

潔淨技術投資及相關政策之研究

王金凱*

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 壹、前言 | 肆、我國與主要國家潔淨技術相關政策 |
| 貳、潔淨技術的定義及影響投資之因素 | 伍、結論與建議 |
| 參、潔淨技術投資的發展趨勢 | |

摘 要

發展潔淨技術(Cleantech)，有助於解決能源短缺及氣候變遷問題，並帶來龐大的新商機。美國、英國、德國、日本等先進國家，均積極制訂各種財稅、融資及管制政策，投資潔淨技術，加速新技術的商品化，協助創造就業機會，提升競爭力和活絡地方經濟發展。我國天然資源缺乏，但具極佳技術研發與製造能力，積極投資潔淨技術，可促進產業朝向低碳化、高值化轉型升級。本文首先探討潔淨技術的定義及其投資的影響因素，其次針對潔淨技術的市場潛力、投資趨勢及衍生之「綠領就業」商機進行分析，並比較我國與主要國家政府相關政策，最後提出具體結論與建議，作為政府施政之參考。

* 經建會經研處專門委員。本文承蒙洪處長瑞彬、朱副處長麗慧、張組長熙蕙之指導，及匿名審查學者提供寶貴意見，謹此致謝。惟若有任何謬誤疏漏，當屬筆者之責。

A Study on Investment in Clean Technologies and Related Policies

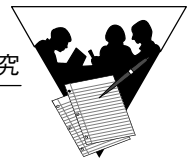
Chin-Kai Wang

Senior Specialist

Economic Research Department, CEPD

Abstract

The development of clean technologies (“cleantech”) could help solve problems of energy shortage and climate change, and could also create huge new business opportunities. Advanced countries such as the United States, the United Kingdom, Germany and Japan have been actively developing various fiscal, funding, and regulatory policies to promote investment in cleantech, as means of helping create new job opportunities, raise industrial competitiveness, and boost local economic development. While Taiwan lacks natural resources, it possesses excellent technological, R&D and manufacturing prowess. Vigorous investment in cleantech could help it push forward the transition and upgrading of its industry toward low carbon-emitting and high value-adding production. This paper first examines the definition of cleantech and factors influencing investment in it. It then analyzes the market potential, investment trends, and “green job” opportunities stemming from cleantech, compares Taiwan’s related government policies with those in leading countries, and ends by presenting concrete conclusions and recommendations for consideration by Taiwan’s policy makers.



壹、前言

在全球氣候變遷與節能減碳趨勢中，發展潔淨技術對抑制地球暖化，維持環境生態平衡等，均有正面的助益，同時亦創造出龐大的產業商機。目前太陽能、風力發電、生質燃料、先進電池、混合動力車輛、綠建築和其他與潔淨能源相關技術和市場，已逐漸成為國際上投資的熱點。美國、英國、德國、日本等主要先進國家，甚至開發中國家的中國大陸、印度等，均積極投資潔淨技術，加速新技術的商品化。我國天然資源缺乏，但具極佳技術研發與製造能力，未來若能重點投資在幾年內具成本競爭力之潔淨技術，可促進產業朝向低碳化、高值化轉型升級。本文首先探討潔淨技術的定義及其影響投資因素，並分析潔淨技術的市場潛力、投資趨勢及衍生之「綠領就業」商機，比較我國與主要國家政府相關政策，最後提出具體結論與建議，作為政府施政之參考。

貳、潔淨技術的定義與影響其投資之因素

一、潔淨技術(Cleantech)定義

潔淨技術產業涵蓋廣泛的產品和服務，包括替代能源發電、廢水處理，以至生產製程的節約資源等領域；不同部門雖然差異很大，但都具有一項共通特點，即利用現行可供使用技術和創新性技術，創造新產品和服務，提升其價格和功能的競爭力，同時又能降低人類活動對環境的影響。

根據 Cleantech Venture Network 的定義¹，潔淨技術產品必須具備三項條件：1.最適利用自然資源，更加潔淨或較少浪費，可替代傳統產品和服務；2.在創新技術及應用上表現突出；3.相對於傳統替代品，可增加新的經濟價值。潔淨技術(Cleantech)大致涵蓋 11 類細部項目，包括：農業、空氣與環境、材料、發電、能源基礎設施、儲能、能源效率、循環回收及廢棄物、製造業/工業、運輸、水與廢水。(參見表 1)

在美國財星雜誌全球 500 大企業中，有超過 20 家以上的跨國企業，正積極投資潔淨技術，包括：BASF、Cargill、Shell、GM、GE、IBM、Dupont、Google、Chevron、Dow、John Deere、Microsoft、AIG、DTE Energy、Mitsui & Co., LTD、Sumitomo、Volvo、Walmart 等。其中，美國 GE 正加倍投資潔淨技術，預計至 2010 年之前，每年投資 15 億美元，目標是倍增綠色產品銷售額達 200 億美元。²

歐洲大型石油天然氣企業、電力事業和能源技術製造商，亦積極設立公司創業投資基金(Corporate Venture Capital funds)，投資潔淨技術中具高成長的新創事業領域，如：燃料電池、生質能、洋流發電和能源效率專案。歐洲前四大電力事業 EdF、RWE、EOn 和 Vattenfall 都設立公司創業投資基金，積極拓展潔淨技術領域的商機。³

¹ Cleantech Venture Network and E2(2007),” Cleantech Venture Capital: How Public Policy Has Stimulated Private Investment,” May 2007.

² Cleantech Group(2007), “Cleantech bigger than IT?,” October 2007.

³ Tarja Teppo and Rolf Wüstenhagen(2006), “Coporate Venture Capital in the European Energy Sector: A key driver for commercializing sustainable technologies?.”

