

私部門投資綠色產業與創新的障礙與表現

吳珮瑛 (台灣國際研究學會 理事長)

壹、綠色產業與創新的興起

當氣候變遷已逐漸為大家所注意，人們因此也察覺到社會整體需要執行前所未有的技術變革，此一階段的技術變革定位為所謂綠色科技 (green technology)、亦稱為綠色技術 (green tech) 的變革，或指邁向潔淨能源的生產 (clean energy production)，而綠色產業政策 (green industrial policy) 則是可以加速這些相關技術發展與部署的工具與手段。經濟合作暨發展組織 (Organisation for Economic Co-operation and Development, 以下簡稱OECD) 於2009年6月25日通過《綠色成長宣言》(Declaration on Green Growth)，進而制定「綠色成長策略」(Green Growth Strategies)，此一策略於2011年5月正式公開 (OECD, 2011)。所謂綠色成長意指在促進經濟成長和發展時，自然資產仍可持續提供人類福祉所依賴的資源和環境服務；而綠色成長策略的核心必須是經濟和環境政策相輔相成；又創新 (innovation) 是此一轉型的關鍵與重要驅動力，若無創新、將使綠色經濟轉型相對困難、成本也會相對高。綜合而言，所謂綠色科技泛指使用技術和科學以創造環境友善的產品和服務，而當人們對氣候變遷相關問題逐漸重視的情況下，綠色科技這個相對年輕的市場無可諱言已日漸獲得投資者的興趣，期盼尋求能源效率的提升，以移轉至具低碳特質 (low carbon feature) 的發展。

而此種同時促進創新及工業發展的綠色產業政策被視為一種新產業政策 (new industrial policy)，其政策目標超越過去僅強調短期競爭力和經濟成長，改而追求長期廣義「社會福利」所涵蓋之目標。假如執行這些政策是為了達到當前所討論的淨零或低碳經濟，最大的挑戰除了降低溫室氣體排放 (greenhouse gas emissions, 以下簡稱GHG) 外，亦必須維持經濟成長，而這些帶有綠色特質產業政策所具有的社會目標，最明顯的是歐盟 (European Union, 以下簡稱EU) 的《綠色政綱》(Green Deal)，此一政綱主要是協調氣候政策的脫碳目標，加上產業政策狹義的經濟成長及廣義的社會福利目標而成 (Tagliapietra, 2022)。

然如期待私部門執行綠色產業投資及創新，政府必須有相關的政策行動，協助私部門克服因各種失靈及投資所衍生的公共財（public good）特質造成對綠色產業投資與創新的障礙。本文將逐一介紹這些相關失靈的內涵及政府介入之必要性，進而選取OECD綠色成長資料庫中的研究與發展（research and development, 以下簡稱R&D）支出指標，觀察OECD成員國與台灣綠色成長之進展；並比較政府部門及私人企業歷年R&D投資金額與比例的變化；雖然沒有證據顯示政府及私人部門的相關R&D金額投資於綠色技術與創新之比例，然一個R&D金額與比例向來低的國家，應該很難期待一躍而升突然有高金額與比例投注於綠色產業與創新的R&D之上，因此，初步由OECD的38個國家整體及台灣政府部門及私人企業R&D金額的高低，及各自對應於總R&D比例的變動，藉此顯示未來潛在可能溢注於綠色產業與創新R&D之進展。

