

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

工業部門邁向低碳產業結構之策略研究

**The Strategy Research on Industry Department
Moving Towards Low Carbon Industrial Structure**

計畫編號：1022001INER042

受委託機關(構)：財團法人台灣經濟研究院

計畫主持人：黃慧芬

聯絡電話：(02) 2586-5000

E-mail address：d31480@tier.org.tw

核研所聯絡人員：袁正達

報告日期：102 年 10 月 7 日

目錄

中文摘要	I
ABSTRACT.....	III
壹、計畫緣起與目的	1
一、研究背景	1
二、研究目的	2
三、工作執行時程	3
貳、研究方法與過程	5
一、研究方向	5
(一)研究架構.....	5
(二)各分項研究內容.....	6
(三)研究範疇.....	7
二、基礎資料分析	9
(一)能源基礎資料蒐集與分析.....	9
(二)經濟基礎資料蒐集與分析.....	40
(三)重要國家工業部門低碳策略.....	62
三、量化研究方法	71
(一)量化評估假設.....	72
(二)量化評估分析.....	93
(三)量化評估成果.....	104
參、主要發現與結論	117
一、工業部門現行面臨課題	117
(一)能源消費統計.....	117
(二)缺乏成本有效之減量途徑.....	118
(三)整廠改建.....	118
(四)製造業服務化.....	119

(五)再生能源的使用	119
(六)法規及能源稅推動	120
二、如何兼顧節能與經濟	120
(一)能源效率改善	120
(二)節能減碳與經濟發展(以 CCS 為例).....	121
(三)其他作為	122
三、相關配套措施建議	123
(一)能源稅及產業融資進行技術投資	123
(二)克服未來先進綠色技術推動瓶頸.....	124
(三)未來先進綠色技術配合政策風險評估.....	124
(四)行業別減量潛力空間評估	128
(五)產業結構優化評估	128
肆、參考文獻	129
附件一 使用來源資料分析及彙整	131
附件二 專家訪談紀錄	137
附件三 工作會議問題回覆	144
附件四 期中報告意見回覆	147
附件五 期末報告意見回覆	156

圖目錄

圖 1.1、本研究進度規劃與查核	3
圖 2.1、工業部門邁向低碳產業結構之策略研究流程圖	6
圖 2.2、研究範疇	8
圖 2.3、工業部門能源使用分析	14
圖 2.4、所有能源產品使用情形	16
圖 2.5、煤與煤產品使用情形	17
圖 2.6、石油產品使用情形	18
圖 2.7、電力使用情形	19
圖 2.8、天然氣使用情形	20
圖 2.9、生質能及廢棄物使用情形	20
圖 2.10、石化業能源使用情形	21
圖 2.11、鋼鐵業能源使用情形	22
圖 2.12、水泥業能源使用情形	23
圖 2.13、電子業能源使用情形	24
圖 2.14、造紙業能源使用情形	25
圖 2.15、紡織業能源使用情形	26
圖 2.16、石化業二氧化碳排放量變動及預測	29
圖 2.17、石化業能源消費變動及預測	30
圖 2.18、鋼鐵業二氧化碳排放量變動及預測	31
圖 2.19、鋼鐵業能源消費變動及預測	32
圖 2.20、水泥業二氧化碳排放量變動及預測	33
圖 2.21、水泥業能源消費變動及預測	34

圖 2.22、電子業二氧化碳排放量變動及預測	35
圖 2.23、電子業能源消費變動及預測	36
圖 2.24、造紙業二氧化碳排放量變動及預測	37
圖 2.25、造紙業能源消費變動及預測	38
圖 2.26、紡織業二氧化碳排放量變動及預測	39
圖 2.27、紡織業能源消費變動及預測	40
圖 2.28、台灣部門別經濟產業結構發展	43
圖 2.29、工業部門產值分析	44
圖 2.30、工業部門六大產業受僱人口比例	45
圖 2.31、石化業各業別產值現況	46
圖 2.32、石化業就業人口統計	46
圖 2.33、鋼鐵業各業別產值現況	47
圖 2.34、鋼鐵業就業人口統計	48
圖 2.35、水泥業各業別產值現況	49
圖 2.36、水泥業就業人口統計	49
圖 2.37、電子業各業別產值現況	50
圖 2.39、造紙業各業別產值現況	52
圖 2.40、造紙業就業人口統計	52
圖 2.41、紡織業各業別產值現況	53
圖 2.42、紡織業就業人口統計	54
圖 2.43、整體流程規劃	71
圖 2.44、2012 年 IEA 減碳規劃	72
圖 2.45、環保署 CCS 推動策略聯盟架構圖	73
圖 2.46、產業關聯表(生產者價格交易表)示意圖	82

圖 2.47、GDP 未來年預測值	83
圖 2.48、國內生產總額預測值	83
圖 2.49、淨最終需要預測值	84
圖 2.50、減碳量和減碳成本之運算邏輯	85
圖 2.51、豐富圖	86
圖 2.52、「燃燒後捕集設備」裝設位置示意圖	88
圖 2.53、「燃燒後捕集設備」系統設計示意圖	90
圖 2.54、鋼鐵廠「燃燒後捕集設備」未來年造價推估	92
圖 2.55、工業部門「燃燒後捕集設備」未來年造價推估	93
圖 2.56、國內 EPC 與國外 EPC 費用關係模型	96
圖 2.57、鋼鐵廠 CO ₂ 捕捉系統總體固定投資費用	97
圖 2.58、以醇胺為吸收劑的製程工程分項清單	98
圖 2.59、工業部門燃燒後捕集設備費用預估	103
圖 2.60、工業部門採用「燃燒後捕集設備」後所有產業 GDP 增額	106
圖 2.61、工業部門採用「燃燒後捕集設備」後國內 GDP	108
圖 2.62、OECD 脫鈎模式	109
圖 2.63、CO ₂ 脫鈎分析(OECD 模式)	110
圖 2.64、CO ₂ 脫鈎分析(JUKNYS 模式)	111
圖 2.65、製造業產業結構優化分析	115
圖 2.66、產業結構優化分析	116
圖 3.1、精碳材料關聯示意圖	123
圖 3.2、未來先進綠色技術執行流程	124

表目錄

表 1.1、工作執行進度	4
表 2.1、來源資料各業別分類界定	10
表 2.2、未來年預測量化結果的設定條件及定義	27
表 2.3、重要國家產業結構分析	41
表 2.4、國內外工業部門產業生態及市場潛力	56
表 2.5、各國節能減碳目標與其因應的產業調整策略	63
表 2.6、未來先進綠色技術比較	74
表 2.7、CCS 參數假設(後續評估燃燒後捕集設備的造價費用使用)	90
表 2.8、未來年預測之量化結果彙整	94
表 2.9、設計負荷量	95
表 2.10、煙道氣組成	95
表 2.11、中間投入國產/進口結構	99
表 2.12、製程工程分項清單及中間投入國產、進口結構	100
表 2.13、假設的參數估算結果	102
表 2.14、2030 年工業部門燃燒後捕集設備成本結構	104
表 2.15、工業部門採「燃燒後捕集設備」後所有產業最終需要增量	105
表 2.16、工業部門採用「燃燒後捕集設備」後的所有產業供給增量	106
表 2.17、製造業產值增加量分析	113
表 3.1、CCS 政策風險評估	126

中文摘要

工業部門在我國經濟發展中扮演相當重要的角色，如何在兼顧經濟發展及環境保護的情況下，透過產業結構的調整，以關鍵技術提升產業附加價值，推動產業低能耗與低碳化，進而達到經濟發展與溫室氣體排放脫鉤，成為工業部門未來持續發展的重要議題。

然而，產業結構的調整須審慎檢視現有產業的重要性與彼此間的關聯程度，進而評估我國的產業規模、技術能量、轉型契機、國內外產業生態及市場潛力，並進行對於能源消費需求抑低的量化評估，最後提出有助於我國工業部門達成低碳經濟目標之產業結構調整方向與建議。

綜觀幾個先進國家，其工業部門產業調整策略上主要在減碳技術的改進及研發、搭配具經濟誘因的法令政策實行。依據本研究結果，以下將提出說明我國工業部門調整策略與建議。

一、克服未來先進綠色技術推動瓶頸

工業部門在推動未來先進綠色技術上，主要在產生副產品時，如何有效處理，或在技術開發的同時，需更深入的去評估及研究，確保未來不會因為開發未來先進綠色技術，衍生出更多且更難解決的問題。

二、未來先進綠色技術配合政策風險評估

工業部門在推動未來先進綠色技術上，尚需配合政府的政策方向、考量是否產生副產品進而對環境造成影響、產業經濟效益等整體面的問題，若對於未來先進綠色技術有先期完善的政策風險評估，將能有效降低推動瓶頸、簡化繁瑣的發展途徑。

三、評估行業別減碳潛力空間

瞭解國內製造業溫室氣體排放概況，以掌握產業排放情形，藉由產業減量數據、產品排放強度資料，並參酌業界建議，評估國內主要耗能產業未來之減量空間，作為規劃產業結構調整之參考。

四、產業結構優化評估

(一)工業部門在未來的節能減碳上，將會著重於發展先進綠色技術、製程技術上的優化改善、再生能源的使用等，因此，不同的節能減碳方式，均會影響工業部門產業產值的表現，而其產業產值結構占比的結果可能不同。

(二)工業部門產業結構優化主要目的，是希望達成高值化與低碳化的訴求，然其非調整產業產值結構比例即可達成設定的目標。其中，須考量整體政策走向、不同減碳技術對環境的影響、不同減碳技術對產業結構的影響、減碳技術的瓶頸、各產業減量潛力空間、產業成本與經濟效益等問題，經過綜合性的評估後，再進一步調整產業結構占比，如此將不會忽略個別產業價值創造的表現，亦達成工業部門邁向低碳產業結構的需求。

(三)建議持續針對工業部門邁向低碳產業結構進行相關研究，以本年度所建立的評估方法，探討低碳產業結構發展的途徑，並搭配產業的實際訪談，以研擬相關策略與方案，規劃符合實際情況、有效的低碳產業結構發展藍圖。

Abstract

The industrial sector which play a very important role in Taiwan's economic development. How to balance economic development and environmental protection? Through the adjustment of industrial structure, crucial technologies to enhance the value added in industries, promote low energy consumption and low carbon industry, thus achieving economic development and greenhouse gas emissions decoupled, which become an important issue of the sustainable future of the industrial sector.

