

溫室氣體管理專題

我國產業自願減量發展趨勢與現況

陳裕民*、張銘城*、王登楷**

摘 要

自 2005 年 2 月 16 日「京都議定書」生效，宣告正式邁入減碳新時代，已開發國家則率先訂定減碳目標，承擔減碳義務與歷史責任。我國為因應溫室氣體減量之全球議題，爰宣示對氣候變化綱要公約採無悔政策，以與國際接軌。

此外，於 2005 年溫室氣體減量法尚未通過之時，經濟部即與全國工業總會、鋼鐵業、石化業、造紙業、水泥業、人纖業、棉布印染業、絲綢印染業、複合材料業、半導體業及液晶顯示器業等 11 大產業公(協)會，簽署自願性二氧化碳排放減量協議，積極推動產業溫室氣體減量工作。而在產業與經濟部工業局共同努力下，自 2006 年至 2015 年間參與溫室氣體自願減量廠商，總計已投入新台幣 477 億元推動減量工作，共計執行 9,121 項減量措施，減少溫室氣體排放達 1,113 萬公噸 CO₂e，相當於節省能源 321 萬公秉油當量的斐然成效。

【關鍵字】溫室氣體、自願減量

*財團法人台灣綠色生產力基金會 工程師

**財團法人台灣綠色生產力基金會 經理

一、溫室氣體減量管理趨勢

因應氣候變遷問題，京都議定書於 2005 年 2 月 16 日生效，協議已開發國家在 2008 年至 2012 年間，溫室氣體排放量較 1990 年減少 5%。截至 2015 年，許多已開發國家皆未達成其減碳義務與責任。

為響應國際社會的期許，我國除於 2015 年 7 月公布施行「溫室氣體減量與管理法」(以下簡稱溫管法)，訂定減量目標為「2050 年溫室氣體排放量降為 2005 年溫室氣體排放量 50% 以下」；另於 2015 年 9 月完成「國家自定預期貢獻」(Intended Nationally Determined Contribution, INDC)規劃且對國際宣示，其目標為「2030 年溫室氣體排放量較 2005 年排放量再減 20%」。此外，行政院復於 2016 年 1 月 5 日通過「全國溫室氣體排放量以 2016 年回到 2014 年排放量為目標」，展現我國積極減碳之具體作為與期程。以下茲就巴黎氣候協定及我國溫管法簡要說明之。

(一)巴黎協定

2015 年底所召開的法國巴黎(Paris)氣候會議 COP21/CMP11 於 2015 年 12 月 12 日通過巴黎協定(Paris Agreement)，協定目標限制全球溫升於 2°C 以下(well below)，努力追求將溫升限制於 1.5°C，且各國應儘早達到溫室氣體排放峰值，並在 2050 年後達成全球溫室氣體排放總量為零(即人為溫室氣體排放與碳匯移除量〈如森林吸收、碳捕獲封存或利用〉總合為零)。協定中亦達成「共同但有區別的責任」之共識，即已開發國家將被要求一定得達成目標，中國、印度等開發中國家則被「鼓勵」達成目標。在資金運用方面，各國未來資金將流向符合溫室氣體低排放及氣候調適型發展的途徑，且已開發國家應提供基金予發展中國家以執行溫室氣體減緩與調適。

另在國家自定貢獻(Nationally Determined Contributions, NDC)方面，協定要求各締約國準備與提交後續 NDC，目前已有 184 國提出自 2020 年起的首個週期減排目標，且預計於 2023 年進行第一次全球總結，每經 5 年即進行一次報告，而各締約國應就總結之結果自主調整 NDC。

巴黎協定另一重大進展為強化國際合作，即各締約國可自願合作執行 NDC 之減緩及調適行動，未來亦將建立「國際減緩轉移成果(International Transferred Mitigation Outcomes, ITMOs)」機制，促進各國合作推動強化減緩與調適，並提供資金、技術移轉及能力建構，支援減緩與調適整合方法。

整體而言，巴黎協定對製造業的影響包括以下 3 點：

1. 巴黎協定預計 2050 年以後達到碳中和，但製造部門生產須使用能源，如欲達到碳中和目標，則須全面改變能源結構及生產製程，此係產業無法僅靠節電達成目標，猶須減少或不使用煤炭、燃料油及天然氣等化石能源配合。
2. 未來各國的資金將流向減緩與調適產業領域，如 29 位企業巨擘與 20 個國家宣佈成立「突破能源聯盟(Breakthrough Energy Coalition)」，規劃 5 年內挹注 200 億美元做為潔淨能源技術研發經費。
3. 巴黎協定中有關國家合作機制將於後續締約方會議中訂定，我國若有機會參與國際合作機制，則有助於降低國內減碳成本。
4. 巴黎協定雖未提及碳定價，但在決議的 137 段中提及非締約國利害關係者，國內政策及碳定價等工具則有助於激勵減排活動，故後續須關注由企業發起之「碳定價領導聯盟(Carbon Pricing Leadership Coalition)」的發展。