貳、私部門在綠色技術投資與創新的障礙

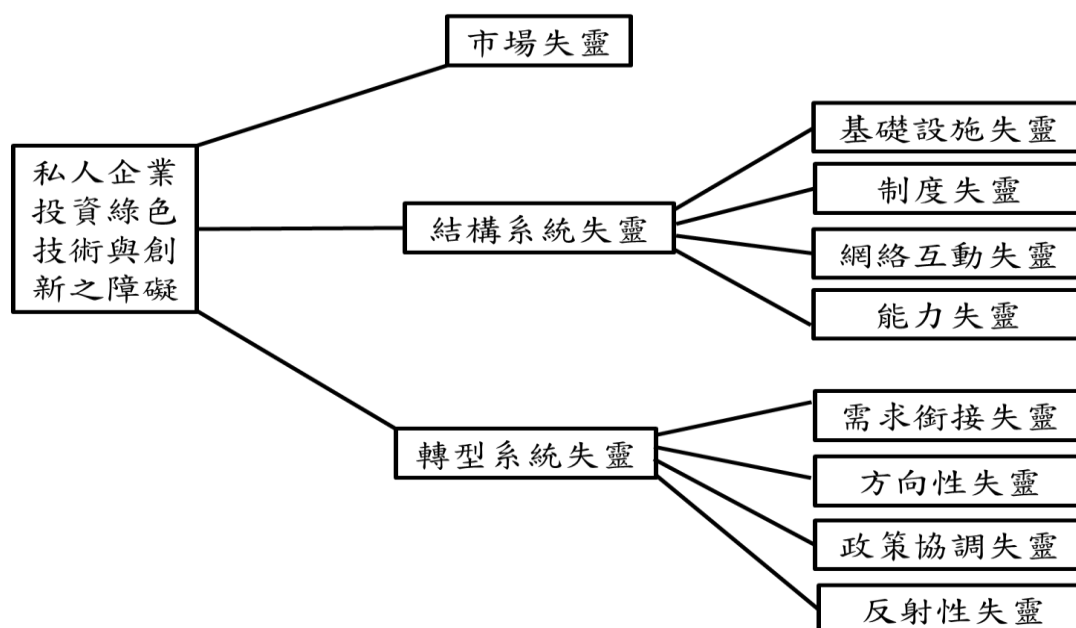
由私人企業執行綠色技術或創新投資轉型至低碳經濟的變革性改變（transformative change），基本上存在諸多障礙，Weber與Rohracher（2012）將這些障礙歸納成市場失靈（market failure）、結構系統失靈（structural system failure）及轉型系統失靈（transformational system failure），政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, 以下簡稱IPCC）將後二類統稱為系統失靈（system failure）。三大類主要失靈的各細項失靈內涵如圖1所示，其中市場失靈意指投資者無法完全享有投資之報償，或是沒有完全獲得「做中學」（learning by doing）中的「做」得到應有的報償，或當前及未來的使用者沒有由「用中學」（learning by using）中的「用」付出應付的代價，如此使得社會整體由創新得到的價值遠高於投資者於創新所獲得的回報，也就是創新產生了具公共財性質的投資知識外部性（knowledge spill-over），社會由綠色科技所獲得的價值特別顯著，如此導致綠色科技的創新投資會因這種市場失靈而嚴重不足。至於第二種情況是資訊不對稱（information asymmetry）伴隨不確定情況的發生，這些不確定情況有多種，一種是缺乏對新綠色技術市場化及相關財務評估資訊，如此乃縮減對這些技術的金援；另一種是氣候政策帶來的不確定性，在氣候變遷行動上政府是否支持低碳投資，則成為是否投資於再生能源發展的關鍵因子；第三種情況是技術鎖定（technology lock-in）的發生，亦即當社會已習慣於某種技術時，投資者習慣不斷投資於改善現有舊技術的效率，猶豫新技術的採用；比如在能源的使用上、因轉換現有燃煤技術至低碳能源的風險相對高，如此則造成私部門在新技術綠色能源的投資相對低。

而所謂結構系統失靈有三種面向之內涵：第一種是基礎設施失靈（infrastructural failure），如果相關投資規模極大且需相對長的時間才能看到成果，如此將使得投資當下沒有

實體和對應知識之基礎設施；內涵之二為制度失靈（institutional failure）、也就是硬體上缺乏正式的法律、管制與標準，至於軟性層面則是指社會缺乏創新背後潛藏在的規範、價值、文化、企業家精神、信任與風險接受度；第三項結構系統失靈內涵是指網絡互動失靈（interaction or network failure），也就是互動僅限投資的主要供給者與需求方，缺乏其他第三方參與的弱網絡，如此使得供需雙方僅在既有強網絡中合作、導致鎖定在既定軌跡中，而缺乏新思維的注入，也就是不常甚至不參與任何網絡合作者的新構想就無法展現在相關網絡中，如此使得原來熟識的依舊熟識彼此的思維，不熟識的思維則難以呈現在新的結構系統中；至於第四項結構系統失靈內涵則是能力失靈（capability failure），是指參與者和公司層面缺乏獲得新知識的能力與資源，以致於無法適應不斷變化的環境，以能順利由舊技術軌跡轉向新技術軌跡。