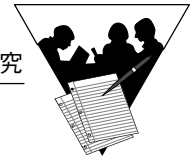


表 1 潔淨技術子部門實例

潔淨技術部門	技術實例
農業	生物材料；農場效率技術；微型灌溉系統；生物修復；不含毒性清潔劑及天然農藥。不包括有機、健康食品，或天然保健產品。
空氣與環境	空氣淨化產品和空氣過濾系統；通風、供暖和空調(HVAC)；全球氣體偵測器；複數污染物控制；提高效率 and 減少有毒物體排放的燃料添加劑。
材料	來自種子蛋白質的生物可降解材料；進行生化反應的微型射流技術；奈米材料；複合材料；熱調節纖維及紡織品；環保型溶劑；電子、感測器和儲能應用的奈米元件；電致變色玻璃；熱電材料。
能源	發電系統：分散式和再生能源發電和轉換，包括：風能、太陽能/光伏打技術、水力/海洋、生質燃料、燃料電池、生質能氣化技術和飛輪電力系統。
	能源基礎設施：針對先進電錶、電力品質監測和停電管理的公用事業無線網絡；管理分散式電源的整合電力系統；需求回應和能源管理軟體。
	儲能：薄膜和可充電電池；電力品質調節；飛輪儲能技術；電子紡織品。
	能源效率：能源管理系統；提高發電產出系統；智慧型電錶；固態微型製冷機；通風、供暖和空調(HVAC)控制技術；自動化節約能源網絡。
循環回收和廢棄物	回收技術；廢棄物處理；材料的網路市集；有害廢棄物淨化；先進的金屬分離提取所需之生物模擬技術。
製造業/工業	先進封裝；天然化學；感測器；智能建築材料；業務流程和資料流的標圖工具；精密製造工具和故障偵測器；化學品管理服務。
交通運輸	混合動力車輛技術；汽車輕型材料；智慧型物流軟體；汽車共乘；改善運輸燃料效率的溫度、壓力感測器；電傳通勤 (telecommuting)。
水與廢水	循環用水和超級過濾系統(例如：紫外線膜和離子交換系統)；感測器和自動化系統；水資源公用事業次級水錶技術和海水淡化設備。

資料來源：Cleantech Group(2007)

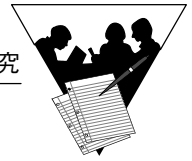
二、影響潔淨技術投資之因素

根據英國 Forum for the future(2008)研究，影響潔淨技術投資的因素，主要來自能源及商品需求的成長、能源和商品價格高度的變異性、技術進步、全球管制壓力和市場誘因、社會環境關懷，以及全球減碳效應。(參見表 2)

表 2 促成潔淨技術成長的影響因素

影響因素	說明
1.能源和商品需求的成長	— 在中國大陸和印度的推波助瀾之下，預估全球能源需求至 2030 年將成長 50%，加上金屬、食物和其他商品需求增加、價格上漲，創造了資源效率、潔淨能源和清潔生產技術和市場新的成長機會。
2.能源供應安全和價格的變異性	— 供應安全的關切，提高了能源價格的變異性，使得產業界和國內使用者更加重視效率。
3.技術進步	— IT、生化、先進材料和奈米技術跨業進入潔淨技術領域，顯著改善成本、績效和可信度，並能與現有技術競爭。
4.管制壓力和市場誘因	— 日益增加的全球管制壓力，涵蓋廣泛的問題，包括：污染水準、限制有害材料和氣候變遷，形成有利的市場環境。
5.增加的社會關懷	— 持續增加的社會關懷，促使政治家和企業家積極回應，包括：Stern Review、選舉考量、GE 重視生態形象、BP 發展替代能源和生質燃料，都有助於帶動潔淨技術的投資。
6.減碳效果	— 在碳價格夠高並維持穩定之下，碳排放管制及交易機制，將刺激低碳替代產品的發展；不過，在歐盟推動排放交易計畫的第一年，各界對持續緊縮排放限額缺乏信心，造成碳價格很大的變異性。

資料來源：Forum for the future(2008), “Clean Capital : Financing clean technology firms in the UK,” 2008.



參、潔淨技術投資的發展趨勢

一、潔淨技術的市場潛力

潔淨技術的市場主要分布於幾項居領導地位之技術領域，如：風能、太陽能、生質燃料、生質及廢棄物能源等。根據 Clean Edge 的研究⁴，生質燃料、風力發電、太陽能 PV 電池、燃料電池和氫能等四項主要技術領域的產值，已從 2006 年的 554 億美元，增加至 2007 年的 773 億美元，成長率達 40%，預測未來 10 年，將成長至 2,545 億美元。四項技術的市場發展潛力如下：

- 生質燃料：全球酒精汽油和生質柴油的市場，在 2007 年達 254 億美元，預計至 2017 年，將成長為 811 億美元。2007 全球性生質燃料市場包括超過 130 億加侖的酒精汽油和 20 億加侖的生質柴油。
- 風力發電：投資風力發電新設施，預計將從 2007 年的 301 億美元，成長至 2017 年的 834 億美元。2007 年全球風力發電設施達創紀錄的 20,000MW，相當於設置 20 個大型 1GW 的傳統發電廠。
- 太陽能 PV 電池：太陽能電池模組、系統元件和設施，將從 2007 年的 203 億美元，成長至 2017 的 740 億美元。目前每年全球裝置量約 3GW，大約比四年前成長五倍。

⁴ Clean Edge(2008), *Clean Energy Trends 2008*, Mar. 2008.

- 燃料電池和氫能傳輸市場：主要是燃料電池研發、示範和測試，在未來十年，預計將從 15 億美元，成長為 160 億美元的產業⁵。

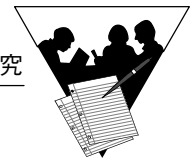
除了潔淨能源之外，在更廣泛的環境領域，根據 DEFRA、Stern、UNEP 等機構的評估，亦具有相當大的市場潛力，預計至 2012 年，可創造 7,000 億美元的市場。(參見表 3)各種解決環境能源問題的跨領域技術，都具有可觀的市場機會，例如：利用廢水處理技術，將糖廠廢棄物轉換為可發電之酒精、提升效率或節能之技術、廢棄物轉變能源之工廠、抗旱性作物、智能網格感測器，以及更具能源效率之水處理系統。