However, the adjustment of industrial structure should carefully review the existing importance of industries and the degree of association between each other, further assessment of Taiwan's industrial scale, power of technologies, opportunities of transformation, and domestic and foreign industrial ecology and market potential. Finally proposed the direction and recommendations of Taiwan's industrial sector which will help to achieve low-carbon economy of the industrial structure of the target.

Looking at several advanced countries, the industrial sectors, mainly in the carbon reduction technologies improved, research and development of industrial adjustment strategies. According to the present results, the following description will be made of Taiwan's industrial sectors to adjust strategies and recommendations.

1. To promote overcome bottlenecks of advanced green technologies in the future

To promote advanced green technologies in the future, When generating byproducts, how to effectively deal ? To ensure the development of advanced green technologies would not derived

harder to solve the environmental problem.

2. Advanced green technologies with the risk assessment of policy

To promote advanced green technologies in the future, must to comply with the policy direction of government, considered whether to generate byproducts, industrial economies etc. which such as the overall issues. If there is pre-established policy of the risk assessment of policy for the future of advanced green technologies, it would be reduced bottlenecks of promotion effectively and develop ways to simplify the cumbersome.

3. Assessment of carbon reduction potential of industries

Understanding of greenhouse gas emissions in the domestic manufacturing sectors, in order to grasp industrial emissions situation, through carbon reduction data of industries, emission intensity data of products, and reference to proposes from industries, assess the abatement potential of the main energy-consuming industries in the future, as industrial restructuring plan for the reference.

4. Assessment of industrial structure optimization

(1) Different ways of saving energy and reducing carbon, it will affect the performance of the industrial output value of the industrial sectors, and industrial output value of structure accounted for the different results.

(2) The main purpose of the industrial structure optimization of industrial sectors which hope to reach aspirations of high-value and low-carbon, but it is not just adjust the proportion of industrial output value structure to reach the goals, which must be to consider overall policy direction, effect of different carbon reduction technologies on the environment, effect of different

carbon reduction technologies on industry structure, bottlenecks in carbon reduction technologies, reduction potential of various industries, industries and economic costs etc.. After comprehensive assessment, further adjust the industrial structure proportion, this will not ignore the value creation performance of individual industries, and reached low-carbon industrial structure towards the needs.

- (3) Continued research is recommended for the industrial sector towards low-carbon industrial structure, in the established assessment methods, explore ways to the development of low-carbon industrial structure, and actual interviews with industries, to develop relevant strategies and programs, establish realistic planning, and effective low-carbon industrial structure development blueprint.

壹、計畫緣起與目的

歷年來工業部門在我國經濟發展中扮演相當重要的角色，以 2010 年為例，我國工業部門的最終能源消費量佔全國總能源消費量的 57.8%，二氧化碳排放量達到 122,956 千公噸 CO₂，佔全國總排放量的 48.3%。現階段，我國人均 CO₂ 排放量已高於許多先進國家，政府為此特別訂立節能減碳目標，規劃未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上，並藉由技術突破及配套措施，於 2025 年下降 50% 以上。

此外，訂定全國二氧化碳排放量於 2020 年回到 2005 年水準，於 2025 年回到 2000 年水準。如何在兼顧經濟發展及環境保護的情況下，透過產業結構的調整，以關鍵技術提升產業附加價值，推動產業低能耗與低碳化，進而達到經濟發展與溫室氣體排放脫鉤，成為工業部門未來持續發展的重要議題。然而產業結構的調整須審慎檢視現有產業的重要性與彼此間的關聯程度，進而評估我國的產業規模、技術能量、轉型契機、國內外產業生態及市場潛力，並進行對於能源消費需求抑低的量化評估，最後提出有助於我國工業部門達成低碳經濟目標之產業結構調整方向與建議。

一、研究背景

各先進國家與開發中國家在第 15 屆於哥本哈根所舉行之聯合國氣候變遷會議(COP15)中已就氣候變遷問題達成共同認知，確立「致力減少碳排放，將全球平均溫度控制在工業化前 2 °C 以內的水準」為共同努力之長期目標，因此面對未來國際間的對二氧化碳排放可能採取的制約措施，節能減碳勢在必行。

但在這一波溫室氣體排放減量的浪潮中，人類目前正在追求經

濟發展及環境保護兩者兼顧，其中，能源需求是主要造成二氧化碳超量排放的主因，因此各國皆以降低石化燃料發電，並增加乾淨能源的方向來邁進。但再生能源成長的幅度有限，其發電成本目前也較為昂貴，如此一來，傳統高耗能產業勢必面對能源成本增加，以造成獲利下降等問題。而相對於傳統高耗能產業，再生能源產業卻因此而有了新的契機，因為再生能源需求增加，而使該產業正以極快的速度在發展。

我國政府清楚地了解，除了擴大推動再生能源的使用外，仍必須透過產業結構的調整，以關鍵技術提升產業附加價值，並推動產業低能耗與低碳化，進而達到經濟發展與溫室氣體排放脫鉤。因此工業部門未來要如何持續永續發展，將成為當前政府最為重要之議題，因產業結構的調整須審慎檢視現有產業的重要性與彼此間的關聯程度，並評估我國的產業規模、技術能量、轉型契機、國內外產業生態及市場潛力，最後對於能源消費需求抑低的量化評估，才能審慎的訂定我國工業部門達成低碳經濟目標之產業結構調整方向。

二、研究目的

本研究以各國產業發展歷程與經濟發展趨勢、台灣產業經濟現況為基礎，探討我國主要產業技術能量與未來發展趨勢，並建立一套供我國未來規劃工業部門達成低碳經濟目標之產業結構調整時，可以實際應用參考依據之預測方法。

為探討工業部門採用未來先進綠色技術或設備後，其對經濟發展、能源供需變化以及環境效益等影響，本研究著手調查和編製先進綠色技術或設備的投入產出結構，並將與主計處所公布之產業關聯表相結合，以利進行產業關聯相關分析與經濟效果分析。

