

儲能的美麗與哀愁

2025/04/09

報告人：陳中舜

E-mail：JSCHEN@CIER.EDU.TW



自我介紹

- 中華經濟研究院 副研究員
- 核能研究所 副工程師/分組長
- 台北科技大學 機電研究所 博士
- 台大經濟研究所 碩士
- 淡江大學 機械研究所 碩士
- 台北工專 機械科

研究領域：能源經濟、電力市場、

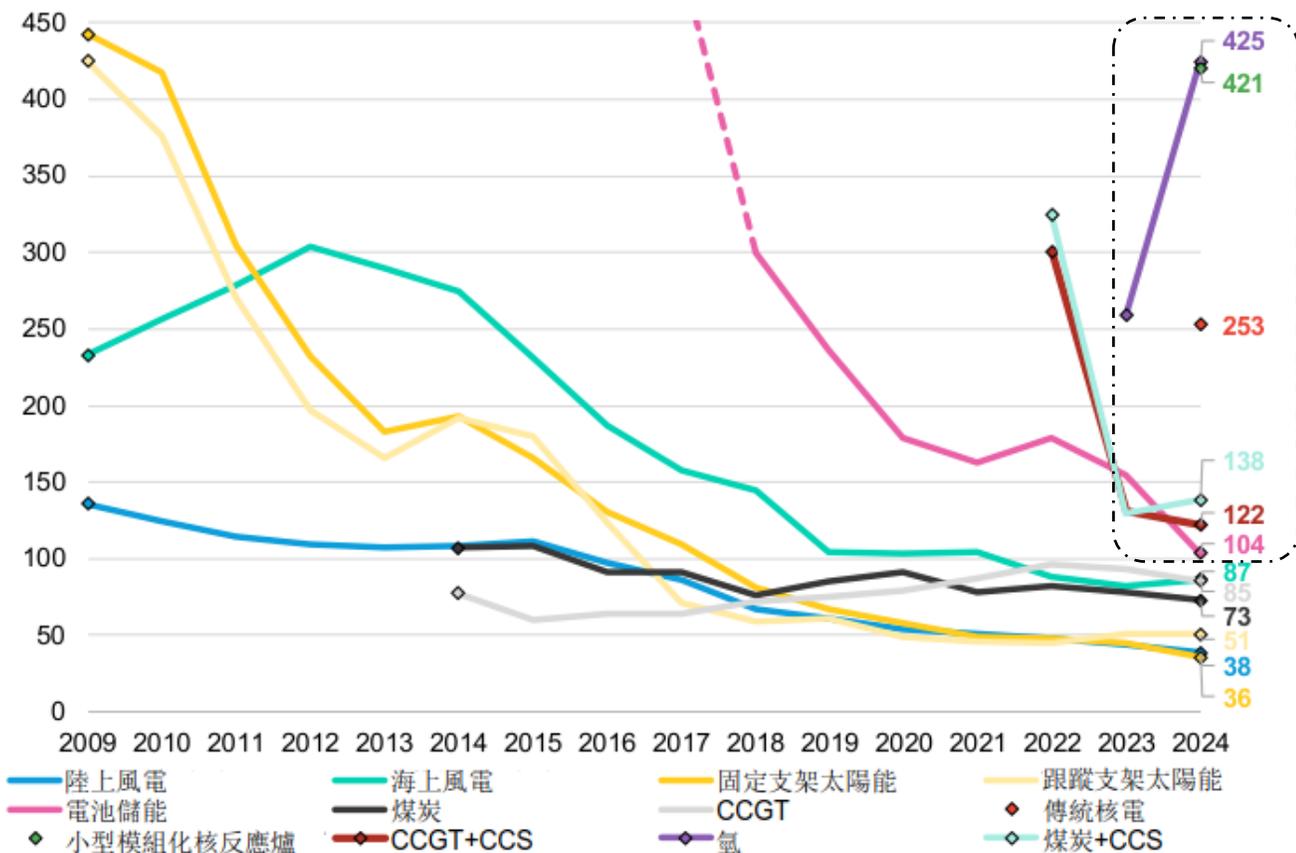
前瞻趨勢(國科會、文化部、核研所、台電公司)

經濟部專業人員研究中心 講師

IEA：比起低碳能源，未來更需要的是 **可調度** 的低碳能源。

2009-2024年全球LCOE基準

美元/MWh (2024年實際匯率計算)

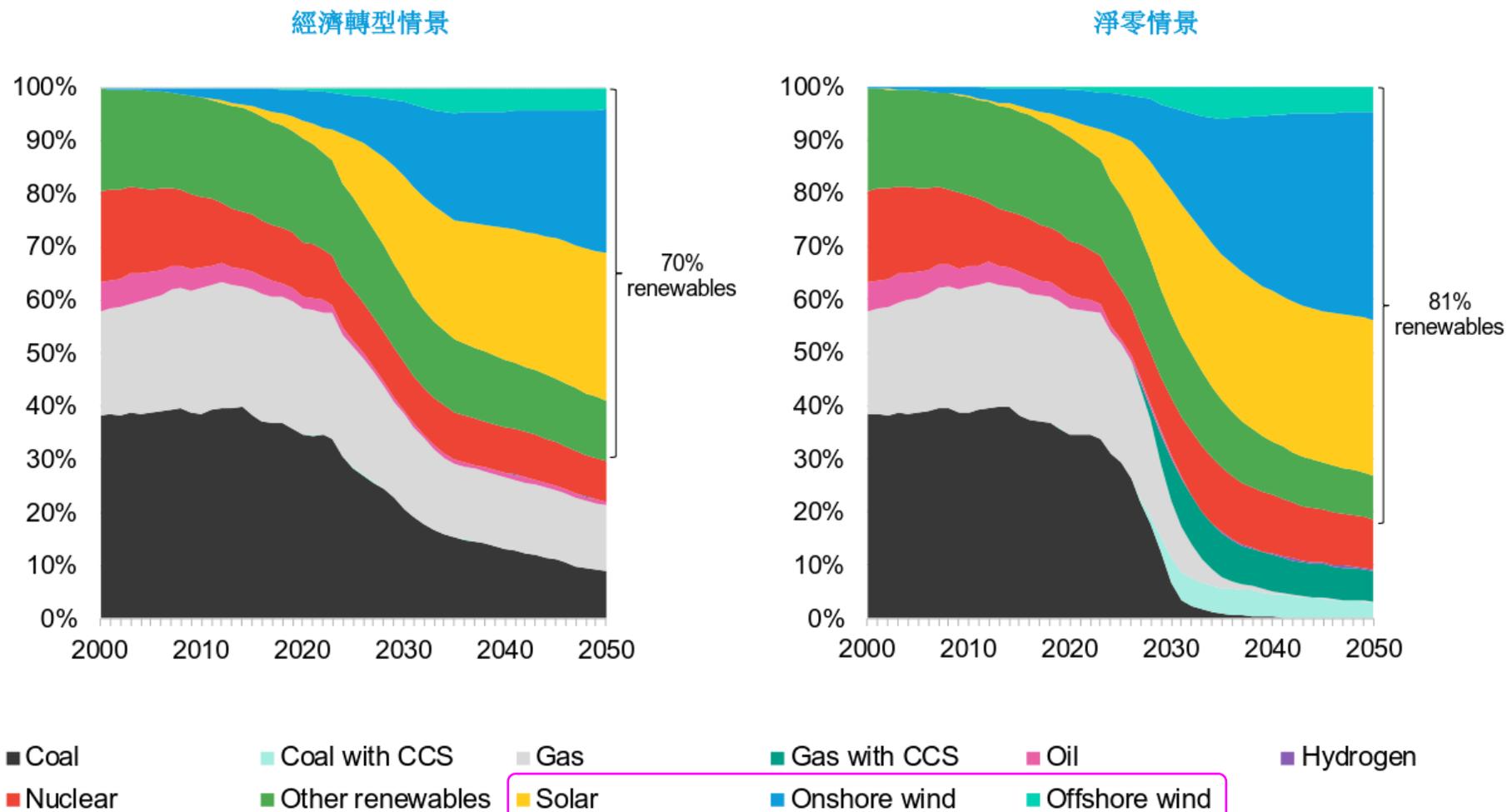


各種發電方式之發電成本

項目	113年自編決算	114年1-2月
自發電力		
火力發電	2.87	2.95
燃油	7.30	7.43
燃煤	2.50	2.56
燃氣	2.94	3.00
核能發電	1.42	1.87
抽蓄發電	4.64	5.43
再生能源發電	2.45	2.34
慣常水力	1.76	2.17
風力發電	4.40	2.04
太陽光電	3.94	5.01
地熱	7.10	5.67
自發電力小計	2.78	2.90
購入電力		
汽電共生	2.97	2.68
民營電廠	3.46	3.35
燃煤	3.36	2.89
燃氣	3.52	3.57
再生能源	5.40	5.81
慣常水力	2.13	2.57
風力發電	6.59	6.58
太陽光電	4.87	4.75
地熱	6.59	6.71
其他再生能源	4.20	4.37
購入電力小計	3.96	4.19
平均發購電成本	3.14	3.38

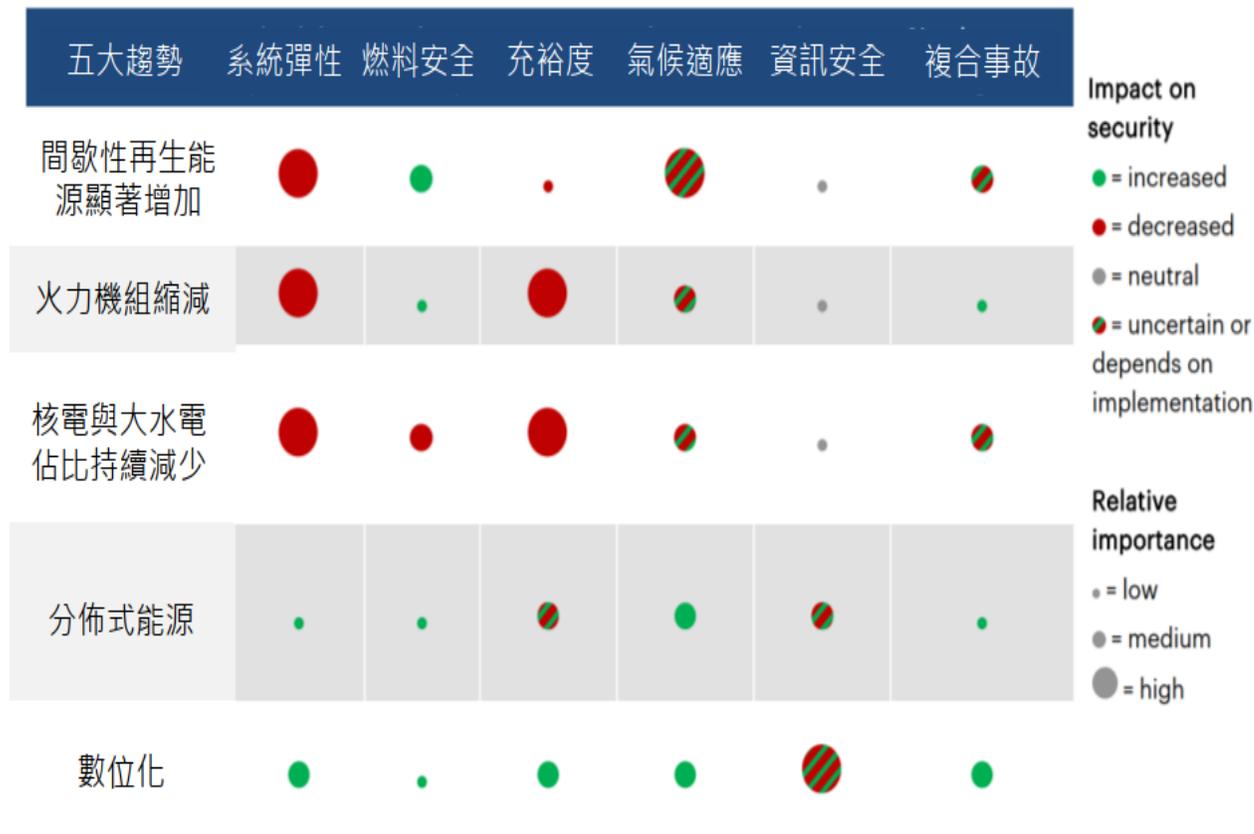
來源：彭博新能源財經。注：全球基準是採用最新市場估計值得出的裝機容量加權平均值，但核能、氫能和CCS除外，這三者使用的是簡單平均值。海上風電包括海上輸電成本。碳定價政策已生效的地區均包含碳價。不含補貼和稅收抵免。按融資日期顯示LCOE。CCGT指聯合迴圈燃氣輪機，PV指太陽能。

各種技術/燃料的發電佔比—經濟轉型情景和淨零情景



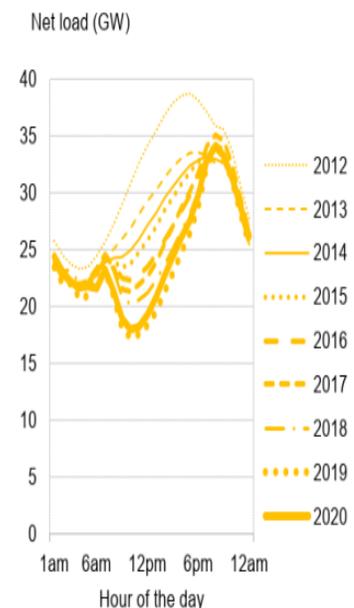
來源：彭博新能源財經。（注：包括淨零情景下制氫所需的發電量。“其他可再生能源”包括所有其他非可燃性可再生能源，包括水力、生物質能、地熱和光熱。CCS 指碳捕集與封存。）

高比例再生能源的風險



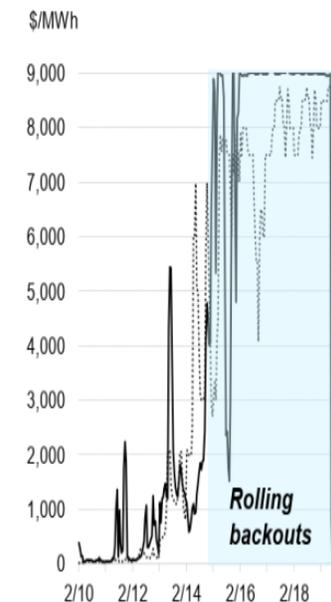
資料來源:IEA(2020)

31.5%
California's worsening duck curve
加州的“鸭子曲线”趋势不断加剧



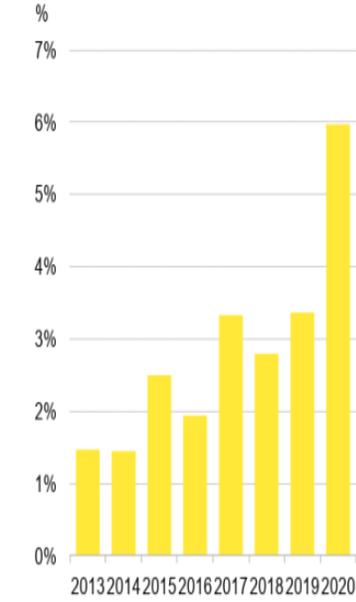
Source: BloombergNEF, CAISO. Note: this chart represents CAISO's August net load.