表 3 清潔技術相關領域的市場潛力

評估機構	市場潛力
DEFRA	環境市場至 2012 年達 7,000 億美元
Stern	低碳市場：5,000 億美元
UNEP	再生能源投資 2007 年達 850 億美元
FT	排放交易市場至 2010 年達 682 億美元
Clean Venture Network	估計 2006—2010 年：歐盟有 1000 個交易案價值 100 億歐元
Environmental Business Journal	美國環境產業(含服務、設備和資源)至 2010 年達 3,346 億美元

資料來源：整理自 Cleantech Group(2007)等資料。

⁵ 燃料電池雖然預期市場成長最為快速，但目前產品多為研究或實證、展示用途，尚未大量商業化。依其技術進展，短期間(1-3 年)，將以應用於業務用備援電力、家用熱電聯產系統，以及可攜式 3C 電源之商業化速度較快。



此外，根據德國 Roland Berger 戰略諮詢公司的估計⁶，目前全球環境產品和服務市場大約 1.37 兆美元，預計至 2020 年將成長為 2.74 兆美元。個別細分市場的預估如下：

- 能源效率技術(家電、工業製程、電機馬達、絕緣等)：目前為 6,170 億美元，預計至 2020 年將成長為 12,330 億美元。
- 廢棄物管理/回收：目前為 410 億美元，預計至 2020 年將成長為 630 億美元。
- 供水/衛生/用水效率：目前為 2,530 億美元，預計至 2020 年將成長至 6,580 億美元。
- 永續運輸(高效率引擎、混合動力汽車、燃料電池、替代燃料等)：目前為 2,470 億美元，至 2020 年將成長至 4,930 億美元。

二、清潔技術投資趨勢

根據 New Energy Finance 的研究顯示⁷，2007 年全球潔淨能源新投資達 1,484 億美元，比前一年成長 60%。整體潔淨能源新投資(包括併購投資)，已從 2004 年 334 億美元，2005 年 587 億美元，2006 年 926 億美元，成長至 2007 年的 1,484 億美元。大部分投資

⁶ Naturschutz und Reaktorsicherheit(BMU)(2007), “GreenTech Made in Germany. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland,” Summary of a Roland Berger Strategy Consultants study published by Bundesministerium für Umwelt, 2007.

⁷ New Energy Finance(2008), “Global Trends in Sustainable Energy Investment 2008,” July 2008.

類別都有明顯成長，例如，在 2007 年，創業投資及私募股權投資潔淨能源企業成長 34%，達 98 億美元；公開資本市場投資者提供的股權融資，增加一倍以上(123%)，達 234 億美元；風力發電和生質燃料工廠的資產融資成長 68%，達 845 億美元。

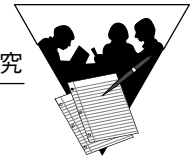
最近，主要國家加快投資的部門包括：風力發電機製造工廠、風力渦輪機組件、傳統太陽能電池、薄膜太陽能電池、集中式太陽熱能發電廠元件；另有少數國家持續加快投資傳統生質燃料生產工廠，以及加拿大、德國、日本、荷蘭、瑞典和美國開始對先進的(第二代)生質燃料工廠進行商業投資⁸。

三、潔淨技術創業投資

根據 Dow Jones Venture Source 的資料⁹，2007 年創業投資家投資 30 億美元在潔淨技術企業，比前一年增加 43%，交易的數量從 2006 年的 173 件，成長至 2007 年的 221 件。其中，以美國為主的企業占投資的大部分，金額達 25.2 億美元，大約占全球 83%，成長率達 79%。目前潔淨技術是美國第三大 VC 投資重點產業，僅次於 IT 和生技產業。

⁸ 第二代生質燃料主要利用稻草、玉米桿等廢棄農作物中纖維素轉化為醣類，來生產生質燃料的技術，是先進國家正積極投入發展的領域。

⁹ 參見 Dow Jones Financial Information Services 於 2008 年 2 月 29 日公布之摘要報告，網址：<http://fis.dowjones.com/Y2007CleantechPR.pdf>。



另根據 Nth Power 和 Clean Edge 出版的「Clean Energy Trends 2008」，美國創投業在 2000 年只有 0.6% 投資在能源科技，至 2007 年，能源投資比重已擴增十倍以上達 9.1%，金額達 26.65 億美元，比前一年成長 70%。(參見表 4)

表 4 美國清潔能源創業投資所占比重

單位：億美元

年別	創業投資金額	能源技術投資	能源創業投資比重
2000	1,051	5.99	0.6%
2001	406	5.84	1.4%
2002	220	4.83	2.2%
2003	197	4.46	2.3%
2004	225	6.63	2.9%
2005	230	10.38	4.5%
2006	265	15.55	5.9%
2007	294	26.65	9.1%

資料來源：Nth Power and Clean Edge(2008).

根據 PricewaterhouseCoopers/NVCA 的資料，至 2007 年為止，美國清潔技術創業投資主要集中在太陽能(5.97 億美元)、另類能源(2.905 億美元)、電力供應(2.813 億美元)、污染防治和循環回收(2.029 億美元)、風力能源(1.151 億美元)等領域；其中，風力能源、太陽能等有相對較高的成長率。(參見表 5)

表 5 清潔技術創業投資部門別金額與數量

單位：百萬美元；件

年/部門別	太陽能	其他另類能源(包括生質燃料與核能)	電力供應	污染防治和循環回收	風力能源
2003	5.4 (2)	42.0 (5)	38.8 (10)	65.0 (15)	0.0 (0)
2004	31.4 (4)	83.1 (6)	124.1 (17)	78.6 (14)	0.8 (1)
2005	90.7 (6)	33.7 (6)	140.6 (25)	81.5 (17)	0.8 (1)
2006	258.5 (19)	461.8 (22)	233.5 (26)	137.0 (17)	10.0 (3)
2007	597.7 (39)	290.5 (34)	281.3 (29)	202.9 (29)	115.1 (9)

註：()內為投資案件數。

資料來源：PricewaterhouseCoopers/National Venture Capital Association Money TreeTM Report (data: Thomson Reuters)

根據 Ernet & Young 的資料¹⁰，歐洲創投業對潔淨技術的投資正持續成長，其中電力發電部門吸引最多投資，其次是工業產品部門，而運輸技術有關部門則是成長最迅速的領域。(參見表 6)在短期的未來，生產低成本永續燃料如替代能源發電技術，包括：風力和波浪發電將持續吸引投資。在過去五年，英國在歐洲吸引最多的潔淨技術創業投資，2007 年佔有率達 30%，最受重視的投資領域是替代能源發電技術，包括：風力、波浪和潮汐發電，燃料電池等能源儲存技術。

¹⁰ Ernst & Young(2008), "Comparative advantage and Green Business," Commission from BERR (Department for business enterprise & regulatory reform), June 2008.