(二)溫室氣體減量及管理法

歷經 10 年審議，溫管法終於 2015 年 6 月 15 日三讀通過，並於同年 7 月 1 日公告施行。至此，我國正式邁入「減碳新紀元」。面對往後陸續訂定的施行細則及各項子法，本文僅就溫管法對製造業應關注之內容簡要說明。

1. 工業部門溫室氣體減量責任

溫管法通過後對製造業主要影響為溫室氣體減量目標入法，雖已設計彈性配套，授權行政院得適時調整該目標，然預估仍將增加我國減碳之壓力。鑒於工業部門推動節能減碳工作已久，為因應未來各部門之減量責任分配，要求減量責任應依循聯合國氣候變化綱要公約「共同但有區別的責任」及「經濟有效、最低成本」的基本精神而

6 我國產業自願減量發展趨勢與現況

非採「非齊頭」式分配減量，將為重要之訴求。

2. 總量管制

總量管制體制一旦建立，於報請行政院核定後即開始實施，且將由環保署公告納入總量管制之排放源與分階段排放總量目標。其中環保署得保留部分額度予新設或變更之排放源，並規定其採行最佳可行技術。

核配原則及核配量訂定將是總量管制前階段之重點研商內容。依溫管法基本原則，總量管制核配時應考量各行業貿易強度、管制成本等因素，避免碳洩漏影響全球減碳及國家整體競爭力。可預見的是，關於訂定事業核配額、核配方式、保留核配額、碳洩漏等，在考量成本效益、減量潛力、先期努力及是否為碳洩漏行業等，均將影響產業取得核配額度之權益。

3. 排放交易

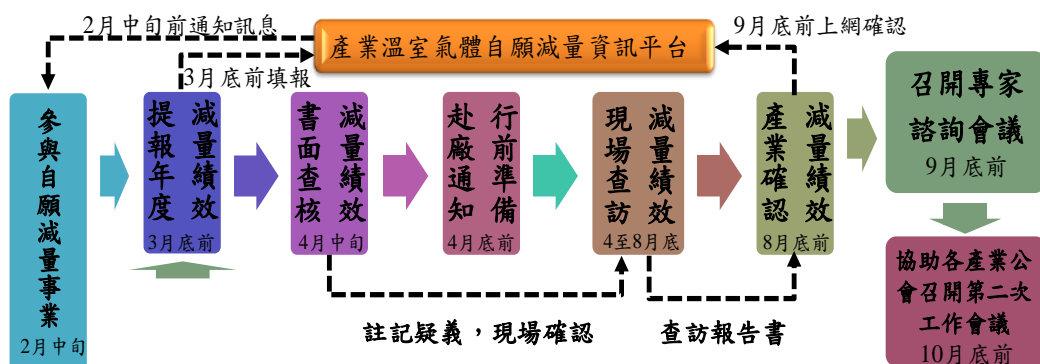
因應總量管制實施後排放源排放交易之需求，如需購買排放額度，目前溫管法提供來源有 3：(1)減量額度(credit)：包含來自先期專案、抵換專案、符合效能標準獎勵以及非總量管制排放源之自願減量(機制待訂)等 4 種機制下所核發之額度。(2)排放減量(allowance)：包含來自排放源實際排放量低於所得的核配量，及環保署自留核配量中之拍賣額度。(3)境外碳權：事業若以境外碳權扣抵，則應經環保署認可，且境外碳權比例不得超過核配額 10%。

二、產業溫室氣體自願減量績效

為響應國際社會的減碳期望，經濟部爰於溫管法尚未通過前，與全國工業總會及鋼鐵業、石化業、造紙業、水泥業、人纖業及棉布印染業等產業，簽署自願性溫室氣體排放減量協議，並建立產業溫室氣體自願減量機制以持續推動產業自主減量。茲就產業溫室氣體自願減量機制及歷年減量成果簡介如下。

(一) 產業溫室氣體自願減量機制

為提高各界對產業溫室氣體自願減量績效之可信度與公信力，經濟部工業局在兼顧「公開透明、正確性、一致性、可比較性與完整性」等原則下，建立符合可量測、可報告與可查證等要求之「產業溫室氣體自願減量查核指引」。其次，查訪結果彙整後亦須提送專家諮詢委員會以確認當年度減量績效；至於廠商則須確實建立操作紀錄與減量措施等佐證資料，俾供後續查驗。自願減量績效查核執行時程與流程如圖 1 所示。



(二) 溫室氣體減量執行成果

在各產業公(協)會及業者共同努力下，參與自願減量廠商自 2006 年至 2016 年總計執行 9,121 件減量措施，溫室氣體減量 1,113 萬公噸 CO₂e，共投入新台幣 477 億元推動減量工作，展現產業的減碳決心。

另分析由歷年各行業對減量措施之投資金額，自 2011 年起，每年投資成長約 8.3%，儘管年度投資金額仍高於歷年投資平均額之 40 億元，惟 2015 年國際油價、天然氣等能源價格下跌，影響廠商投資節能改善意願，致近年投資成長趨於平緩。