21.6%
Rolling backouts in Texas
德克萨斯州大停电



Source: BloombergNEF, Ercot. Note: the event occurred in February 2021.

41.3%
Germany's negative power prices
德国越发频繁的负电价

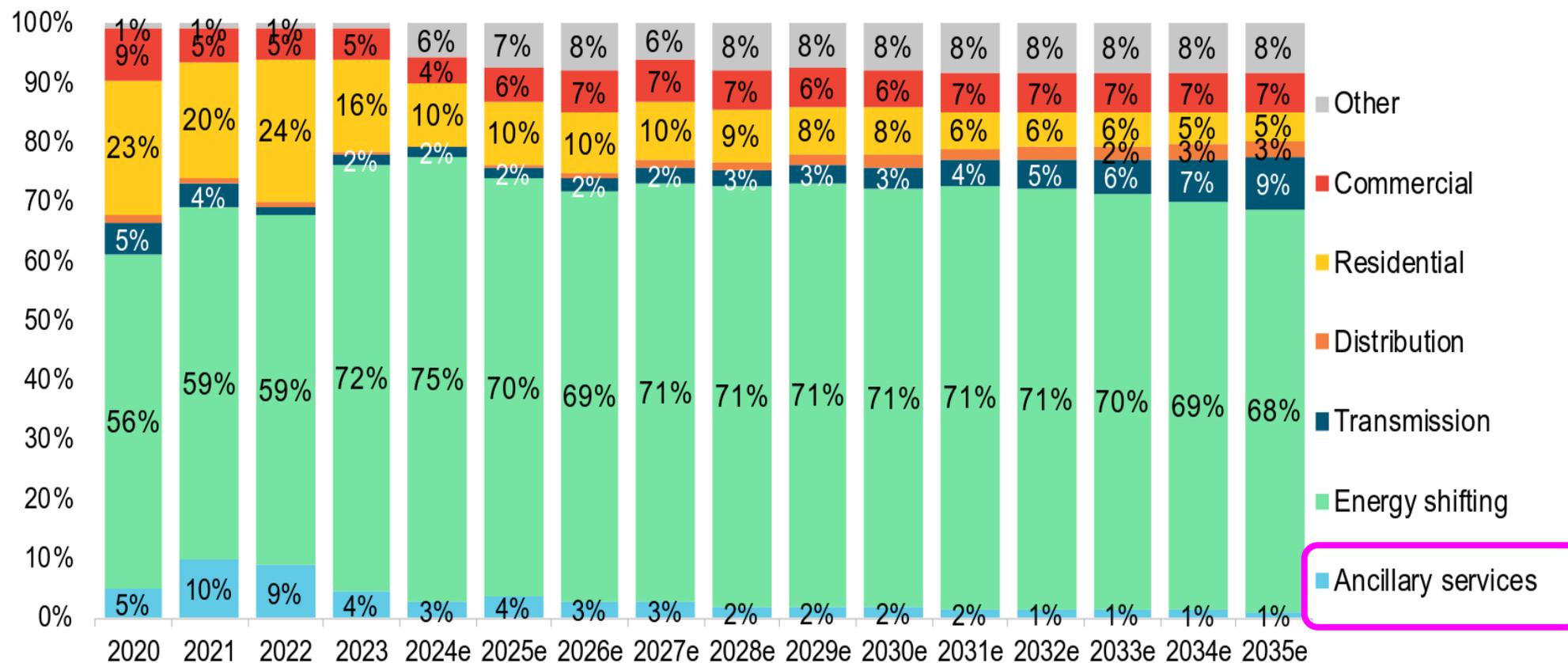


Source: BloombergNEF. Note: above chart represent Germany's real-time power market

14 November 30, 2021

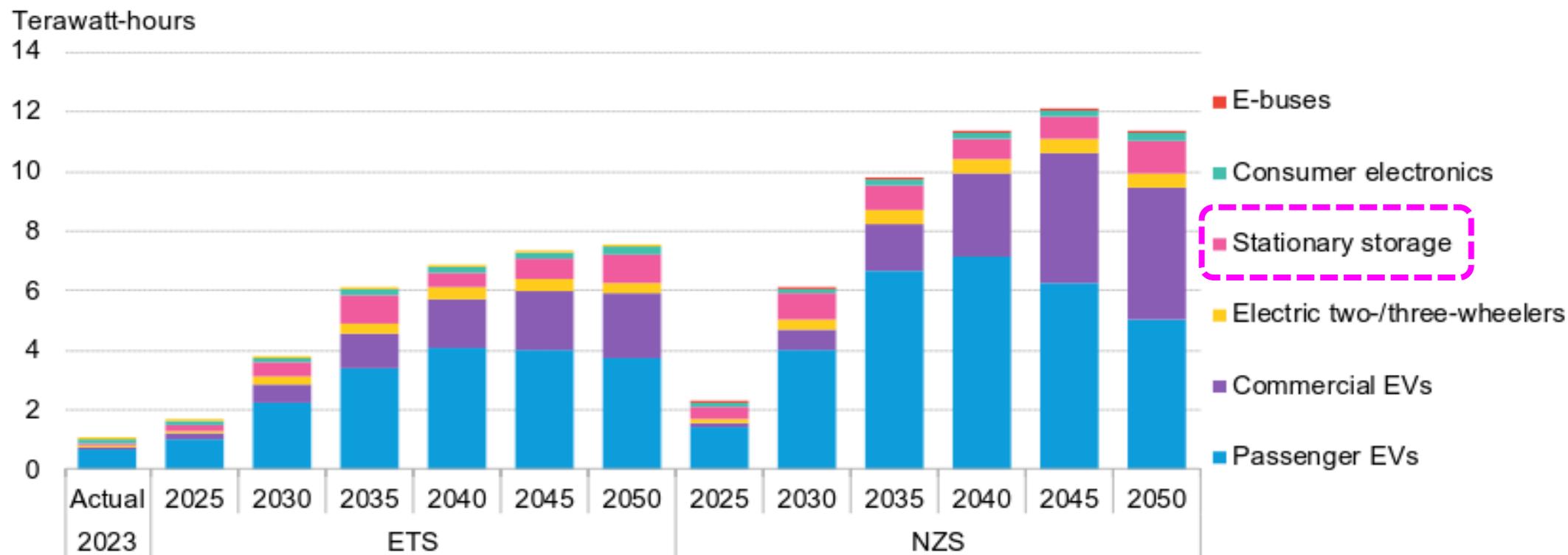
BloombergNEF

經濟轉型情景下，與電力系統有關之不同儲能應用容量占比



注意：上圖不包括抽水蓄能項目。能量轉移指的是為再生能源整合、電力價格套利和/或提供可靠容量以滿足系統峰值需求而建造的容量。
資料來源：BNEF

BNEF經濟轉型情景和淨零情景下的年度電池需求展望

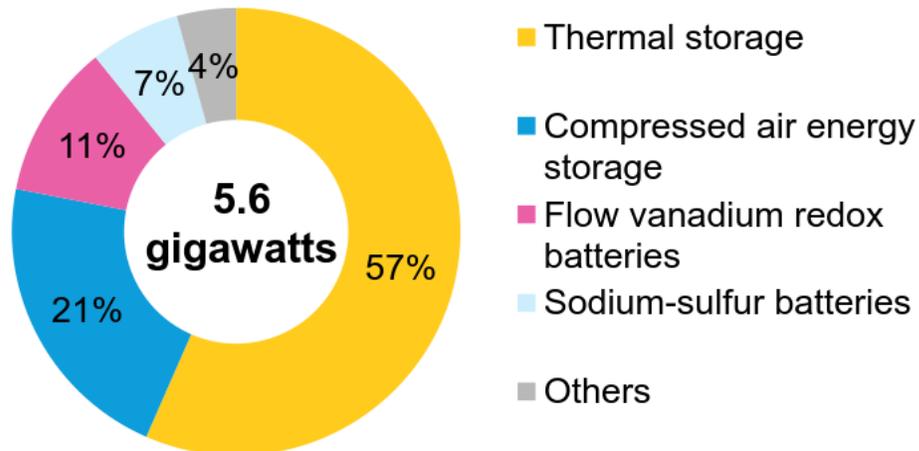


來源：彭博新能源財經（注：假設兩種情景下消費電子產品和固定式儲能需求相同。ETS 指經濟轉型情景，NZS 指淨零情景。淨零情景中的固定式儲能電池需求來自彭博新能源財經的《2024 年新能源市場長期展望報告》（網頁 | 終端）。該報告顯示，隨著太陽能和風電增加，本世紀 20 年代新增需求加速，隨後幾十年增長則不均衡。）

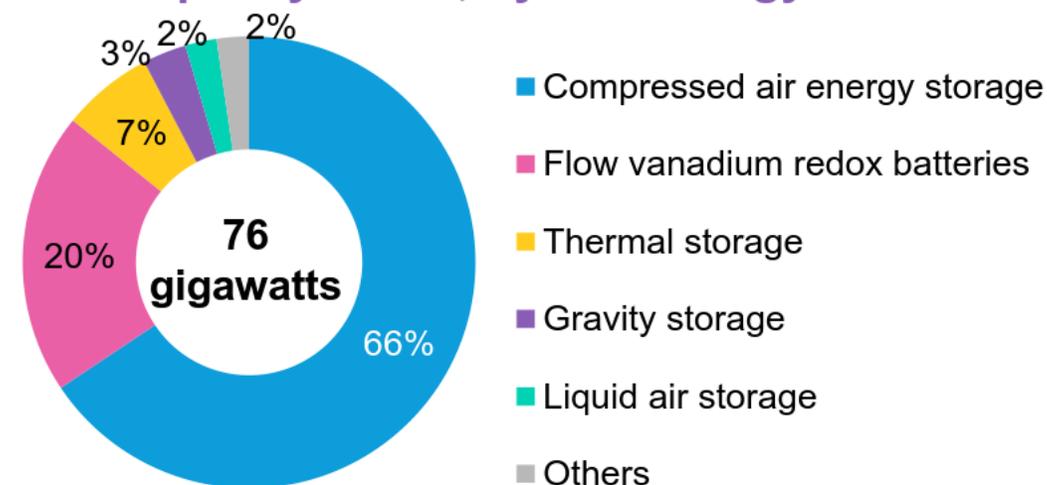
- 磷酸鐵鋰（LFP）已成為定置型儲能市場中主流的鋰離子電池化學組合。與LFP相比，鎳基化學組合如鎳錳鈷氧化物（NMC）和鎳鈷鋁氧化物（NCA）具有更高的能量密度，使汽車製造商能夠提供更輕、更長續航的電動車。

長時間儲能 (LDES) 來了!