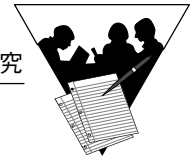


表 6 歐洲創業投資事業投資潔淨技術金額(2001—2007 年)

細項部門	資本投資(百萬歐元)	英國所占比重(%)	趨勢(2005—2007 成長率)
電力發電	390	19.2%	49.9%
能源效率	44	18.3%	50.1%
能源儲存	147	24.4%	12.1%
運輸	178	18.5%	278.2%
工業產品	62	16.1%	39.8%
回收再利用	170	10.7%	20.2%
水資源	50	11.9%	30.2%
總投資	1,044	17.8%	42%

資料來源：Ernet & Young(2008)

四、潔淨技術創造的綠領就業商機

投資潔淨技術可以創造可觀的綠領就業(green colar jobs)商機。綠領工作包括：設計、製造、安裝、操作和維修再生能源和能源效率技術相關工作。綠領就業部門正在蓬勃發展，目前已成為美國第五大就業部門。根據 BMU、NAPEE、The Apollo Alliance、ASES、UNEP 等機構的評估¹¹，潔淨技術具有可觀的綠領就業創造潛力。根據 UNEP 的預估，在 2006 年，全球再生能源就業人數至少 227.7 萬名，其中風力發電 30 萬人、太陽光電 11.5 萬人、太陽熱能 62.4 萬人、生質能 117.4 萬人。(參見表 7)

¹¹ UNEP(2008), “Background paper on green jobs”, June 2008.

以美國為例，根據加州大學伯克萊分校的一項研究¹²，就每兆瓦電力的安裝、每單位能源的生產，以及每 1 美元投資而言，再生能源都比化石能源部門創造更多就業機會。美國 E2 的研究亦發現，每增加 1 億美元的創業投資，平均可創造 2,700 個新就業機會。根據 Cleantech Group 的估計¹³，在 2007 年至 2010 年之間，美國將增加潔淨技術投資 140—190 億美元，估計可創造 40—50 萬個就業機會。

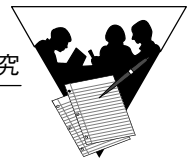
表 7 潔淨技術創造綠領就業之潛力

評估機構	綠領就業潛力
BMU	德國環境部估計，2007 年德國再生能源就業達 24.93 萬人，預計至 2020 年將成長至 40 萬人；德國的再生能源法(renewable energy law)至少已創造 13.4 萬個綠領就業機會。
NAPEE	美國國家能源效率行動計畫預估，每年投資能源效率和再生能源 70 億美元，將可創造每年 29.8 萬個就業機會。
The Apollo Alliance	美國透過投資高性能建築物，包括：改造和新建的綠建築，可創造 82.7 萬個工作機會。
ASES	根據美國太陽能學會的研究，2006 年美國能源效率領域有 350 萬個直接就業機會，另有 450 萬個間接就業機會。
UNEP	保守估計 2006 年全球再生能源就業人數至少 227.7 萬名，其中風力發電 30 萬人、太陽光電 11.5 萬人、太陽熱能 62.4 萬人、生質能 117.4 萬人。

資料來源：整理自 UNEP(2008)等資料。

¹² Kammen, D., Kapadia, K., & Fripp, M. (2004), "Putting Renewables to Work: How Many Jobs Can the Clean Energy Industry Generate?," Energy and Resources Group/Goldman School of Public Policy at University of California, Berkeley.

¹³ 同註腳 1。



肆、我國與主要國家潔淨技術相關政策

一、我國促進潔淨技術投資相關政策

(一) 溫室氣體總量管制與排放交易

- 立法院已於 2008 年 12 月完成「溫室氣體減量法」(草案)大體審查，並未於母法中明訂減量目標，未來擬由主管機關報院核定減量目標，以較大的彈性因應國際溫室氣體減量情勢。
- 行政院環保署已於 2008 年成立「溫室氣體減量辦公室」，並研擬完成「溫室氣體先期減量推動計畫」，於行政院通過後，將再研訂相關配套措施，建立登錄平台，俾利後續之減量抵減與交易；經濟部亦積極輔導產業進行溫室氣體排放量盤查登錄、推動能源密集產業及光電半導體產業自願性減量，並持續以獎勵補助的方式，推動產業執行計畫型減量。

(二) 訂定能源結構配比目標

- 行政院已於 2008 年 6 月通過「永續能源政策綱領」，將積極發展無碳再生能源，有效運用再生能源開發潛力，於 2025 年占發電系統的 8%以上，增加低碳天然氣使用，於 2025 年占發電系統的 25%以上。

(三) 鼓勵民間企業投資研究發展

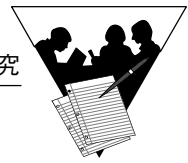
- 經濟部在 2008 年已將 LED 光源開發、燃料電池及風力發電技

術研發，列為業界科專政策性項目，研發比例上限由 30% 提高為 50%，並免除補助金額 3 年 3,000 萬限制，以鼓勵國內業者申請業界科專進行潔淨能源研發。

- 為因應全球氣候變遷與節能減碳趨勢，開創台灣產業發展的新領域，行政院已指示經濟部積極推動「新兆元能源產業旗艦計畫」，優先發展太陽光電、LED 照明光電、氫能與燃料電池等 3 項為主，風力發電、冷凍空調、生質燃料、能源資通訊、能源服務及電動機車等 6 項為輔之新產業；將透過法規建置、技術研發、產業價值鏈建構、示範推廣、市場行銷及促進投資等六大總體策略，加速我國再生能源與節約能源產業的發展。