8 我國產業自願減量發展趨勢與現況

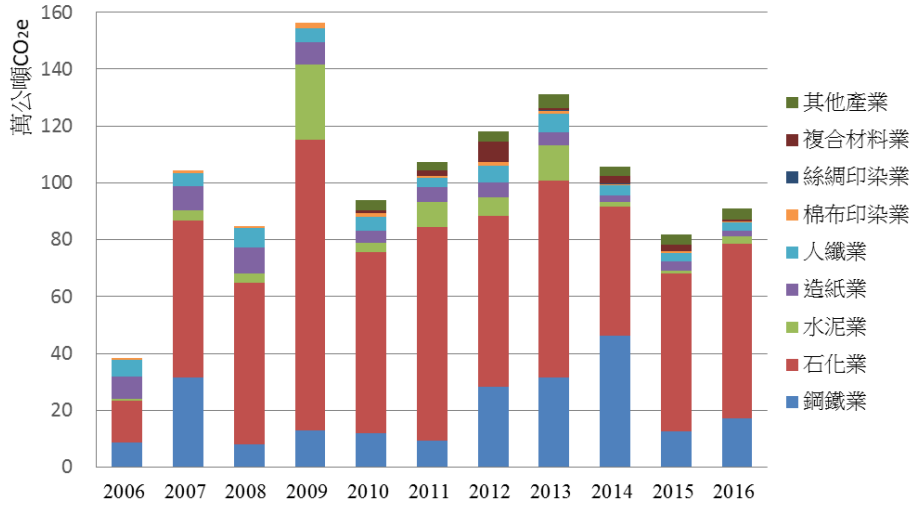


圖 2 2006 至 2016 年各產業自願減量績效

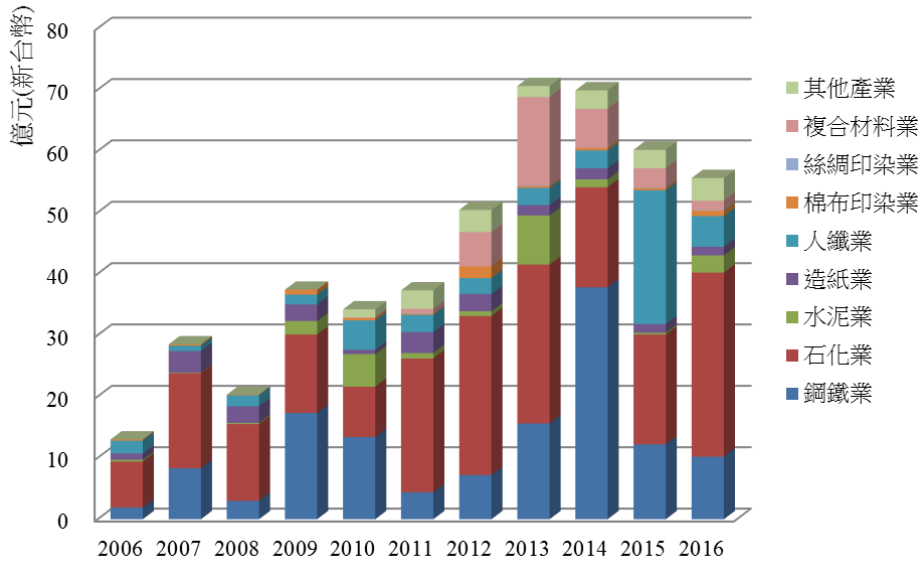


圖 3 2006 至 2016 年廠商執行自願減量投資金額

此外，產業溫室氣體自願減量績效亦由 2011 年 107.2 萬公噸 CO₂e 成長至 2013 年 131.0 萬公噸 CO₂e 後，即呈趨緩，2016 年度則僅 91.1 萬公噸 CO₂e。顯示產業減量工作推動逐漸面臨減量技術門檻、減量成本上升以及政府法規不明確等瓶頸，致使減量力度大減。

探討近 5 年(2012 年至 2016 年)產業溫室氣體年度減量績效(如圖 4)發現，產業歷年各類型能源類別貢獻之減量績效以燃料煤(41.9%)、燃料油(29.7%)及電力(15.6%)為前 3 大主要減量貢獻之能源類別。就燃料油部分而言，2006 至 2016 年雖占整體減量績效達 29.7%，然自 2012 年起，其貢獻之減量成效已由 66.1 萬公噸 CO₂e 逐年降為 2016 年的 14.7 萬公噸 CO₂e，歸結其原因包括製程汰舊換新、廢餘熱回收再利用與改換低碳燃料等。

另以產業別細分 2012 年至 2016 年減量績效來源發現，石化業貢獻居首，約占整體減量的 55.4%，其次為鋼鐵業 25.7%、水泥業占 4.6%，其中鋼鐵與石化兩行業溫室氣體減量貢獻已達 8 成(81.1%)，如圖 4 所示。以下依減量績效貢獻比例，分別介紹石化業、鋼鐵業與水泥業 2012 年至 2016 年之減量績效變化趨勢。