Installed long-duration energy storage, in power capacity terms, by technology



Pipeline of long-duration energy storage, in power capacity terms, by technology

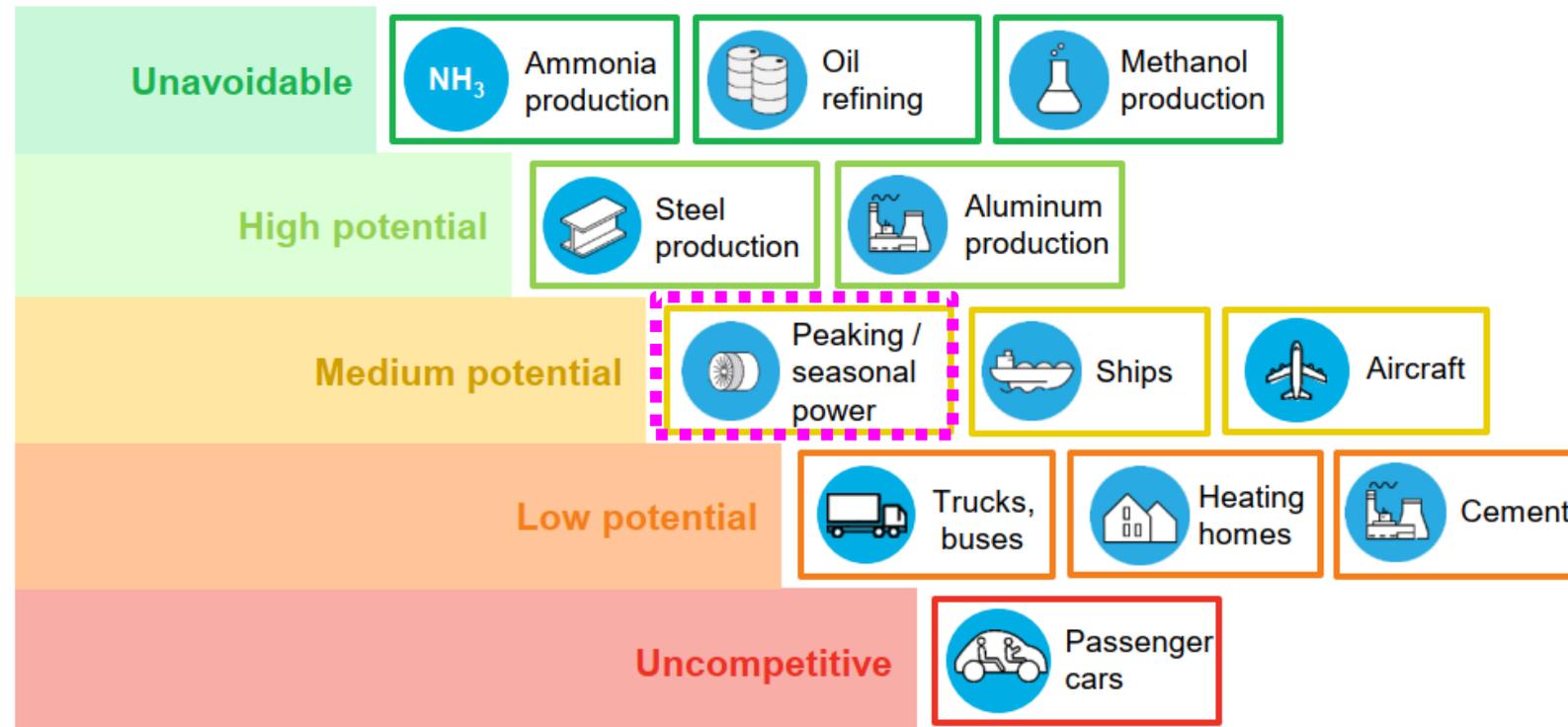


Source: BloombergNEF. Note: For projects without disclosed duration information, we assume the minimum duration requirement for long-duration energy storage based on the standards in different markets. Data as of September 2024. Projects in the pipeline include announced / planning begun, permitted, and financing secured / under construction. Pumped hydro is excluded. *In this update, we have enhanced our long-duration energy storage project database by including thermal storage capacity paired with concentrated solar plants. This has significantly increased the thermal storage capacity.

氫的用途

Hydrogen has better prospects in some sectors than in others

The prospects for widespread adoption of clean H₂ in various sectors



See *Hydrogen Economy Outlook* ([web](#) | [terminal](#)) for detail.

Unavoidable sectors cannot decarbonize without using clean hydrogen.

High potential sectors need a low carbon price to adopt H₂, or other methods of CO₂ removal cost more.

Medium potential sectors may find H₂ competitive in some circumstances.

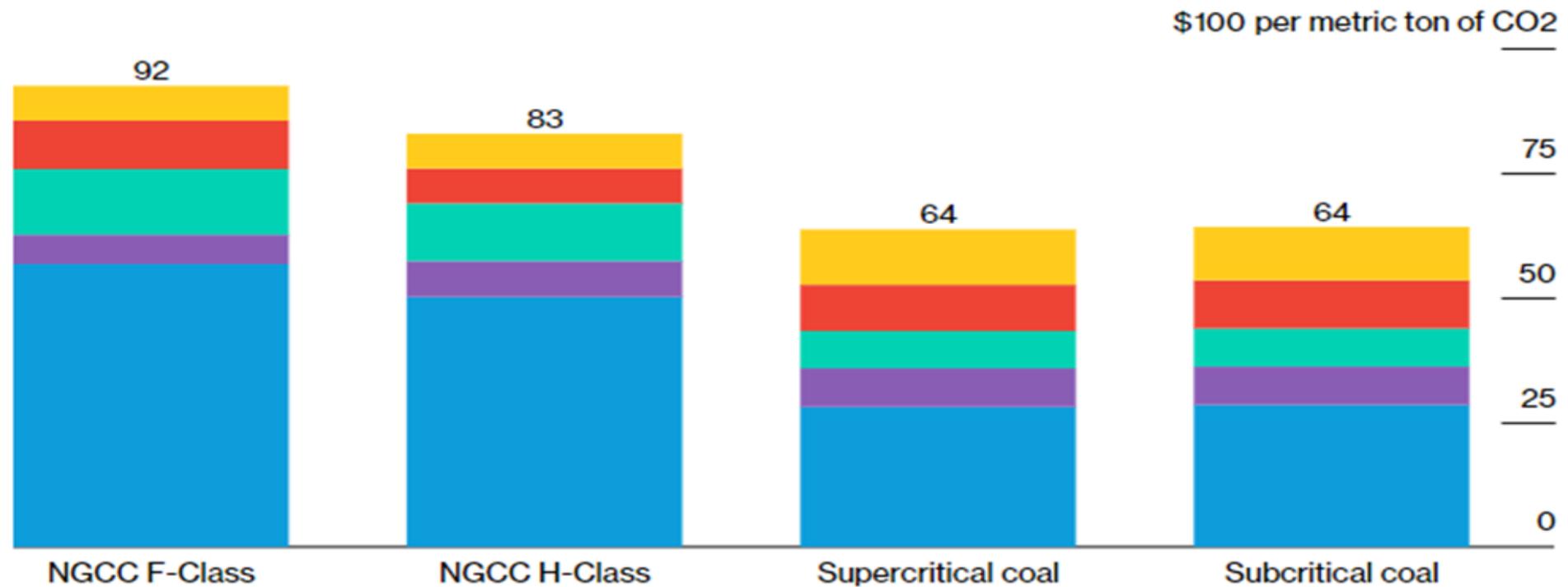
Low potential sectors could use some H₂ under special circumstances.

Uncompetitive sectors have cheaper alternatives to cut CO₂.

燃氣、燃煤電廠CC的成本

Cost of carbon capture for coal- and gas-fired power plants

■ Capex ■ Variable opex ■ Fixed opex ■ Electricity ■ Fuel



Source: BloombergNEF, US National Energy Technology Laboratory.

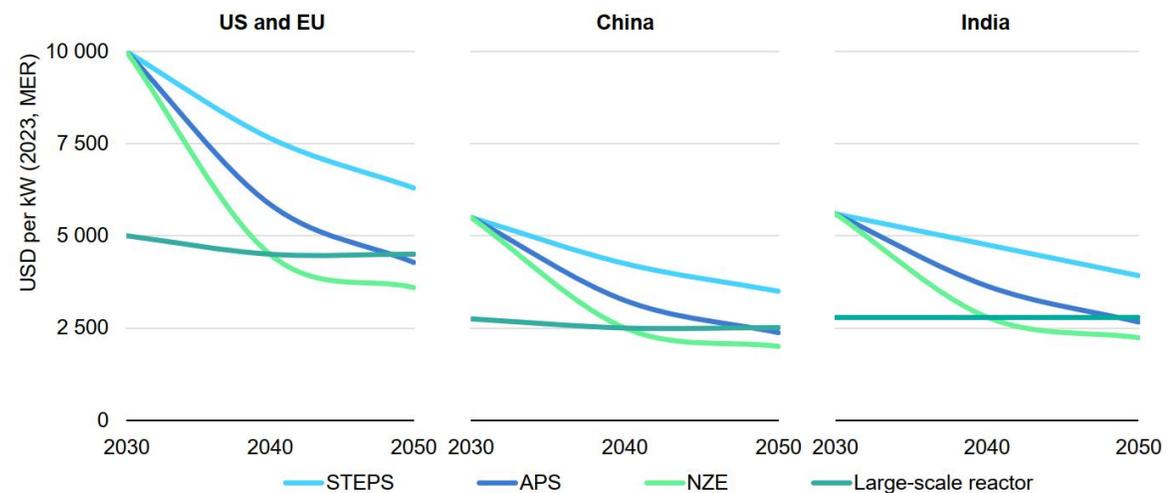
Note: Based on benchmark plants in the US. NGCC refers to natural gas combined cycle turbine.

BloombergNEF

資料來源：BNEF (2024)

IEA：關於SMR

Figure 2.4 Capital costs of SMRs in major markets by scenario, 2030-2050

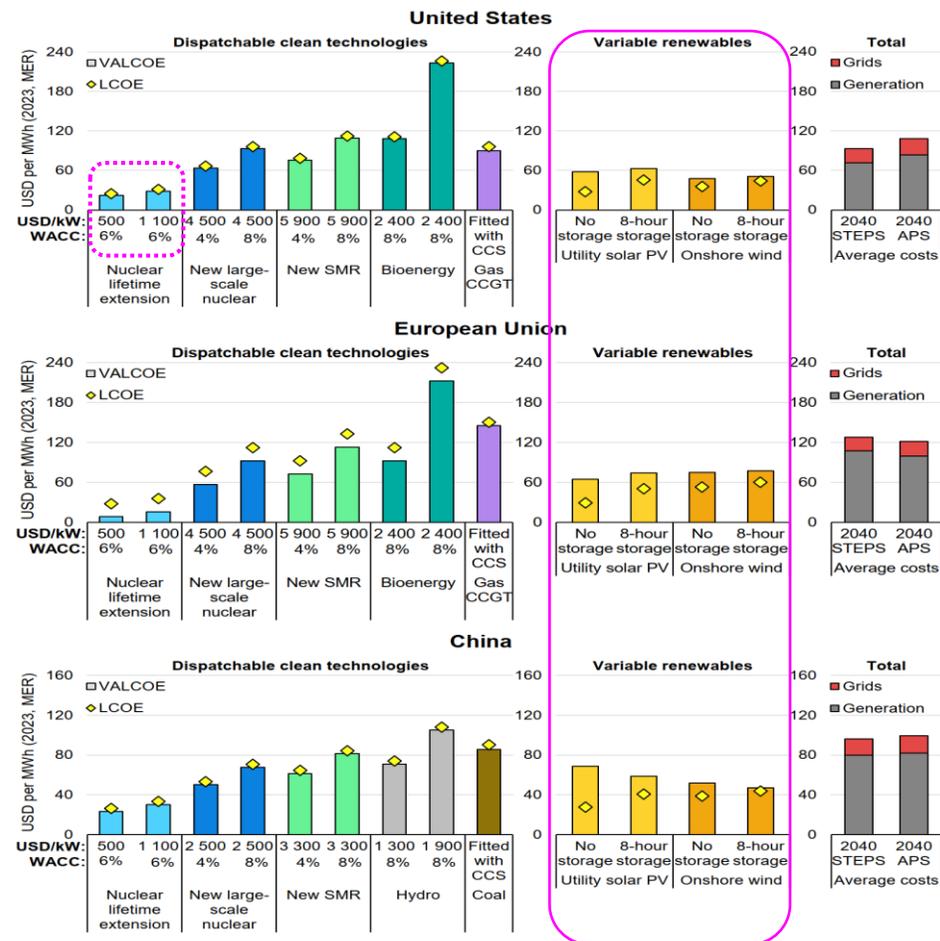


IEA. CC BY 4.0.

Notes: MER = market exchange rate; STEPS = Stated Policies Scenario; APS = Announced Pledges Scenario; NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario; SMR = small modular reactor. The cost of large-scale reactors is projected to be same in all three scenarios.

Source: IEA analysis based on IEA (2024), [World Energy Outlook 2024](#).

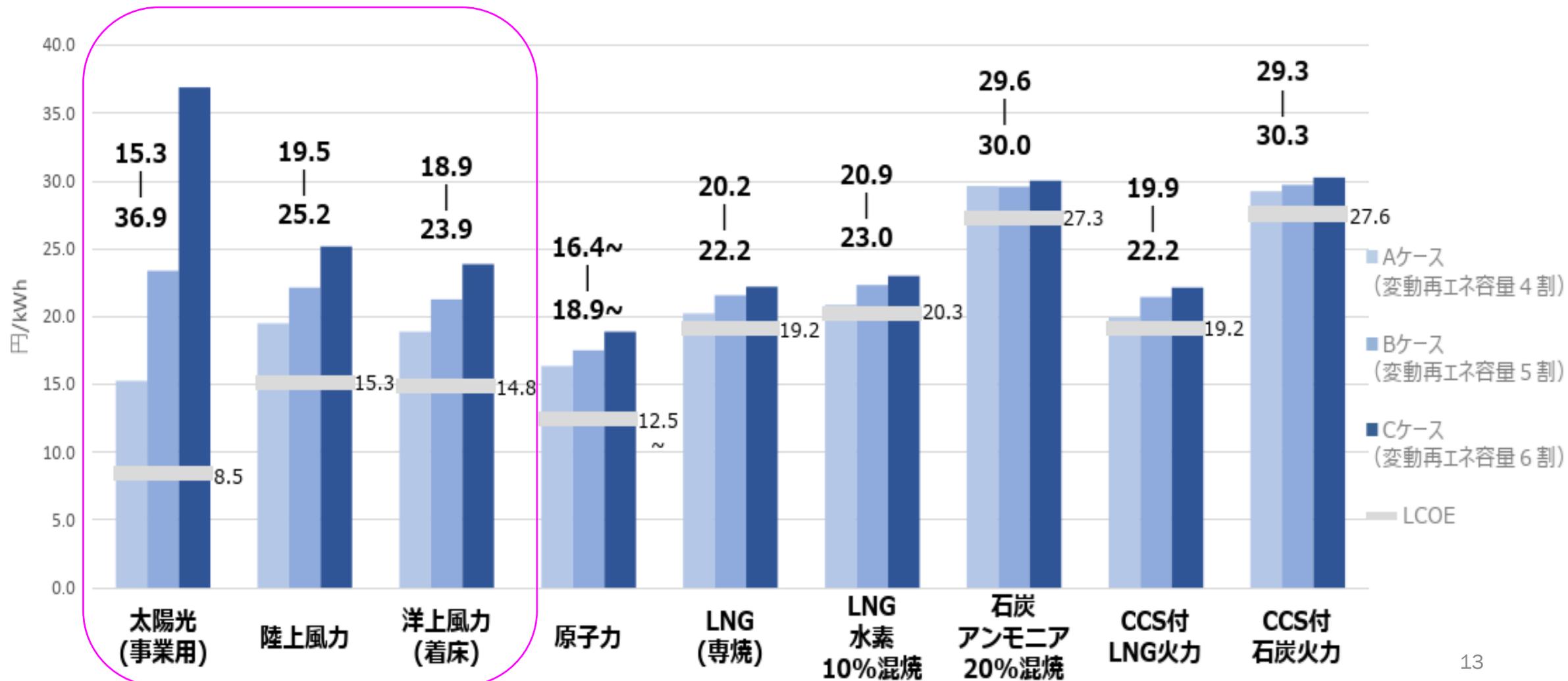
Figure 2.7 LCOE and VALCOE of nuclear and other selected technologies in selected regions in the Announced Pledges Scenario, 2040