(四) 提供潔淨技術經濟誘因

- 行政院於 2008 年 9 月通過「因應景氣振興經濟方案」，採行的多項措施，包括：補助購置節能燈具、太陽光電系統、符合節能標章之冷氣機、電冰箱、洗衣機等產品；推廣具節能效益之 LED 燈具；補助民眾購買使用電動機車及低污染車；提高公司購置節約能源或利用新及潔淨能源設備或技術投資抵減率，有利於刺激我國潔淨技術投資。
- 現行「促產條例」提供購置資源回收、防治污染；利用新及淨潔能源、節約能源及工業用水再利用；以及溫室氣體排放量減量或提高能源使用效率之設備或技術，得適用 13% 投資抵減及 2 年加速折舊之租稅獎勵優惠；太陽能電池及白光 LED 照明設



備，亦納入「新興重要策略性產業」，提供 5 年免稅或投資抵減獎勵。

- 一 行政院開發基金制定之「促進產業研究發展貸款辦法」，對資源利用、污染防治、能源管理服務行業之公司，提供最高 6,500 萬元，以計畫總經費 80% 為上限，為期 7 年之優惠貸款；行政院開發基金另提供「購置節約能源設備優惠貸款」第 2 期貸款，對節約能源設備之投資計畫，提供最高計畫成本 80% 之優惠貸款。

二、美國、英國、德國、日本對潔淨技術提供之經濟誘因

為因應氣候變遷與確保能源供應，近年來先進國家無不提出具體推動策略，包括：提供各種經濟誘因，促進潔淨技術的投資與發展。以下將從四個構面，綜合整理美國、英國、德國、日本等先進國家的作法：

(一) 建立完善的法制環境

參諸先進國家作法，可歸納出三項重點：1. 建立總量管制和排放交易制度；2. 制定國家再生能源標準；3. 促進政府採購潔淨技術產品或服務，以下將分別描述。

1. 建立總量管制和排放交易制度

建立總量管制和排放交易制度(Cap and Trade)，以因應氣候變遷，是各國最常用的政策。除了歐盟建立 EU ETS 排放交易機制

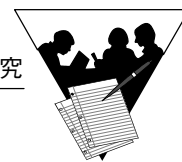
之外，美國東北部和中部大西洋地區，康乃狄克州、特拉華州、緬因州、新罕夏布州、紐澤西州、紐約州和維蒙特州等七個州，亦建立區域溫室氣體倡議(Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI)，推動區域排放交易，預計至 2019 年將可降低 10% 的溫室氣體排放，各州政府都同意逐年擴大發電廠的碳排放減量，讓企業有誘因採用更清潔而有效率的技術，以加速清潔技術企業的成長。美國加州、新墨西哥州、亞利桑那州、奧瑞岡州和華盛頓州等西部五個州，簽署協議建立西部區域氣候行動倡議(WRCAI)，促進排放交易的發展；其中，美國加州制訂全球暖化因應法，建立強制性總量管制和排放交易制度，同時亦制定溫室氣體排放績效標準法，以確保使用一定比例清潔和低碳電力。日本「地球溫暖化對策推進本部」在 2008 年 10 月亦開始試辦國內排放交易制度，將由訂定自主減量目標的電力、鋼鐵業者，優先參與交易。¹⁴

2. 制定國家再生能源標準

制定再生能源配比標準(Renewable Portfolio Standards, RPS)¹⁵和再生能源燃料標準(Renewable Fuel Standards, RFS)，可以創造潔淨技術的市場需求。美國有 25 個以上的州政府，制定再生能源配比標準，要求該州一定比例的電力來自再生能源；此舉，無論化

¹⁴ 同註腳 1；日本於 2008 年 10 日開始試辦排放交易制度參見網址 <http://jp.reuters.com/article/businessNews/idJPJAPAN-34412520081020> 相關日文新聞。

¹⁵ 大部分 RPS 標準規定再生能源的配比範圍在 5-20% 之間，目標年通常訂在 2010 年或 2012 年，最近有些國家已將政策目標年延長至 2015 年或 2020 年，甚至 2025 年。



石燃料價格下跌多低，都可保證潔淨能源企業生產的產品，具有某一需求下限的穩定市場。又如，美國聯邦政府根據 2005 年「能源政策法案」¹⁶，制定再生能源燃料標準(RFS)，要求燃料提煉業、燃料銷售及進口，必須包含一定比例的再生能源燃料(如：酒精、生質柴油和丁醇)，並逐年提高該比例。加州制訂的低碳燃料標準(LCFS)，要求運輸燃料至 2020 年減少 10% 的溫室氣體排放。美國愛荷華州要求在 2010 年以前改善該州設施 15% 的能源效率，採購至少 10% 的再生能源電力，以及增加採購混合燃料車輛。

3. 促進政府採購潔淨技術產品或服務

政府採購計畫是邁向低碳經濟的重要政策工具，政府採購潔淨技術產品或服務，包括：能源之星(Energy Star)產品，可以協助業者達到經濟規模，降低生產成本，同時亦可樹立綠色消費的榜樣。例如，美國自 1992 年開始推動「能源之星計畫」(Energy star program)¹⁷，為住宅、商業及工業部門投資能源效率排除障礙，取得可觀的成效；根據美國環保署出版的「Energy Star Overview of 2007 Achievements」，能源之星計畫在 2007 年節約 4000 萬噸的溫室氣體排放，節省 270 億美元的光熱費。此外，英國 DTI /DEFRA 環境創新諮詢小組提出的遠期承諾採購計畫(The Forward Commitment Procurement Project)，亦有助於利用供應鏈管理和政

¹⁶ 美國另根據 2007 年「能源自主及安全法案」，規定在 2022 年之前，生質酒精使用量擴大 6 倍，達 360 億加崙，其中 210 億加崙為纖維素酒精。

¹⁷ 目前美國能源之星計畫包括七大項：1. 家庭用大型器具；2. 冷暖空調設備；3. 家用電器；4. 照明設備；5. 辦公室設備；6. 商業食物供應服務設備；7. 其他電器設備。

