

我國產業低碳化發展現況與轉型初探

陳 治 綸*

壹、研究緣起與目的
貳、國內碳排放趨勢
參、低碳轉型國際經驗

肆、我國產業低碳轉型政策
伍、低碳轉型建議對策
陸、結論與建議

摘 要

全球氣候變遷及溫室氣體減量蔚為國際趨勢，台灣亦實施「溫室氣體減量及管理法」及推動「溫室氣體減量推動方案」，以達成 2030 年及 2050 年溫室氣體減量之目標，我國近十年二氧化碳總排放量、二氧化碳人均排放量基本呈現上升漸緩趨勢；碳排放密集度逐年下降，能源部門及工業部門仍為二氧化碳排放量主要部門，為低碳轉型之發展重點。

本研究參考國外低碳產業發展之經驗及國內文獻，嘗試精略出政策因應措施及檢討辦法，期能降低低碳轉型造成之衝擊，亦能從綠色產業中得到產業升級的益處，提出建議如次：(1) 產業減碳策略應納入循環經濟思維；(2) 透過 NGO 組織與國際接軌，突破外交限制並提高國內公民參與；(3) 完善國內溫室氣體之外部成本內部化政策工具；(4) 國內離岸風電應建立國產化專業化基礎，解決融資障礙；(5) 強化住商部門的能源轉型；(6) 建立長期穩定的低碳轉型投資環境並完善減碳誘因配套機制。

* 作者為經濟發展處科員。本文係筆者個人觀點，不代表國發會意見，若有疏漏之處當屬筆者之責。

An Exploratory Research of Low Carbonization Development and Transformation in Taiwan

Chih-Lun Chen

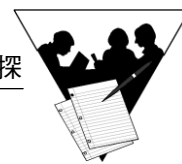
Officer

Economic Development Department, NDC

Abstract

Climate change and Reduction for Greenhouse gases are the trend in the world. The government in Taiwan also implemented Greenhouse Gas Reduction and Management Act and promoted Greenhouse Gas Reduction Promotion Plan. In order to achieve greenhouse gas reduction 2030's target and 2050's target. In the past decade, Taiwan's total carbon dioxide emissions and carbon dioxide per capita emissions have shown a gradual upward trend; the carbon intensity is declining year by year, and the energy sector and the industrial sector are still the main sectors of carbon dioxide emissions, which is the development focus of low carbon transformation.

Based on the experience of foreign low-carbon industry development and domestic literature, this study attempts to narrow the policy countermeasures and review methods, which can reduce the impact of low-carbon transformation, and also benefit from the industrial upgrading from the green industry. Such as: (1) Industrial carbon reduction strategy should be included in the circular economy thinking; (2) Through NGOs with international standards, break through diplomatic restrictions and increase domestic citizen participation; (3) improve domestic greenhouse gas external cost internalization policy tools; (4) Domestic offshore wind power should establish a specialized basis for localization and solve financing obstacles; (5) Strengthen energy transformation in the residential sector.; (6) Establish a long-term stable low-carbon transition investment environment and improve supporting mechanisms for reducing carbon emissions.



壹、研究緣起與目的

近年全球氣候變遷及溫室氣體減量蔚為國際趨勢，台灣為呼應 2015 年 12 月法國巴黎舉行的聯合國氣候變化綱要公約（The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）第 21 次締約方大會（COP21），訂定「溫室氣體減量及管理法」（簡稱溫管法）於 2015 年 7 月 1 日由總統令公布施行，並依據「國家自訂貢獻」（Nationally Determined Contributions, NDC），研訂我國減碳目標為 2030 年溫室氣體¹排放量降低至比 2005 年減少 20%、2050 年溫室氣體排放量降低至 2005 年基準年的 50% 以降。

為達成上述目標，政府於 2018 年核定「溫室氣體減量推動方案」，針對能源、製造、運輸、住商、農業及環境等六大部門研訂減量政策，及跨部會的八大政策配套等，推動能源轉型，擴大再生能源發電占比於 2025 年達 20%，並將我國電力排放係數由 2017 年的每度排放 0.554 公斤二氧化碳（CO₂），於 2020 年降至 0.492 公斤，下降幅度 11.2%；並輔導產業轉型為綠色低碳企業，達成 2020 年製造部門碳密集度較 2005 年下降 43% 之目標，並訂定檢視各部門執行成效的評量指標，期能整合跨部會量能共同推動減碳工作。（詳表 1、圖 1）

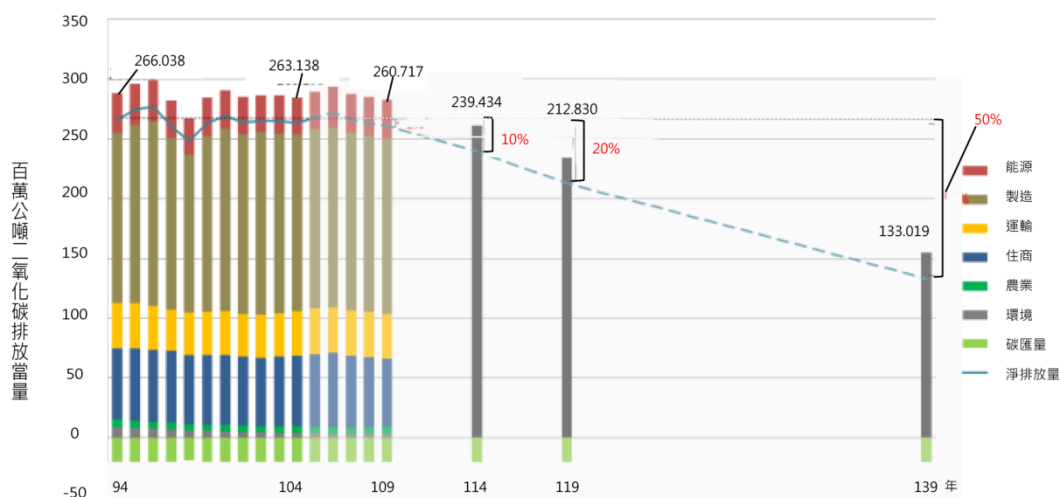
低碳經濟強調溫室氣體減量和能源效率的提升，透過產業升級轉型，以及再生能源的開發利用，最大限度減少溫室氣體排放，達到環境保護和經濟發展目標。推動低碳轉型必須降低高排放、高耗能、高污染產業的占比。政府應藉由有效的政策工具，

¹ 溫室氣體（Greenhouse Gas, GHG）為吸收或釋放紅外線輻射存在於大氣中的氣體。聯合國氣候變化綱要公約規範之 7 種溫室氣體包括：二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亞氮（N₂O）、全氟碳化物（PFCs）、氫氟碳化物（HFCs）、六氟化硫（SF₆），以及三氟化氮（NF₃），2016 年二氧化碳（CO₂）為我國所排放溫室氣體中最大宗，約占 95.26%。本研究之探討以主要之溫室氣體二氧化碳為主。

表 1 六大部門推動策略及目標簡介

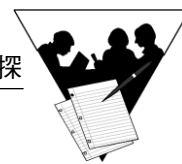
部門	推動策略
能源	✓ 分階段降低電力排碳係數階段目標 ✓ 朝潔淨低碳能源結構發展，全力發展再生能源，擴大天然氣使用，逐步降低燃煤發電
製造	✓ 逐步加嚴燃油鍋爐排放標準，補助鍋爐改用低碳燃料 ✓ 推動企業實施綠色低碳供應鏈管理，揭露供應鏈減碳成果
運輸	✓ 強化公共運輸系統，並建立私人運具轉移至公共運輸系統之誘因機制 ✓ 持續加嚴耗用能源標準，針對製造或進口車商提升平均油耗
住商	✓ 檢視修正建築相關法規，提高建築物外殼節能設計基準值 ✓ 完備建築能源效能評估工具，規劃推動建築能源護照
農業	✓ 推廣友善之農林漁牧生產環境，並加強農業能、資源循環利用 ✓ 積極推動植樹造林與撫育，提高碳匯量並發揮碳吸存效益
環境	✓ 建立循環型生產與生活方式，促進廠棄物資源回收與再利用 ✓ 推動物料回收技術，回收國內貴重金屬，邁向循環經濟社會

資料來源：行政院環境保護署（2018），「中華民國溫室氣體國家報告」。



資料來源：行政院環境保護署（2018），「溫室氣體減量推動方案」。

圖 1 我國六大部門排放現況與短中長期減量目標



鼓勵企業發展符合低碳標準，且具有高附加價值的高科技產業和新興服務業。然而低碳轉型對國內現有產業衝擊及結構之影響甚大，本研究參考國外低碳產業發展之經驗及國內文獻，嘗試精略出政策因應措施及檢討辦法，期能降低低碳轉型造成之衝擊，亦能從綠色產業中得到產業升級的益處。