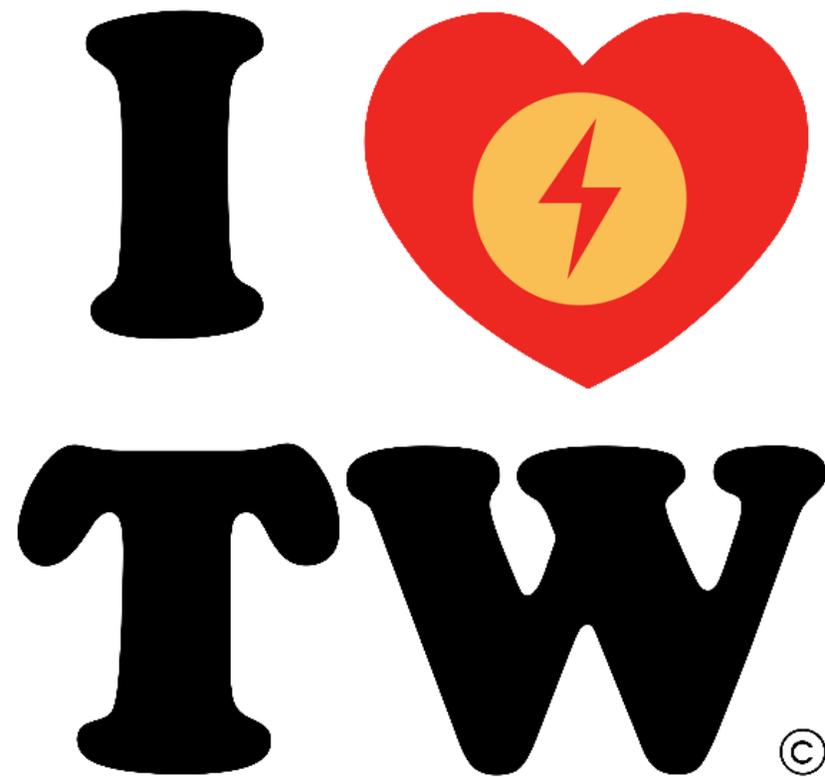
IEA. CC BY 4.0.

Notes: LCOE = levelised cost of electricity; VALCOE = value-adjusted LCOE; USD/kW = USD costs per kilowatt for construction; CCS = carbon capture and storage; CCGT = combined-cycle gas turbine; WACC = weighted average cost of capital; SMR = small modular reactor. The average nuclear capacity factor is assumed to be 75-90%. Biomass capacity factor was assumed to be 50% and 25% for hydro. The WACC for solar PV is assumed to be 4-5%. Fuel costs for biomass range from USD 5 per gigajoule (GJ) to USD 20/GJ. Coal capacity factors were assumed to be 50% and 30-50% for gas CCGT. Technology costs and VALCOE for solar PV are from IEA (2024), [World Energy Outlook 2024](#).

日本產經省 2040 供電成本預估



那台灣呢？



川普來嘞!

美國大選結果對氣候相關產業前景的影響

選舉結果		偏向民主黨 ←			→ 偏向共和黨		
總統		賀錦麗	賀錦麗	賀錦麗	川普	川普	川普
國會		民主黨	政黨分裂	共和黨	民主黨	政黨分裂	共和黨
對產業的影響							
能源	風能	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
	太陽能	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
	儲能	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
	可調度低碳能源	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
	輸電系統	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
運輸	電動車	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
	生質能與SAF	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
	礦產供應鏈	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
工業	碳捕獲	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
	氫能	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
	永續材料	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極
永續土地利用	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極	
永續金融	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極	
石油與天然氣	非常積極	積極	中立	消極	非常消極	非常消極	

低碳能源

- 基於總統職權，川普仍可單獨重新制定IRA稅收抵免、補助和貸款的規則與優先事項，也可設置碳稅改變供應鏈或保護新興產業，從而大幅改變對碳排放和企業的影響。
- 共和黨很有可能限縮再生能源相關支出，轉而傾向於擴大化石燃料的生產和出口。影響最大的產業可能包括風電、太陽光電、電動車、永續材料（如低碳鋼材和混凝土）、低碳農業以及永續金融。
- 自IRA通過後，大量工廠和清潔能源投資皆集中在共和黨選區，陸續將投產的計畫可能使一些共和黨立法者反對修改IRA補貼。再加上出於國家能源安全考量，共和黨對使用產業政策以多元化能源供應（包括清潔能源）的興趣日益增加。
- 美國大選前，預期受到衝擊較低的產業主要是已獲得兩黨廣泛支持的領域，特別是生質能、碳捕獲、氫能以及低碳且可調度的水力發電、地熱和核能等。

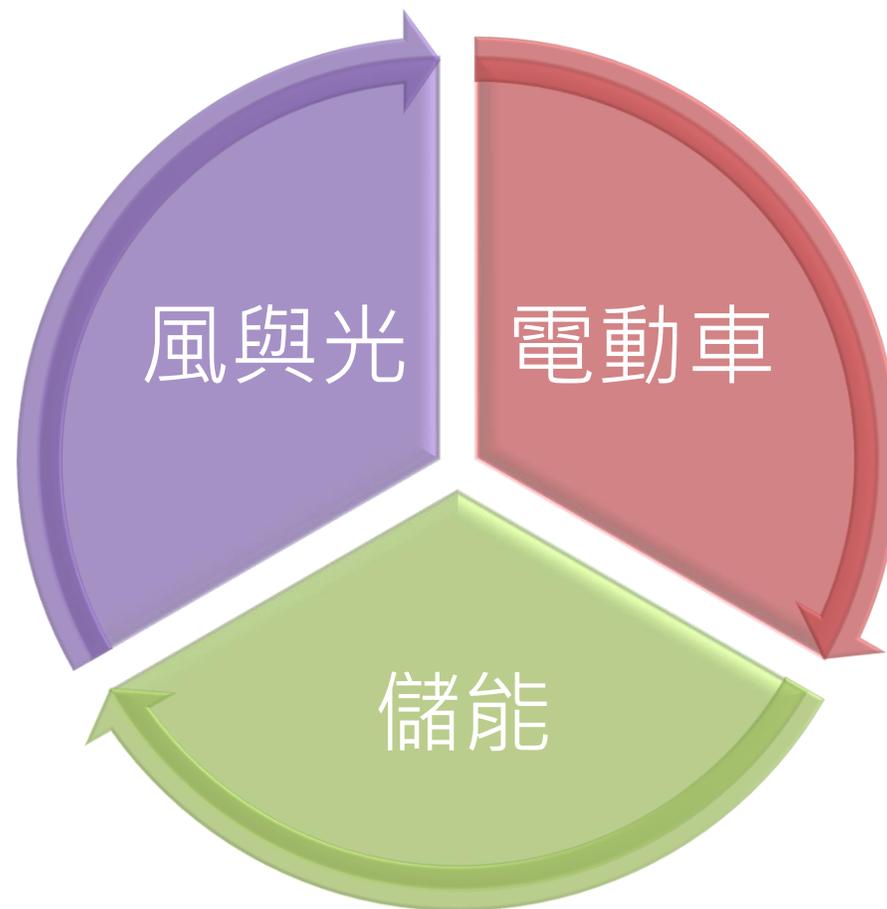
風電、太陽光電與儲能

- 川普本人對離岸風電並不感興趣，但共和黨內對此的態度並不一致，過去就曾有部分共和黨議員支持離岸風電的發展，這可能導致黨內對離岸風電政策的分歧。另一方面離岸風電機組中會使用到從中國進口的永久磁鐵，由於供應商稀缺且中國進口的永久磁鐵在2023年占美國進口總額的80%以上，川普若立即提高25%關稅可能進一步拉高離岸風電供應鏈成本。
- 全球化且仰賴進口材料的太陽光電產業尤其容易受到川普承諾施加的關稅影響。除了可能針對進口商品普遍徵收的10%關稅外，川普更有可能推動兩黨合作，立即對美國在東南亞地區的供應商以及美國新建太陽光電產業鏈上游零件和製程設備商徵收新關稅。
- 定置式儲能在短期內特別容易受到川普關稅威脅的影響。有鑑於如今美國仍依賴中國進口高品質且低成本的鋰電池，拜登政府修改《301條款》將電網和家庭儲能電池調漲關稅的時間延後至2026年，與電動車電池立即面臨更高的稅率做出區隔，目標為2030年聯邦政府50%的用電量來自全天候無碳能源。此舉原本將提升夜間長時間儲能等新興市場的儲能需求。

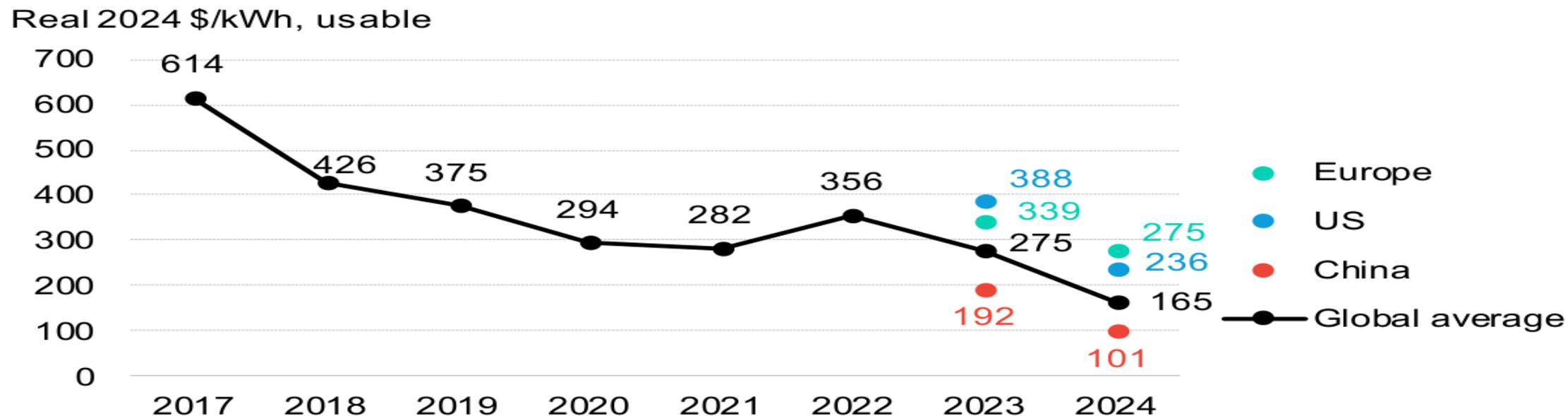
電動車與儲能

- 川普在競選中對拜登支持電動車（Electric vehicle, EV）的政策進行了特別猛烈的抨擊，因此除了確保製造電動車的供應鏈安全（尤其是電池所需的關鍵礦產供應）以及其他清潔交通技術（如生質燃料）可能仍會獲得一定的支持之外，其餘與電動車相關的法規與補貼會成為最有可能受到調整的能源轉型政策。
- 在供應鏈方面，針對電池和關鍵礦產的先進製程稅收抵免以及與汽車製程相關的補助金和貸款可能會繼續保留，與此同時針對中國電動車和電池的關稅預計將增加。此外，川普承諾重新談判《美墨加協定》（United States-Mexico-Canada Agreement, USMCA）可能對三地汽車供應鏈產生重大影響。
- 生質燃料在兩黨中都廣受歡迎，生質燃料和其他「清潔燃料」的稅收抵免可能會長期保留。但川普的保護主義可能會對混合燃料產業產生影響，例如對進口的廢棄食用油施加新的關稅或限制，而這些進口資源是與美國本土種植作物競爭的原料來源。