進一步研擬量化評估產業結構調整前後，對國內各產業產值、能源需求及溫室氣體排放的變化，與對國內 GDP 等經濟活動的影響。

三、工作執行時程

本研究進度規劃與查核，分為四個階段，包括：規劃與資料蒐集、設備拆解資料預處理、衝擊及修正、研擬調適策略與建議。詳見圖 1 及表 1 所示。

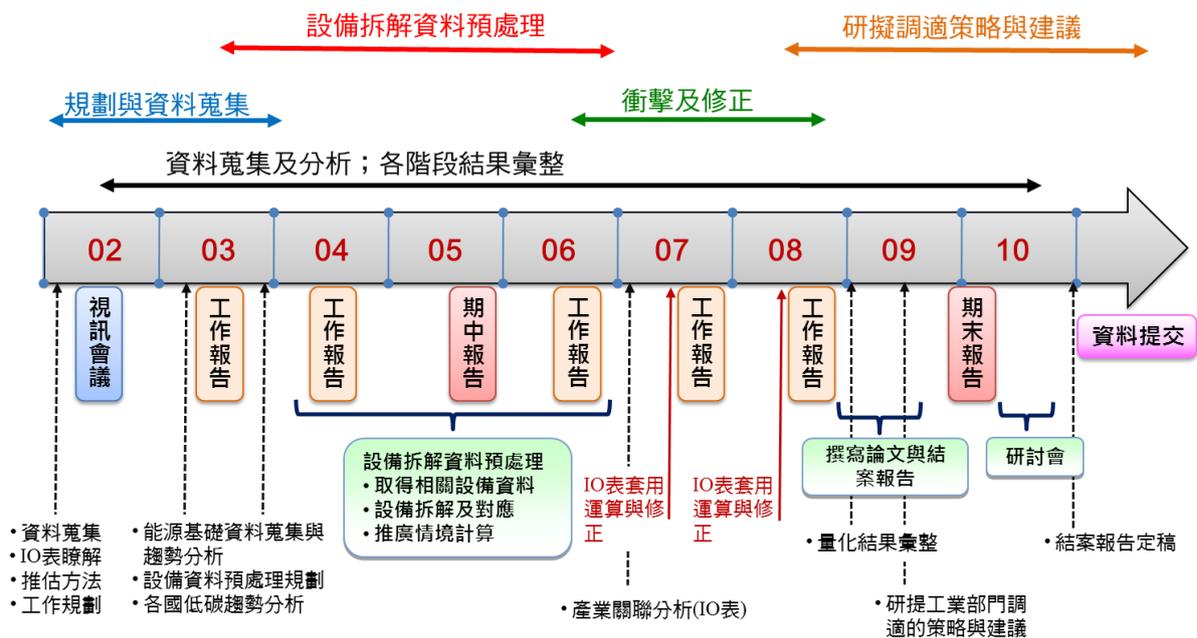


圖 1.1、本研究進度規劃與查核

表 1.1、工作執行進度

工作項目	月份	期中審查					期末審查					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. 能源的基礎分析資料蒐集與分析												
(1-1) 分析我國高耗能及高科技產業歷年能源消費趨勢		■	■	■								
(1-2) 分析我國高耗能及高科技溫室氣體排放變動		■	■	■								
(1-3) 工業部門經濟基礎數據蒐集與分析		■	■	■								
(1-4) 高耗能業基礎數據蒐集與整理		■	■	■								
(1-5) 高科技業基礎數據蒐集與整理		■	■	■								
(1-6) 國內外工業部門產業生態及市場潛力		■	■	■	■							
(1-7) 工業部門產業調整關連度分析			■	■	■							
2. 長期趨勢預測及評估方法的建立												
(2-1) 工業低碳需求量化評估的文獻整理討論		■	■									
(2-2) 建立工業部門產業能源需求分析			■	■	■	■						
(2-3) 建立工業部門產業溫室氣體減量成本分析		■	■	■		■	■	■				
3. 研提工業部門調整的策略與建議												
(3-1) 各國工業部門低碳趨勢分析			■	■	■		■	■	■			
(3-2) 我國工業部門低碳化契機與障礙							■	■	■			
(3-3) 推估工業部門能源消費需求抑低的量化評估							■	■	■	■		
(3-4) 量化評估產業結構調整前後之影響							■	■	■	■		
(3-5) 辦理主題性研討會										■		
(3-6) 撰寫國內論文與結案報告								■	■	■		
(3-7) 報告審查與修改										■		
累積工作進度估計		20%		50%			80%			100%		

■ 規劃進度 ■ 實際完成

期中審查：2013.05.16

辦理主題性研討會：2013.10.15

期末審查：2013.10.07

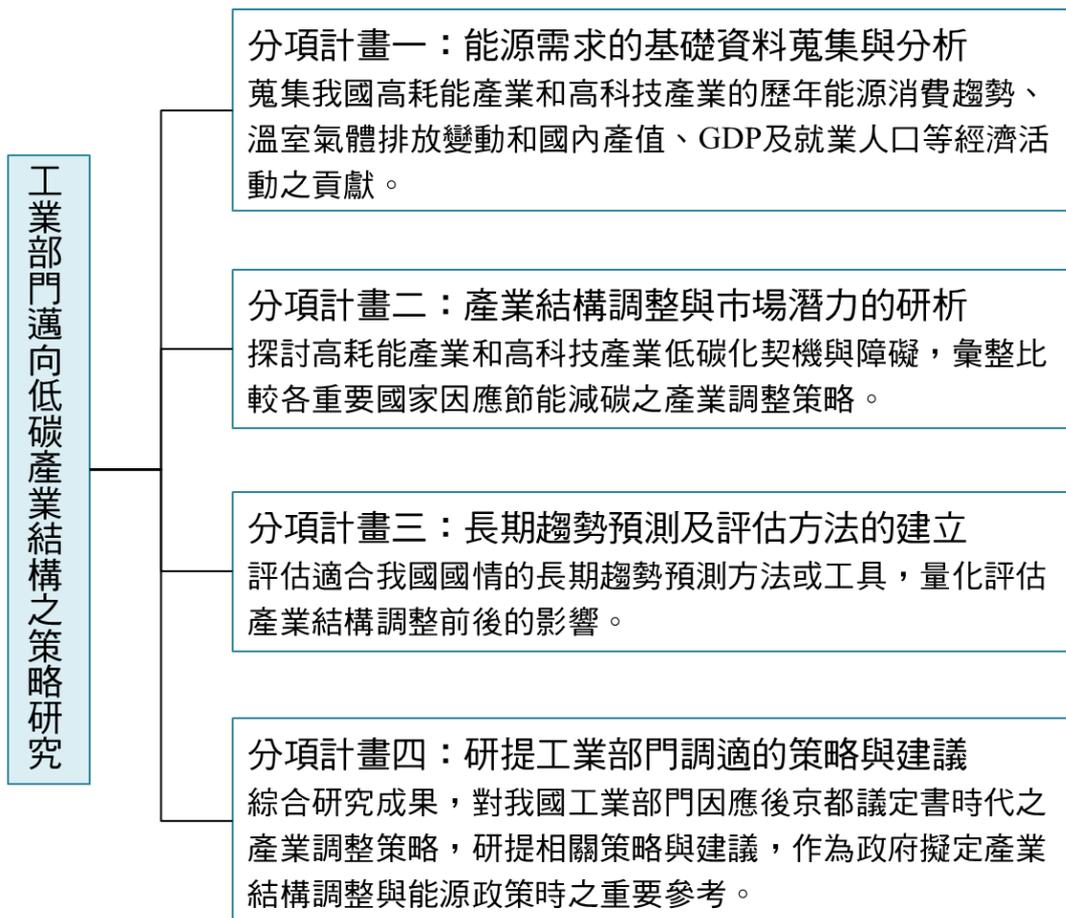
貳、研究方法與過程

本研究將藉由分析我國高耗能產業和高科技產業的發展和走向，蒐集產業能源需求及溫室氣體排放、產業轉型契機、國內外因應節能減碳之產業調整策略等相關資料，透過資料蒐集與研討會，研析我國現階段及未來產業結構及規模，與其技術能量和市場潛力的鏈結，將這些資料做為長期趨勢預測評估工具的情境設定，進而研擬能源消費需求抑低的量化評估，提出有助於我國工業部門達成低碳經濟目標之產業結構調整方向的策略與建議。

一、研究方向

(一)研究架構

本研究將主要工作劃分為「能源需求的基礎資料蒐集與分析」、「產業結構調整與市場潛力的研析」、「長期趨勢預測及評估方法的建立」、「研提工業部門調適的策略與建議」四大分項。詳細研究架構如圖 2.1 所示。



資料來源：本研究繪製

圖 2.1、工業部門邁向低碳產業結構之策略研究流程圖

(二)各分項研究內容

1.分項計畫一：能源需求的基礎資料蒐集與分析

在進行產業結構調整策略之前，需先對我國高耗能和高科技產業的發展歷程與產業結構加以掌握，進一步針對能源需求、能源密集度與 GDP 之間的關係與趨勢、能源需求與溫室氣體排放探討和分析。

2.分項計畫二：產業結構調整與市場潛力的研析

研析我國工業部門中各業別的排碳潛力，做為我國因應節能減碳之產業調整策略的依據，蒐集並彙整比較各國包

括：台灣、日本、韓國、英國、德國、美國等國家之節能減碳目標與高耗能產業調整策略，做為我國工業部門產業結構調整之參考。

3.分項計畫三：長期趨勢預測及評估方法的建立

評估適合我國國情的長期趨勢預測方法或工具，研析相關產業關聯性及彼此之間的影响程度，進一步量化評估產業結構調整前後的影響。

4.分項計畫四：研提工業部門調適的策略與建議

為有效抑制工業部門溫室氣體排放，需推動產業結構朝向低碳化及高值化轉型，並提升生產設備之能源效率。研提高耗能和高科技產業，分別在其產業結構調整及節能減碳的推動方式與作法。