貳、國內碳排放趨勢

一、二氧化碳總排放量基本呈現上升漸緩趨勢

經濟部能源局統計，我國 1990 年二氧化碳總排放量為 10,946 萬公噸二氧化碳，逐年持續上升至 2017 年達 26,945 萬公噸，為排放量新高點，2018 年則下降至 26,688 萬公噸，近十年基本呈現上升漸緩趨勢。(詳表 2、圖 2)

二、人均排放量基本呈現上升漸緩趨勢

依行政院主計總處資料計算，1990 年人均排放量約 5.41 公噸 CO₂/人，逐年持續攀升，2007 至 2010 年間曾微幅下降其後仍呈上升趨勢，2017 年上升至 11.44 公噸 CO₂/人，為歷史高點，2018 年下降至 11.32 公噸 CO₂/人，近年基本呈現上升漸緩趨勢。(詳表 2、圖 2)

三、碳排放密集度逐年下降

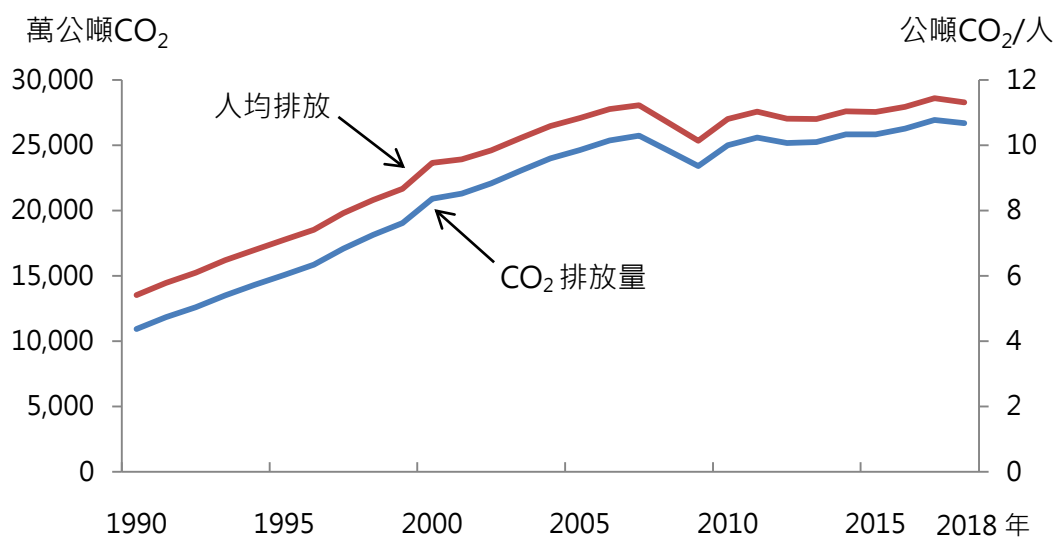
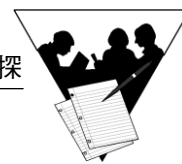
經濟部能源局統計，碳排放密集度(每單位 GDP 之二氧化碳排放)，1990 年為 0.02284 公斤/元，2000 年下降至 0.02281 公斤/元，2001 年則上升至 0.02354 公斤/元，為歷史高點，2003 年起排放密集度轉呈下降，2018 年降至 0.01587 公斤/元。(詳表 2、圖 3)

表 2 臺灣 1990 至 2018 年二氧化碳排放密集度及人均排放量

年度	CO ₂ 排放量		碳排放密集度		人均排放	
	萬公噸	成長率 (%)	公斤 CO ₂ /元	成長率 (%)	公噸 CO ₂ /人	成長率 (%)
1990	10,946	-	0.02284	-	5.41	-
1991	11,844	8.20	0.02280	-0.15	5.79	7.01
1992	12,605	6.43	0.02241	-1.72	6.10	5.42
1993	13,520	7.26	0.02251	0.43	6.48	6.26
1994	14,310	5.84	0.02216	-1.54	6.80	4.90
1995	15,080	5.39	0.02193	-1.05	7.11	4.49
1996	15,857	5.15	0.02172	-0.96	7.41	4.30
1997	17,083	7.73	0.02205	1.52	7.92	6.78
1998	18,151	6.25	0.02248	1.96	8.33	5.28
1999	19,044	4.92	0.02210	-1.68	8.67	4.08
2000	20,921	9.86	0.02281	3.23	9.46	9.00
2001	21,311	1.87	0.02354	3.17	9.57	1.17
2002	22,087	3.64	0.02311	-1.83	9.85	2.94
2003	23,083	4.51	0.02319	0.37	10.23	3.90
2004	23,993	3.94	0.02263	-2.41	10.59	3.56
2005	24,636	2.68	0.02205	-2.60	10.84	2.30
2006	25,364	2.96	0.02149	-2.52	11.11	2.54
2007	25,731	1.45	0.02047	-4.76	11.23	1.03
2008	24,582	-4.46	0.01942	-5.13	10.69	-4.80
2009	23,410	-4.77	0.01878	-3.25	10.14	-5.10
2010	25,015	6.85	0.01814	-3.41	10.81	6.56
2011	25,588	2.29	0.01788	-1.46	11.03	2.06
2012	25,169	-1.64	0.01723	-3.63	10.82	-1.96
2013	25,243	0.30	0.01691	-1.86	10.81	-0.02
2014	25,847	2.39	0.01664	-1.57	11.04	2.13
2015	25,847	0.00	0.01651	-0.80	11.02	-0.25
2016	26,281	1.68	0.01654	0.16	11.18	1.45
2017	26,945	2.53	0.01645	-0.37	11.44	3.84
2018	26,688	-0.95	0.01587	-3.49	11.32	-1.06