最可能受到直接衝擊的三大產業



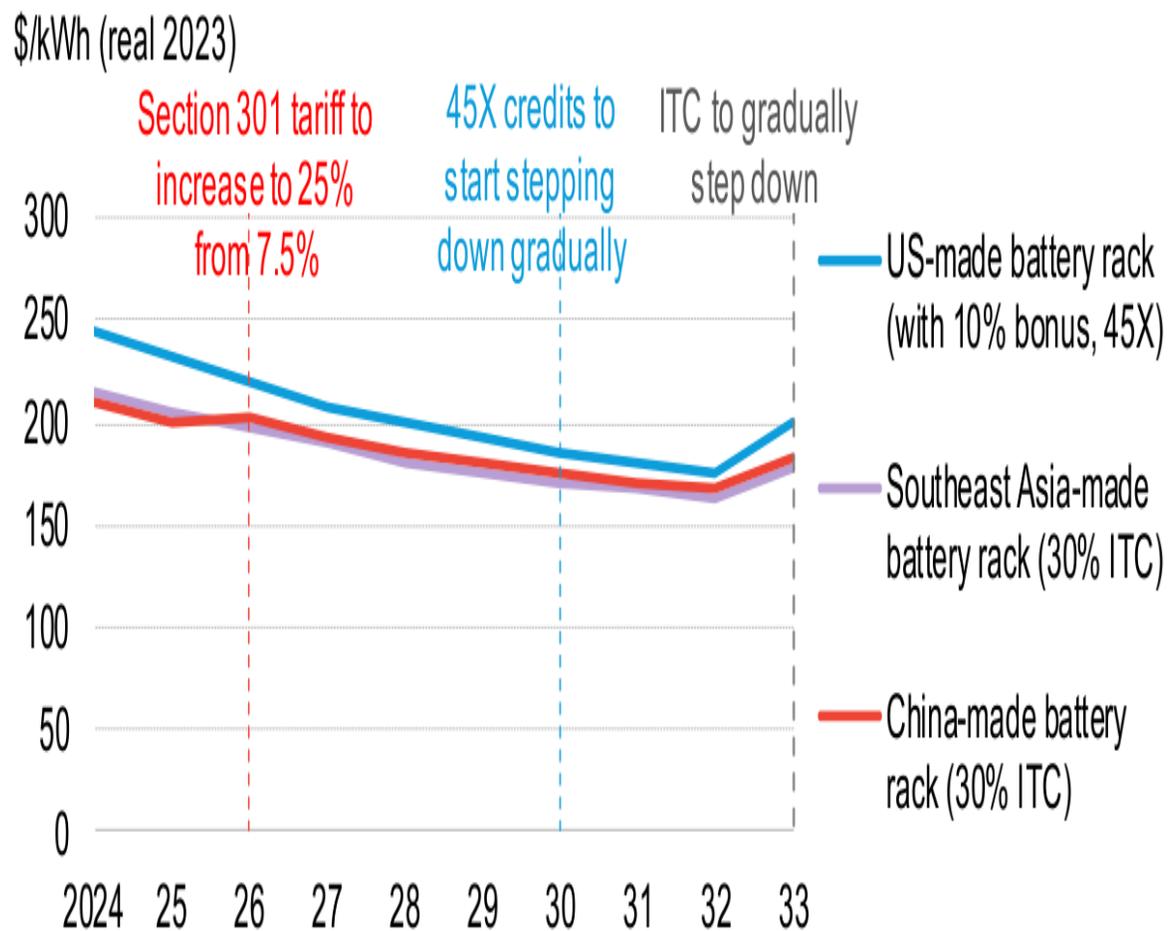
2017~2024年間儲能Turnkey 系統價格之變化



Source: BloombergNEF. Note: Pricing based on usable capacity. Prices in 2023 and 2024 show all durations and are global volume-weighted averages of survey pricing data based on BNEF's annual regional installation forecast (2023 price was updated this year). Prices between 2017-2022 are only for four-hour systems. Historical prices have been adjusted using June to June inflation rates based on the US Consumer Price Index (CPI). Prices converted using exchange rates in the end of October each year. Inflation and exchange rate assumptions in Appendix C.

Turnkey systems include all project equipment (DC-side battery system, power conversion system and related installation) excluding EPC and grid connection.

美國全整合儲能系統成本比較



Source: BloombergNEF. Note: ITC = Investment Tax Credits.

美國政府一直在通過各種政策措施激勵國內製造業和清潔能源技術的部署，包括國內來源的電池儲能系統（BESS）。激勵措施包括能源儲存項目下的48和48E投資稅收抵免（ITC）中的國內內容獎勵，以及國內電池生產的45X先進製造生產稅收抵免。另一方面，政府通過301條款關稅對中國進口商品徵收關稅，對中國電池供應商進入美國市場構成障礙。

2022年通過的《通脹削減法案》（IRA）批准了獨立能源儲存項目的投資稅收抵免（ITC），這項抵免以前僅授予與太陽能或風能項目相關的儲存系統。ITC提供了項目資本支出的6%的基本稅收抵免，如果項目符合現行工資要求，則增加到30%。此外，符合條件的項目可以通過滿足某些要求來申請額外的抵免，其中之一是部分項目設備需來自國內。通過滿足國內內容要求，項目可以申請額外的10%抵免，將總抵免提高到40%。

儘管成本較高，但美國的一些開發商可能仍會在2025年後逐漸轉向使用美國製造的電池，而不是中國製造的電池。這一趨勢背後的最大原因是美中地緣政治緊張局勢可能對供應產生影響的不確定性。一些公司更願意規劃不受地緣政治緊張和供應鏈不確定性影響的新項目，尋求本地採購設備或避免使用中國製造的設備，即使需要支付更多費用。

2024年儲能成本趨勢

由於中國製造商的產能過剩和競爭，電池價格下降，導致儲能系統成本於2024年時明顯下降。2024年，從半小時到四小時系統的Turnkey 儲能系統的加權平均價格從2023年的275美元/KWh下降40%，降至165美元/KWh。兩小時系統的平均價格為165美元/KWh，四小時系統的平均價格為148美元/KWh。當前技術是以磷酸鐵鋰（LFP）為主。

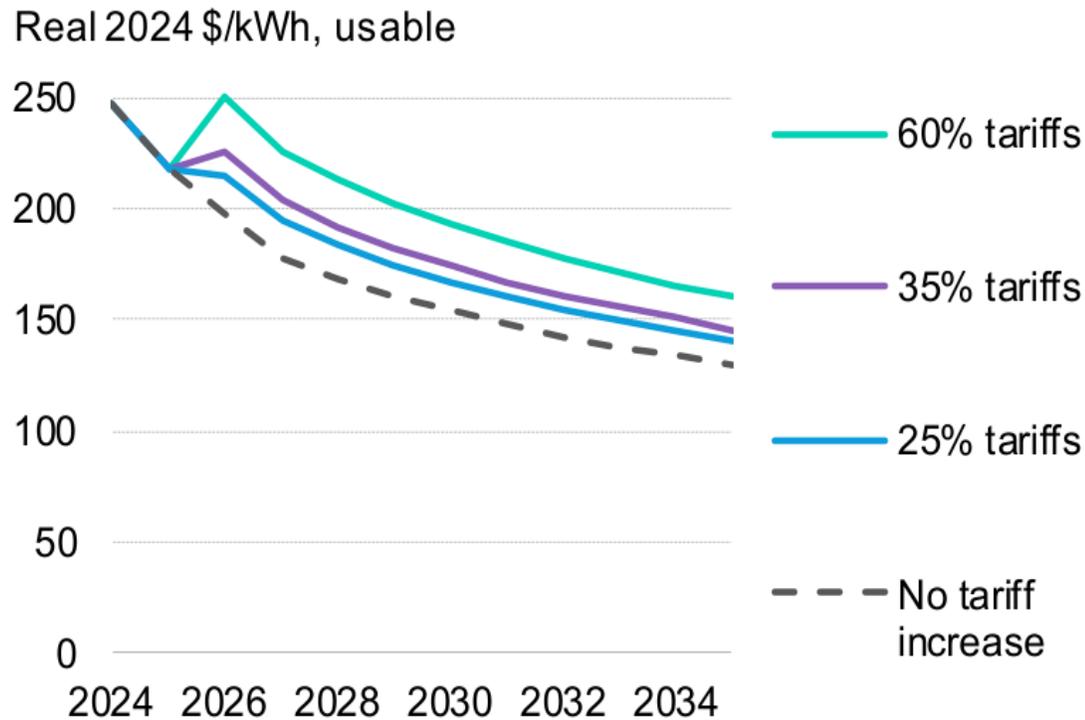
區域成本趨勢繼續顯示中國和非中國市場之間的顯著差異。今年，美國所有時長的Turnkey 儲能系統價格為236美元/KWh，歐洲為275美元/KWh，比中國的101美元/KWh高出57%和63%。在中國，四小時Turnkey 儲能系統今年的平均價格為85美元/KWh，首次低於100美元/KWh，突顯了中國的低價環境和激烈競爭。

更大的電池單元和更大的系統容器也在推動成本下降。直流側系統（指轉換為交流電系統之前的設備）在2024年，使用300安培小時（Ah）或更大電池單元的系統比使用小於300Ah電池單元的系統便宜5%。在容器層面，2024-2025年，比4MWh更大的直流側系統較2MWh到4MWh的系統便宜27%，但需要加強安全投資。另外業者認為，更高電壓系統和冷卻改進可能有助於未來的成本下降。

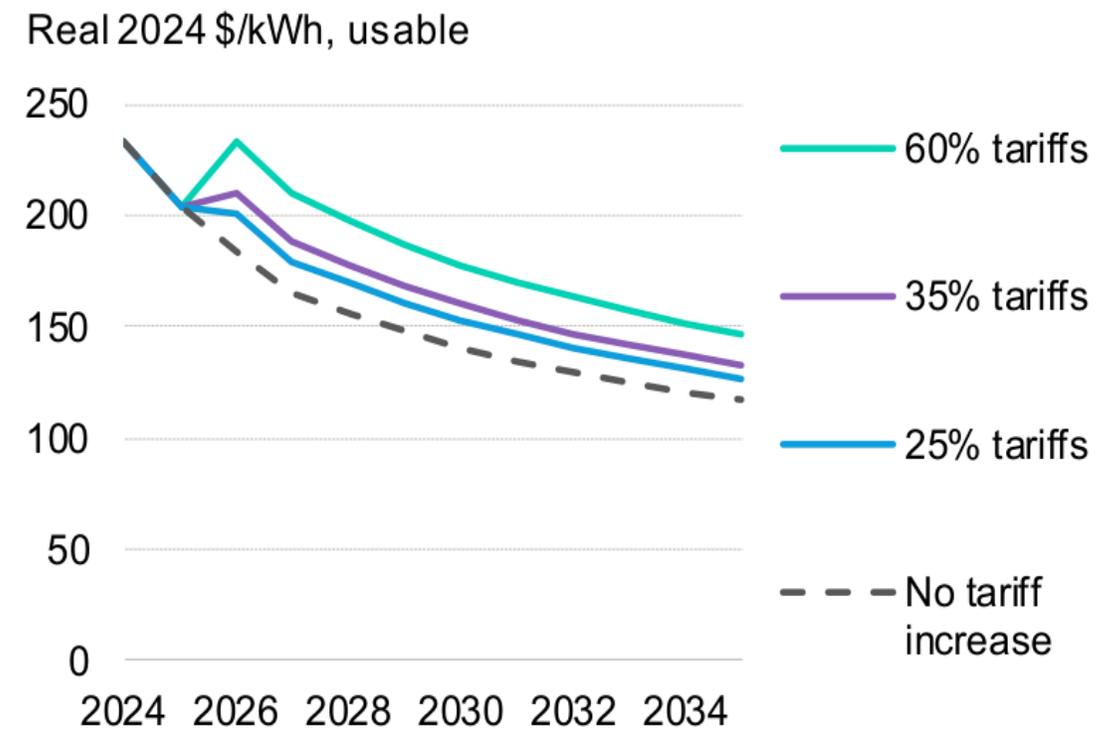
到2035年，BNEF預計四小時Turnkey 儲能系統的成本將再下降45-57%，在中國降至47美元/KWh，在歐洲降至111美元/KWh，在美國降至127美元/KWh。由於美國對中國商品進口關稅的增加，2026年美國的成本下降速度放緩。

美國儲能Turnkey system成本與關稅之預測

美國兩小時成本



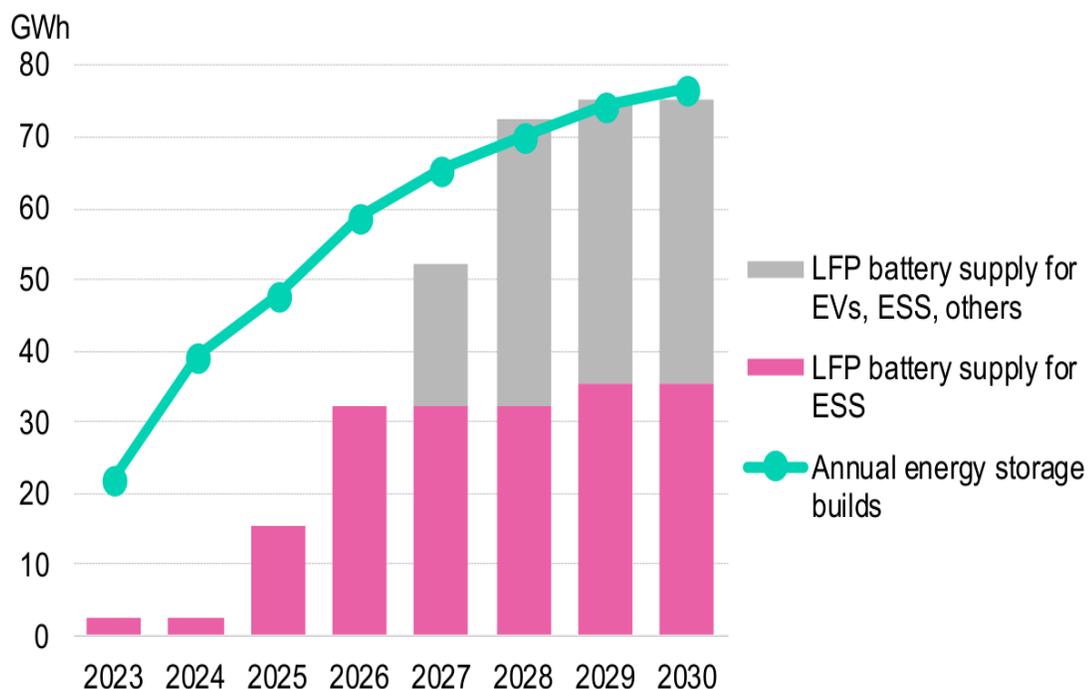
美國四小時成本



Source: BloombergNEF. Note: Additional tariffs are added to a 3.4% base import tariff for lithium-ion products.