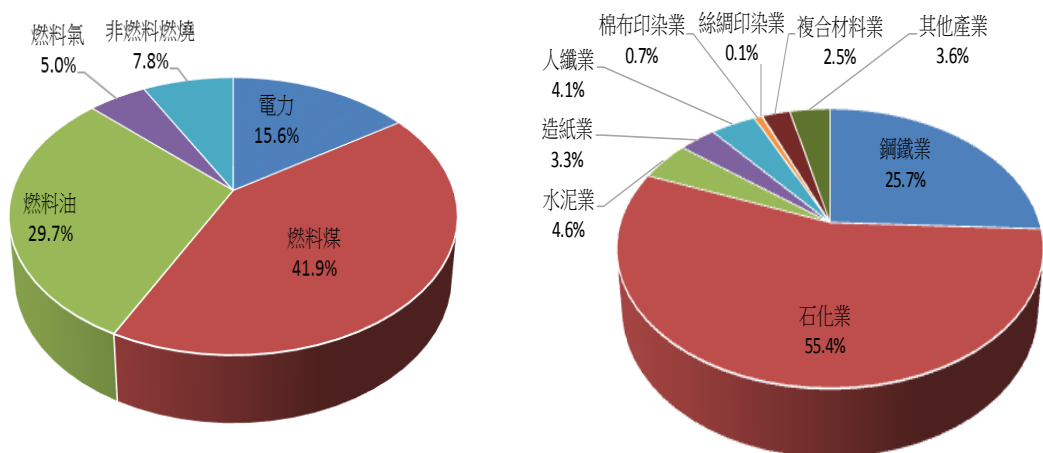


圖 4 2012 至 2016 年產業自願減量績效貢獻

10 我國產業自願減量發展趨勢與現況

1. 石化業

2012 年至 2016 年溫室氣體自願減量績效主要來自於石化業，總計減量績效為 291.7 萬公噸 CO₂e，年度平均減量績效約為 58.3 萬公噸 CO₂e，占 2012 年至 2016 年整體產業總減量績效的 55.4%。惟近年減量績效卻見趨緩，顯示石化業未來若無重大技術變革或以新廠取代舊廠，加上政府減碳誘因與減量政策未臻明確之情況下，石化業未來之自主減量績效，可能不再有顯著性增長，如圖 5 所示。

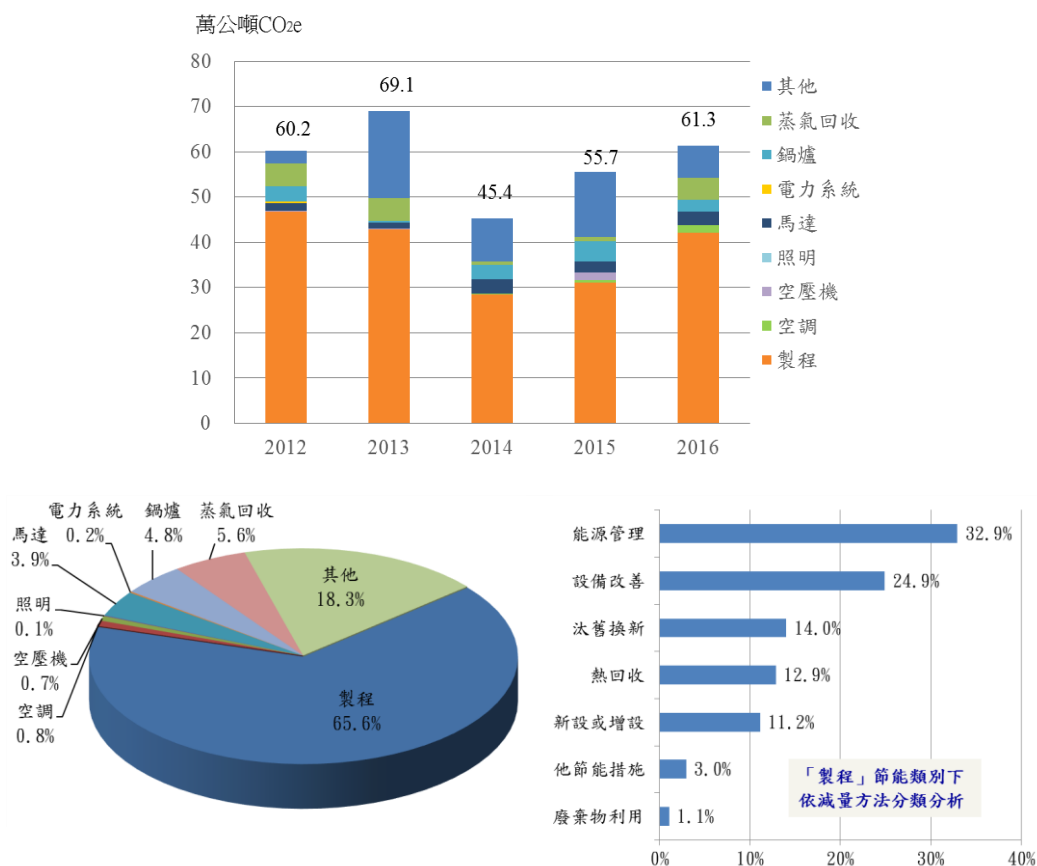


圖 5 2012 年至 2016 年石化業減量績效趨勢

其次，分析節能類別(製程、空調、空壓機、照明、馬達、電力系統、鍋爐、汽電共生系統、蒸氣回收及其他)得知，各年減量績效以「製程」類別改善之減量績效最具效果，惟近年亦趨於平緩；居次之減量績效貢獻為「其他」類別，占 18.3%，係指各類非傳統化石燃料產生之溫室氣體減量，如增設相關設備以破壞反應過程產生之 N₂O，達成減少溫室氣體排放的目的。