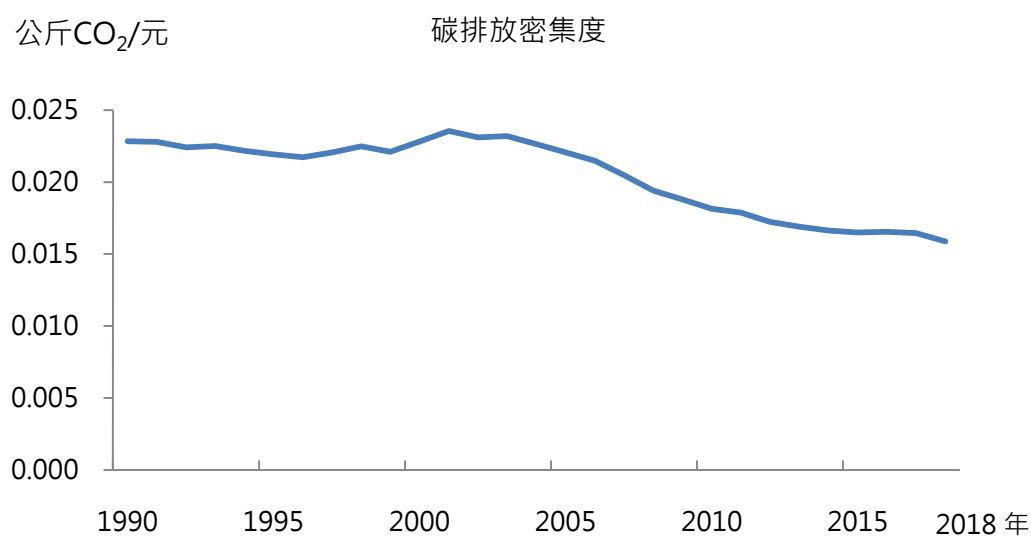
註：本表排放指標係依據燃料燃燒二氧化碳排放量計算，未包括其他溫室氣體。

資料來源：經濟部能源局（2019），「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」。



資料來源：同表 2。

圖 2 燃料燃燒 CO₂ 排放量與人均排放趨勢圖



資料來源：同表 2。

圖 3 CO₂ 排放密集度趨勢圖

四、我國二氧化碳排放部門以能源部門為主、工業部門次之

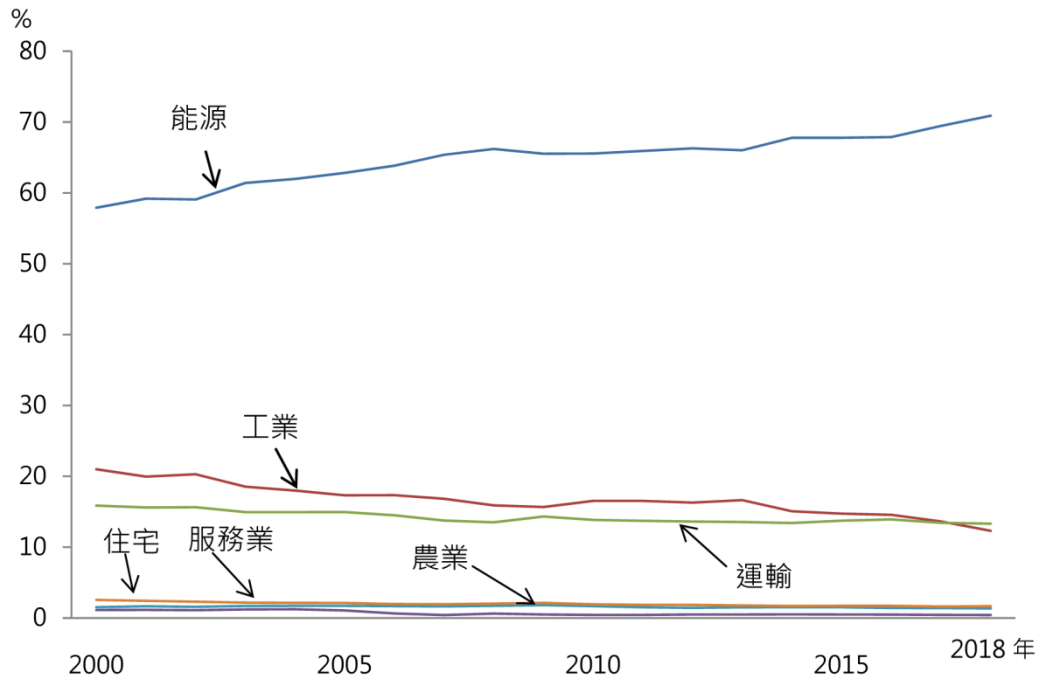
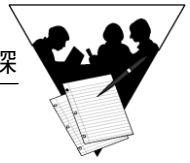
部門之分類係台灣依據聯合國氣候變化政府間專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）於 2006 年出版「2006 IPCC 國家溫室氣體清冊指南」（2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories）建置而成。我國最大宗之二氧化碳排放部門為能源部門，2018 年占 70.89%；次之為工業部門，為 12.31%。2018 年六大部門二氧化碳排放量（直接排放）合計較 2017 年下降 0.95%，能源、運輸及住宅為增加趨勢，工業、農業、服務業則呈下降趨勢。（詳表 3、圖 4）

表 3 各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量

單位：萬公噸 CO₂

年度	能源		工業		運輸		農業		服務業		住宅		合計	
	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%
2000	12,114	57.91	4,393	21.00	3,321	15.87	236	1.13	321	1.53	535	2.56	20,921	100.00
2001	12,614	59.19	4,255	19.96	3,325	15.60	246	1.15	354	1.66	518	2.43	21,311	100.00
2002	13,046	59.07	4,481	20.29	3,454	15.64	246	1.11	349	1.58	511	2.31	22,087	100.00
2003	14,173	61.40	4,279	18.54	3,451	14.95	281	1.22	395	1.71	504	2.18	23,083	100.00
2004	14,868	61.97	4,316	17.99	3,586	14.95	298	1.24	412	1.72	513	2.14	23,993	100.00
2005	15,475	62.82	4,267	17.32	3,685	14.96	263	1.07	423	1.72	524	2.13	24,636	100.00
2006	16,193	63.84	4,399	17.34	3,677	14.50	165	0.65	427	1.68	503	1.98	25,364	100.00
2007	16,823	65.38	4,329	16.83	3,542	13.76	109	0.42	423	1.64	505	1.96	25,731	100.00
2008	16,272	66.20	3,910	15.90	3,322	13.51	154	0.63	423	1.72	502	2.04	24,582	100.00
2009	15,341	65.53	3,669	15.67	3,354	14.33	117	0.50	426	1.82	503	2.15	23,410	100.00
2010	16,397	65.55	4,135	16.53	3,465	13.85	111	0.44	420	1.68	486	1.94	25,015	100.00
2011	16,867	65.92	4,229	16.53	3,511	13.72	112	0.44	390	1.52	479	1.87	25,588	100.00
2012	16,685	66.29	4,099	16.29	3,428	13.62	126	0.50	364	1.44	467	1.86	25,169	100.00
2013	16,664	66.02	4,201	16.64	3,421	13.55	127	0.50	381	1.51	448	1.78	25,243	100.00
2014	17,518	67.78	3,894	15.07	3,467	13.41	134	0.52	393	1.52	441	1.71	25,847	100.00
2015	17,520	67.78	3,806	14.73	3,551	13.74	129	0.50	394	1.52	447	1.73	25,847	100.00
2016	17,840	67.88	3,829	14.57	3,658	13.92	128	0.49	372	1.42	454	1.73	26,281	100.00
2017	18,714	69.45	3,673	13.63	3,620	13.44	120	0.45	378	1.40	440	1.63	26,945	100.00
2018	18,920	70.89	3,286	12.31	3,554	13.32	115	0.43	364	1.36	449	1.68	26,688	100.00

資料來源：同表 2。



資料來源：同表 2。

圖 4 各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量趨勢

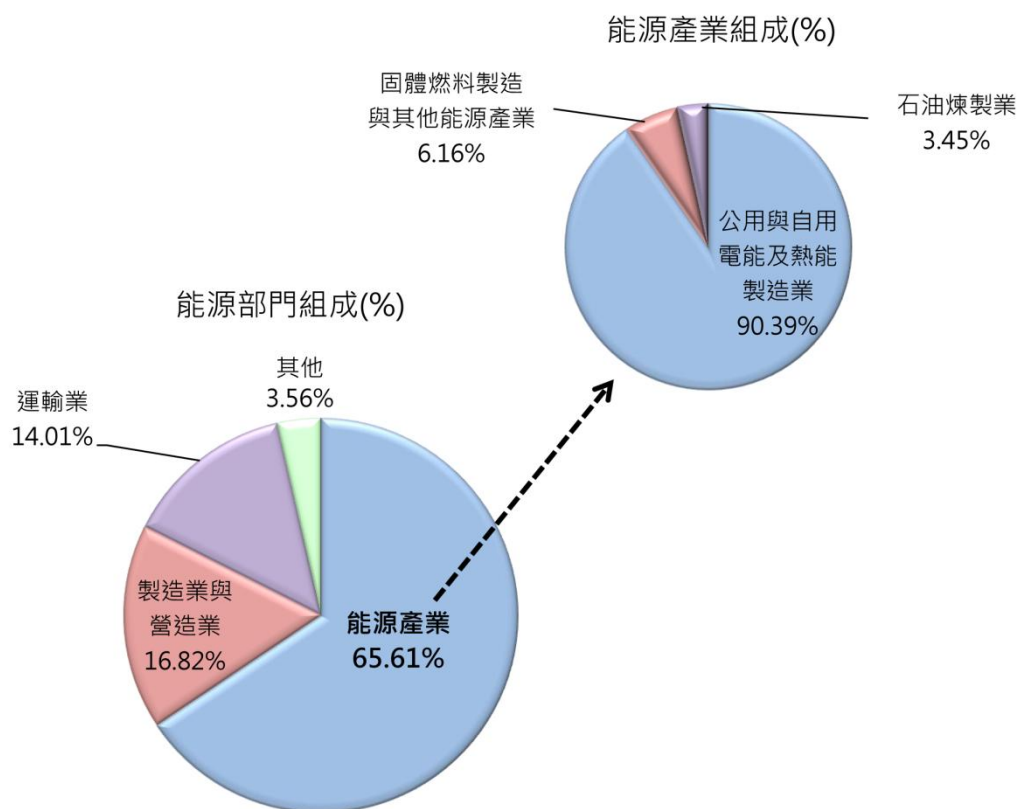
五、能源部門中二氧化碳排放主要以能源產業²占比最高

以 2016 年為例，能源部門二氧化碳排放以能源產業為主，共占 65.61%；製造業與營造業次之，占 16.82%，運輸業占 14.01%；其他項則包含占比較低者，舉如服務業、住宅、與農林漁牧。

若進一步分析能源產業之組成，以 2016 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放占比為例，公用與自用電能及熱能製造業³即占 90.39%；固體燃料製造與其他能源產業則次之。(詳圖 5)

