國國會跨黨派核電小組(All-Party Parliamentary Group on nuclear energy)成立於 2015 年 7 月，由上、下議院跨黨派議員組成，成立目的係提升核電認知，並扮演國會與企業組織的溝通平台，支持推動英國核電發展以達成減碳目標。

² Durakovic Adnan (2020), "UK Prime Minister: Offshore Wind to Power Every Home by 2030."



資料來源：Government of UK (2020a)，本研究繪製。

圖 1 2010~2019 年英國燃氣發電、核電、風力發電與太陽光電之發電占比(左圖)與 2010、2019 年電力結構(右圖)

(二)老舊運轉中核電機組即將於 2030 年前相繼除役

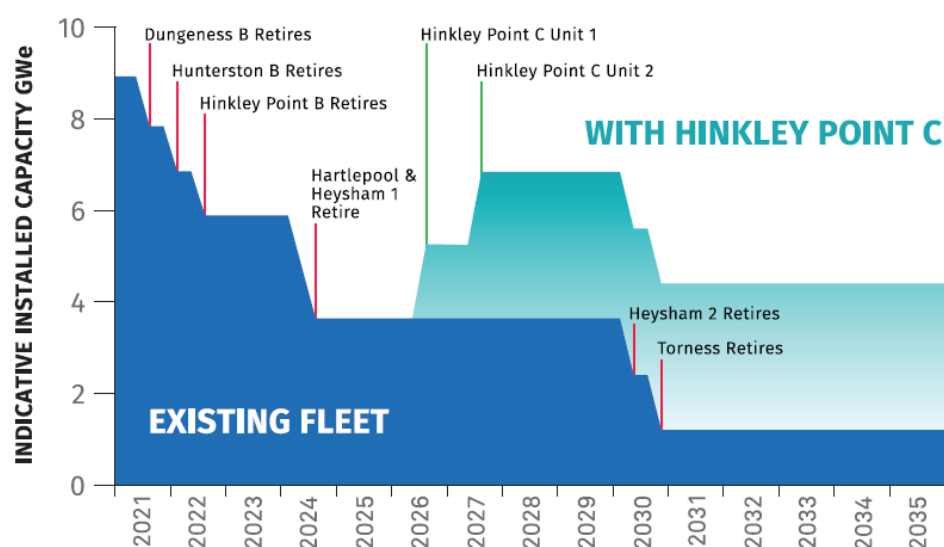
1.既有機組：英國現有 15 部可運轉核電機組，總裝置容量為 8.92GW，其中 14 部都是運轉超過 30 年以上、且延役 5~10 年不等的老舊機組。14 部機組將於 2024~2030 年間陸續除役(見表 1)，到 2030 年既有核電機組中將只剩 1 部核電機組(Sizewell-B，1.20GW)(如圖 2 所示)。

表 1 英國可運轉核電機組

	機組名稱	反應爐類型	設計裝置容量 (MWe)	興建年份	運轉年限 (首次併聯~除役)	迄今已運轉(年)
1	Dungeness B1	氣冷式反應爐(GCR)	545	1965 年	1983~2028 年	38
2	Dungeness B2	氣冷式反應爐(GCR)	545	1965 年	1983~2028 年	35
3	Hartlepool A1	氣冷式反應爐(GCR)	590	1968 年	1983~2024 年	37
4	Hartlepool A2	氣冷式反應爐(GCR)	595	1968 年	1984~2024 年	36
5	Heysham A1	氣冷式反應爐(GCR)	485	1970 年	1983~2024 年	38
6	Heysham A2	氣冷式反應爐(GCR)	575	1970 年	1984~2024 年	36
7	Heysham B1	氣冷式反應爐(GCR)	620	1980 年	1988~2030 年	33
8	Heysham B2	氣冷式反應爐(GCR)	620	1980 年	1988~2030 年	32
9	Hinkley Point B1	氣冷式反應爐(GCR)	485	1967 年	1976~2023 年	44
10	Hinkley Point B2	氣冷式反應爐(GCR)	480	1967 年	1976~2023 年	45
11	Hunterston B1	氣冷式反應爐(GCR)	490	1967 年	1976~2023 年	45
12	Hunterston B2	氣冷式反應爐(GCR)	495	1967 年	1977~2023 年	44
13	Sizewell B	沸水式反應爐(PWR)	1,198	1988 年	1995~2035 年	26
14	Torness 1	氣冷式反應爐(GCR)	595	1980 年	1988~2030 年	33
15	Torness 2	氣冷式反應爐(GCR)	605	1980 年	1989~2030 年	32