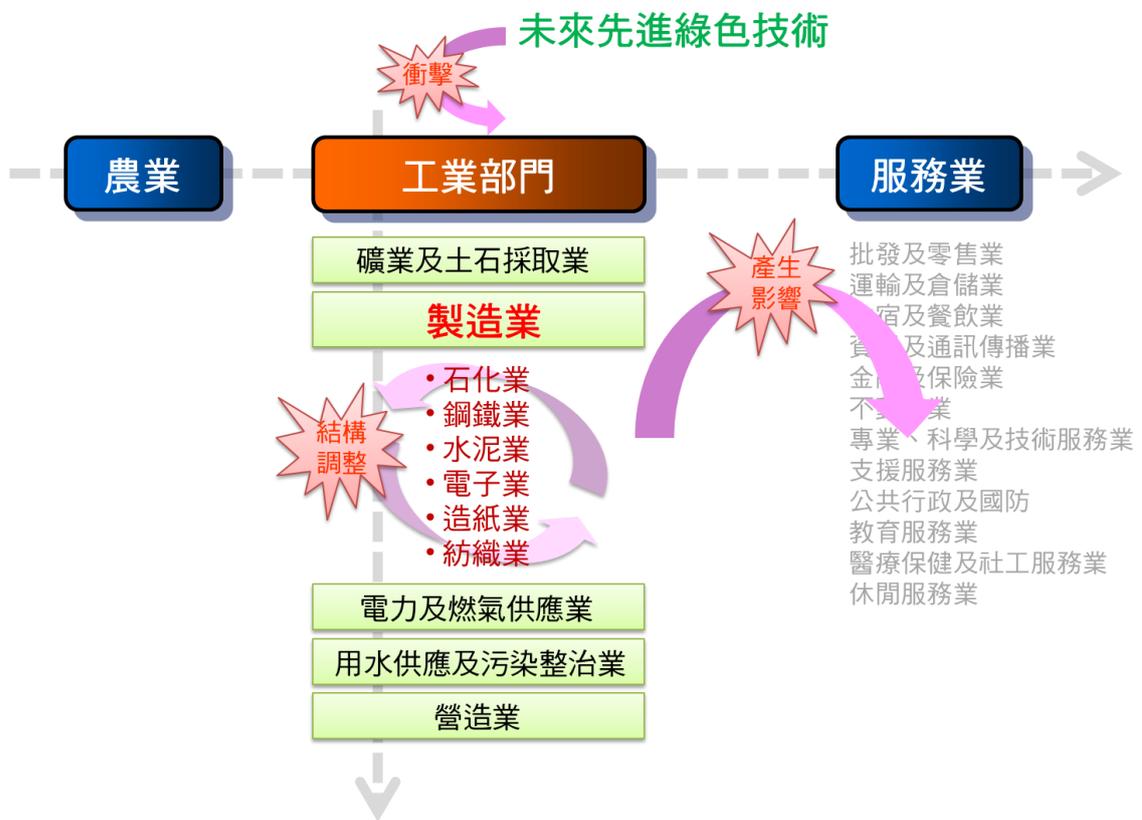
(三)研究範疇

整體產業結構，可由「水平」和「垂直」兩方面來看。水平式的產業結構，如傳統產業(水泥、造紙、紡織)及高科技產業(電子電機、資訊)，可透過客製化研發、異業整合、衍生性服務等，轉型為製造業服務化；垂直式的產業結構，如基礎產業(石化、鋼鐵)，因受限於土地及水資源等環境資源限制，可將價值鏈往中下游延伸並朝高值化產品發展。

本研究依據上述概念，定義出研究範疇，探討當工業部門投入未來先進綠色技術後，其所造成的衝擊影響。在垂直面向，工業部門包括了礦業及土石採取業、製造業、電力及燃氣供應業、用水供應及污染整治業、營造業，其中以製造業為主，而製造業包括了石化、鋼鐵、水泥、電子、造紙、紡織等高耗

能及高科技產業，需探討製造業未來採用先進綠色技術後，其產業結構調整的變化，並進一步與經濟部規劃目標加以討論、比較。

在水平面向，因工業部門採用未來先進綠色技術，所以產生了相關的服務，因此需探討產業間的關聯和影響，即服務業和製造業在未來先進綠色技術衝擊後的結構變化。有關整體研究範疇，詳圖 2.2 所示。



資料來源：本研究繪製

圖 2.2、研究範疇

二、基礎資料分析

(一)能源基礎資料蒐集與分析

本研究以能源結構分析和未來年趨勢預測，加以分別討論。在能源結構分析方面，需由歷史資料，統計分析其「電力」和「非電力」的能源消費結構占比；在未來年趨勢預測方面，以模型預測 2015、2020、2025、2030 年的能源總消費量和 CO₂ 排放變動趨勢。

拆成此兩部份分析的原因，主要是在未來年趨勢預測方面，模型沒有較詳細的能源消費結構占比的預測，僅針對總消費量，因此需藉由歷史資料瞭解製造業各業別能源產品使用情況，而未來年 CO₂ 排放的預測，則需靠模型模擬預測，以供後續研究分析應用。

1.能源結構分析

為求資料蒐集的一致性及計算的準確性，本研究先清楚界定能源消費資料的各業別分類、統計產值現況和就業人口各業別分類，可參考對應表，如表 2.1 所示。其中，石化業包含業別有化學材料、化學製品、橡膠製品、塑膠製品，因考量石化煉油業亦有非少量能源使用的情形，因此，本研究中另外納入石化煉油業一併做計算分析。

表 2.1、來源資料各業別分類界定

分析項目	能源消費	產值現況	就業人口	成本結構
來源資料	能源平衡表	經濟部統計處 行業別	受僱員工動向調查報告統計表	產業關聯表
水泥	水泥業	(2331)水泥製造業 (2332)預拌混凝土製造業 (2333)水泥製品製造業 (2392)石灰製造業	非金屬礦物製品製造業	(067)水泥 (068)水泥製品 (06990) 其他非金屬礦物製品
石化	石化煉油 化學材料 化學製品 橡膠製品 塑膠製品	(17)石油及煤製品製造業 (18)化學材料製造業 (19)化學製品製造業 (21)橡膠製品製造業 (22)塑膠製品製造業	石油及煤製品製造業 化學材料製造業 化學製品製造業 橡膠製品製造業 塑膠製品製造業	(049)石油煉製品 (050)焦炭及煤製品 (051)基本化學材料 (052)石油化工原料 (053)化學肥料 (054)塑膠(合成樹脂) (055)合成橡膠 (056)合成纖維 (057)其他人造纖維 (058)農藥及環境衛生用藥 (059)塗料、染料及顏料 (060)清潔用品及化粧品

分析項目	能源消費	產值現況	就業人口	成本結構
來源資料	能源平衡表	經濟部統計處 行業別	受僱員工動向調查報告統計表	產業關聯表
				(061)其他化學製品 (063)橡膠製品 (064)塑膠製品
造紙	造紙業	(1511)紙漿製造業 (1512)紙張製造業 (1513)紙板製造業 (1520)紙容器製造業 (1591)家庭及衛生用紙製造業 (1599)未分類其他紙製品製造業	紙漿、紙及紙製品製造業	(046)紙漿及紙 (047)紙製品
紡織	紡織業	紡紗業 織布業 成衣及服飾品製造業 不織布及其他紡織品業	紡織業 成衣及服飾品製造業	(031)棉及棉紡織品 (032)毛及毛紡織品 (033)人造纖維及玻璃纖維紡織品 (034)針織布 (035)其他紡織品 (036)印染整理 (037)梭織成衣 (038)針織成衣 (039)紡織服飾品
電子	電腦通信及視聽 電子產品業	(26)電子零組件製造業 (27)電腦、電子產品	電子零組件製造業 電腦、電子產品及光學	(079)半導體 (080)光電材料及元件

分析項目	能源消費	產值現況	就業人口	成本結構
來源資料	能源平衡表	經濟部統計處 行業別	受僱員工動向調查報 告統計表	產業關聯表
		及光學製品製造業 (28)電力設備製造業	製品製造業 電力設備製造業	(081)印刷電路板組件 (082)其他電子零組件 (083)電腦產品 (084)電腦週邊設備 (085)通訊傳播設備 (086)視聽電子產品 (087)空白資料儲存媒 體 (088)精密器械 (089)發電、輸電及配電 設備 (090)電線、電纜及配線 器材 (091)照明設備 (092)家用電器 (093)其他電機器材
鋼鐵	鋼鐵基本工業 高爐工廠 煉焦工廠與煤製 品業	(2411)鋼鐵冶煉業 (2412)鋼鐵鑄造業 (2413)鋼鐵軋延及擠型業 (2414)鋼鐵伸線業	基本金屬製造業	(070)生鐵及粗鋼 (071)鋼鐵初級製品