² 能源部門項下製造業與營造業係工業中電力、熱能產生燃料燃燒排放列入分類範疇。

³ 包括公用與自用發電廠、公用與自用熱能工廠及發電廠、公用與自用熱能工廠的燃料燃燒排放。



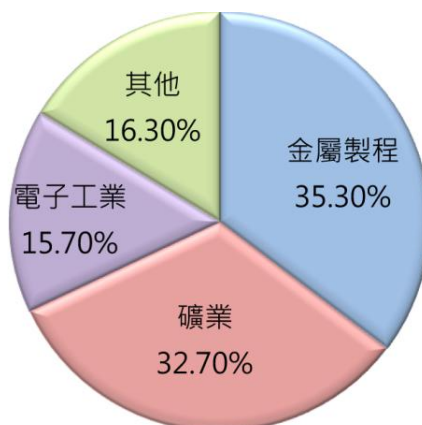
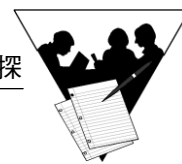
資料來源：同表 1。

圖 5 臺灣 2016 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放占比

六、工業製程及產品使用部門⁴

以 2016 年為例，工業製程及產品使用部門以金屬製程為主，共占 35.30%；礦業次之，占 32.70%，電子工業占 15.70%；其他項則包含占比較低者，舉如化學工業、破壞臭氧層物質之替代品使用等。(詳圖 6)

⁴ 工業製程及產品使用部門主要排放為二氧化碳占 75.5%，其次為氧化亞氮占 7.9%、六氟化硫占 5.0%、全氟碳化物占 4.8%、氫氟碳化物占 4.6%，並非專門對二氧化碳之排放占比統計。



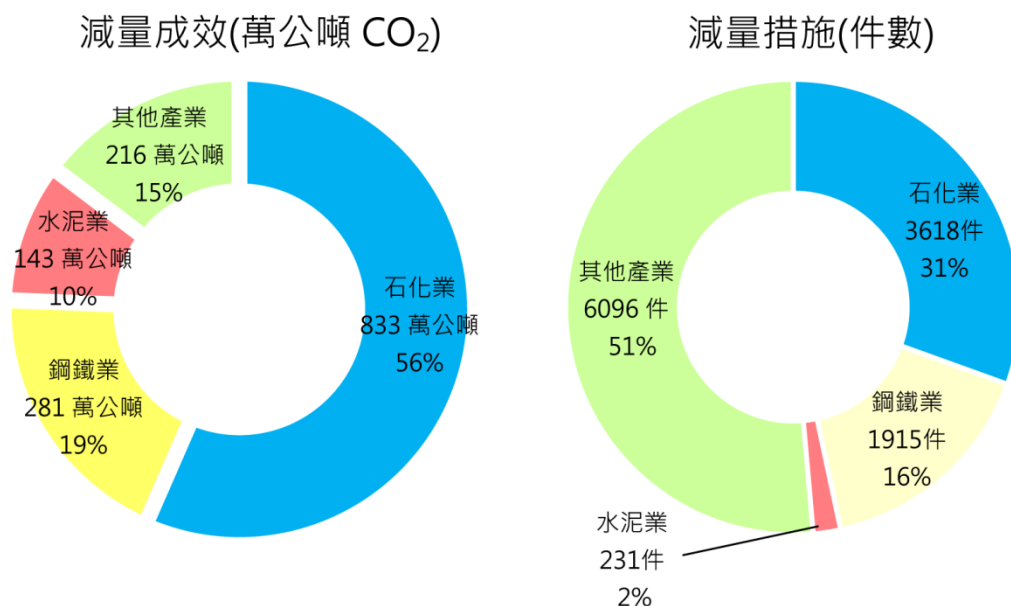
資料來源：同表 1。

圖 6 臺灣 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比

七、我國產業二氧化碳減量成效以石化業減量占比最高

經濟部工業局統計，以 2018 年為例，產業界總計投入減量金額新台幣 40.5 億元，執行 1,375 件減量措施，成功減少 2018 年度二氧化碳排放量 76.5 萬公噸。

2005 年至 2018 年間，我國鋼鐵、石化、水泥、及其他（含造紙、人纖、棉布印染、絲綢印染、複合材料、食品、電子及塑膠）等 9 大產業，投入約新台幣 623.7 億元，總計執行 11,860 件減量措施，二氧化碳減量約 1,473 萬公噸，其中，石化業減量約 833 萬公噸，占 56.5%；鋼鐵業次之，減量約 281 萬公噸，占 19.1%。（詳圖 7）



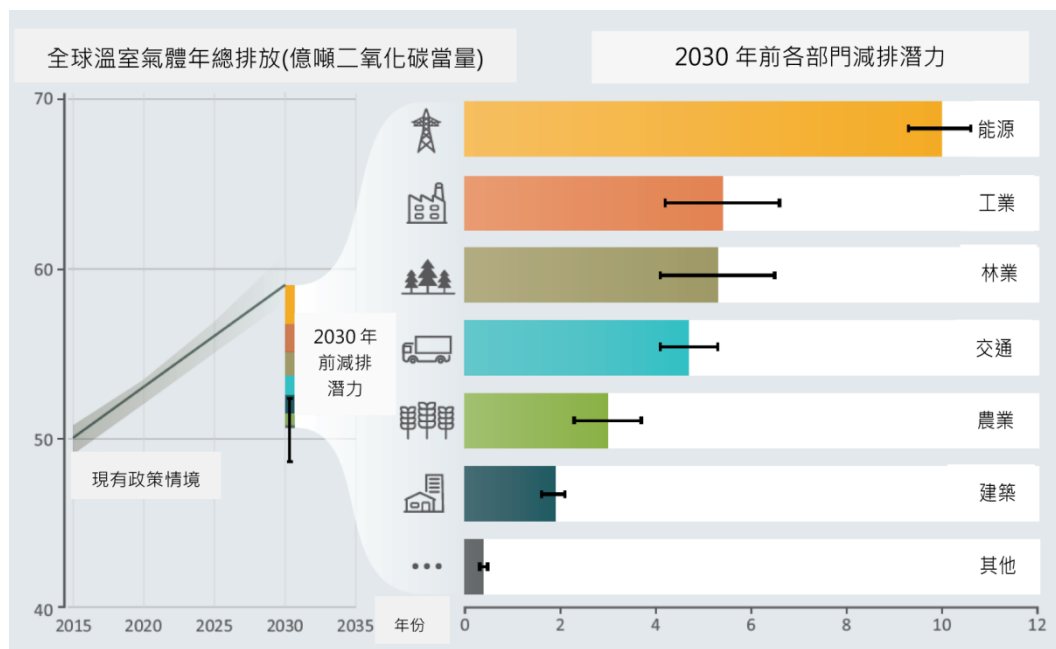
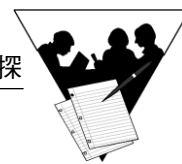
資料來源：經濟部工業局(2019)，「107 年度推動產業自願減量」。

圖 7 臺灣產業 2005 至 2018 年低碳化減量成效及措施件數統計

貳、低碳轉型國際經驗

一、能源部門與工業部門最具備減排潛力

聯合國環境規劃署 (UN Environment Programme, UNEP)，2017 年出版之排放差距報告 (The Emissions Gap Report 2017) 提及，考量技術及經濟效益層面，以未來一年內科技技術發展可及假設情境，減排不超過 100 美元/噸 CO₂e 的成本考量，探討各部門彌補與 2030 設定目標之減碳潛力，並綜合評估符合成本效益的技術、以及在部分國家已採用的最佳實務，可看出「能源部門」與「工業部門」在 2030 年前具有最高的減排貢獻潛力。(詳圖 8)



資料來源：UNEP (2018) , “Emissions Gap Report 2018”.

圖 8 現有政策藍圖下各部門之 2030 年前減碳潛力比較圖

發展潛力主要為六大領域，風力發電及太陽能等可再生能源、節能電器和汽車、及植樹造林並停止砍伐森林，其中，可再生能源的市場已漸趨成熟，政府透過可再生裝置安裝，有關太陽能及風力發電發電成本也已下降至足以與化石燃料發電的水準；聯合國環境規劃署亦戮力協助各國推動設備及家電的能源效率，如訂定最低能源效率標準 MEPS (Minimum Energy Performance Standards) 與推動能源評鑑標誌等規範，已有超過 60 個國家承諾願意提高能源效率。

二、低碳投資和減少碳排放需要財政政策作為關鍵激勵措施

聯合國環境規劃署 (UN Environment Programme, UNEP) , 2018 年出版之排放落差報告 (The Emissions Gap Report 2018) 提

及，碳排放定價收入可用以彌補其他減少的稅收，並用來支應社會問題或替低收入家庭提供補貼，在大部分國家中，使用碳排放訂價來減少溫室氣體排放仍是試驗階段，現階段應用程度並不足以幫助社會朝向低碳社會明顯改變。