資料來源：WNA (2021)、Government of UK。

Nuclear capacity to 2035



資料來源：All-party parliamentary group on nuclear energy (2021)。

圖 2 2021~2035 年英國核電裝置容量

2.興建中機組：2 部，分別為 Hinkley Point C1 與 Hinkley Point C2，裝置容量合計達 3.44GW，預計將分別於 2026 年與 2027 年商轉。

3.規劃興建機組：4 部，分別為 Sizewell C1、C2(裝置容量合計達

3.34MW)以及 Bradwell B1、B2(裝置容量合計達 3.30GW)，其中 Sizewell 2 部機組刻正處於申設許可審核階段³，由中資主導的 Bradwell-B 2 部機組已取得發電執照，Bradwell B1 預計 2030 年商轉，但目前仍未動工。

綜上，如無新建核電計劃，2030 年英國可運轉核電裝置容量仍有 7.84GW，2035 年後則為 6.64GW⁴。如英國擬新建核電機組係採行現有核電技術，則從規劃、動工興建到商轉所需期程至少需 18 年以上⁵。

(三)新建核電計畫融資不易，小型核反應爐成本相對較低

核電具有資本密集、初期投資成本高之特性。近年美國、歐盟皆出現工程延宕導致成本不斷追加的情形，英國也面臨類似問題⁶。以已動工興建的 Hinkley Point-C 核電就曾因工期延宕，導致興建成本從原本的 60 億英鎊飆漲至 300 億英鎊。而根據英國小型核反應爐融資專家工作小組(Expert Finance Working Group on Small Nuclear Reactors)研究報告，2030 年以前適合英國發展的小型核反應爐其隔夜成本則相對較少，依裝置容量大小的不同，小型核反應爐隔夜成本介於 1 億英鎊至 25 億英鎊。

³ 此案於 2012~2019 年間共辦理 4 次意見徵詢作業、2 次環評範疇界定，2020 年 5 月首次向主管機關遞交申設許可，其規劃階段推動迄今已歷時 9 年(WNA, 2021; NNB Generation Company, (2021)。

⁴ 既有機組(Sizewell B: 1.20GW)與預計 2026~27 年併聯商轉的 4 部新機組(合計 6.64GW)。

⁵ 規劃期 9 年以上(以 Sizewell C1、C2 為例)，從動工興建到商轉最快 9 年(以 Hinkley Point B1 為例，見表 1)。

⁶ 然而基於英國政府普遍認為未來英國仍須維持一定核電比例(約五分之一)之故(Nuclear Engineering International, 2021)，促使英國政府與 Hinkley Point-C 擁有者法國電力(EDF)簽訂 35 年、每度電 0.0925 英鎊的保證收購電價(Parnell, 2020)。在 Hinkley Point-C 核電廠確定興建一年後，英國國家稽查辦公室(National Audit Office，NAO)完成評估報告並明確指出：Hinkley Point-C 興建計畫並未充份考量興建風險與其他競爭能源市場變化，NAO 評估顯示該計畫的經濟效益偏低且具顯著不確定性(National Audit Office, 2017)。仍在規劃階段的 Bradwell-B 核電新建計畫也面臨初期投資資金籌措問題

針對核電融資課題，英國政府考慮引用其他融資模式予以解套(如監管資產基礎模式(Regulated Asset Base, RAB)⁷，並考慮將此模式擴及小型核反應爐(SMR)與先進模組化反應爐(AMR)⁸。

另一方面，英國內閣中不同部門對於核電擴張持保留態度，例如在英國具影響力的國家基礎設施委員會(National Infrastructure Commission)認為當論及投資新建核電機組時，政府應採取極度謹慎態度，且建議應該同一時間應該只投資一部核電機組⁹。

二、英國核電政策背景與「淨零排放需要核電：2024 路徑」報告主張

(一)政策背景

1. Boris 首相的「十點計畫」

英國首相 Boris Johnson 於 2020 年 11 月提出以推動英國 2030 年綠色工業革新、同時創造 250,000 個就業機會為訴求的「十點計畫」(Prime Minister's Ten Point Plan)，其中一項即發展核電¹⁰，並闡明英國未來將持續發展小型模組化核反應爐(Small Modular Reactors, SMR)與先進模組化反應爐(Advanced Modular Reactors, AMRs)¹¹的政策方