美國的對LFP電池的需求與DC（DC-side battery system）成本預估

美國 LFP 電池製造產能與儲能安裝量

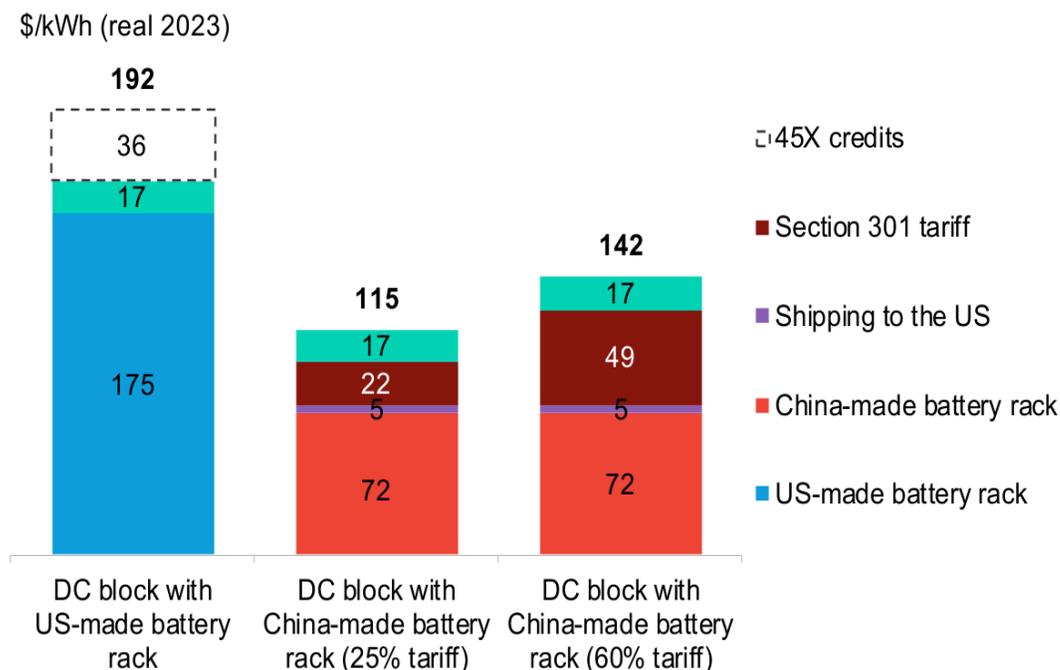


Source: BloombergNEF. Note: LFP = lithium iron phosphate, EV = electric vehicle, ESS = energy storage system. Capacity includes announced and under construction plants, not risk-adjusted.

The chart includes AESC's 2.4GWh plant in Tennessee, US, which may not be manufacturing LFP cells.

分析顯示，2025 年至 2026 年期間，美國自有製造產能僅能滿足國內裝置容量的 32% 至 55%，2027 年則為 80%

Impacts of 60% Section 301 tariff on DC blocks in 2026



Source: BloombergNEF. Note: BOS = balance of systems. Assumes four-hour duration batteries. Assumes 80% of 45X credits would be passed onto battery rack costs. The Section 301 tariff is added to a 3.4% base import tariff for lithium-ion products.

Battery rack：由多個電池單元/模組/電池包、電池管理系統（BMS）、布線和機架外殼組成。機架外殼通常是一個支架框架，用於固定模組/電池包。基於可用容量，而不是額定容量。

Balance of system (BOS)：包括電氣基礎設施、容器、熱管理系統、滅火裝置、電池運行監控系統和傳感器。

4月2日之後

4月2日的互惠？關稅

Date	Targeted Partners	Targeted Products	Status	Affected Trade (USD Bln, 2024)	Tariff Shock on Affected Imports	Shock to Total Average Effective Tariff Rate (ppt)	US GDP Impact	US Core PCE Impact
04-Feb	China	All	Implemented	445	10.0%	1.4	-0.2	0.1
04-Mar	China	All	Implemented	445	10.0%	1.4	-0.2	0.1
04-Mar	Canada, Mexico	Non-USMCA compliant goods (excl. potash, Canadian energy)	Implemented	64	25.0%	0.5	-0.1	0.0
04-Mar	Canada, Mexico	Non-USMCA compliant potash, Canadian energy	Implemented	0	0.0%	0.0	0.0	0.0
12-Mar	All	Steel & Aluminum	Implemented	200	17.7%	1.1	-0.2	0.1
03-Apr / 03-May	All	Cars / Car Parts	Implemented / Forthcoming	415	25.0%	3.2	-0.5	0.3
05-Apr / 09-Apr	All	So-called "reciprocal" tariffs	Forthcoming	1,997	19.4%	11.9	-1.7	1.0
All implemented						19.3	-2.8	1.6
tbd	All	Pharma	Threatened	262	25.0%	2.0	-0.2	0.1
tbd	All	Semiconductors	Threatened	45	25.0%	0.3	0.0	0.0
26-Nov	All	Timber and Lumber	Threatened	16	25.0%	0.1	0.0	0.0
22-Nov	All	Copper	Threatened	17	25.0%	0.1	0.0	0.0
	Canada, Mexico	USMCA compliant goods, excluding potash, Canadian energy	Threatened	727	25.0%	5.6	-0.8	0.5
	Canada, Mexico	USMCA compliant potash, Canadian energy	Threatened	128	10.0%	0.4	-0.1	0.0
Implemented + Threats						27.9	-3.9	2.3

來源：彭博經濟。

	Effective Tariff Rates (2024, %)	Effective Tariff Rates Including Trump 2.0 Shock (%)	Trump 2.0 Shock: Implemented or Forthcoming				Threatened		
			Reciprocal Tariff (Adjusted for Exemptions)	Other Country Specific	Steel and Aluminum	Cars and Car Parts	Pharma.	Semi-conductors	Other Sectoral
China	10.9	60.9	25.9	20.0	1.4	2.7	0.8	0.1	0.0
Mexico	0.3	8.2	0.0	2.5	1.1	4.3	0.1	0.1	0.1
Vietnam	3.8	44.4	36.5	0.0	0.6	3.5	0.0	0.3	0.1
Ireland	0.2	5.1	4.7	0.0	0.0	0.2	18.3	0.5	0.0
Germany	1.4	19.0	11.5	0.0	1.1	5.1	2.9	0.2	0.2
Taiwan	0.9	26.0	17.6	0.0	1.3	6.2	0.1	2.6	0.1
Japan	1.5	23.3	12.2	0.0	1.0	8.5	1.4	0.3	0.0
South Korea	0.2	22.3	11.9	0.0	1.7	8.5	0.8	0.5	0.1
Canada	0.1	4.6	0.0	0.8	1.7	2.0	0.3	0.0	0.8
India	2.4	23.0	19.1	0.0	1.0	0.5	4.2	0.0	0.1
Thailand	1.6	33.6	26.4	0.0	0.9	4.7	0.0	0.5	0.2
Italy	2.2	18.6	13.7	0.0	1.0	1.6	4.1	0.1	0.1
Switzerland	0.6	19.5	18.5	0.0	0.2	0.2	9.0	0.0	0.0
Malaysia	0.6	19.2	17.1	0.0	0.5	0.9	0.1	4.8	0.2
Indonesia	4.8	34.4	27.8	0.0	0.4	1.4	0.1	0.0	0.5
EU	1.2	15.4	10.7	0.0	0.9	2.6	6.5	0.2	0.2
UK	1.0	11.6	5.7	0.0	0.8	4.1	2.9	0.1	0.0

估算對美國經濟的影響並不簡單。根據美聯儲2018年的一個模型，每提高1個百分點的關稅率會使GDP下降0.14%，並推高核心PCE價格0.09%。因此，新政府迄今實施的19.3個百分點的關稅上調將導致GDP下降2.8%，價格上漲1.6%——這可能會在未來兩到三年內發生。對於通脹，企業的定價能力、美元走勢和經濟的基本狀況都很重要，並且以不可預測的方式相互作用。 27

川普經濟學之我見（一）

其實很簡單，就是【錢進美國，一毛不拔】。他不僅想解決美國當前經濟問題，同時也想建立一個經濟強勢的美國。

全球每個國家在他眼中都可以用錢來衡量：

誰讓美國最花錢，就優先處理誰。

或許這也可以用來解釋他對烏克蘭、台灣甚至歐洲皆不友善的原因



川普經濟學之我見（二）

川普違反了現代經濟學/國際貿易的最基本原則：比較利益

當目標產業違反了一國的**比較優勢**，這些產業內的企業不具有自生能力，繼而它們的投資和持續經營都取決於**壟斷租金、高額關稅、或其他形式的補貼或保護政策**。事實是，在所有政治體制內，政府被捕獲和尋租行為的可能性均與保護政策和補貼政策的力度成正比。

~前世界銀行首席經濟學家 林毅夫



川普經濟學之我見（三）

當川普把複雜的國際產業鏈體系，簡化成兩國間的交易，並且用條簡單的公式就想概括一切.....

這就像一個人試圖與當地雜貨店（她與之存在巨大的貿易逆差）以及她的雇主（她與之存在巨大的貿易順差）實現平衡貿易。

~ 道格拉斯歐文

（達特茅斯學院的約翰·弗倫奇經濟學教授）

BNEF的供應鏈和貿易主管 Antoine Vagneur-Jones表示：

4/2 川普在白宮玫瑰園宣布這項關稅政策，即表示其「將加速中國近期向中低收入國家出口更多產品的趨勢」。事實上，2022年至2024年，中國對這些國家的電動車、風力渦輪機、太陽能板和鋰離子電池出口份額已迅速上升。

太陽光電將陷入貿易戰。由於「幾個東南亞國家」的關稅稅率「相當高」。這也是美國大部分太陽能進口的來源地，其中越南是最大的供應國。該國被徵收了46%的關稅，而同樣著名的出口國柬埔寨和泰國則分別被徵收了49%和36%的附加稅。美國進口的太陽光電數量遠遠超過其產量。

印度將從中受益。與中國和東南亞相比，該國的關稅稅率相對較輕，為26%。同時，中國也持續提升清潔技術製造能力，包括最近努力敲定10億美元補貼以發展太陽能產業。海關數據顯示，過去兩年印度增加了對美國的太陽能出口，共向美國出口了9.4 GW的太陽光電電池和模組，價值34億美元。相比之下，前幾年的水平非常低。

但最終沒有人獲勝。世界需要加快能源轉型，以避免氣候變遷最嚴重的影響，而不是設置障礙。但關稅實際上築起了一道壁壘，將影響所有產業，特別是那些依賴中國和其他國家供應鏈的產業。

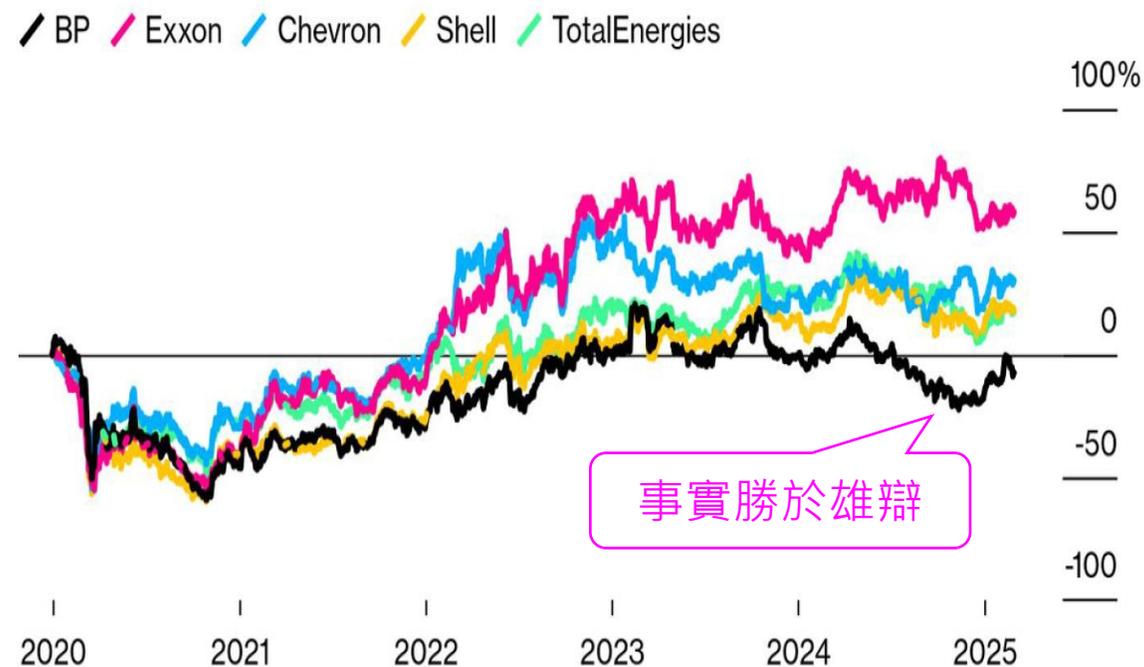
雖然從理論上講，關稅旨在促進美國製造業，但「極端的波動性使得企業不願為20年折舊期限的資產投入資金，而投入成本的膨脹使得擴大製造業的難度大大增加。」

化石燃料的歸來

- 五年前，各石油巨頭似乎正處於轉捩點。十年來，由於在大型專案上投入過度，回報率不佳，損害了該行業在華爾街的聲譽。他們以化石燃料為重點的商業模式似乎與《巴黎協定》的目標相悖，「巴黎協定」旨在將全球暖化控制在比工業化前水平低 2 攝氏度的範圍內。在股東的壓力以及環境、社會和治理因素推動的投資運動的推動下，所有超級石油巨頭最終都承諾將為應對氣候變遷做出更多努力。投資者本質上要求“提供所有可再生能源，但獲得與石油和天然氣相同的回報”。
- 埃克森美孚和雪佛龍公司專注於清理自身運營，並投資於碳捕獲和氫氣等被廣泛視為淨零未來一部分的技術。這些技術非常適合融入已經由化石燃料驅動的能源系統，並得到政府激勵的支持。但兩家美國石油巨頭都拒絕殺死這只搖錢樹，即便埃克森美孚在 2021 年輸掉了一場充滿氣候問題的激進主義鬥爭之後也是如此。
- 英國石油公司和殼牌公司在電力方面投入了巨資，以走在電氣化潮流的前沿，推動世界走向淨零排放。但至關重要的是，他們在風能、太陽能發電、電動車充電站等各個領域的投資都是以石油和天然氣為代價的，而石油和天然氣佔了其現金流的大部分。2020年，BP 預計其石油和天然氣產量將在十年內下降40%。殼牌預計每年產量將逐漸下降 1% 至 2%。