財政政策可用於對化石燃料徵稅或補貼低排放替代品，作為影響碳排放和投資能源部門的一種方式。在《京都議定書》於2005年生效之前，碳稅或碳排放交易體系幾乎沒有覆蓋任何排放。從2005年至2010年碳定價政策覆蓋範圍增加到全球溫室氣體排放量約5%左右，主因為歐盟的碳排放交易體系的建立和擴張；2010年至2018年，碳定價的覆蓋範圍進一步上升至約占全球排放量的15%，目前已有51個碳定價措施正在進行中。

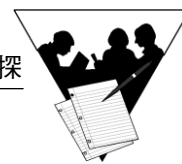
ITIF之2019年報告⁵進一步認為，能源稅收財政政策應分為碳稅及能源技術稅，碳稅的目的在於減少污染，能源技術稅則鼓勵業者創新，但補貼僅為暫時而非永久的，作為能源技術激勵措施以電動汽車為例，透過對電動汽車的補貼加速其達到學習曲線，最終使其不需要稅收補貼得以與傳統汽車競爭市場，並讓補貼激勵措施逐漸退場。

三、非國家和地方行動⁶對推動減碳發揮重要作用

聯合國環境規劃署（UN Environment Programme, UNEP），2018年出版之排放落差報告（The Emissions Gap Report 2018）提及，非國家行為者對於政府實現國家承諾有相當程度的影響，其減排極具潛力，但目前影響有限且以現有資訊難以評估。除量化溫室氣體減排量之行動外，非國家和地方行動為減碳行動建立政

⁵ Information Technology and Innovation Foundation, Two Tools for Two Jobs: The Difference Between Carbon Taxes and Energy Technology Incentives, 2019.

⁶ 非國家和地方行動：包含公司、城市、次國家地區和投資者遵守並承擔氣候行動。



府對氣候政策的信心，並促使執政者推動更具企圖心的國家目標；替減碳實驗提供空間或充當協調者，與各國政府就氣候政策的實施進行協調。根據 2017 年排放落差報告統計，參與氣候行動的各類非國家和地方行動數量迅速增加：來自 133 個國家的 7000 多個城市、來自 42 個國家的 245 個地區，以及年度總營業額至少達 36 萬億美元的 6000 多家公司，已承諾採取減緩行動。涵蓋經濟的許多領域，且區域覆蓋範圍也在逐步擴大。

四、低碳轉型各國推動成果

依資誠聯合會計師事務所 (PricewaterhouseCoopers) 於 2018 年 10 月 17 日發布 2018 年低碳經濟指數 (Low Carbon Economic Index, LCEI) 報告指出，2017 年脫碳率最高為中國大陸，英國則為 2000 年以來脫碳率表現最佳之 G20⁷ 國家；若考量符合巴黎協議之訂定目標，加拿大為達標之國家，相關國家推動政策可供我國借鑑，列舉如下：

(一) 中國大陸

2018 年中國大陸頒布四項國家標準和政策：《快遞包裝系列國家標準》、《廢塑料回收技術規範》、《工業固體廢物資源綜合利用評估與管理暫行辦法》、《國家工業固體廢物資源綜合利用產品目錄》。工業部門為例，中國大陸工業部於 2018 年發佈了《工業節能監管重點工作計劃》涵蓋 5500 多家不同行業的企業，重點監督石化、化工和造紙業等能源密集型產業。報告指出 2017 年中國大陸單位工業能源消耗量已下降 4.6%，預計 2018 年下降幅

⁷ G20 為 Group of Twenty 的縮寫，意涵為二十國集團，由七國集團（美國、英國、法國、德國、義大利、日本、加拿大）、金磚五國（中國大陸、印度、巴西、俄羅斯、南非）、七個重要經濟體（澳大利亞、墨西哥、韓國、土耳其、印尼、沙烏地阿拉伯、阿根廷），以及歐盟組成。

度將降至 3.5%。並透過回收再利用減少對碳密集產品的需求。以廢鋼為例，使用廢鋼進行煉鋼可節省 60% 以上正常製程所用能量。2018 年，中國大陸廢鋼總消費量為 1.41 億噸，比 2017 年同期增長 38.9%。

(二) 英國

英國於 1999 年 3 月提出課徵「氣候變化稅」的利誘政策，並於 2001 年 4 月正式執行。「氣候變化稅」主要課徵對象包含：製造業、商業、農業、公部門；至於住宅與運輸部門、慈善非營利機構、使用極少能源的企業與生產其他能源者，則不在徵收對象之列。依照不同能源的使用，採用不同的繳納稅額：電、天然氣、液化石油氣、固體燃料（例如：煤、煤炭）。(詳表 4)

在能源部門方面，英國於 2017 年 4 月 21 日首次不使用燃煤供電，為 1882 年以來首見，政府在清潔成長相關政策推動下，英國政府陸續以再生能源發電取代現有傳統電力發電比重，英國國家電網（National Grid plc）數據顯示，風力發電約占英國全國總發電量 27%；天然氣為 25%；核能發電為 24%，政府承諾 2020 年要達成 10GW 之海上風力發電，並規劃於 2025 年將全面關閉國內所有燃煤發電廠，以達成零碳發電系統。交通方面，英國現行推動「超低排放車輛（Ultra Low Emission Vehicles）」與「清潔成長（Clean Growth）」兩大政策，2040 年前停止銷售傳統的汽、柴油的汽車與貨車。並投入 10 億英鎊加以推廣超低排放車輛（Ultra-Low Emission Vehicle, ULEV），協助消費者降低電動汽車的購買成本，英國低排放車輛（如電動車）每年成長率約 40%，由 2010 年 1 萬輛，成長至 2017 年底超過 14 萬輛低排放車輛。

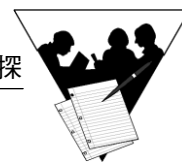


表 4 氣候變化稅率一覽表

應稅商品	稅率 (2001 年)	稅率 (2017 年)	稅率 (2018 年)
電 (便士/千瓦小時)	0.43	0.57	0.58
天然氣 (便士/千瓦小時)	0.15	0.20	0.20
液化石油氣 (便士/公斤)	0.96	1.23	1.30
固體燃料 (便士/公斤)	1.17	1.55	1.59

資料來源：呂宜瑾 (2018)，「英國推動低碳經濟以因應氣候變遷」，國家實驗研究院。

(三) 加拿大

加拿大政府 2016 年宣布，將在 2030 年前全面淘汰傳統燃煤發電，僅保留具備碳捕捉與封存 (Carbon capture and storage) 的燃煤電廠；並透過加拿大基礎設施銀行 (Canada Infrastructure Bank) 進行綠色基礎投資，將在 11 年內投入加幣 219 億元，加拿大總理杜魯多 (Justin Trudeau) 2018 年宣布，依據發表之《溫室氣體污染定價法》(Greenhouse Gas Pollution Pricing Act)，對尚未實施之省份徵收碳稅，目前已實施於安大略省 (Ontario)、魁北克省 (Quebec) 等重要省份。

參、我國產業低碳轉型政策

企業營運方針多以商業利潤目的導向，低碳轉型有賴政府政策面的介入，以追求公共利益與環境永續，有關綠色金融方面政府推動「綠色金融行動方案」，以挹注綠色產業資金活水；基礎建設方面，政府推動「綠能科技產業創新方案」帶動我國綠能科技及產業躍升；交通面政府發展綠運輸，提升運輸系統能源使用效率；地方政府則以建構低碳永續家園，推展地方低碳活動，各政策之重點內容如下：

一、推動「綠色金融行動方案」

2017 年 11 月 6 日行政院核定之「綠色金融行動方案」，內容涵蓋授信、投資、資本市場籌資、人才培育、促進綠色金融商品或服務深化發展、資訊揭露、推廣綠色永續理念等 7 大面向，計 25 項措施，期能促進金融資源，挹注綠色產業與綠色消費生活，重要措施如下：

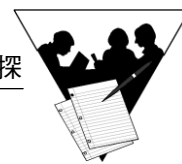
(一) 授信方面

1. 鼓勵本國銀行對綠能產業辦理授信：於 2016 年 9 月 30 日推出「獎勵本國銀行辦理新創重點產業放款方案」，鼓勵本國銀行於兼顧風險原則下，積極對新創重點產業辦理授信，放款對象包括綠能科技產業。
2. 鬆綁銀行授信及籌資規範：放寬銀行辦理經外國中央政府所設立信用保證機構保證之授信業務、放寬外國銀行對單一客戶新台幣授信限額，以及開放外國銀行在台分行發行新台幣金融債券，以利離岸風電等再生能源業者取得本國及外國銀行授信資金。
3. 鼓勵銀行採自願性國際赤道原則⁸：赤道原則精神條款適用範圍由「專案融資」擴大至所有「企業授信」業務，將擴大銀行發揮引導資金至綠色用途之影響力。