⁷ 此融資模式在英國常用於具自然獨佔之基礎設施產業(如自來水業)，允許開發業者在主管機關監督下在興建階段優先從規費(如水費或電費)抽取營收，以降低初期投資成本(BEIS, 2019)。

⁸ 「將 RAB 套用核電」官方分析報告的意見徵詢結果顯示工業界支持普遍以 RAB 補助新建核電計畫，但時也收到多達 36,000 份民間連署要求政府不應把 RAB 模式套用到新建核電計畫。然而在 2018 年由小型核反應爐融資專家工作小組(Expert Finance Working Group on Small Nuclear Reactors)所執行的調查則顯示利害關係人業者較偏好採取的保證收購價類型的融資方式(如躉購電合約(PPA)或差價合約(CfD)) (Expert Finance Working Group on Small Nuclear Reactors, 2018)。

⁹ Parnell John (2020), "Momentum Builds for UK Government to Self-Fund New Nuclear Plants."

¹⁰ 「十點計畫」中的其他重點發展項目包括「離岸風電」、「氫能」、「碳捕獲、利用與封存」、「綠色融資與創新」、「零排放航空與船運」、「零排放車輛」、「綠建築」、「綠色大眾運輸、騎自行車與步行」以及「自然環境保育」(Government of UK, 2020b)。

¹¹ 小型模組化核反應爐(SMR)一般係指採用近似現有壓水式反應爐設計、但裝置容量較小的反應爐。其中模組化一詞係指其元件可透過創新技術在工廠製造後，在運送到電廠場址組裝；先進模組化反應爐則是指採用新穎冷卻系統或燃料後可提供創新功能(如提供工業處理熱)的核反

向。

(二)能源白皮書

英國商業能源及工業策略部(BEIS)於 2020 年 12 月發布的能源白皮書將核能列為能源系統達成淨零排放的減碳措施之一，其中與核電相關的具體承諾有¹²：

- 1.在當屆內閣任期內促成至少 1 項大型核電新建計畫的最終投資決定(Final Investment Decision, FID)。
- 2.政府將挹注 3.85 億英鎊到先進核電基金(Advanced Nuclear Fund)以推動下一代核電技術發展，預計在 2020~30 十年初期完成小型模組化核反應爐(SMR)的設計與 1 項先進模組化核反應爐(AMR)示範機組。
- 3.在 2040 年以前完成 1 部可商轉之核融合電廠。

(三)「淨零排放需要核電：2024 路徑報告」主張

1. 2024 核電路徑

「淨零排放需要核電：2024 路徑」報告沿續 Boris 首相「十點計畫」及能源白皮書發展核電的政策方向，該報告核心精神即其規劃之 2024 核電路徑：以 2024 年中以前承諾建置 1GW 等級以上核電站為矢，規劃一系列政策與立法程序，同時呼應能源白皮書許下的承諾(如支持 Sizewell C 核電機組作成最終投資決定(FID))(詳見表 2)。

應爐，可在 800° C 高溫狀態下運轉，且可利用該高溫條件協助產製氫能或其他合成燃料。

¹² Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) (2020a), “Energy White Paper: Powering our Net Zero Future.”

表 2 2024 核電路徑

時點	行動
已完成	發布小型核反應爐(SMR)與先進模組化反應爐(AMR)基本設計許可(Generic Design Assessment)指引
2021 年底	立法設計全新融資模式，該模式必須涵括大型與小型核電新建計畫所有階段融資需求
2021 年底	確定英國新建核反應爐可使用境內生產核燃料的政策
2021 年底	同意提供先進模組化反應爐(AMR)示範計畫長達 5 年期的資金挹注模式
2022 年初	發布國家新建核電計畫(含 SMR 與 AMR)政策文件
2022 年初	為達成英國在 2030 年代初期即完成 SMRs 機組設置之目標，制定相關法制政令架構，以俾期政策法規於 2022 年底前完成
2022 年秋季	支持 Sizewell C 核電機組作成最終投資決定(FID)
2023 年底	承諾推動下一世代商用核聚變發電廠「球形托卡馬克能源生產」(STEP)計畫，包括完成選址程序。
2024 年 3 月	推動修法，允許都市與工業製程系統之間的模組化核反應爐整合計畫、允許替代燃料與冷媒使用、支持核融合等
2024 年中	政府作出承諾建置至少 1GW 等級核電站，並持續推動 GW 等級核電站建置。