2. 鋼鐵業

鋼鐵業溫室氣體減量績效係由 2012 年起逐年增加，至 2014 年達到高峰之 46.2 萬公噸 CO₂e 後趨緩。分析減量績效變化原因主要在於，除持續投入資源進行減量外，亦逐步提升高爐燃燒效率，俾有效降低單位產品之能源耗用量，其減量成效如圖 6 所示。

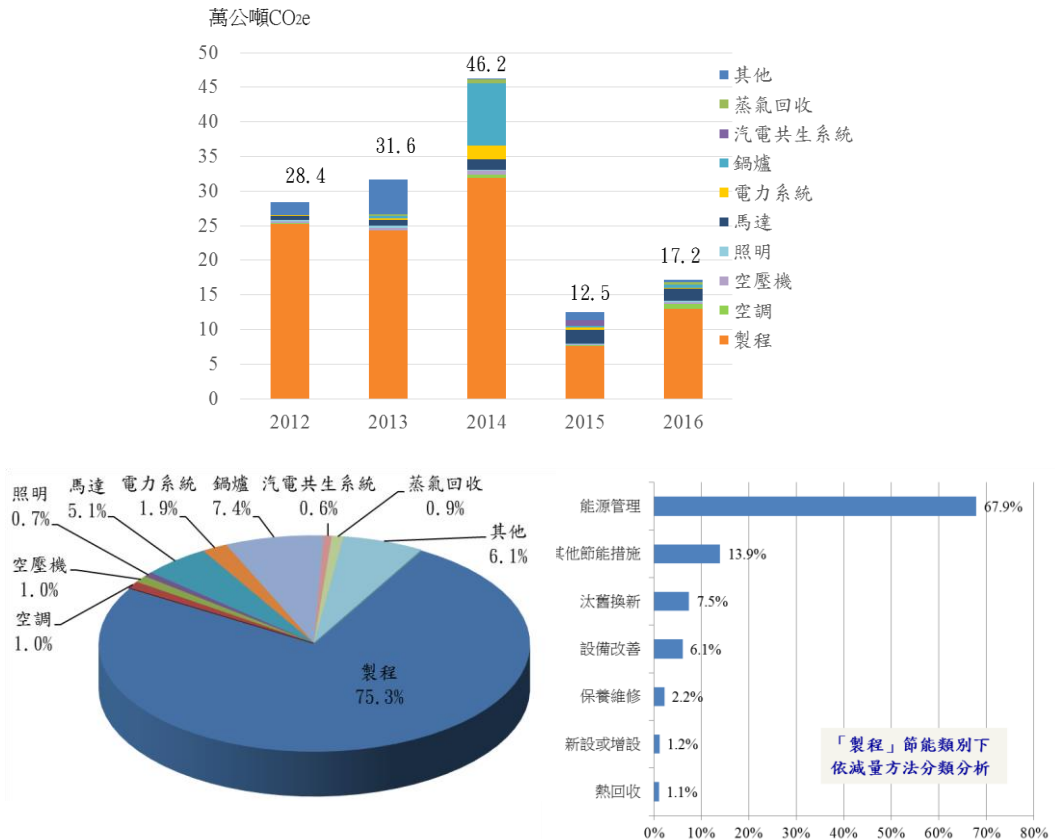


圖 6 2012 年至 2016 年鋼鐵業減量績效趨勢

12 我國產業自願減量發展趨勢與現況

3. 水泥業

分析水泥業 2012 年至 2016 年減量績效趨勢顯示(如圖 7),水泥業減量績效於 2013 年達到高峰後,即進入減量谷底期,2016 年之減量績效僅 2.6 萬公噸 CO₂e。此係因水泥業產線逐步外移、礦權到期終止等因素所致。2010 年國內尚有 19 座水泥旋窯,2016 年僅餘 15 座,此乃產線減少且整體水泥產業之產能逐年下降,致使減量空間限縮而降低減量績效。

就節能類別而言,減量績效主要集中於「製程」改善(占 82.2%),次為「其他」類別之 11.3%,其中以「水泥磨添加爐石粉或提高石灰石比例以取代熟料」為主要減量貢獻措施。