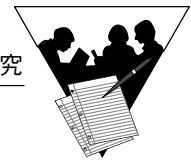
府採購，改善潔淨技術產品的市場條件，促進企業投資開發新產品。

(二) 加強潔淨技術研究發展

政府部門投資 R&D，可以激勵企業投入創新，改善潔淨技術產業的競爭力。美國的實例，包括：能源部能源效率和再生能源辦公室(EERE)，正積極推動「先進能源計畫」(Advanced Energy Initiative)，預定將能源部的潔淨能源研究經費增加 22%，加強對太陽能 and 風能技術、零排放燃煤發電廠、潔淨核能技術及酒精等技術的研發；美國加州資助的公益能源研究計畫(Public Interest Energy Research, PIER)，每年最高提供 0.62 億美元的獎勵，執行在建築、工業、農業等領域最具潛力的公益能源研究；紐約州的能源研究發展局(Energy Research and Development Authority, NYSERDA)，透過管理向消費者(用戶)收取系統利益費(System Benefits Charge, SBC)成立的公共利益基金(Public Benefits Fund, PBF)，支應再生能源和能源效率的研究發展。

(三) 提供租稅獎勵

政府提供租稅獎勵，降低企業的成本，可刺激企業投資潔淨技術。例如，美國聯邦政府提供酒精從量貨物稅的租稅抵減(Volumetric Ethanol Excise Tax Credit, VEETC)，促成生質燃料的榮景。VEETC 分別提供酒精汽油和生質柴油生產者每加侖 0.51 美元和 1 美元的租稅抵減，同時課徵進口酒精每加侖 0.54 美元的關稅。



美國亦提供生質能、地熱發電、太陽光電和風力發電等再生能源生產租稅抵減(Production Tax Credit, PTC)，以及提供燃料電池、太陽光電、地熱發電和微型渦輪機投資租稅抵減(Investment Tax Credit, ITC)，促進各種再生能源產業的發展。

英國的實例包括對熱電聯產系統(CHP)、產業簽訂節能目標協議，以及再生能源，減免氣候變遷捐¹⁸(Climate Change Levy)；對於滿足零排放標準的住宅、生質燃料及低排放汽車，提供租稅減免優惠，包括：適用 5%較低的附加價值稅(VAT)稅率。¹⁹英國對清潔技術的增強資本抵減優惠(Enhanced Capital Allowances, ECAs)制度，亦是一項值得鼓勵的計畫，企業可以將投入購買環境科技及器材設備之資金成本，於該筆費用發生時同一會計年度內，從企業本身年度應課稅盈餘中加以扣除，可增加經濟誘因，降低企業採用環境科技之成本障礙，提高企業採用施行之意願。

日本的案例包括對新建的燃料電池發電設備，提供 10%的免稅額及 30%的加速折舊，並將混合電動汽車等環保車輛的減稅期延長 2 年；提供 LED 照明裝置租稅獎勵，明訂在特定年限內(如：2006—2007 年)，企業或組織使用 LED 照明裝置取代白熾照明裝置，可獲得投資額 130%的超額折舊，或投資額 7%的租稅抵減。

¹⁸ 英國所有供電予工業及商業用戶之供電商，皆需隨其所售電力支付一筆稅捐，稱為「氣候變遷捐」，但銷售之電力若屬再生能源發電，則免稅。

¹⁹ 英國對個人車輛課徵之車輛執照稅(vehicle excise duty)，若 CO₂ 排放低於 100g/km 則稅率為零，若 CO₂ 排放高於 225g/km 則年度稅率為 400 英鎊；對公司車輛之購買稅，若 CO₂ 排放量低於 140g/km，則稅率為車價之 15%，若 CO₂ 排放量高於 240g/km，則稅率為車價之 35%。

(四) 提供政府補助與優惠融資

提供政府補助與優惠融資亦是促進潔淨技術發展的重要政策工具，例如：美國成立公共私人合夥創業投資基金，包括加州清潔能源基金(CalCEF)及麻州綠色能源基金，提供早期階段清潔技術企業種子融資；推動太陽能提案(SAI)，針對太陽能發電技術發展的四個階段，提供開發者獎金資助，其中 SAI 的研究開發與示範(RD&D)基金，則對創業家提供額外的種子融資，以加速新技術的商品化；美國能源部國家再生能源實驗室(NREL)在 2000 年亦設立 NACEBI 潔淨能源育成中心，以及美國德州奧斯丁潔淨能源育成中心、國家再生能源實驗室、德州節約能源辦公室、公營的奧斯丁能源公司共同合作發展區域潔淨技術產業群聚，均有助於潔淨技術新創事業的發展。

英國的案例包括在 2007 年重新啟動一項補助金計畫，補貼住戶購置太陽光電系統、微型風力發電設備和太陽能熱水器；同時推動小企業貸款計畫(SFLG)，對廢物處理及回收；水資源收集、淨化和分配；隔熱技術；測試和分析等領域的中小企業，提供融資信用保證；英國碳信託(Carbon Trust)與私人創業投資家合作推動低碳技術創業投資計畫，包括自 2004 年起，透過補助現有創新育成中心，包括：Angel、Imperial²⁰、Life-IC 和 Rowan 等，開始投資潔淨能源新創事業。

²⁰ 英國 Imperial Innovation 育成中心，有兩家進駐企業 Cares Power 和 Turbo Genset 已經公開發行上市。



日本對裝設於電力公司或自備發電用的燃料電池計畫，由日本開發銀行提供投資額 40% 的低利貸款；同時，推動太陽能屋頂計畫，提供低利貸款及淨電錶計量²¹(Net Metering)，促進太陽能發電(PV)的發展，在 2005 年國家補貼期限屆滿之後，尚有超過 300 個縣市，持續補貼太陽能發電。

德國潔淨能源的發展，亦受益於政府提供的補助優惠，包括：在 2000 年制定再生能源優先法，規範收購電價，對傳輸再生能源電力提供保證費率，成功推動太陽光發電及風力發電之蓬勃發展；對業者投資建造生質柴油製造廠，政府提供 45% 的補助，並給予生質柴油免稅優惠，亦促成生質柴油的成功發展。