所謂轉型系統失靈又可細分為四種類型，分別為需求銜接失靈（demand articulation failure）、方向性失靈（directionality failure）、政策協調失靈（policy coordination failure）及反射性失靈（reflexivity failure）。所謂需求銜接失靈主要是沒有足夠能力預測使用者的需求，如此不僅無法傳遞公眾需求導向與表達需求能力的訊號，同時也無法讓使用者接受創新；至於方向性失靈係指缺乏轉型過程的共同目標和方向，不同利害關係人各自追求不同目標，以致於無法進行集體協調，如此不僅使得指導和鞏固變革方向的法規或標準難以訂定，同時連帶導致研究、開發及基礎設施資金不足，使得邁向新結構的發展道路無法兌現；至於政策協調失靈除發生在公共政策上，使得研究、技術和創新政策與部門政策之間缺乏橫向協調，而各部會和執行機構之間亦缺乏縱向協調，導致政策的戰略意圖和操作實施存在偏差，這些缺失同樣會發生在私人企業中的不同部門間的縱向與橫向聯繫；而反射性失靈則是指系統監測、預測和參與自治過程能力不足，沒有調適性政策以保有對不確定性選擇的開放。前述變革造成的市場失靈、結構系統失靈及轉型系統失靈等三大類失靈，對私部門在諸多類型投資所產生的障礙，在能源轉型上亦不例外。這些多重失靈在能源轉型所產生的障礙，一般而言，主要呈現於熟識高碳、化石燃料的既有軌跡、受益於當前社會技術配置之產業路徑依賴與變革所產生的阻力，而路徑依賴使得企業鎖定既定路徑來解決問題、而不是嘗試一些全新的技術或商業模式。

除非政府自行進行綠色技術或創新的R&D，否則期待私人企業投資於綠色技術或創新，前述三大類失靈或其下任一細項失靈對私部門所產生的投資障礙，均有賴政府的介入與支援，方能使私部門的綠色技術投資達到適量規模。而政府可介入支援、矯正潛在私部門因前述各種失靈而造成綠色技術投資不足之情況，包括技術推力與需求拉力兩大管道。



資料來源：本文整理自Weber與Rohracher (2012) 。

圖1. 各種失靈造成私人企業在綠色技術與創新投資的障礙

參、政府介入私部門在能源轉型的綠色科技投資與創新管道

一、技術推力之創新政策

如聚焦於能源轉型的綠色科技投資與創新上，為矯正來自前述諸多失靈所造成的私部門投資障礙，政府主要可採取兩大類型政策以導正相關失靈。其中之一是技術推力（technology-push），推力主要是驅動創新技術的供給，同時涵蓋供給R&D政策與管制，比如那些需要公用事業使用最佳可用技術的項目；以美國能源對GHG排放為例，美國環保署（U.S. Environmental Protection Agency, 以下簡稱U.S. EPA）基本上偏向於技術推力，美國能源資訊署（U.S. Energy Information Administration, 以下簡稱U.S. EIA）彙整2007及2010會計年度的補貼及援助，發現主要計畫是屬技術推力誘因類型，包含協助投資再生能源計畫的R&D費用、貸款擔保及稅收抵免以管制GHG排放源；而汽車能源效率與固定GHG排放源的管制，同樣也是屬技術推力誘因類型（U.S. EIA, 2011）。

而由現有技術移轉至新技術首要面對的障礙涉及前述所提及的第三種市場失靈狀況，亦即轉換成新技術所需的高資本及能源供給所需基礎設施的使用壽命，至於第二種市場失靈的障礙，除需呈現新技術的可行性外，更要展示新技術的商業化規模，又早在2012年，U.S. EIA已預測至2035年為止，美國能源供給主要仍是以天然氣與煤為主，因此，具有二氧化碳捕捉功能的整體氣化複合循環（Integrated Gasification Combined Cycle）發電廠仍是美國政府主要的援助對象（Ata et al., 2021）。而挪威自1991年開始施行碳稅以來，在碳捕捉與儲存

(carbon capture and storage, 以下簡稱CCS) 技術一直是居於領先地位，而世界能源總署 (International Energy Agency, 以下簡稱IEA) 指出，CCS在減碳上是必要的技術，如果將此技術排除在外，減碳成本平均將提升140% (IEA, 2017)。因此，CCS技術的研發在不同的工業部門向來都是一項挑戰。