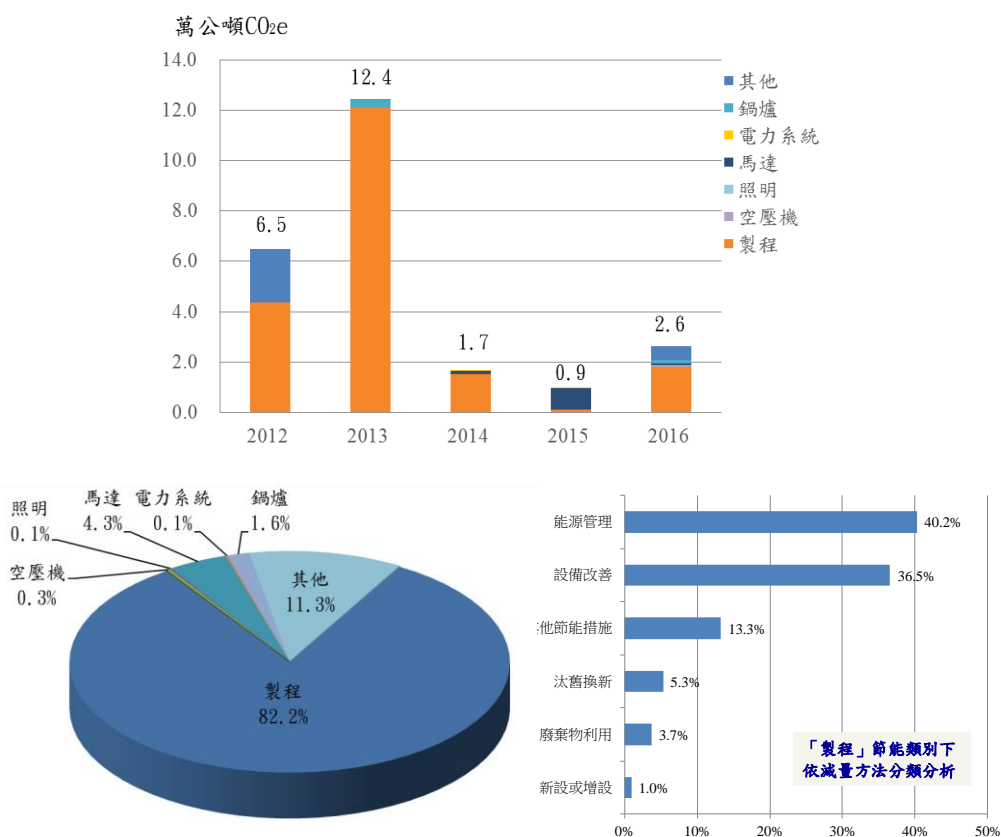


圖 7 2012 年至 2016 年水泥業減量績效趨勢

(三)產業溫室氣體自願減量投資

統計 2012 年至 2016 年減量投資成本得知，石化業投資 115.9 億元最多，依序為鋼鐵業投資 82.9 億元、人纖業 35.1 億元。以下分別說明石化業、鋼鐵業與人纖業 2012 年至 2016 年減量投資成本。

1. 石化業

比較 2012 年至 2016 年之石化業減量投資金額可知，2014 年起減量投資金額顯著滑落 2~3 成(如圖 8)。究其原因，或因 2014 年下半年原油價格大幅調降，致使諸多規劃推動之減量措施之經濟效益已不如預期；再者，高雄於同年中發生重大公安事件，造成我國石化產業部分減量投資計畫暫緩落實或將資金轉入公安領域所致。

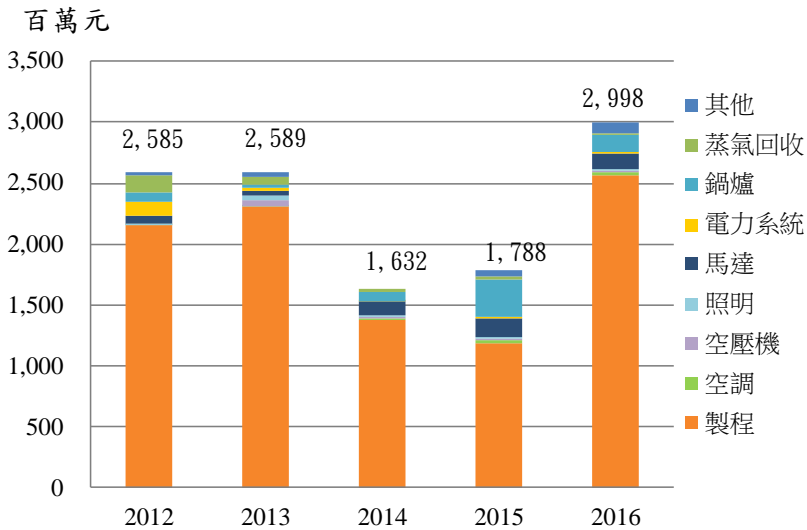


圖 8 2012 年至 2016 年石化業投資成本趨勢

14 我國產業自願減量發展趨勢與現況

2. 鋼鐵業

考量油與天然氣於 2011 年至 2014 年正處高檔，且燃料價格短期內難以調降，燃料成本勢為廠商長期營運之負擔，經評估後則以設備投資汰換具有實質效益，故業者於 2014 年投入鉅資汰換「製程」與「鍋爐」等相關設備(如圖 9)。惟於 2014 年下半年原油與天然氣價格大幅翻轉，國際鋼價亦於 2014 年持續下滑，連帶影響鋼鐵業廠商 2016 年的減量投資金額，鋼鐵業於 2016 年之減量績效因而降低。