BP's Stock Plunge

British oil major has underperformed all its rivals over the past five years



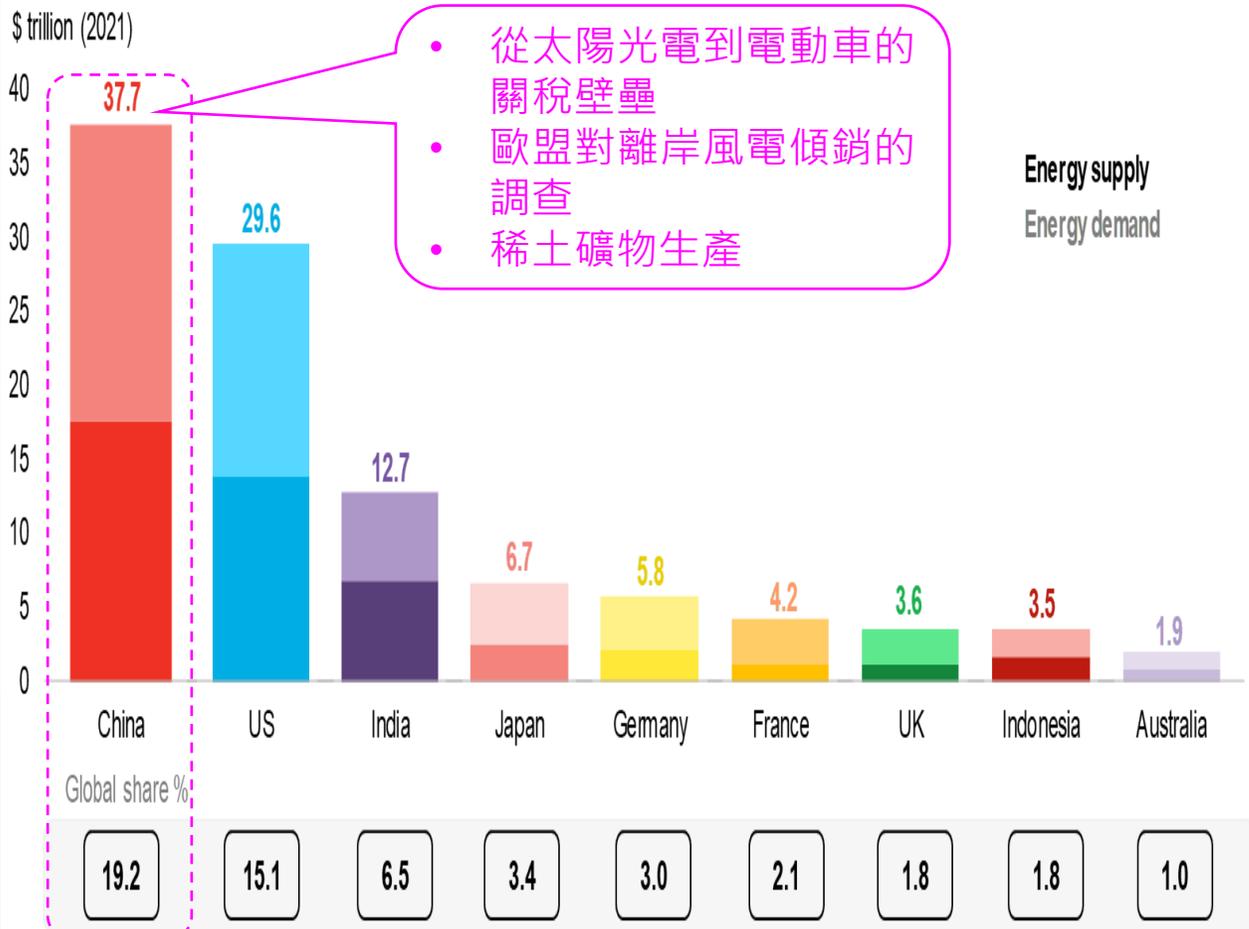
Source: Bloomberg

Data is normalized with percentage appreciation as of December 31, 2019.

Bloomberg

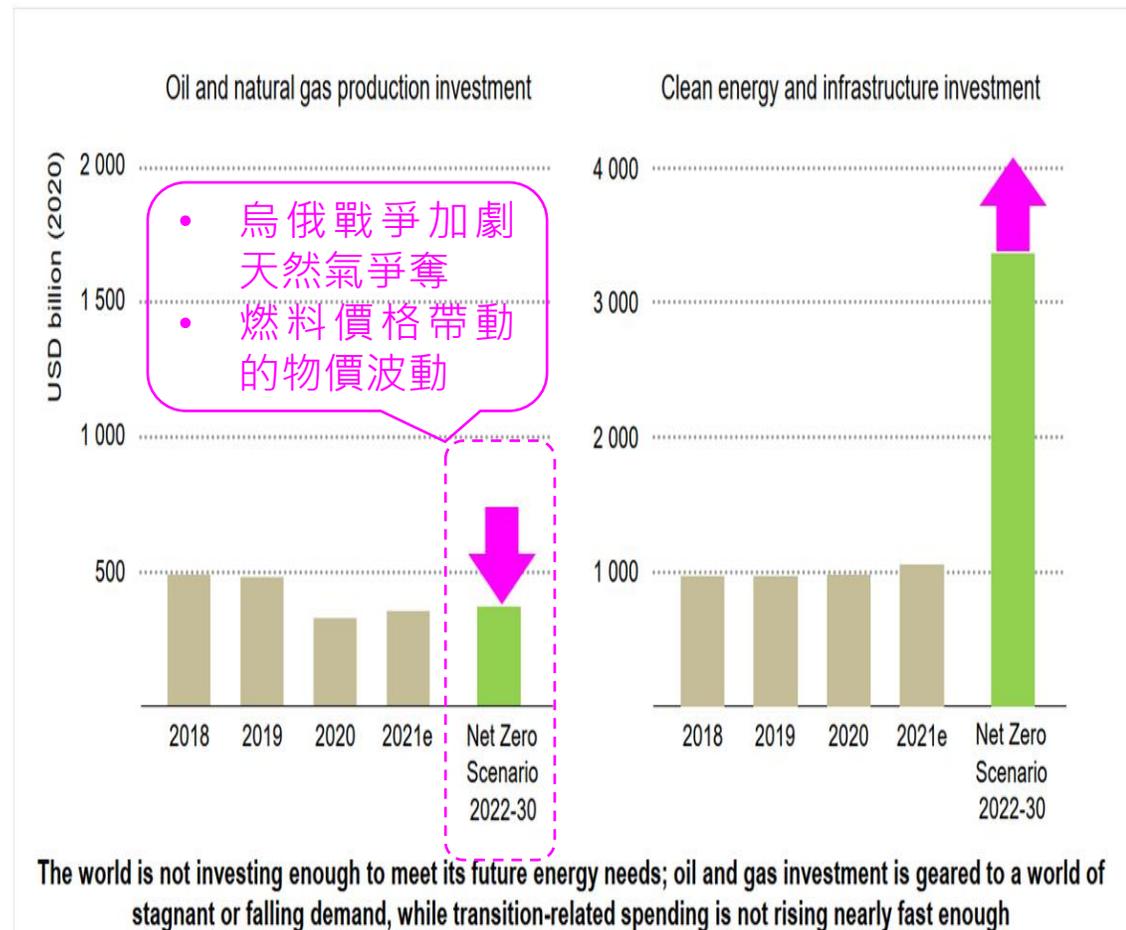
有兩件【闇黑】您必須知道，更糟的它們還成為趨勢

Overall energy investment from 2022 to 2050 by country



Source: BloombergNEF.

Looming risk of more turbulence ahead for energy markets



資料來源：IEA (2021)

能源轉型不只關乎
於減不減碳，其本
質是既得利益者與
新興參與者在競逐
巨額利益的大混戰

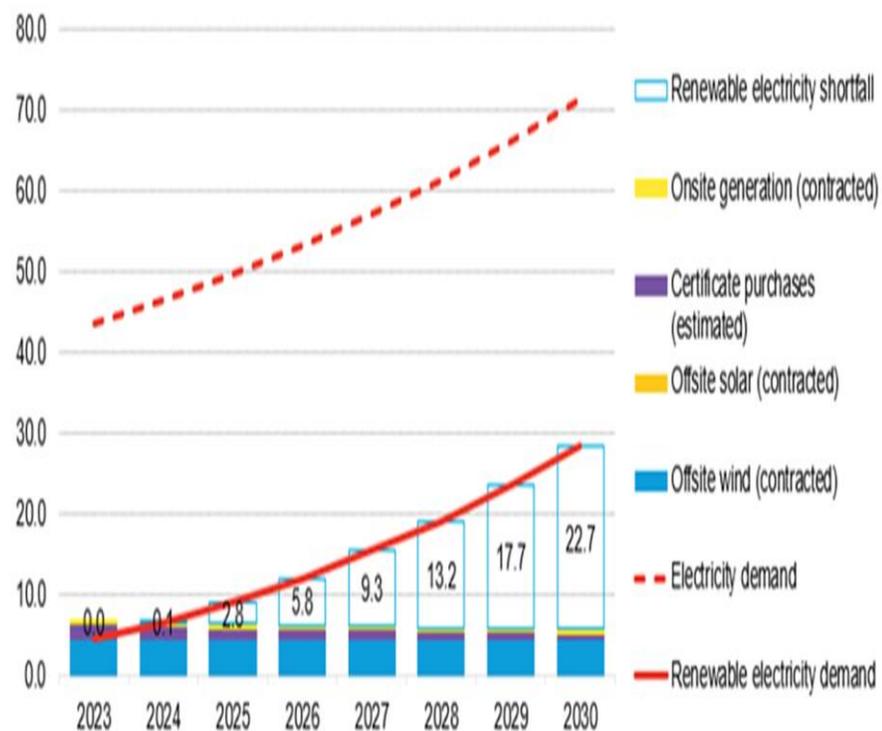
-
- 或許主將可換人，策略會調整，但競爭的本質並不會改變
 - 這是個戰國時代，所以沒有永遠的朋友，也沒有永遠的敵人



給台灣的建議

台灣再生能源電力真的不夠嗎？

Projected renewable shortfall for selected RE100 members (TWh)



Source: BloombergNEF, Bloomberg Terminal, The Climate Group, company sustainability reports

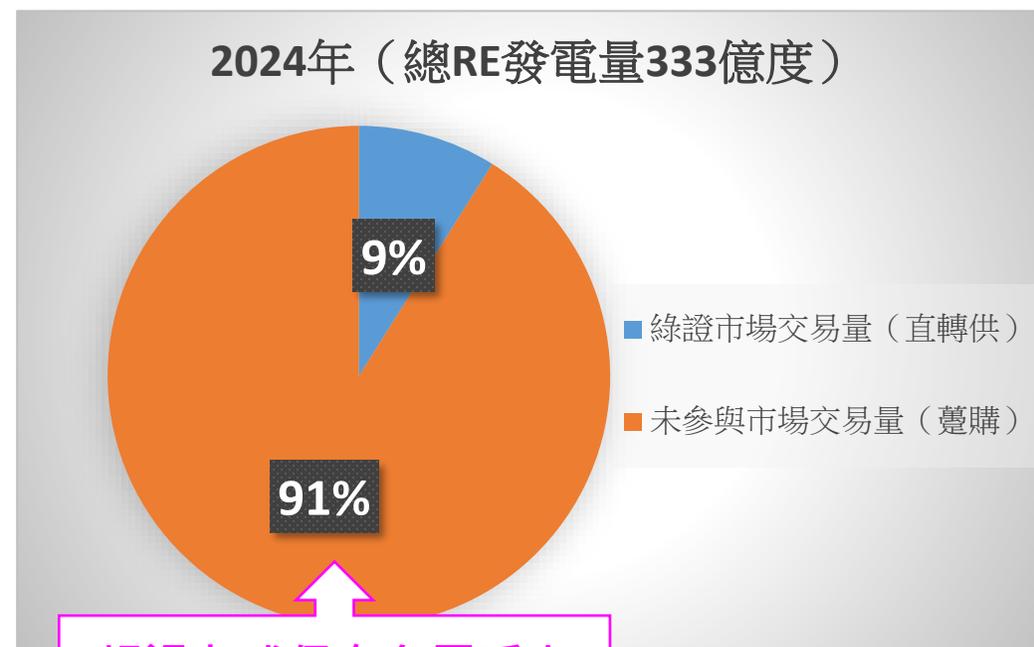
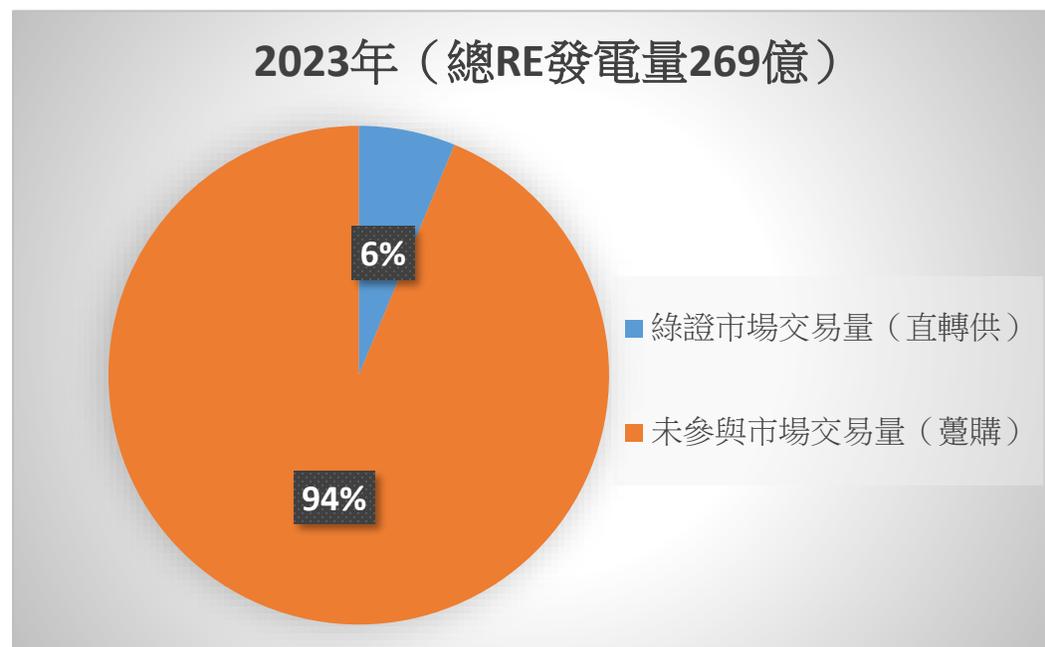
根據能源統計月報：整體累積裝置量（含大水力）已從2016年的4,726MW增加至2023年的17,916MW，同期再生能源年發電量亦達到268億度，約佔全國發電量的9.5%。而比對台灣再生能源中心（T-REC）公開資料，2023年共發出1,519,091張再生能源憑證，若以每張憑證為1000度電計算，其中轉供為15.06億度，自發自用後出售T-REC的則約0.13億度。換言之，**我國實際上透過綠電市場交易的電力，尚不及再生能源總發電量的6%**，有超過九成以上的再生能源電力仍在台電手中，綜合分析得知：