二、需求拉力之創新政策

另一矯正各種失靈的政策類型則是需求拉力 (demand-pull) 政策，此類政策主要源自於市場需求，也稱為市場拉力 (market-pull) (Koc et al., 2014; Rossetto, 2024; Størset et al., 2019)。歐洲為了促進再生能源市場的發展，相關需求拉力的政策工具有上網電價 (feed-in tariffs)、上網電價補貼 (feed-in premiums) 和可交易綠色憑證 (tradable green certificates)。而帶引企業創新的驅動力有三個來源，一為對強制性的負外部性徵收 (negative externality levies)；二為自願性的收入支持機制 (revenue support mechanisms)，也稱為收入穩定機制 (revenue stability mechanisms) (Prindle et al., 2010)；另一個為自願性的資本成本支持機制 (cost-of-capital support mechanisms)。而負外部性徵收最常見的是賦予碳排放應有的價格，訂定碳排放價格，促使消費者使用碳密集度相對低的產品，這是一種誘導性創新 (induced innovation)，亦即創新是極小化相對昂貴要素的使用。

至於收入支持機制或收入穩定機制是指公用事業售電費率之制訂、連結公用事業收入與售電量 (Prindle et al., 2010)，比如在英國，為了使航空業脫碳，需對綠色氫衍生電子燃料進行更多投資，然此類投資帶來的風險和過高的成本是投資的主要障礙，而投資者最關切的是收入減少的風險，因此，收入支持機制是一種向投資者保證獲得穩定收入的方式，英國政府於是採用此一金融政策協助航空業電子燃料 (e-fuel) 產業的起步 (Doyle, 2024)。此舉除可減少低碳投資可能產生的風險與障礙外，亦能促成低碳經濟的成長，政府資金同時可用於供應相關的投資，因此，相關碳費 (稅) 收入可作為這些投資的互補政策 (supplementary policies或complementary policies)。此外，在印度為提倡低碳創新，乃將課徵於煤的收入投注於2010-2011設立之「全國潔淨能源基金」 (National Clean Energy Fund)，此一基金由設立至2014年止已投入67億美元 (Seemann, 2014)。而碳費 (稅) 收入支用於國外與氣候相關之政策，最具體的是聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change) 在2009年於哥本哈根舉辦的第15次締約國會議 (conference of parties, 以下簡稱COP)，決議已開發的富有國家至2020年為止、每年需投入1,000億美元加強對開發中國家在氣候變遷減量與調適所需之支出，而此一金額至2024年的COP 29則決議每年需增加至3,000億美元直至2035年為止。

而有關資本成本支持機制主要是給予投資者低利貸款或補助以作為回報 (Rossetto, 2024)，比如英國為採低碳、甚至至零碳電力，同樣需加速發展再生能源，然對再生能源投

資者，當前的投資難以掌握未來淨零下再生能源價格，因而難以掌握收入，使得對再生能源的投資具相當的風險。如以資本成本作為再生能源風險量化程度大小的表示，發現市場價格變動和不確定性越大，風險和資本成本也越大，在不同再生能源政策暴露程度及投資者轉型路徑下，資本成本高低達33%左右的差異，此一結果呈現資本成本支持機制對離岸風電發電成本降低之助益最顯著（Blyth et al., 2023）。

肆、OECD 各國與台灣私人企業面對諸多綠色技術與創新投資障礙下的表現與啟示

對於私部門、雖有前述諸多失靈產生的障礙，如擬觀察台灣與OECD各國之私人企業如何突破障礙、執行綠色技術投資與創新之R&D，最理想的情況是找到各國在綠色技術與創新的投資金額數據，然目前並不存在各國定義相同之資料，唯一可以找到包括最多國家數且在相同定義下的資料是來自OECD資料探索器（OECD data explorer），其中涵蓋OECD成員國的資料最早自1990年的R&D資料（OECD, 2025）。而關於R&D支出資料所涵蓋的是各國政府部門、私人企業、教育及私人非營利組織等四大部門，國內R&D之總支出（gross domestic expenditure on R&D, 以下簡稱GERD），GERD是指一個國家內部在一年支出於基礎研究、應用研究、實驗發展及其他未記錄資本支出之R&D的所有支出，因此，GERD 包括國外資助的國內R&D，但不包括在國外進行的R&D（OECD, 2024）。而政府部門則是指中央與地方各級政府的R&D支出總和。私人企業與政府部門R&D二部門支出佔歷年OECD整體R&D支出高達80%、甚而90%，其餘則為教育及私人非營利組織兩部分。由表1可見，OECD各國有相對完整的資料，自1990年起即開始有四大部門R&D支出紀錄，然因目前38個成員國加入OECD的年份各不相同，因此OECD各國每年平均總R&D支出金額、政府部門執行之R&D支出金額、私人企業執行之R&D支出金額所涵蓋的國家數並不相同，因此以各國每年平均支出金額呈現，如此除可避免各年國家數多寡造成OECD整體總金額懸殊的差異外，以一國平均結果表示亦可與台灣每年結果進行對照與比較。