伍、結論與建議

在全球氣候變遷和節能減碳趨勢中，各國均積極制訂各種財稅、融資及管制政策，促進包括再生能源與節約能源等潔淨技術的投資，台灣有必要加速潔淨技術的開發和利用，積極開創產業發展的新領域，創造新的經濟發展機會。目前國內潔淨技術的開發利用，以太陽能電池、LED 照明、電動機車、燃料電池等取得較快的發展，但在其他潔淨技術領域，如：風力發電、生質能源、節能設備等，與歐美國家相比，仍有相當的差距。目前歐洲和日

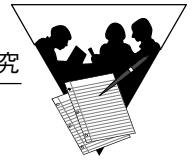
²¹ 淨電錶計量係指容許分散型發電系統將其過剩電力回售給電力網路，以抵消其負載之制度。

本安裝太陽能和風力發電等再生能源處於領先地位，美國則擁有大多數潔淨技術的創業投資。參考國際間最新促進潔淨技術投資之作法，適度修正相關政策，可以改善我國潔淨技術產業的投資環境。

一、建立溫室氣體總量管制與排放交易制度

國外經驗顯示，建立總量管制與排放交易制度，對企業投資潔淨技術具有關鍵性影響。溫室氣體排放總量管制搭配排放交易市場，可以決定碳排放的價值，獎勵清潔而有效率的企業，對未改善績效的企業施加壓力；同時促進企業採用最有效的方式，減少環境足跡和遵循減碳管制，讓市場機制找出最具成本有效性的因應方案，包括：購買排放信用、經營更有效率、改變使用材料或製程等。

我國已研擬完成「溫室氣體減量法」(草案)，雖未在母法明訂減量目標，採取較大的彈性因應國際碳排放管制，未來，可參酌美國和開發中國家如中國和印度在後京都時期，在CO₂減量扮演的角色，適時由主管機關另訂辦法報院核定減量目標；同時，參考美國、日本等國建立自願性排放交易市場之作法，搭配推動溫室氣體先期減量推動計畫及產業執行計畫型減量，逐步建立我國排放交易制度，以刺激企業投資潔淨技術，加速新能源及環境產業的發展。



二、制定國家再生能源標準

美國加州的經驗顯示，設計良好的潔淨技術管制，例如加州先進的能源效率及空氣品質管制，可以刺激創新，從而導致新的經濟成長。建立國家再生能源標準或再生能源發電配比標準，可以確保清潔技術產品有穩定的市場需求，有助於推動下一代清潔能源技術創新。行政院已研擬完成「再生能源法」(草案)，確立獎勵裝置容量上限目標、設置「費率審議小組」、優惠收購不同再生能源發電之電價、成立「再生能源發展基金」等重要法律制度。建議主管機關積極推動「再生能源發展條例」及「能源管理法」修正案完成立法程序，提供較高之經濟誘因，激勵開發商加速再生能源投資。

三、加強政府部門清潔技術研發

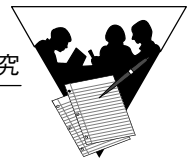
政府投資清潔技術 R&D，可加速研究創新和發展，確保私人投資者投入重要而值得投資的領域，並能獲得政府的支持。政府利用直接補助企業、公共私人投資夥伴，以及媒合計畫，增加投資潔淨技術研發，可協助企業降低生態環境影響，創造新的經濟機會。我國可參考美國加州資助的公益能源研究計畫(PIER)，每年最高提供 0.62 億美元的獎勵金，執行在建築、工業、農業等領域最具潛力的公益能源研究；以及紐約州能源研究發展局(NYSERDA)，管理系統效益收費所設立之基金和計畫，支應再生能源和能源效率研究發展之作法，由政府寬列經費，加強潔淨技

術重點領域研發投資，以帶動民間創新與投資活動。

其次，歐盟制定的「環境技術行動計畫」(Environmental Technologies Action Plan, ETAP)，選定具發展潛力潔淨技術領域(如：燃料電池、太陽光電等)，推動建立技術平台機制，協助技術交流、資金協助、落實商業市場化活動，提供產業界所需相關配套措施，亦值得參考借鏡。

四、加速人才培育及能力建構

缺乏人才特別是創業人才，已成為潔淨技術產業成長面對的最大瓶頸。美國國家再生能源實驗室(National Renewable Energy Laboratory)的研究顯示，缺乏合格人才和技能培訓，是再生能源和能源效率成長的一項主要障礙。為加速人才培育和能力的建構，德國聯邦環境部與企業及產業協會合作，在2006年推出「創造環境願景」(Creates environmental perspectives)計畫，在2006—2009年，廣泛提供培訓場所，利用培訓合夥人制度，提高專業訓練的精確度，改善企業的培訓能力，培養更多潔淨技術人才，是可供參考的作法。此外，美國MIT推動新英格蘭創業訓練營(New England bootcamp)，透過一系列創業實務課程及活動，培訓IT人才成為主導下一世代替代能源企業的綠色創業家(green entrepreneurs)，亦足資借鏡。



五、簡化測試和認證程序

潔淨技術企業推出創新性技術，常因成本、缺乏測試設備或標準，或無法滿足現有標準等因素，而無法適時獲得績效驗證。政府提供測試和認證的程序應該更具創新友善性，才能加快潔淨技術企業新產品上市的時間。英國貿工部(DTI)和英國標準協會(BSI)合作²²，在較早期階段參與創新技術並利用快軌規範(fast-track specifications)，降低潔淨技術獲得認證的成本和時間負擔，是值得參考的作法。此外，英國標準協會積極建立再生材料的前置標準(pre-standards)，並推廣使用「公開可用規範」(Publicly Available Specifications, PAS)，以取代正式的標準，縮短測試及認證時間之作法，亦值得參考。

六、推動國際合作計畫

面對更加全球化的經濟環境，在潔淨技術創新領域，大型的國際研究計畫越來越普遍。以日本為例，日本和英國在2006年2月開始推動一項聯合研究計畫—經由永續發展邁向低碳社會的發展願景，探討各種技術和行為解決方案，以在2050年實現低碳社會，即是一個可供參考的作法。此外，國際能源機構(IEA)推動40項執行協議(Implementing Agreements)²³，開放給成員國和非成員國參加，協助各國政府或其他機構集合資源，開發潔淨能源關鍵

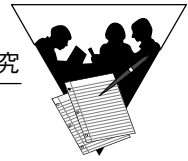
²² Forum for the future(2008), “Clean Capital : Financing clean technology firms in the UK,” 2008.