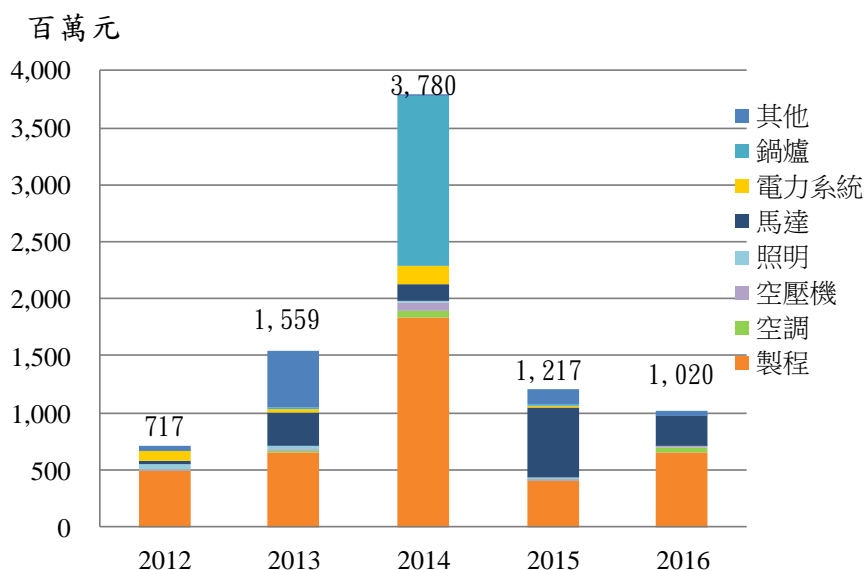


圖 9 2012 年至 2016 年鋼鐵業投資成本趨勢

3. 人纖業

人纖業於 2012 年至 2016 年之投資金額約為 35.1 億元，2015 年則因某廠商考量未來產業競爭力與產品持續精緻化等因素，故挹注新台幣 20 億元進行製程生產線汰換，以致當年度之投資減量資金迥異於其他年度(如圖 10)。

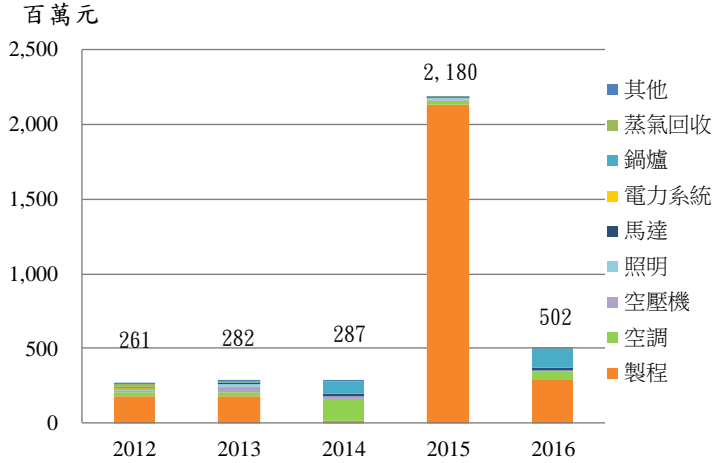


圖 10 2012 年至 2016 年人織業投資成本趨勢

(四)溫室氣體減量措施

歸納 2006 年至 2016 年溫室氣體減量執行成果與產業溫室氣體自願減量投資可發現，減量績效與投資金額不僅具有顯著相關性，同時減量成本亦呈現逐年上升之趨勢(如圖 11)。