資料來源：本研究彙整

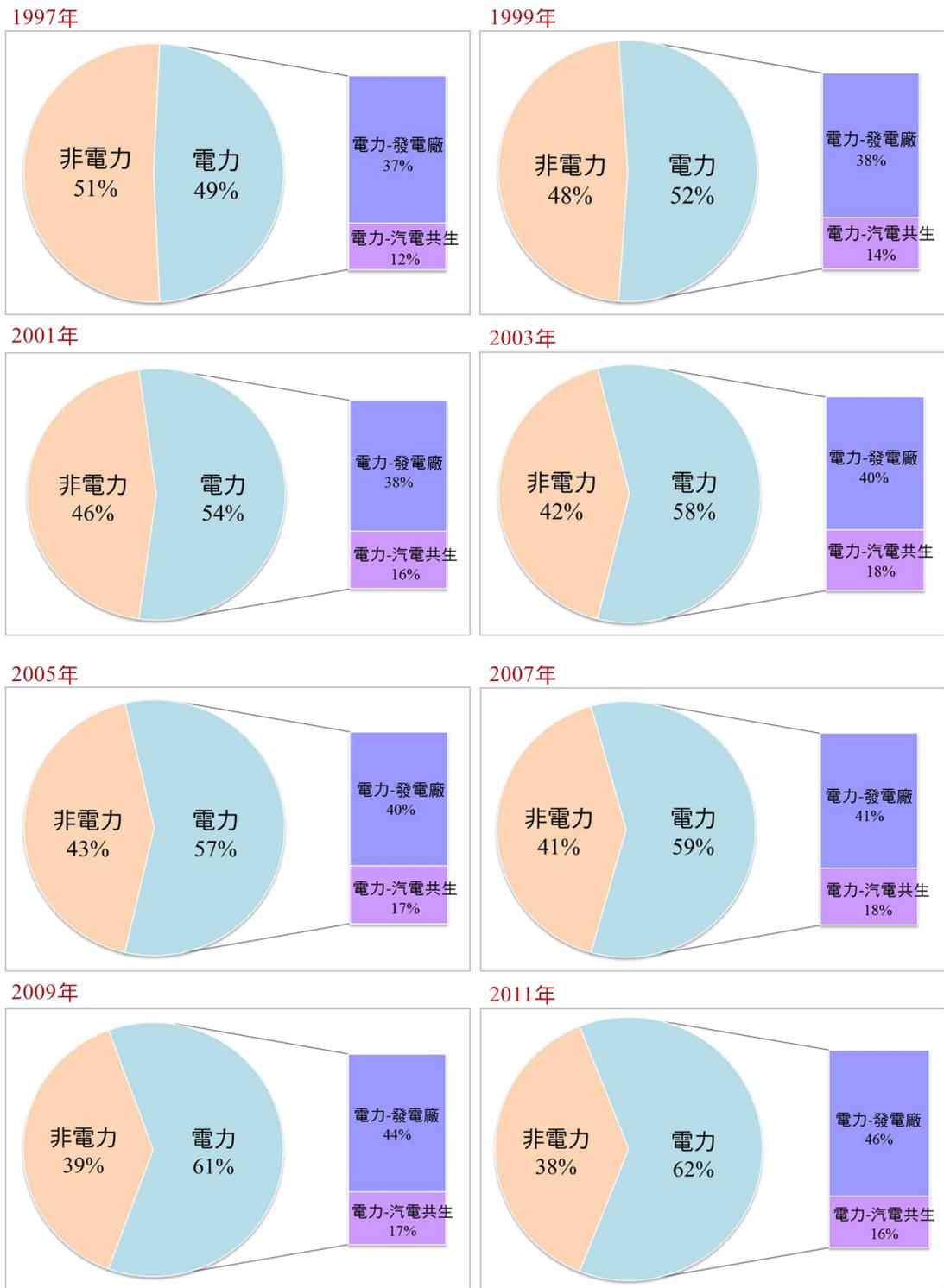
本研究將石化、鋼鐵、水泥、造紙、紡織、電子等六大產業，分就「能源產品使用情形分析」和「產業能源使用情形分析」兩部分說明。

(1)能源產品使用情形分析

以工業部門能源使用分析來看，非電力能源(煤及煤產品、石油產品、天然氣、生質能及廢棄物)使用從 1997 年的能源使用占比 51%，降至 2011 年的 38%；電力使用則從 1997 年的能源使用占比 49%，提升至 2011 年的 62%。由此顯示，工業部門依賴電力的使用，逐年攀升。

分析工業部門電力使用情況，汽電共生有逐年增加的趨勢，並至 2003 年達至最高，此與政府單位在 2000 年後大力推動工業部門使用汽電共生設備有關，而至 2003 年後，使用汽電共生的占比大致維持 2003 年水平的比例，並無太大起伏。反觀發電廠提供的電力，為工業部門主要的電力消費來源，從 1997 年的使用占比 37%，提升至 2011 年的 46%。

分析上述，汽電共生在工業部門的設置率很高，但實際上執行的比例會隨製程需求而運作，例如：石化業使用汽電共生設備，主要是使用其產生之蒸氣供製程上使用，如果所需蒸氣夠用，則汽電共生設備不會持續運轉。有關工業部門能源使用分析如圖 2.3 所示。



註：非電力能源為煤及煤產品、石油產品、天然氣、生質能及廢棄物

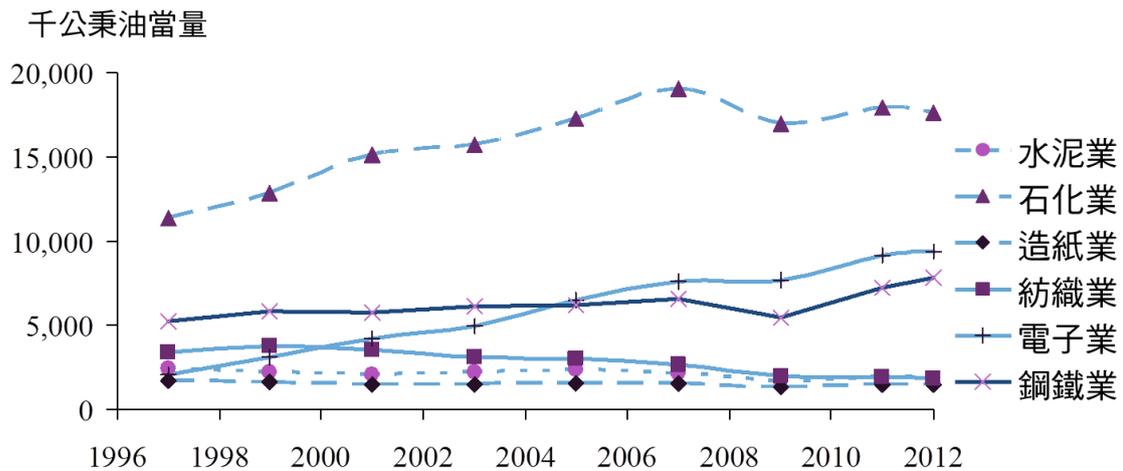
資料來源：能源局工業部門能源消費表(2011)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.3、工業部門能源使用分析

A.所有能源使用產品

就各業別之所有能源使用產品(煤與煤產品、石油、電力、天然氣、生質能及廢棄物)來看，如圖 2.4 所示，石化業一直為我國工業部門能源使用最大之產業，從 1997 年起逐年增加，近 15 年來增加 57%，該產業於 2008 年至 2010 年遇到全球金融風暴與歐債危機，使國內外市場需求下降，並在 2010 年下半年台塑麥寮發生一連串公安事故，因此造成產能縮減。麥寮六輕現行 4 期全數完工，但未來若 4.5 期、5 期工程全數完工，能源使用量將進一步攀升。

紡織業屬於高勞力密集產業，近年來台灣勞力成本上升，是故該產業目前已大量外移，因此該產業能源需求逐年下降。電子業為我國當前發展之產業，因此該產業於能源使用之情形近 15 年增加了 355%，並以每年 11% 的速度增加，為目前我國能源需求成長最快速的產業。造紙、水泥產業近年來因國內需求趨緩，所以能源需求將維持在目前水準。鋼鐵業因在中龍鋼鐵第二期高爐運轉與外銷需求增加，能源使用仍持續增加。



資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

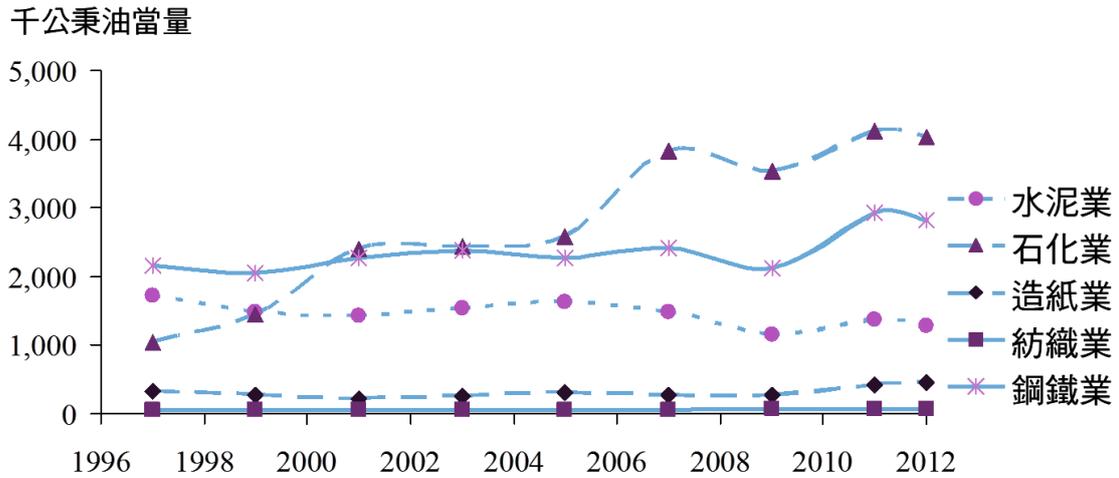
圖 2.4、所有能源產品使用情形

B.煤與煤產品使用情形

如圖 2.5 所示，石化業需要大量的熱能來產生蒸氣與製程加熱，其中使用蒸氣主要是為了將石油產品進行分餾與裂解；現在多數的石化廠採用汽電共生設備生產蒸氣，以提升能源效率，早期使用燃料油為燃料，但原油價格上漲，導致成本上升，因此目前多數石化廠採用燃煤之汽電共生設備與鍋爐。因此導致石化業近幾年來對於煤產品的需求持續上升，並成為我國煤使用最多之產業。