(二) 籌資方面

1. 發展我國綠色債券市場：為利產業與金融業籌資用於促進改善環境、轉型綠色以及辦理綠色授信，並引導資本市場責任投資，我國綠色債券市場於 2017 年 5 月 19 日上路。

⁸ 銀行於授信評估或決策時納入對社會和自然環境衝擊等影響。



2. 引導資本市場責任投資：以公司治理評鑑機制鼓勵上市、櫃公司發行綠色債券。有助促進機構投資人進行責任投資，引導資金投入重視永續發展的國內企業。

(三) 投資方面

1. 鼓勵保險業資金投資綠能產業：推動「鼓勵保險業辦理新創重點產業投資方案」，鼓勵保險業投資含綠能科技之「5+2」新創重點產業。
2. 鬆綁保險業資金間接投資綠能產業：開放保險業投資國家級投資公司及投信事業子公司所設立之國內私募股權基金，用於投資綠能科技等「5+2」新創重點產業及國內公共建設。
3. 鬆綁其他資金透過私募股權基金、創投、創投管顧等之投資管道，以利用於國內公共建設及綠能產業：放寬證券商轉投資國內創業投資事業及私募股權基金、開放證券投資信託事業轉投資之子公司辦理私募股權基金相關業務、放寬認定創業投資事業及創業投資管理顧問事業為金融相關事業，使銀行投資該等事業之比率可由原該被投資事業之 5% 增至 100%。

二、推動「綠能科技產業創新方案」

「前瞻基礎建設計畫」依 2017 年 7 月 7 日總統公布施行之「前瞻基礎建設特別條例」，未來四年將編列 4 千 2 百億元，目標在於著手打造未來 30 年國家發展需要的基礎建設，包含八大建設計畫，其中綠能建設對於帶動我國綠能科技及產業躍升，低碳能源發展發揮關鍵性的作用，重點政策如下：

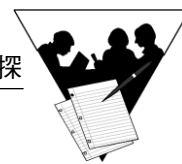
(一) 完備綠能技術及建設

為達成 2025 能源政策，再生能源發電占比為 20% 之目標，以太陽光電及離岸風電作為主力，其中離岸風電規劃於 2025 年累計設置量達 5.7 GW (GW 為電量單位，即 10 億瓦)，藉此促進能源多元化及自主供應，並帶動內需與就業，建構風力發電友善發展環境，展現我國積極推動再生能源發展之決心。預期除每年可提供 215 億度自主潔淨電力外，至 2025 年並可累計創造投資額約新台幣 1 兆元及約 2 萬個就業機會，帶動年減碳量 1,192 萬公噸。

以能源安全、綠色經濟及環境永續為願景，積極擴大再生能源推動，並考慮國際技術成熟度及健全再生能源的發展環境，政府推動多項完備綠能技術及建設之計畫。為強化光電技術再開發，推動「太陽光電技術平臺 2 年推動計畫」，另外，為建置離岸風電所需水下基礎及重件碼頭等實質建設，打造「高雄海洋科技產業創新專區」、「臺中港離岸風電產業專區」。

(二) 加速綠能科學城建置

以創能、節能、儲能、智慧系統整合為主軸，於沙崙綠能科學城以綠能科技聯合研究中心強化產業研究聚落特色，匯集並連結國內 ICT、材料、機械產業、法人及學校的研究資源，以台灣半導體及系統整合技術優勢，針對國內具發展潛力之綠能技術，建立「綠能科技聯合研究中心」，結合綠能科技示範場域、大學研究機構及會展和商業區域，建立綠能產業網絡中心及出海口，並協助學界基礎研究成果推進至可量產評估或可技術研轉的階段，應用台灣環亞熱帶綠能及智慧城市科技，成為我國綠能科技的研發引擎。綠能科技聯合研究中心建置目的：



1. 橋接能源國家型科技計畫及能專研發成果，加強國際合作，與國際綠能研究機構合作（如日本能源經濟研究所亞太能源研究中心、國際再生能源總署創新及科技中心（IRENA Innovation and Technology Centre）等）。
2. 強化綠能科技政策及預算研析，整合台灣創能、節能、儲能、系統相關研發、技術、資源及人才，橋接 NEP I 及 II 研發成果，成為綠能科技聯合研究中心，培養高科技人才，並適度引入博士後人才投入能源產業。
3. 建立創新育成及技轉機制，以作為聯合研究中心成果試驗場之先備中心，並建立綠色金融機制，推動低碳企業發展。
4. 建立科法智財中心，培養相關法規人才。
5. 建立再生能源認證制度，成立亞洲再生能源憑證中心。

（三）前瞻技術試驗及健全綠色金融機制

開發前瞻技術如儲能等，相關計畫為「綠能科技產業化技術驗證平臺」、「區域性儲能設備技術示範驗證計畫」。並預期將帶動 1.8 兆元的民間投資，需健全綠色金融機制，以協助解決民間資金需求，計畫為「再生能源投（融）資第三方檢測驗證中心」。

三、發展綠運輸，提升運輸系統能源使用效率

有鑑於交通運輸工具多仰賴傳統化石燃料，參酌國外推動溫室氣體排放管制之策略路徑（Roadmap），以提升車輛能源效率及低碳車輛使用最具減碳貢獻，並輔以公共運輸使用，可有效降低

傳統化石燃料的依賴性，達成減碳目標，「發展綠運輸，提升運輸系統能源使用效率」有三大推動策略，包含：「發展公共運輸系統，加強運輸需求管理」、「建構綠色運輸網絡，推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境」、「提升運輸系統及運具能源使用效率」。

(一) 發展公共運輸系統，加強運輸需求管理

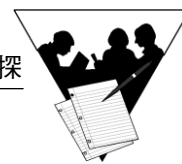
為提升公路公共運輸運量，推動「公路公共運輸多元推升計畫（2017~2020年）」，提供補助經費協助地方政府發展公路公共運輸，並以2020年公路公共運輸載客量較2015年成長2%，達12.44億人次為目標，持續投入經費提升公共運輸服務品質及競爭力，重點措施包括：提升公路公共運輸運量；提升台鐵、高鐵、捷運運量；提升公共運輸無縫轉乘服務。

(二) 建構綠色運輸網絡，推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境

短期以優化使用環境及技術研發進行能力構建，以促使在中長期可提升電動車使用量能，並搭配目前電力結構改變，即可影響運輸部門減碳貢獻。重點措施包括：環島鐵路電氣化、推廣電動運具、地方綠色運具導向環境。

(三) 提升運輸系統及運具能源使用效率

考量我國運具使用能源係以化石燃料為主，短期優先提升能源使用效率，降低排放密集度，並藉由車廠排放管制，促使車廠在中長期投入低碳車輛之研發。重點措施包括：提升新車能效、發展智慧運輸系統、汰換老舊車輛。



四、建構低碳永續家園

政府以低碳城市建構為基礎，延伸發展為永續社會之構想，近期積極推動「低碳永續家園推動方案」規劃，共具備生態綠化、建築節能、設備節能、再生能源、綠色運輸、資源循環低碳生活、防救災與調適、法律與經濟財稅工具及社會行為科學與評比工具十大運作機能，並督促各縣市政府成立低碳永續家園推動辦公室，共同推動低碳永續村里及社區。重點政策如下：

(一) 協助低碳示範社區精進並擴散推廣低碳行動

與已建置之 114 個低碳示範社區合作，藉其執行經驗帶動與整合鄰近區域，擴大低碳永續的推動效益：並輔導 5 處低碳社區串聯鄰近商圈，加強商圈節能與低碳建構，包括製作舊衣購物袋、綠招牌改善、二手塑膠袋循環袋等低碳措施。

(二) 推動低碳行動認證評等

為強化地方低碳建構能力，推展低碳行動，行政院環境保護署與地方政府積極合作推行「低碳永續家園認證評等推動計畫」，鼓勵與輔導村里、鄉鎮市區及地方政府報名參與評等，使參與者對於節能減碳重要性產生認知，並力行低碳的參與和實踐。

肆、低碳轉型建議對策

低碳轉型我國可參考國際經驗，如政府擬定產業減碳策略應納入循環經濟思維，亦須盡快擬定出反應減碳成本之政策工具，協助國內產業朝低碳化進展，以符合國際趨勢，我國在低碳發展

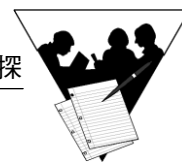
也已擬定綠色金融、科技創新等前瞻性推動方案，其中離岸風電為我國再生能源發展的核心，應朝向建立國產化專業化發展，並解決融資方面障礙，過往的政策經驗對於能源部門及工業部門的減碳著墨較多，住商部門的減碳潛力也是未來推動的重點方向，特此提出相關建議對策。