資料來源：All-party parliamentary group on nuclear energy (2021)。

2.既有核電屆齡除役且不新建核電的後果

報告中指出英國如既有核電屆齡除役且不新建核電，將承擔以下後果：

(1)碳排增加：減少潔淨電源裝置量達 30%，沒有新建核電情況下英國 2035 年以前碳排放量將增加 2 億噸。

(2)用電成本上升：核電一旦除役後，英國必須以成本攀升的化石燃料或進口電力取代除役核電。

(3)失業：核電的持續運作維繫著英國都會區外圍低所得地區就業人口的生計，核電工業沒落對低所得地區影響深遠。報告中聲稱從今(2021)年開始與核電廠除役相關的失業問題已開始顯現，到 2030 失業問題將加速。

(4)核電工業人才流失：失去核電工程專業人才、有礙未來新建核電計畫。

三、報告短評

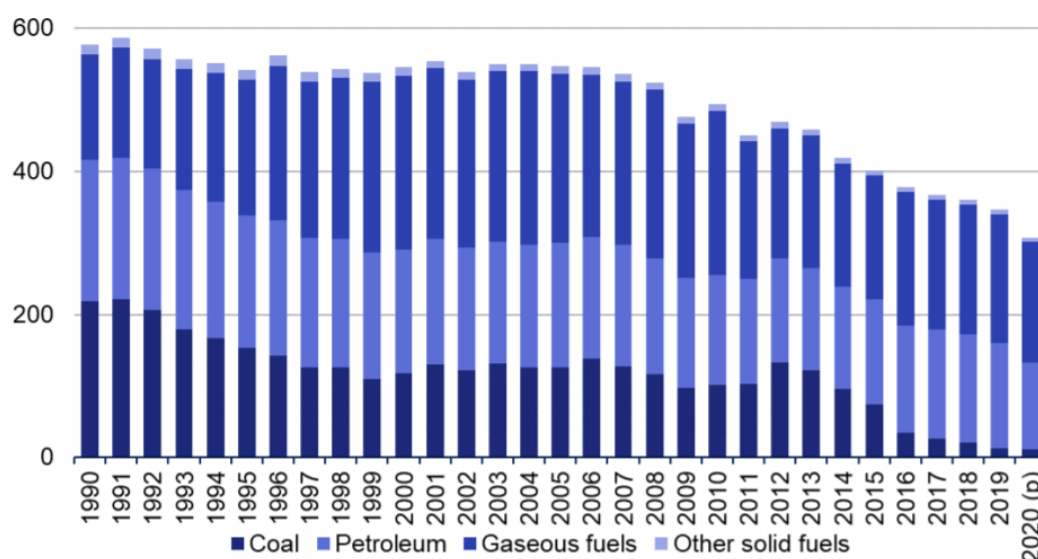
(一)小型模組化核電站短期內仍難實現

英國國會跨黨派核電小組提出的 2024 核電路徑，係冀望在現任內閣任期內(2024 年以前)，加速建構小型核反應爐與先進模組化反應爐技術為標的之法制、政策與融資環境。該報告規劃之 2024 核電路徑應視為落實「能源白皮書」在核電承諾：『本屆內閣任期內促成至少 1 項大型核電新建計畫的最終投資決定』。換言之，光是促成 GW 級小型模組化核電站投資決定的規劃階期，就須耗時 4 年之久，因此，小型模組化核電站短期內仍難實現。

(二)近年英國減碳的主力為燃料轉換與再生能源

英國商業能源及工業策略部(BEIS)於今(2021)年 3 月發布的 2020 英國溫室氣體排放統計報告指出，2020 年英國來自發電廠 CO₂ 排放量較 2019 年減少 11.9%(相當於 10.6 百萬噸)、相較 1990 年減少 75.3%。該統計報告分析減碳績效，歸因於發電端由燃煤轉為燃氣的燃料轉換(見圖 3)、再生能源發電成長以及能源密集產業技術進步¹³。

¹³ Department for Business, Energy & Industrial Strategy (2021), “2020 UK greenhouse gas emissions, provisional figures.”。