由表1結果可看出，OECD歷年各國由私人企業執行的R&D支出金額約為政府部門執行的R&D支出金額的4倍有餘，而台灣四大部門R&D支出自1998年才開始有紀錄，1998年私人企業R&D支出約為政府部門R&D支出的3倍有餘；而OECD各國至最新紀錄的2021年，私人企業執行的R&D支出金額比政府部門R&D支出則提升至8倍之多，台灣則更高達9-10倍。將表1相關數值以圖2呈現，可更清楚看出，OECD各國每年平均政府部門佔各國R&D總支出比例微幅下降，而台灣的同一比例則顯著下降；至於OECD各國每年平均私人企業佔各國R&D總支出比例在1990-2021年間有上下起伏變動，然整體而言是微幅增加，而台灣相同支出比例自

1998-2021年則顯著的上升。由此可見，不論OECD各國或是台灣，私人企業投資仍是一國R&D支出的主力，且有越來越增加的趨勢。

本文收集OECD自1990年及台灣自1998年之私人企業與政府部門的R&D支出金額，雖然這些結果無法呈現私人企業的R&D有多少比例是投注於綠色技術與創新，然私人企業所執行的R&D總金額及佔國家整體R&D比例，不論對OECD各國或對台灣均呈現顯著的上升，由此顯見，私人企業投資綠色技術或創新上雖有前述的諸多障礙，然私人企業仍是最能掌握企業自身的需求，而所謂的需求，很務實的一面是除了反應綠色技術與創新對企業本身經營效率有無提升外，更重要的是反應綠色技術與創新對企業長久經營成本能否有效下降，這些才是驅動私人企業願意克服諸多障礙、持續增加投注於綠色技術與創新R&D的主要源頭。

然OECD各國及台灣私人企業R&D支出金額佔比逐年增加的結果，已經是在各國施行諸多技術推力和需求拉力兩大類政策下的結果，因此，這些可說是事後的（ex post）成果，無法實驗逐一加入各項政策的效果，而目前已存在的相關政策可確定的是有益於私人部門在R&D支出上的投注，要誘使私人企業轉向升綠色技術與創新投資之提升，因OECD各國情況大不相同，難以一概而論，或可另文討論。然對台灣而言，方向性失靈是首要矯正的障礙，在毫無共識下的能源發展方向，即便政府可用任何政策矯正其他各式失靈，但這些矯正基本上是本末導致的作為，而更諷刺的是，政府的介入卻可能是諸多失靈的來源。