一、擬定產業減碳策略應納入循環經濟思維

循環經濟對減少耗能產業排碳量極為關鍵，如中國大陸透過回收再利用減少對碳密集產品的需求。以廢鋼為例，使用廢鋼進行煉鋼節省 60%以上正常製程所用能量。但台灣現行產業節能減碳多以能源效率與低碳製程分析為主，故於後續擬定產業減碳策略時，應分析於耗能產業導入循環經濟時的減碳潛力，以引領企業採行最適投資決策。

二、透過 NGO 組織與國際接軌，突破外交限制並提高國內公民參與

考量臺灣特殊的國際處境，我國非聯合國的成員國，在聯合國的架構下缺乏以國家名義參與的機會，不但無法呈現我國對於全球暖化的成果，更失去許多國際交流契機。對外若能透過非政府組織間的管道，亦可實現讓台灣參與全球環境外交的可能性，也能協助我國政府經由非官方之交流管道實質參與國際活動。對內非政府組織為減碳行動建立政府對氣候政策的信心，並促使執政者推動更具企圖心的國家目標，透過非政府組織從下而上的努力，亦可帶動全民參與推廣 CO₂ 減量，激發社會對地球暖化的關心，強化我國在 CO₂ 減量上的努力。



三、完善國內溫室氣體之外部成本內部化政策工具

為響應國際減碳趨勢，應逐漸將國內化石能源利用方式轉變為低碳或再生能源，並同時提升我國自產能源比例與能源安全，以厚植我國未來國際競爭力。惟驅動此類轉型尚需政府擬訂相關外部成本內部化政策工具，如碳排放交易、碳稅/能源稅、氣候變遷費等碳定價機制，以促使產業與消費者行為反應排碳成本。中央研究院（2019）⁹「臺灣深度減碳政策建議書」提及，溫管法雖刻正推動碳交易制度，但依據國際經驗，若未能搭配價格調控機制，例如設定碳底價（carbon floor price），將可能導致碳價格過低，無法發揮政策效力。另一方面，具有碳稅概念的能源稅，多年來被視為我國減碳關鍵政策工具，若為驅動建築與運輸系統的低碳化，應儘速制定相關法律。

四、國內離岸風電應建立國產化專業化基礎，解決融資障礙

離岸風電之開發涉及風電發電業、風電製造業及風電服務業，惟考量我國財政資源有限，應集中政府資源投入專業分工領域；法規環境、綠色金融為再生能源發展之重點，我國應鼓勵民間金融機構參與再生能源融資，具體作為參考如下：

（一）集中政府資源投入專業分工領域

台大工程科學及海洋工程系江茂雄主任於 2019 年 1 月 15 日立法院公聽會⁹指出，離岸風場建設約 2 成成本落在風力發電機組，其餘海事工程、水下結構及運維等 8 成投資，皆有本土生產

⁹ 立法院（2019），「離岸風電產業關聯之發展與挑戰－促進在地產業聚落公聽會」，1 月 15 日。

機會，更能在不同產業創造就業機會。建造過程涉及不同產業，可參與業者多，未來或可進攻亞太市場，然而台灣市場規模小，僅靠台灣市場，無法幫助供應商取得需要的規模，達到在全球供應鏈具競爭力的價格。產業一條龍發展風險大，應考量專業分工，並拉長風場開發時間，讓在地供應鏈有穩定訂單，逐漸提升技術與國際競爭力。

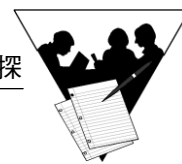
(二) 解決國內離岸風電供應鏈廠商融資之障礙

2019 年金融建言白皮書¹⁰指出，離岸風電供應鏈廠商母公司為考量經營風險，多數以成立 SPV¹¹子公司方式參與離岸風電產業供應鏈，並以銀行專案融資模式籌資。由於供應鏈 SPV 子公司缺乏與銀行信用往來經驗，且母公司多數以中小企業居多，如本身經營及財務數據不佳，本國銀行對 SPV 子公司更無貸款意願，如轉而向外商貸款則利息成本較高，將造成離岸風電國產化之障礙，故國內離岸風電中小企業融資，為亟需重視且待解決之問題。

建議政府應協助建立離岸風電供應鏈之信用保證機制，可優先協助離岸風電供應鏈中小企業解決融資問題。例如仿效中小信保基金對太陽光電產業提供信用保證，請相關政府單位邀集離岸風電業者成立離岸風電供應鏈保證基金及代管基金專戶，提供離岸風電供應鏈中小企業融資保證，以強化信用，俾利於得到本國銀行之融資貸款。

¹⁰ 台灣金融服務業聯合總會 (2019)，「108 年金融建言白皮書」。

¹¹ 特殊目的公司 (SPV, Special Purpose Vehicle)：由母公司創建的子公司，用於隔離財務風險。即使母公司破產，作為獨立公司的法律地位也能保障安全。



五、強化住商部門的能源轉型

過往溫室氣體減量政策中，多著重於能源部門以及工業部門的改善，唯依據最新的二氧化碳排放量以及能源統計（詳表 5），住商部門耗電量的增加，已成台灣排碳量增加的主要因素。而依據溫室氣體減量推動方案中，住商部門減量幅度達到 2.6%，僅次於環境部門，而減量貢獻度更達 69%，為 2020 年前貢獻度最高的部門，應強化住商部門的能源轉型，具體作為如下：

（一）強化節能誘因

我國目前雖採用綠建築標章、節能電器標章、節能電器補助、媒合節能服務業者（ESCO-Energy Service Company）等措施來降低建物排碳量，但因我國電力與能源價格遠低於 DDPP 工業化國家（約介於 1/2-1/4 之間），節能誘因不強，應提升電力與能源價格及碳稅作為增強節能之誘因。

（二）提升舊建物能源效率

台大風險社會與政策研究中心¹²指出，住商部門之低碳推動政策，提出新建建築外殼基準值、公部門用電效率、2025 年發展建築能源資料庫等具體評量指標，惟提出的評量目標與國際上減碳需求有明顯落差。而台灣現行住宅屋齡平均為 28.9 年，有 45% 以上的住宅於未來二十年間均須面臨修繕與改建需求，因此政府除提出建築護照的推動時程以外，亦可研議提供節能建築修繕改建相關補助之可行性，以提高舊建物更新節能設施之動機。

¹² 台大風險社會與政策研究中心（2017），「加速建構轉型量能-邁向深度低碳社會-台大風險中心『溫室氣體減量推動方案』研擬建議」。

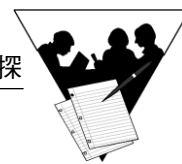
表 5 第一期溫室氣體階段管制目標部門別削減率與貢獻度分析

部門別	溫室氣體排放量 (百萬噸 CO ₂ e)			削減率	貢獻度
	2015	2020	2016~2020		
能源部門	31.060	32.305	163.139	4.0%	-55.6%
製造部門	147.775	146.544	741.543	-0.8%	55.0%
運輸部門	37.279	37.211	189.663	-0.2%	3.0%
住商部門	59.077	57.530	298.845	-2.6%	69.1%
農業部門	5.344	5.318	26.187	-0.5%	1.2%
環境部門	4.109	3.496	18.154	-14.9%	27.4%
電力排放係數 (CO ₂ 公斤/度)	0.528	0.492	0.517	-6.8%	NA

資料來源：台大風險社會與政策研究中心 (2017),『加速建構轉型量能-邁向深度
低碳社會-台大風險中心「溫室氣體減量推動方案」研擬建議』。

六、營造長期穩定的低碳轉型產業環境

我國依「溫室氣體減量及管理法」2018年3月核定「溫室氣體減量推動方案」，由經濟部、交通部、內政部、農委會及環保署分別主政能源、製造、運輸、住商、農業及環境六大部門「溫室氣體排放管制行動方案」，惟部門別之行動方案多規劃至2020年，訂定短期及時減碳發展目標，雖可及早避免持續建造高污染電廠與其他污染性資產投資，然而若只注重短期低碳減緩措施，將忽略長期低碳技術投資帶來的效益，政府應規劃及兼顧短中長期產業減碳目標，營造長期穩定的低碳政策環境，以利我國產業在低碳發展長期的投資擘劃。



伍、結論與建議

一、結論

鑑於減碳為近年國際發展趨勢，本研究透過整理國內碳排放近年趨勢，發現我國近十年二氧化碳總排放量、二氧化碳人均排放量基本呈現上升漸緩趨勢；二氧化碳排放密集度逐年下降；二氧化碳排放仍以能源部門為主，工業部門次之。透過國際經驗的啟示，我國可作為未來發展的借鏡，結論如下：