²³ OECD(2008),”Business, Eco-innovation and Globalization,” Policy Brief, July 2008.

新技術，如：碳捕獲和封存(CCS)、再生能源和氫燃料、最終使用技術(運輸、建築和工業)等，亦是可供參考的國際合作案例。

七、評估設立潔淨技術創業投資基金之可行性

根據中華民國創投公會的統計，2006年我國創業投資事業投資在污染防治(環保)工程、資源開發工業等潔淨技術領域的金額僅0.55億元，占當年創業投資金額157.45億元的0.35%，與美國潔淨技術占創業投資9.1%的比重，有很大的落差；我國創投業投資在潔淨技術的比重，若提高至美國的水準，融資缺口大約一年13.78億元，值得借鑑美國或英國的作法，包括：參考英國碳信託(Carbon Trust)補助創新育成中心搭配推動創業投資計畫，投資低碳技術新創事業之作法，利用政府與民間合作之模式，評估設立潔淨技術創業投資基金之可行作法，重點投資國內在幾年內具成本競爭力之潔淨技術。



參考文獻

1. 李科逸(2007),「國際推動綠色科技發展重要法制政策研析」, 科技法律透析, 2007年3月。
2. 李堅明(2007),「台灣溫室氣體減量政策國際比較與評估」, 工業污染防治, 2007年1月。
3. 林唐裕、吳再益、梁啟源(2006), 發展減溫產業之潛力及其對總體經濟之影響, 行政院經建會委託研究計畫。
4. 顧洋、申永順(2008), 因應地球溫暖化相關新產業發展趨勢及國際案例探討, 行政院經建會委託研究計畫。
5. Alison H. Partin(2008), “Greening State Government: Lead by Example Initiatives,” NGA Center for Best Practice, July 2008.
6. Cleantech Venture Network and E2(2007), Cleantech Venture Capital: How Public Policy Has Stimulated Private Investment, May 2007.
7. Cleantech Network(2007), “China Cleantech Venture Capital Investment Report,” 2007.
8. Ernst & Young (2008), “Comparative advantage and Green Business,” Commission from BERR(Department for business enterprise & regulatory reform), June 2008.
9. Forum for the future(2008),” Clean Capital : Financing clean technology firms in the UK,” 2008.
10. Makower, J., Pernick, R., & Wilder, C.(2008), “Clean Energy Trends 2008”, Clean Edge, March 2008.
11. NACEPT(2008), “EPA and the Venture Capital community: Building Bridges to Commercialize Technology”, The National Advisory Council for Environmental Policy and Technology (NACEPT), April 2008.
12. OECD(2008), “Business, Eco-innovation and Globalization,” Policy Brief, July 2008.
13. REN21(2008), “Renewables 2007 Global Status Report,” February 2008.
14. UNEP(2008), “Background paper on green jobs,” June 2008.

附表 我國重要的潔淨技術發展現況

清潔技術種類	發展現況
太陽能電池	— 目前台灣已有 70 餘家廠商投入，計有 16 家矽晶、10 家薄膜太陽電池廠，15 家模組廠，6 家矽晶圓廠；系統及應用產品廠商 20 餘家，具備上中下游完整產業鏈，極具發展太陽光電產業利基。
風力發電機	— 我國零組件廠商在葉片、齒輪箱、發電機、控制系統、電力轉換與輪殼鑄件等風力機零組件大致已具有一般產業技術能力，惟欠缺風力機市場切入與產品實績測試機會。 — 風力電場開發商有台灣電力公司、英華威公司、台灣輸送機械公司、台灣再生能源公司及永傳公司，具備風場組建工程能力者有漢翔公司、中興電工、冠西電子、星能公司及樂士電機等。
生質燃料	— 目前國內已核准生產生質柴油的廠商共有 5 家，尚有 1 家正在籌設中。台糖公司計劃在其三座甘蔗原料糖廠開始製造酒精燃料；味王在泰國興建酒精工廠，並在柬埔寨種植甘蔗與樹薯，可作為生質酒精的原料；味丹公司亦評估在越南生產高附加價值生質酒精。
燃料電池	— 異能科技擁有燃料電池關鍵元件量產技術—空氣電極；勝光科技開發簡單易用的 SOC 燃料電池模組；亞太燃料電池、真敏國際、台達電子、博研燃料電池，以及大同世界科技公司等，都積極投入質子交換膜燃料電池相關研發工作。
節能產業	— 國內業者主要投入小型空調設備、中央空調設備及系統技術、冷凍冷藏技術、關鍵零組件開發、冷凍空調空氣側技術以及冷媒發展及應用技術的發展。產業系統節能除提高各項設備的使用效率之外，亦可整合冷凍空調、壓縮空氣、熱能與燃燒、電力及照明、遠端監控與維護保養等，針對各設備進行傳動效率改善、系統監控、維護及調整、適當規格選擇，以及電力品質改善，以改善節能效果。 — 台灣 LED 照明產業中，在磊晶及晶粒崩裂製程，有色合新元砷、新品電、璨圓、華上等廠商；在封裝製程，有億光、鼎元、宏齊、東貝、佰鴻、立基、李洲等廠商。 — 在能源技術服務產業方面，中鋼已決定與工研院合作，成立「節約能源服務公司」(ESCO)，將對全國業界提供節能診斷及解決方案。 — 根據台灣能源技術服務產業發展協會調查，台灣能源技術服務產業 2005 年的產值只有新台幣 3.73 億元，2007 年達 12 億元，呈 4 倍成長，2008 年產值 18.2 億元，預估 2009 年產值 24.8 億元。

資料來源：本研究整理。