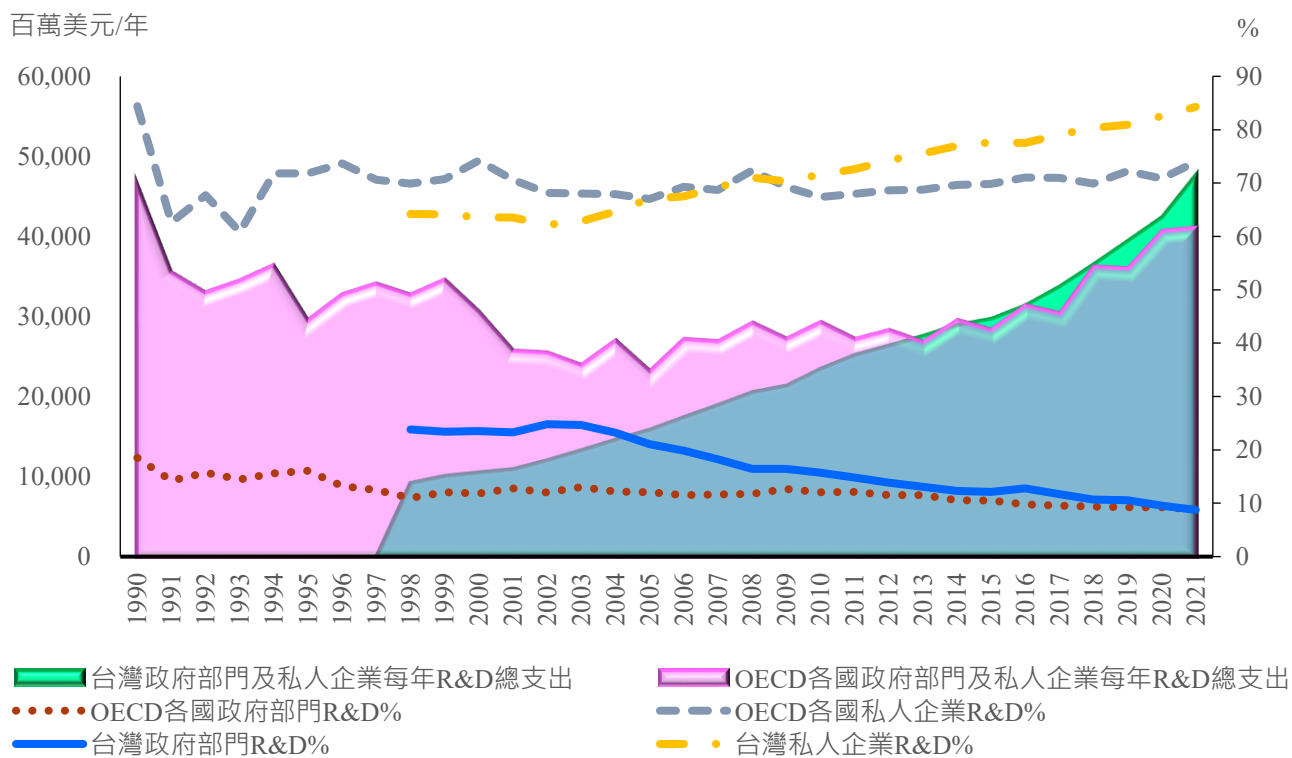
**表1. 1990-2021年OECD各國每年平均及台灣每年總R&D支出、政府部門與私人企業
執行R&D支出金額及對應比例^a**

年	OECD國家					台灣 ^b				
	OECD各國	各國政府	OECD各	各國私人	OECD各	台灣每年	台灣政府	台灣政	台灣私人	台灣私
	每年執行	部門各年	國政府部	企業執行	國私人	各部門執	部門執行	府部門	企業執行	人企業
	R&D平均	執行R&D	門執行	R&D年平	企業執	行R&D總	R&D年支	執行	R&D年支	執行
	總支出	平均支出	R&D 比例	均支出	行R&D 比例	支出	出	R&D比 例	出	R&D比 例
	(百萬美元)	(百萬美元)	(%)	(百萬美元)	(%)	(百萬美元)	(百萬美元)	(%)	(百萬美元)	(%)
1990	45,251.44	8374.96	18.51	38,198.49	84.41	---	---	---	---	---
1991	46,247.15	6592.04	14.25	28,955.17	62.61	---	---	---	---	---
1992	39,518.03	6224.41	15.75	26,772.07	67.75	---	---	---	---	---
1993	45,776.98	6613.16	14.45	27,855.08	60.85	---	---	---	---	---
1994	41,617.11	6502.00	15.62	29,893.19	71.83	---	---	---	---	---
1995	33,575.78	5402.28	16.09	24,116.72	71.83	---	---	---	---	---
1996	37,725.55	4979.47	13.20	27,789.48	73.66	---	---	---	---	---
1997	41,052.62	5129.99	12.50	29,001.35	70.64	---	---	---	---	---
1998	40,465.96	4457.24	11.02	28,279.81	69.89	10,502.38	2502.20	23.83	6745.01	64.22
1999	41,796.52	5049.60	12.08	29,559.84	70.72	11,562.02	2708.81	23.43	7413.34	64.12
2000	35,634.25	4207.72	11.81	26,445.61	74.21	12,103.82	2847.50	23.53	7698.32	63.60
2001	30,904.46	3950.47	12.78	21,814.88	70.59	12,633.42	2941.95	23.29	8030.68	63.57
2002	31,827.08	3814.33	11.99	21,700.73	68.18	13,888.67	3446.55	24.82	8637.16	62.19
2003	29,597.13	3851.37	13.01	20,130.62	68.02	15,249.05	3761.55	24.67	9579.32	62.82
2004	33,727.46	4118.30	12.21	22,908.31	67.92	16,649.39	3866.77	23.22	10,769.43	64.68