煉鋼過程中需使用大量煤炭進行氧化還原反應，因此鋼鐵業為我國第二大使用煤炭之產業，預估中龍鋼鐵第二期高爐運轉後，該產業煤炭使用量將再度增加。水泥業將生料轉換成熟料的過程中，需要在製程中進行加熱，該產業全數使用煤炭來當作燃料，但未來水泥業產能將維持目前現況，因此未來煤炭需求將維持目前現

況。



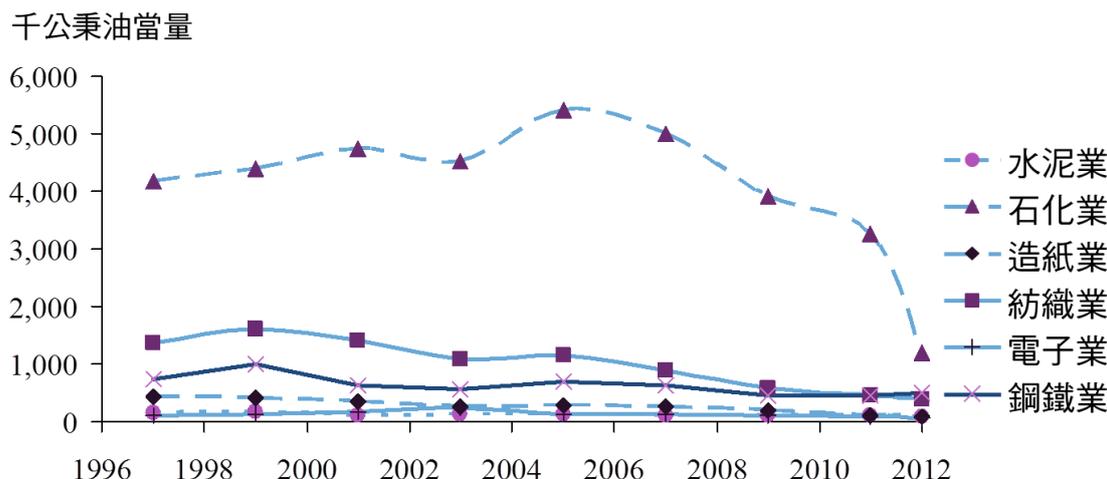
資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.5、煤與煤產品使用情形

C. 石油產品使用情形

因國際原油價格上升，造成製程使用燃料油的成本增加，多數企業為了節省成本，將製程中原本使用燃料油的部分，改採用電力或煤等能源產品，進而使得石油產品的使用量逐年下降。

石化業因製程需要隨時調整溫度，使用煤產品加熱的速度太慢，但天然氣的價格又過高，因此多數的石化業者仍會採用一定比例的燃料油來進行製程加熱；又因石化業能源使用量大，故石油產品使用量仍為我國各產業中最多。



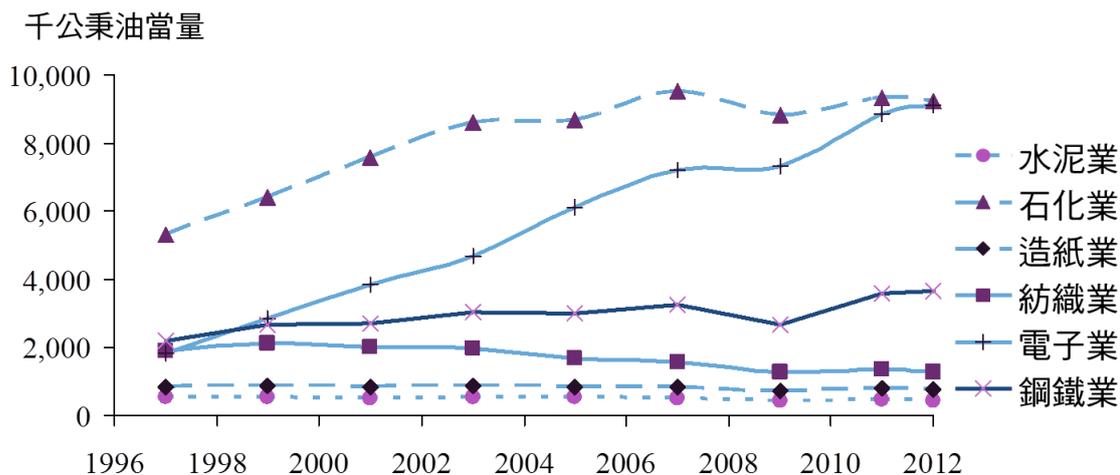
資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.6、石油產品使用情形

D. 電力使用情形

如圖 2.7 所示，電子業主要為設備用電及廠區用電，因此電力使用為該產業主要的能源消耗，約占該產業整體能源使用的 98%；至 2011 年底電子業用電量已接近石化產業，在近年內應將超越石化產業之用電量；並預估未來我國電子業對於電力需求仍將持續提升。

石化業使用直接能源主要是為了生產蒸氣與電力，以提供製程上使用；而該產業在製程上需要使用大型馬達、壓縮機與小型電熱器，以上皆屬高耗能設備。深入探究實際能源使用情形，可發現該產業電力用量在 2011 年以前為工業部門最大。其餘的產業只有鋼鐵業用電需求上升，水泥、造紙與紡織業電力使用，近 15 年呈現持平與微幅下降的趨勢。



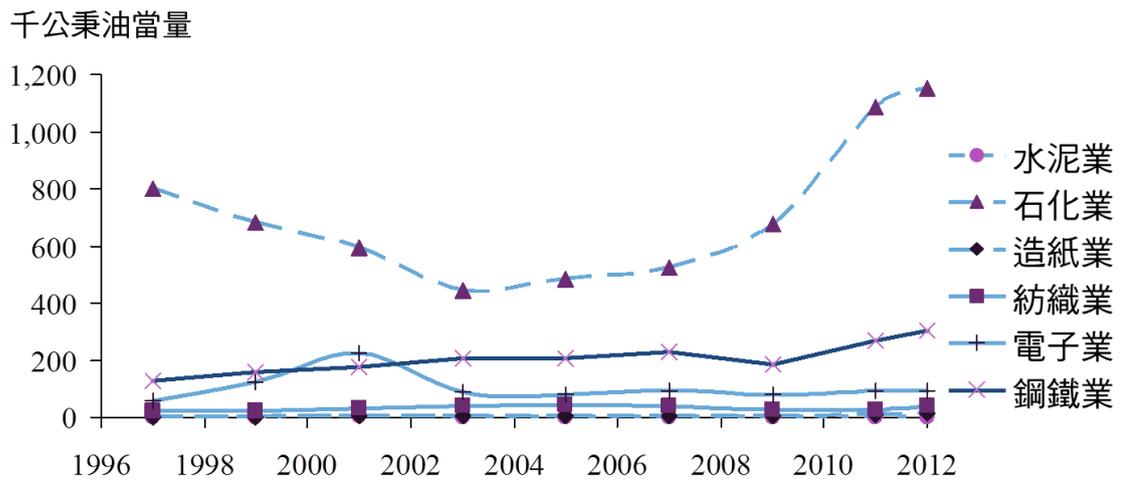
資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.7、電力使用情形

E. 天然氣使用情形

天然氣使用量仍然以石化產業使用量最大，因製程需要隨時調整溫度，所以特定設備使用天然氣進行直接加熱；某些石化廠配合政府執行節能減碳措施，因此在油價大幅上漲的過程中，將污染較高與排碳較大的燃油鍋爐改為燃氣鍋爐，因此從 2005 年以後石化業的天然氣使用量有快速上升的趨勢。

因為天然氣熱值穩定與加熱速度較快，在工業上仍屬於較方便使用之燃料，其中鋼鐵業常需要進行熱處理、加熱與熔解等流程，某些時候需要快速加熱以確保產品品質，因此鋼鐵業為我國第二大使用天然氣之部門。