有鑑於減量成本逐年增加，茲彙整各產業近年溫室氣體減量措施並研擬可行之溫室氣體減量措施如表 1 所示，以供各產業持續推動溫室氣體減量工作之參酌。

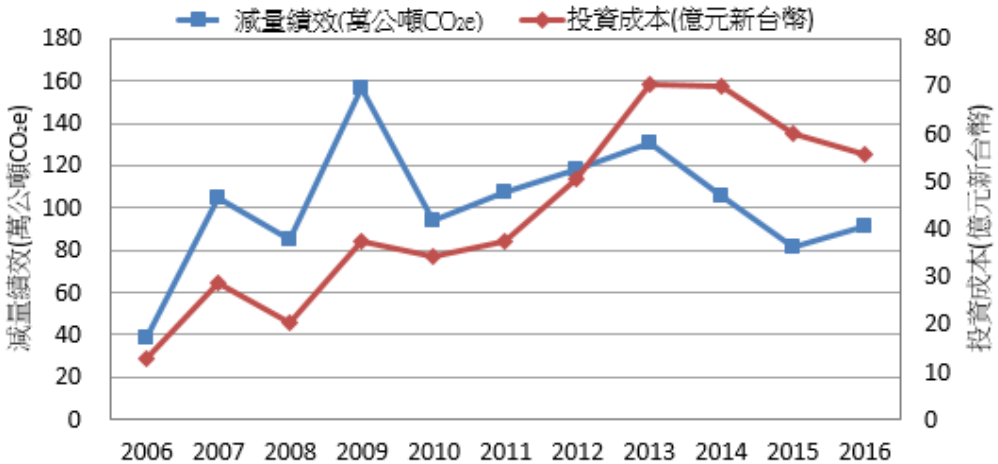


圖 11 產業投資金額及減量績效趨勢分析

16 我國產業自願減量發展趨勢與現況

表 1 各產業可執行之溫室氣體減量措施

行業	鋼鐵業 ¹	石化業 ¹	水泥業 ¹
減量措施	1.天然氣取代燃料油 2.廢熱回收 3.設備更新(爐體更新)	1.熱回收(過剩蒸汽、冷凝水、馬林酸酐製程) 2.廢熱回收 3.增設熱交換器 4.冷凝水熱能回收	1.以 RDF 替代燃料 2.水泥磨物料成分改善 3.水泥磨改善替代熟料 4.廢熱發電
行業	造紙業 ¹	人纖業 ¹	棉布印染業 ¹
減量措施	1.以 RDF 替代燃料 2.鍋爐管理 3.製程增加脫水作業以減少蒸氣用量	1.熱水熱能回收 2.空調改善	1.冬季引進外氣降溫 2.冷凍機改善
行業	絲綢印染業	複合材料業	各產業 ²
減量措施	1.廢熱回收 2.室外溫度 20°C 以下引進外氣 3.空調主機更新 4.改採燃木鍋爐	1.天然氣取代燃料油 2.耐火磚檢修	1.改採高效能馬達 2.馬達加裝變頻 3.照明改善 4.冷凍機改善

註：1.同行業中有多家廠商採用、溫室氣體減量績效達 2,500 公噸且節能效益達 500 萬元。

註：2.投資成本 50 萬元以下，適合各行業採行。

由表 1 可知，更換含碳量低的燃料係為多數產業之可行減量措施，亦即在相同熱值下，如以天然氣取代燃料，1 公秉約可減少 0.86 公噸二氧化碳，且改採低碳燃料亦可降低空氣污染物(如粒狀污染物，硫氧化物)之排放總量，有助於減少空污費支出。

三、未來推動產業減量策略

溫室效應屬一長期的全球性議題，且同時涉及經濟與環保領域，故不宜以短期操作解決長期問題。至於未來工業部門溫室氣體減量工作，將由以下方向進行：

1. 經濟部工業局已成立「溫管法產業因應小組」，規劃結合廠商及公協會，依行業別成立「因應溫室氣體減量工作小組」，針對製造部門減量潛力、減量成本、減量誘因及配套及衝擊影響等進行評估，充分考量「減量潛力與成本」、「過去減量努力」及「競爭對手國對產業的要求」，確保產業總量管制目標之合理訂定而得以最低成本達成溫室氣體減量。
2. 經濟部工業局依溫管法第 22 條規定規劃合理且具誘因之效能標準獎勵，以促進

主管機關儘速公告效能標準獎勵，擴大廠商申請減量額度途徑、促成減碳的有價化，以實質回饋激勵廠商持續推動減量工作。

3. 經濟部工業局依溫管法第 20 條規定，協助產業向主管機關爭取，將產業於總量管制實施前落實之減量績效，納為核配之參考因子。
4. 經濟部工業局將持續協助產業推動溫室氣體自願減量，鼓勵產業提升能源使用效率、降低產品或製程溫室氣體排放強度。

四、結語

我國於 2015 年巴黎第 21 屆全球氣候大會(COP21)，向國際宣示 2030 年溫室氣體排放承諾為 BAU 減量 50%(相當於我國 2005 年排放量再減 20%)目標，對國內產業而言不僅是一項嚴峻的挑戰，亦是產業之全新機會，亦即企業在推動自願減量過程中，可重新審視如何導入更高效率的節能減碳技術與設備、使用更潔淨的低碳能源，以及加速生產流程的升級轉型。就減量來源而言，企業可從能源管理、製程改善、汰舊換新、系統整合及熱能回收利用等面向，發掘節能潛力，甚至運用台灣 ICT 優勢，導入能源管理智慧化資通訊系統，以有效提升能源使用與製程生產效率，並透過契合工廠生產模式之資通訊技術應用於能源管理，發揮能源使用效率及製程之最佳化。

面對國內外減碳壓力，企業可積極將節能減碳與綠色環保思維，納入產品設計、生產、製造及廢棄物處理等環節，落實綠色管理與低碳生產，做好企業經營的全面綠化，以提升能源使用效率並減少溫室氣體排放，進而強化產業競爭力。

參考資料

林坤讓(2016)，國內外溫室氣體減量管制下製造業減量現況與因應，綠色生產力通訊，43 期，p. 7。

經濟部工業局，102-104 年度產業溫室氣體管理與調適計畫。