2005	29,318.58	3541.81	12.08	19,651.46	67.03	18,040.65	3797.36	21.05	12,095.78	67.05
2006	33,623.64	3881.95	11.55	23,307.20	69.32	19,962.46	3963.72	19.86	13,473.85	67.50
2007	33,515.32	3898.67	11.63	23,026.13	68.70	21,686.84	3963.43	18.28	15,000.51	69.17
2008	34,739.68	4097.89	11.80	25,134.48	72.35	23,527.27	3867.62	16.44	16,706.40	71.01
2009	33,219.60	4202.75	12.65	23,024.31	69.31	24,609.67	4053.32	16.47	17,300.63	70.30
2010	36,935.35	4449.19	12.05	24,885.17	67.38	26,887.28	4228.44	15.73	19,249.31	71.59
2011	33,951.85	4127.17	12.16	23,074.44	67.96	28,832.72	4281.58	14.85	20,927.53	72.58
2012	35,298.89	4080.08	11.56	24,223.11	68.62	29,923.91	4151.24	13.87	22,209.45	74.22
2013	33,407.25	3855.30	11.54	22,966.88	68.75	31,136.12	4066.78	13.06	23,513.80	75.52
2014	36,852.69	3904.21	10.59	25,667.47	69.65	32,369.44	3981.96	12.30	24,919.30	76.98
2015	35,276.18	3715.33	10.53	24,635.77	69.84	33,058.82	4014.26	12.14	25,663.18	77.63
2016	38,867.93	3803.18	9.79	27,612.63	71.04	34,745.12	4441.39	12.78	26,935.65	77.52
2017	37,769.67	3602.04	9.54	26,804.41	70.97	37,159.17	4360.75	11.74	29,372.56	79.05
2018	45,737.53	4274.04	9.35	31,957.26	69.87	40,079.67	4277.43	10.67	32,188.51	80.31
2019	44,206.57	4084.75	9.24	31,922.58	72.21	43,043.57	4545.64	10.56	34,837.40	80.94
2020	50,787.01	4685.09	9.23	35,975.90	70.84	45,981.36	4394.25	9.56	37,957.15	82.55
2021	49,616.05	4396.00	8.86	36,691.56	73.95	51,229.88	4485.74	8.76	43,174.10	84.28