- ① 台灣不是沒有綠電，而是買不到綠電。
- ② 綠電不是都被台積電買走了，而是多數進了台電手中。

台灣不是沒有綠電，只是買不到!!! 😞

二〇二四年發放近二九七萬張再生能源憑證（T-REC），相當於二十九．七億度綠電，累計發放憑證達七一一．四萬張。

國家能源憑證中心表示，近兩年新增多件風力案場，大量提高綠電產能，促使憑證核發數量快速增加；而太陽能總裝置容量雖超越風能，但因風能發電量大且穩定，因此目前風力發電量約是太陽能的三倍。



超過九成仍在台電手上

IEA：如何銷售綠電的五種方式

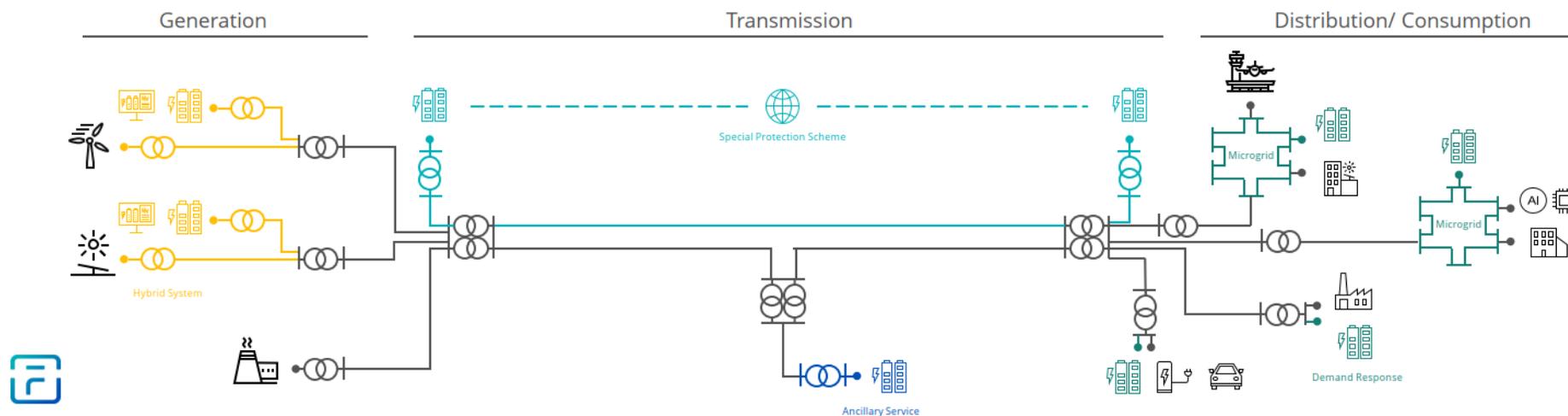
低碳電力採購選項		優點	限制
 現地建造		<ul style="list-style-type: none"> ● 終端用戶具有高度可視性，因為系統安裝於現場 ● 可明確聲稱具額外性 (Additionality) ● 無需另外承擔與採購相關的輸電、配電和電網成本 ● 減少所需外購電力的數量 	<ul style="list-style-type: none"> ● 支付前期投資成本 (若由企業自行設置) ● 規模限制 (可能無法覆蓋全部電力需求，特別是太陽光電和風能) ● 需要謹慎分配系統建置、運維等成本 <p>【註】土地取得</p>
	 RE100 → 能源屬性證書 (EACs)	<ul style="list-style-type: none"> ● 容易實施，尤其電證分離者 ● 無需長期購買合約 	<ul style="list-style-type: none"> ● 額外性不明確 ● 無直接可視性 (在 T-EACs 中新增資訊可以改善此情況) ● 可能無法涵蓋所有可調度的清潔電力技術
 CFE24/7 → 時間依賴型能源屬性證書 (T-EACs)	<ul style="list-style-type: none"> ● 具備時間戳記更能反映發電的時間價值 ● 可用於驗證CFE24/7電力匹配 ● 更高的時間粒度提升透明度 	<ul style="list-style-type: none"> ● 需儲存大量數據 ● 需求須標準化 ● 需確保 EAC 與 T-EAC 的互補性 	
 電力購買協議 (PPAs)	<ul style="list-style-type: none"> ● 電價穩定性 ● 更能掌控附加性聲明 ● 支持買賣雙方的長期規劃 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可能需要長期合約 ● 需具備信用良好 (對於小型企業尤為困難) ● 會計處理挑戰 (特別是對於金融型 PPAs) 	
 中小企業 → 綠色電價和綠色電力產品 Green tariffs and green power products	<ul style="list-style-type: none"> ● 易於實施 (採公用事業合約) ● 適用於各種規模的企業 ● 無需長期承諾 	<ul style="list-style-type: none"> ● 長期內無法控制價格 ● 無直接可見性 ● 額外性不明確 ● 依賴會計制度設計 	

台電

儲能的用途

By the Primary Use-Cases...

	STA 表前儲能	RE+ 再生能源加儲	BTM 表後儲能	UTL 儲能為輸電資產
	STA (Stand Alone)	RE+ (Renewables+ BESS)	BTM (Behind the Meter)	UTL (Utility of Transmission)
Ownership	<ul style="list-style-type: none"> Private-owned 	<ul style="list-style-type: none"> Private-owned/ Generation side 	<ul style="list-style-type: none"> Private-owned/ User side 	<ul style="list-style-type: none"> Transmission utility owned (depends on the market)
Applications	<ul style="list-style-type: none"> AFC/ Balancing/ SPIS Arbitrage/ Time shifting 	<ul style="list-style-type: none"> Shifting/ Smoothing/ firming 	<ul style="list-style-type: none"> Arbitrage Demand response (DR) 	<ul style="list-style-type: none"> Virtual transmission Grid booster
Driver	<ul style="list-style-type: none"> Ancillary service market Capacity market 	<ul style="list-style-type: none"> Incentives & regulations Round the clock renewables 	<ul style="list-style-type: none"> Intra-day price difference / DR Science Park, Data Center... 	<ul style="list-style-type: none"> Storage as transmission assets



電業法修正

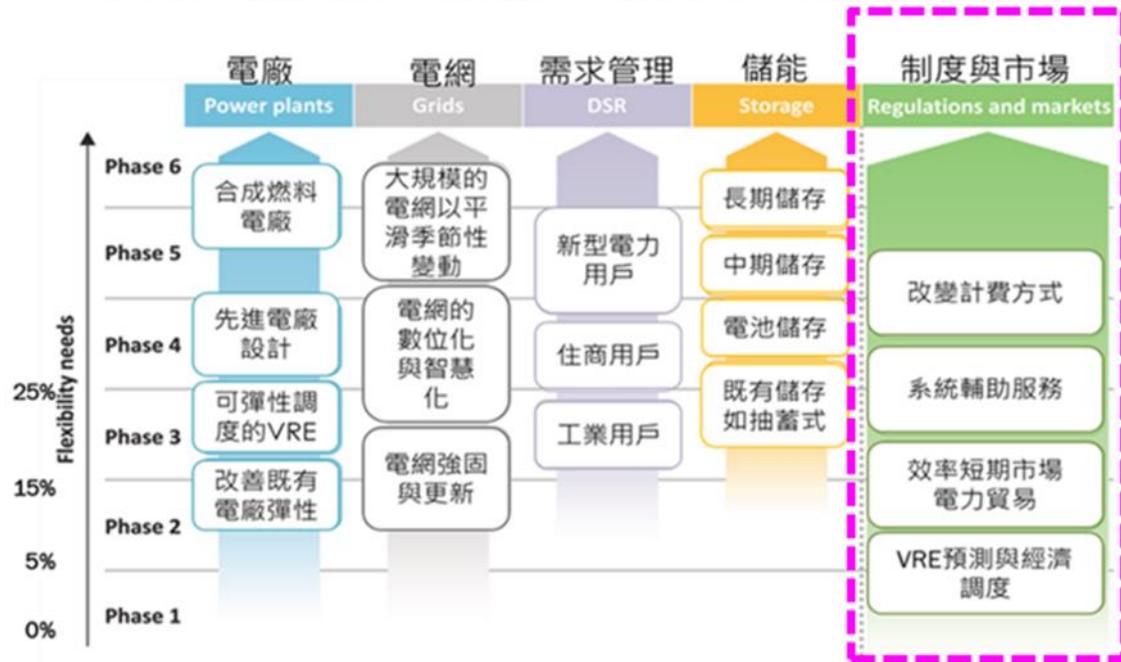
經濟部修正案	建議修正
<p>第二條第八項【特定電力供應業】：指以執行需 量反應措施、設置儲能設備或其他電力供應方式參 與電力交易平台之非公用事業。</p> <p>第十五條部分條文：售電業及特定電力供應業應填 具申請，向電業管制機關申請核發電業執照後，始 得營業。</p>	<p>基於電力市場對於技術的中立性與未來商品的多元 化（如其他電力供應方式），建議特定電力供應業 應改成【特定電業】，依據系統業者提出之需求並 經設備驗證後，特定電業即可在發、輸、配、售端 提供所需之合格合規商品或服務。</p> <p>亦修訂特定電業涵蓋範疇為：指以執行需量反應措 施、設置儲能設備、虛擬電廠、微電網、聚合商、 能源效率改善或其他電力供應方式參與電力交易平 台之非公用事業。</p>

台灣不缺電，但欠缺一個有效率的電力市場！！

讓各項資源可被最適的分配與應用

2022全球電力市場狀況

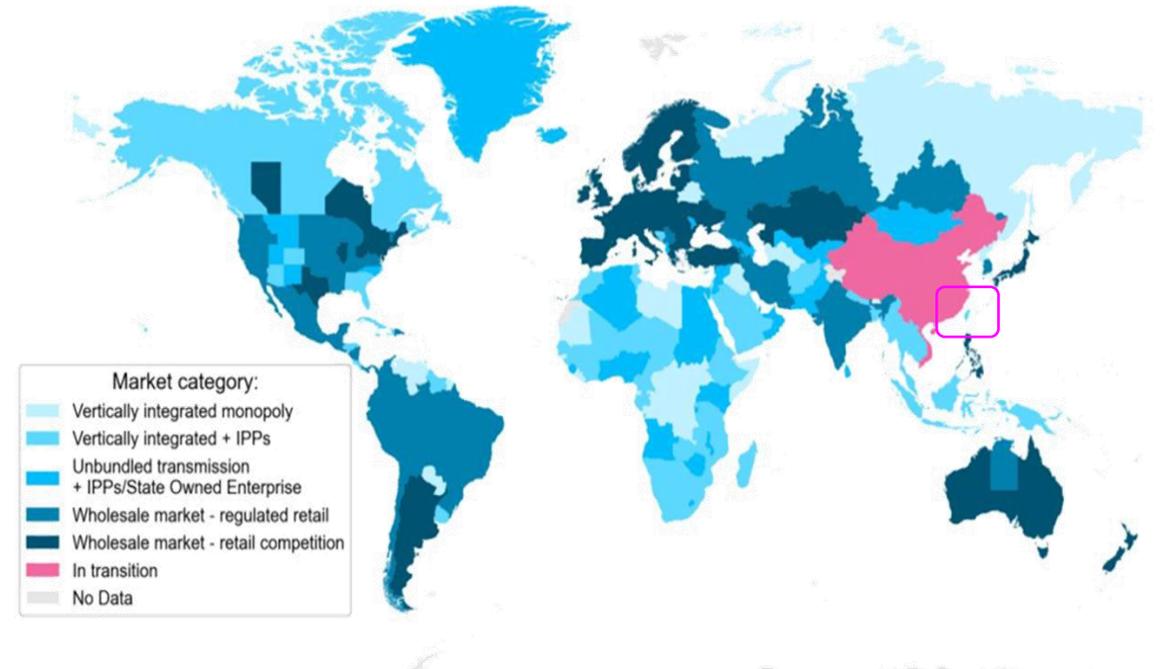
不同間歇性再生能源(VRE)比例下之彈性系統架構



As flexibility needs increase, they place increasing demands on power plants, grids, demand-side flexibility and storage, with implications for regulatory and market design

Note: DSR = demand-side response.

資料來源：IEA (2018)



目前，全球約 50% 電力來自電力自由化市場；一旦中國完成電力市場的改革，這一比例將增加到約 76%。
~ IEA (2022/6)

結論

由於美國自身考量，化石燃料仍將佔據該國能源大宗

美國再生能源回歸市場面，發展恐減速但不會停止

關稅衝擊恐難善了

台灣綠能發展應優先反求諸己

基於符合自由市場與比較利益的前提才是正途