(一) 能源部門與工業部門最具備減排潛力

聯合國環境規劃署（UN Environment Programme, UNEP），2017 年出版之排放落差報告（The Emissions Gap Report 2017）探討各部門彌補與 2030 設定目標之減碳潛力，並綜合評估符合成本效益的技術、以及在部分國家已採行的最佳實務，指出「能源部門」與「產業部門」在 2030 年前具有最高的減排貢獻潛力。

(二) 低碳投資和減少碳排放需要財政政策作為關鍵激勵措施

聯合國環境規劃署（UN Environment Programme, UNEP），2018 年出版之排放落差報告（The Emissions Gap Report 2018）提及，碳排放定價收入可用以彌補其他減少的稅收，並用來支應社會問題或替低收入家庭提供補貼。

(三) 非國家和地方行動對推動減碳發揮重要作用

非政府組織為減碳行動建立政府對氣候政策的信心，並促使執政者推動更具企圖心的國家目標；替減碳實驗提供空間或充當協調者，與各國政府就氣候政策的實施進行協調，發揮監督的作用。

二、建議

進一步探討我國近年減碳推動政策，檢視三大面向，綠色金融方面政府推動「綠色金融行動方案」，以挹注綠色產業資金活水；基礎建設方面，政府推動「綠能科技產業創新方案」以帶動我國綠能科技及產業躍升；交通面政府發展綠運輸，提升運輸系統能源使用效率，最後檢視地方上推動減碳行動之具體作為，如建構低碳永續家園，推展地方低碳活動。

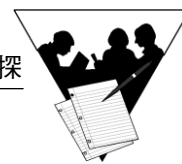
本文藉由探討國際經驗及國內專家學者經驗，並檢視我國低碳產業之發展趨勢及現行政策，提出具體改善措施，期能強化我國官民間推動低碳產業發展之動能，相關建議如下：

(一) 擬定產業減碳策略應納入循環經濟思維

循環經濟對減少耗能產業排碳量極為關鍵，後續擬定產業減碳策略時，應分析於耗能產業導入循環經濟時的減碳潛力，以引領企業採行最適投資決策。

(二) 透過 NGO 組織與國際接軌，突破外交限制並提高國內公民參與

鑒於非國家和地方行動對推動減碳發揮重要作用，我國透過 NGO 及地方政府等管道，仍可實現讓台灣參與全球環境外交的可能性，也能協助我國政府經由非官方之交流管道實質參與國際活動。對內非政府組織為減碳行動建立政府對氣候政策的信心，並促使執政者推動更具企圖心的國家目標。



(三) 完善國內溫室氣體之外部成本內部化之政策工具

為響應國際減碳趨勢，將國內化石能源利用方式轉變為低碳或再生能源，並同時提升我國自產能源比例與能源安全，厚植我國未來競爭力。惟驅動此類轉型尚需政府擬訂相關外部成本內部化政策工具，如碳排放交易、碳稅/能源稅、氣候變遷費等碳定價機制，以促使產業與消費者行為反應排碳成本，我國「溫室氣體減量推動方案」規劃 2020 年前完成溫室氣體總量管制法規建置；預計 2025 年前啟動總量管制與排放交易制度，未來可待相關機制完備後做進一步產業影響評估。

(四) 國內離岸風電應建立國產化專業化基礎，解決融資障礙

法規環境、綠色金融為再生能源發展之重點，我國應鼓勵民間金融機構參與再生能源融資，建議政府應協助建立離岸風電供應鏈之信用保證機制，可優先協助離岸風電供應鏈中小企業解決融資問題。

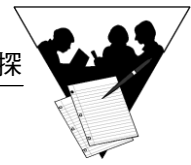
台灣市場規模小，僅靠台灣市場，無法幫助供應商取得需要的規模，達到在全球供應鏈具競爭力的價格。產業一條龍發展風險大，應考量專業分工，並拉長風場開發時間，讓在地供應鏈有穩定訂單，逐漸提升技術與國際競爭力。

(五) 應強化住商部門的能源轉型

依據溫室氣體減量推動方案中，住商部門減量幅度達到 2.6%，僅次於環境部門，而減量貢獻度更達 69%，為 2020 年前貢獻度最高的部門，應強化住商部門的能源轉型，透過提升電力與能源價格及碳稅作為增強節能之誘因，並提升舊建物能源效率。

(六) 建立長期穩定的低碳轉型投資環境並完善減碳誘因配套機制

鑑於綠色能源產業具備規模經濟的特性，產量增加成本降低，綠能要具備替代傳統能源的條件，需成本下降到一定水準產生價格競爭力，若無長期穩健政策環境支持，產業界將因風險過大而降低對長期低碳技術產業化之投資，將不利於產業轉型與低碳經濟發展，然而國家自訂貢獻與溫管法只規劃至 2030 及 2050 年，「溫室氣體減量推動方案」六大部門之評量指標最多僅規劃至 2030 年，恐使成熟度較高之方案排擠具長期發展潛力惟尚不成熟的產業轉型計劃，政府未來可規劃投入更多資源協助產業減碳，並完善長期減碳誘因配套機制。



參考文獻

1. 中央研究院 (2019),「臺灣深度減碳政策建議書」。
2. 台大風險社會與政策研究中心 (2017),『加速建構轉型量能-邁向深度低碳社會-台大風險中心「溫室氣體減量推動方案」研擬建議』。
3. 台大風險社會與政策研究中心 (2019),「反轉暖化與加速轉型的循環經濟-政策建議書」。
4. 台灣金融服務業聯合總會 (2019),「108 年金融建言白皮書」。
5. 立法院 (2019),「離岸風電產業關聯之發展與挑戰—促進在地產業聚落公聽會」, 1 月 15 日。
6. 交通部 (2017),「運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」。
7. 行政院環境保護署 (2018),「中華民國溫室氣體國家報告」。
8. 行政院環境保護署 (2018),「溫室氣體減量推動方案」。
9. 呂宜瑾 (2018),「英國推動低碳經濟以因應氣候變遷」, 國家實驗研究院。
10. 沈世宏 (2013),「低碳永續家園推動架構與策略」, 環境工程會刊第 24 卷第 1 期。
11. 金管會 (2017),「綠色金融行動方案」。
12. 科技部 (2017),「前瞻基礎建設計畫—綠能建設：科學城公共建設計畫」。
13. 財團法人台灣金融研訓院 (2019),「台灣銀行家 4 月」。
14. 財團法人環境資源研究發展基金會 (2008),「非政府組織 (NGO) 參與二氧化碳減量推動計畫」。
15. 黃宗煌 (2017),「國際減碳趨勢之因應對策：我國能源科技與產業低碳化轉型之發展建議」, 科技部。
16. 楊惟任 (2016),「先進國家發展-綠色經濟的經驗對我國之啟示」。
17. 經濟部 (2018),「溫室氣體 ABC」。
18. 經濟部 (2018),「綠能科技產業創新推動方案進度及成果」。
19. 經濟部能源局 (2019),「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」。
20. 經濟部工業局 (2019),「107 年度推動產業自願減量」。
21. 資誠聯合會計師事務所 (PwC Taiwan) (2018),「2018 年低碳經濟指數：英國與中國大陸領導低碳轉型但距《巴黎協定》目標仍遠」。
22. 謝雯凱 (2018),「兆元產業鏈來了！離岸風電拚國產化，怎麼才不失「鏈」？」, 天下雜誌 679 期。

23. 謝雯凱 (2018) , 「 英國潔淨成長策略—依部門別盤點出 50 項既有與新增的重點政策 」, 工業技術研究院。
24. 簡又新 (2019) , 「 世界綠色經濟新趨勢 台灣的抉擇為何? 」。
25. Ji Chen and Shuyi Li (2019) , 「 五項最新趨勢, 中國大陸工業正邁向深度脫碳 」, CSRone 永續報告平台。
26. GIZMODO (2019) , “Britain Just Went a Week Without Coal For the First Time in 137 Years”.
27. Government of Canada (2016) , “A Transformational Infrastructure Plan”.
28. Government of Canada (2017) , “Federal actions for a clean growth economy”.
29. Information Technology and Innovation Foundation (2019) , “Two Tools for Two Jobs: The Difference Between Carbon Taxes and Energy Technology Incentives”.
30. International Politics and Society (2019) , “Carbon pricing: the Canadian experience”.
31. PwC (2018) , “Low Carbon Economic Index”.
32. Rocky Mountain Institute (2019) , “5 deep decarbonization trends in China’s industrial sector”.
33. UNEP (2017) , “Emissions Gap Report 2017”.
34. UNEP (2018) , “Emissions Gap Report 2018”.