資料來源：OECD (2024)。

註a：依OECD (2024) 定義，一個國家一年的R&D共分成政府、私人企業、而另兩個其他部門分別為教育及私人非營利組織，此處僅列出佔比相對大的政府及私人企業R&D支出金額與比例。

註b：台灣資料自1998年開始才收錄在OECD資料庫中。



資料來源：OECD (2024) 。

**圖2. 台灣與OECD各國1990-2021每年政府部門及私人企業R&D總支出金額與
各部門R&D支出金額佔總R&D支出比例之變動與比較**

參考文獻

1. Ata, A. B., Seufert, P. M., Heinze, C., Alobaid, F., & Epple, B. (2021). Optimization of Integrated Gasification Combined-Cycle Power Plant for Polygeneration of Power and Chemicals. *Energies*, 14(21), 7285. <https://doi.org/10.3390/en14217285> (2025/5/6).
2. Blyth, W., Gross, R., Rickman, J., MacIver, C., & Bell, K. (2023). Transition Risk: Investment Signals in a Decarbonising Electricity System. *Applied Energy*, 352, 121938. DOI: 10.1016/j.apenergy.2023.121938.
3. Doyle, N. (2024). What is the UK Government's Revenue Support Mechanism, and How Can It Be Good for E-fuels? SASHA Coalition. <https://www.sashacoalition.org/blog/revenue-support-mechanism> (2025/4/12).
4. International Energy Agency (2017). Energy Technology Perspectives 2017: Catalysing Energy Technology Transformations. France: International Energy Agency. <https://www.iea.org/etp2017/summary/> (2025/4/12).
5. Koc, R., Kazantzis, N. K., & Ma, Y. H. (2014). Membrane Technology Embedded into IGCC Plants with CO₂ Capture: An Economic Performance Evaluation under Uncertainty. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 26: 22-38.
6. Organisation for Economic Co-operation and Development (2011). Fostering Innovation for Green Growth. OECD Green Growth Studies, OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2011/09/fostering-innovation-for-green-growth_g1g1499f/9789264119925-en.pdf (2025/4/15).
7. Organisation for Economic Co-operation and Development (2024). OECD Data Explorer, Science, Technology and Innovation, Research and Development (R&D): Gross Domestic Expenditure on R&D by Sector of Performance and Type of R&D. [https://data-explorer.oecd.org/vis?df\[ds\]=DisseminateFinalDMZ&df\[id\]=DSD_RDS_GERD%40DF_GERD_TORD&df\[ag\]=OECD.STI.STP&dq=TWN%2BUSA%2BGBR%2BTUR%2BCHE%2BESP%2BSWE%2BSVN%2BSVK%2BPRT%2BPOL%2BNOR%2BNZL%2BNLD%2BMEX%2BLUX%2BLTU%2BLVA%2BKOR%2BJPN%2BITA%2BISR%2BIRL%2BISL%2BHUN%2BGRC%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BCHL%2BCAN%2BBEL%2BAUT%2BAUS.A..GOV%2BBES%2B_T...T...USD_PPP%2BXDC.Q&pd=1990%2C2022&to\[TIME_PERIOD\]=false](https://data-explorer.oecd.org/vis?df[ds]=DisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_RDS_GERD%40DF_GERD_TORD&df[ag]=OECD.STI.STP&dq=TWN%2BUSA%2BGBR%2BTUR%2BCHE%2BESP%2BSWE%2BSVN%2BSVK%2BPRT%2BPOL%2BNOR%2BNZL%2BNLD%2BMEX%2BLUX%2BLTU%2BLVA%2BKOR%2BJPN%2BITA%2BISR%2BIRL%2BISL%2BHUN%2BGRC%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BCHL%2BCAN%2BBEL%2BAUT%2BAUS.A..GOV%2BBES%2B_T...T...USD_PPP%2BXDC.Q&pd=1990%2C2022&to[TIME_PERIOD]=false) (2025/4/20).
8. Organisation for Economic Co-operation and Development (2025). OECD Data Explorer: Find, Understand and Use the Data You Need. <https://data-explorer.oecd.org/> (2025/4/21).
9. Prindle, B., Zarnikau, J., & Allis, E. (2010). Chapter 8: Barriers and Policy Solutions to Energy Efficiency as a Carbon Emissions Reduction Strategy. In *Generating Electricity in a Carbon-Constrained World*, Edited by Fereidoon Sioshansi, London: Elsevier, Inc. DOI: 10.1016/B978-1-85617-655-2.00008-0.
10. Rossetto, D. (2024). The Role of Border Carbon Adjustments and Subsidies in Incentivising Investment: Comparing Equivalence in the Context of Steel Recycling and Decarbonisation. *Discover Sustainability*, 5(132). DOI: 10.1007/s43621-024-00337-9.
11. Seemann, H. (2014). India: The National Clean Energy Fund. *Green Growth*. <https://sdghelpdesk.unescap.org/sites/default/files/2018-03/India%20Energy%20The%20National%20Clean%20Energy%20Fund.pdf> (2025/4/15).

12. Størset, S. Ø., Tangenb, G., Berstada, D., Eliassonb, P., Hoffb, K. A., Langørgena, Ø., Munkejorda, S. T., Roussanalya, S., & Torsæter, M. (2019). Profiting from CCS Innovations: A Study to Measure Potential Value Creation from CCS Research and Development. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 83: 208-215.
13. Tagliapietra, S. (2022). Green Industrial Policy: A Global Perspective. United Nations Department for Economic and Social Affairs. https://financing.desa.un.org/sites/default/files/2023-05/Green_Industrial_Policy_Final%20Paper.pdf (2025/4/12).
14. U.S. Energy Information Administration (2011). Direct Federal Financial Interventions and Subsidies in Energy in Fiscal Year 2010. Independent Statistics & Analytic, U.S. Department of Energy, Washington, D.C. <https://docs.wind-watch.org/US-subsidy-2010.pdf> (2025/4/20).
15. U.S. Energy Information Administration (2012). Annual Energy Outlook 2012: With Projections to 2035. DOE/EIA-0383(2012), Independent Statistics & Analytic, U.S. Department of Energy, Washington, D.C. http://www.eia.gov/forecasts/aeo/MT_coal.cfm#lto (2025/4/20).
16. Weber, K. M., & Rohracher, H. (2012). Legitimizing Research, Technology and Innovation Policies for Transformative Change Combining Insights from Innovation Systems and Multi-level Perspective in a Comprehensive 'Failures' Framework. *Research Policy*, 41:1031-1047.
17. Weir, G. E. (2009). Fish, family, and profit, *Naval War College Review*, 62(3):1-16. <https://digital-commons.usnwc.edu/nwc-review/vol62/iss3/3>