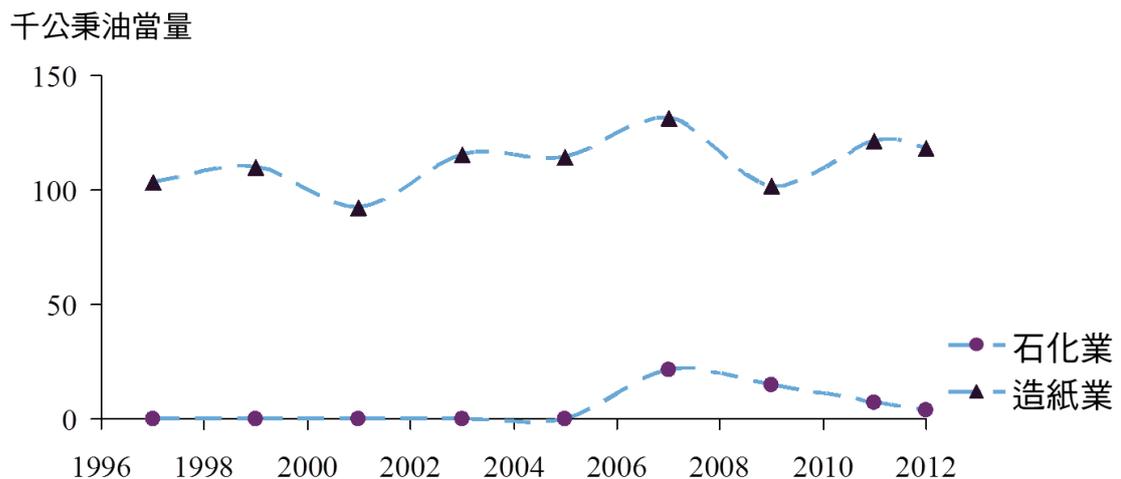


資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.8、天然氣使用情形

F. 生質能及廢棄物使用情形

造紙業因為在製造過程中會產生廢纖維，因此可以提供鍋爐燃燒使用，每年約使用 120 千公秉油當量之生質能及廢棄物，為我國使用生質能及廢棄物最多之產業。此外石化也有燃燒生質能及廢棄物，但數量很少；其餘產業皆沒有燃燒生質能及廢棄物。



資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.9、生質能及廢棄物使用情形

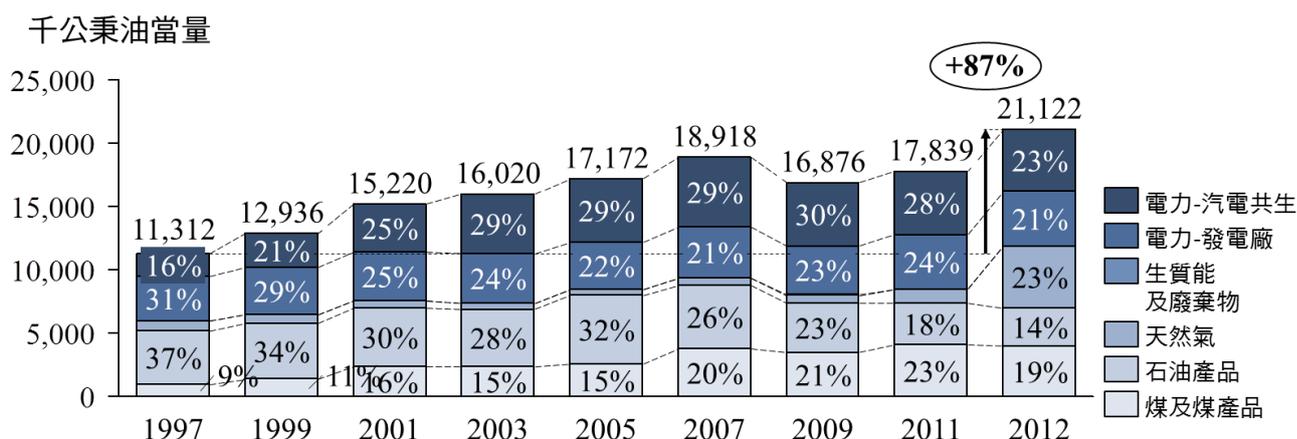
(2) 產業能源使用情形分析

A. 石化業能源使用情形

石化業包含業別有化學材料、化學製品、橡膠製品、塑膠製品，因考量石化煉油業亦有非少量能源使用的情形，因此，本研究中另外納入石化煉油業一併做計算分析。我國石化業從 1997 年至 2012 年能源使用量每年約增加 5.3%，期間共增加 87% 的能源使用量。

於 2007 年至 2010 年能源使用量下降，主要是因為 2008 年至 2010 年遇到全球金融風暴與歐債危機，並在 2010 年下半年台塑麥寮發生一連串公安事故，因此造成產能縮減。在石化業能源使用情形方面，天然氣、石油產品與煤產品除了直接燃燒外，其主要使用於汽電共生設備，並將產生之蒸氣與電力供製程使用。

目前國內石化業除了供應國內需求外，其主要的成長動能為外銷市場，未來石化業是否繼續擴張，則要看未來我國石化政策之走向。



資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

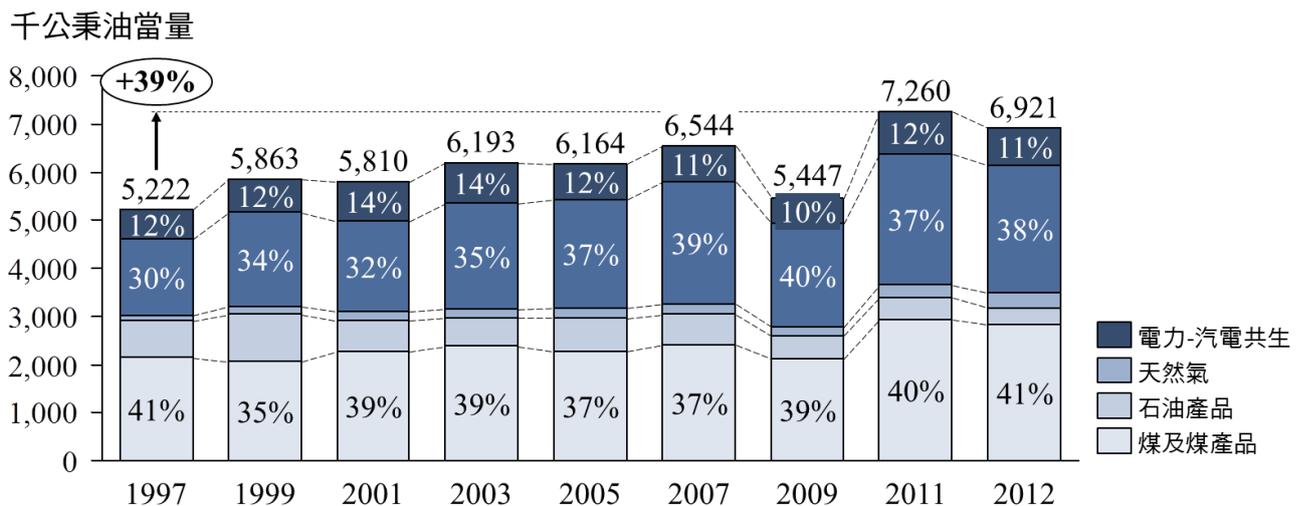
圖 2.10、石化業能源使用情形

B. 鋼鐵業能源使用情形

鋼鐵業包含業別有鋼鐵基本工業、高爐工廠、煉焦工廠與煤製品業。在能源使用情形方面，鋼鐵業能源消耗近 15 年增加了 39%，主要使用能源為電力與煤產品（高爐氣、焦爐氣與焦炭）為主。

本研究訪談一貫作業煉鋼廠業者，業者認為能源局之能源平衡表的鋼鐵業能源使用計算偏低。其因為鋼鐵的高爐工廠為能源消費工廠，非能源轉變工廠，若將消費工廠當成轉變工廠，有些能源會少估，現行能源局正逐步釐清、修正此問題。

分析我國鋼鐵產量，在中龍鋼鐵第二期高爐運轉後，其鋼鐵產量將不再提升，即維持當前之鋼鐵產量，另外，因公共建設與基礎工程趨緩，因此對於鋼鐵需求僅將維持目前數量，其未來鋼鐵業則將朝「質在內、量在外」的方向前進，以提高產品價值與降低能源使用。



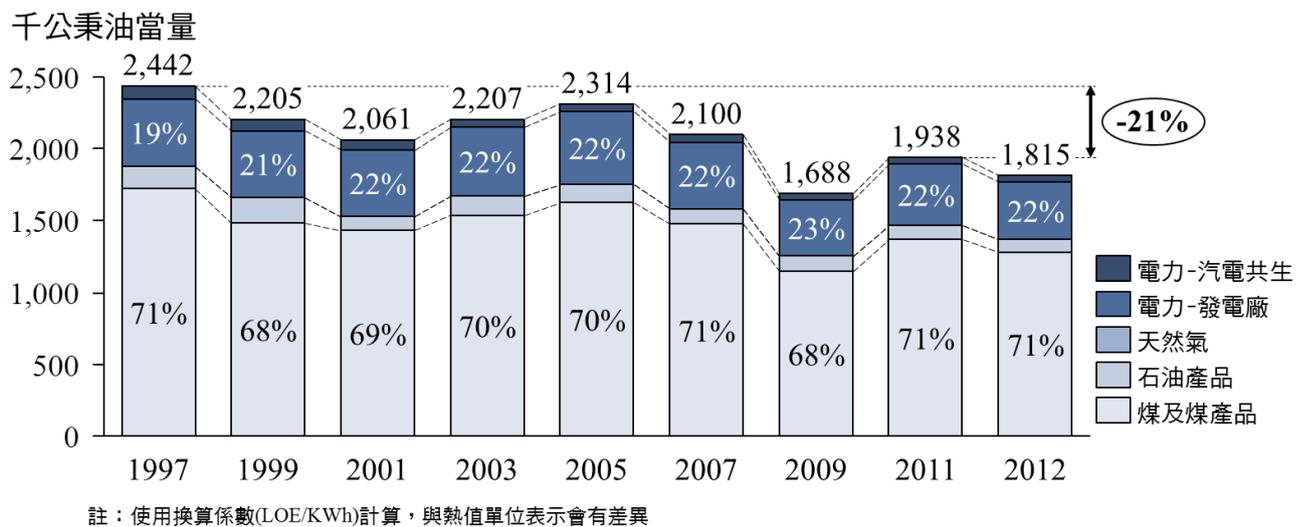
資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.11、鋼鐵業能源使用情形