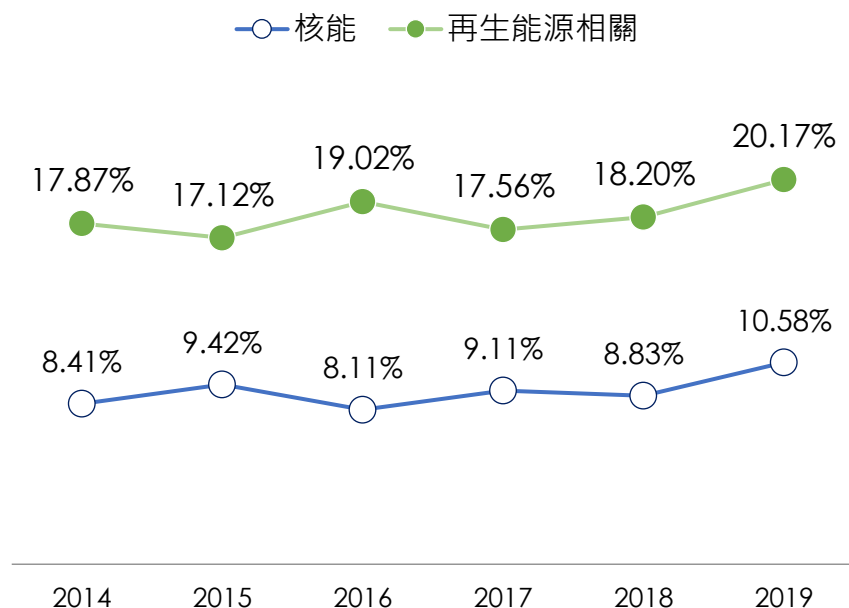


資料來源：All-party parliamentary group on nuclear energy (2021)。

圖 3 1990~2020 年英國燃料燃燒 CO2 排放量

(三)近年英國再生能源相關就業人數占整體「低碳與再生能源經濟」 就業人數比例均大於核電工業

根據英國國家統計局(Office for National Statistics)最新數據，2014~2019 年英國再生能源相關就業人數占「低碳與再生能源經濟」(Low Carbon and Renewable Energy Economy, LCREE)比例均大於核電(如圖 3 所示)。



資料來源：Office for National Statistics (2021)，本研究繪製。

註：再生能源相關就業類別包括風力發電(含陸域與離岸)、太陽光電、水力發電、其他再生能源發電、再生熱能、再生能源汽電共生(Renewable combined heat and power)，以及燃料電池與儲能。

圖 4 英國核能與再生能源就業人數占比

參考文獻

每日頭條(2020)，英國政府正式發布能源白皮書 確定核電清潔能源地位。

TechNews 科技新報(2020，英國核電大辯論，RAB 模式、國家出資，還是根本不需要？

All-Party Parliamentary Group on nuclear energy (2021), “Net Zero Needs Nuclear: A Roadmap to 2024.”

Ambrose Jillian (2020), “Sizewell C: a government reignites 20bn nuclear power station row.”

Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) (2020a), “Energy White Paper: Powering our Net Zero Future.”

Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) (2020b), “RAB Model for Nuclear: Consultation on a RAB model for new nuclear projects.”

Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) (2021), “2020 UK greenhouse gas emissions, provisional figures.”

Durakovic Adnan (2020), “UK Prime Minister: Offshore Wind to Power Every Home by 2030.”

Expert Finance Working Group on Small Nuclear Reactors (2018), “Market framework for financing small nuclear.”

Government of UK, “Table of past and present UK nuclear reactors.”

Government of UK, (2020a), Electricity generated and supplied. 1970 to 2019 (DUKES 5.1.3), Digest of UK Energy Statistics (DUKES): electricity.

Government of UK, (2020b), “PM outlines his Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution for 250,000 jobs.”

Government of UK, (2020c), “Regulated Asset Base (RAB) model for nuclear.”

National Audit Office (2017), “Hinkley Point C.”

NNB Generation Company (2021), “The Sizewell C Project: Consultation Document.”

Nuclear Engineering International (2021), “The development clock is ticking on Bradwell B.”

Office for National Statistics (2021), “Low Carbon and Renewable Energy Economy (LCREE) Survey direct and indirect estimates of employment, UK, 2014 to 2019.”

Parnell John (2020), “Momentum Builds for UK Government to Self-Fund New Nuclear Plants.”

Vaughan Adam (2017), Spending watchdog condemns 'risky and expensive' Hinkley Point.”

WNA (2021), “Nuclear Power in the United Kingdom.”