C. 水泥業能源使用情形

我國水泥消費市場近年來已趨於飽和，甚至略為衰退，而且我國水泥政策實行限制外銷，因此無法仰賴外銷擴大國內產能。

水泥能源消耗的情形近 15 年減少了 21%，其主要使用的燃料為煤及煤產品，在 2011 年約占整體能源總用量的 71%，其次為電力使用，2011 年約占總能源使用量的 24%。預估未來國內對於水泥需求將不再提升，因此台灣水泥業對能源需求也不再提升。



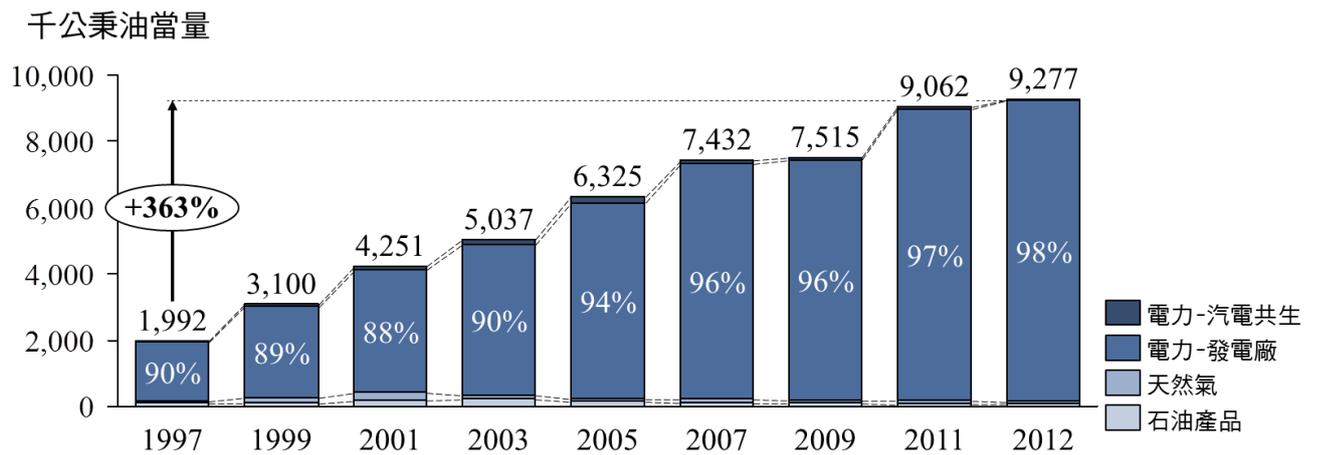
資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.12、水泥業能源使用情形

D. 電子業能源使用情形

電子業為我國當前發展之產業，未來成長動能將持續。其能源消耗的情形近 15 年增加了 363%，平均每年以 11% 的速度增加，該產業為目前我國能源需求成長最快速的部門。

電子業主要使用的能源為電力，其從 1997 年占該產業總能源使用的 92% 至 2012 年則增加至 98%。預估未來我國電子業仍然會快速地發展，可預期未來該產業電力需求仍將持續提升。



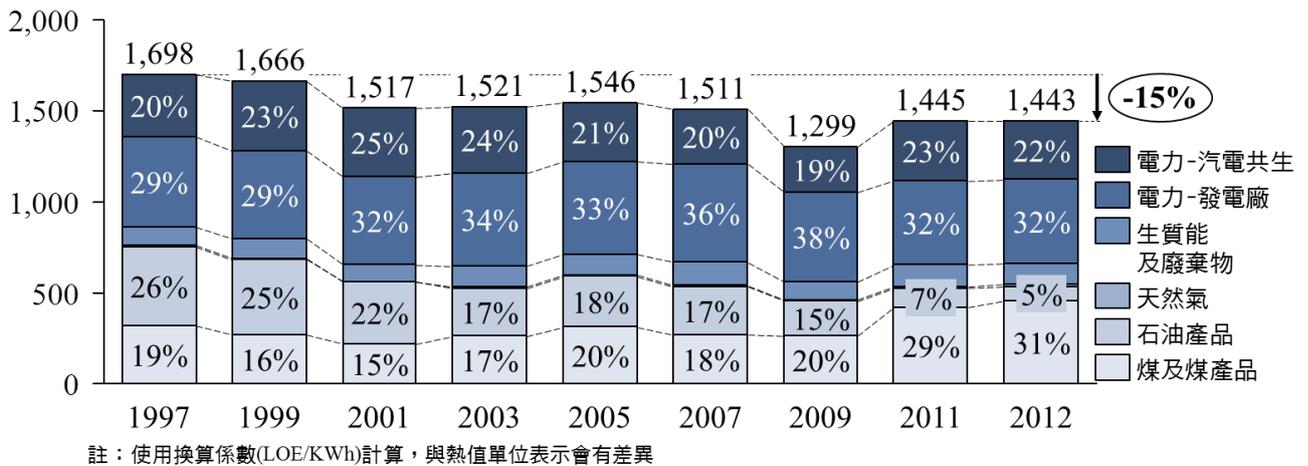
資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.13、電子業能源使用情形

E. 造紙業能源使用情形

因為智慧型手機與平板電腦普及，造成目前市場對於紙張類需求逐年減少，預估未來產能將維持在此水準。造紙業主要使用的能源為電力，近 15 年來維持在 50% 左右；次要能源早期使用石油產品，但近年來石油價格大幅上漲，因此造成廠商改採用燃料煤來替代；該產業生質能及廢棄物使用約 8%，是目前六大產業中使用比例最高的產業。預估未來國內對於造紙需求將趨於穩定，因此台灣造紙業對能源需求也將維持在這一定水平。

千公秉油當量



資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

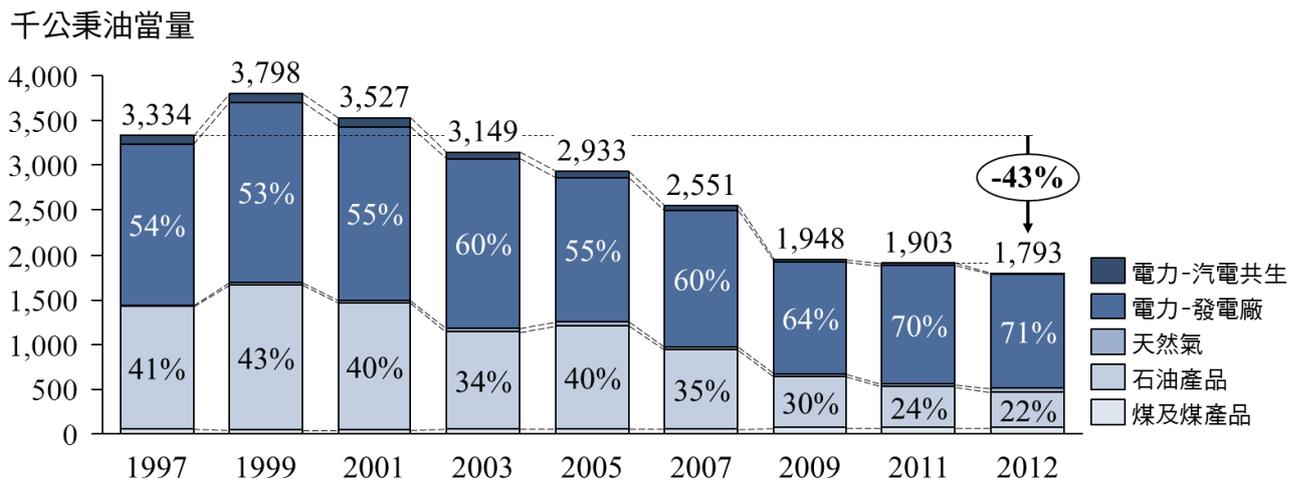
圖 2.14、造紙業能源使用情形

F. 紡織業能源使用情形

紡織業屬於高勞力密集產業，而我國勞力成本近年來大幅提升，因此造成台灣紡織業大量外移，目前仍在台灣的紡織業者主要製造高附加價值之產品。

紡織業主要使用的能源為電力與石油產品為主，但電力使用比例逐年提升，其從 1997 年的 57% 成長至 2012 年的 71%，但整體紡織業能源使用量下降，所以電力使用量在 2012 年仍比 1997 年減少 28.5%，其中不包含人造纖維產業。

紡織業能源消耗的情形近 15 年減少了 43%，主要是因為產業外移所造成。預估未來我國紡織業仍朝著「質在內、量在外」的方向進行。



資料來源：能源局工業部門能源消費表(2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.15、紡織業能源使用情形

2. 未來年趨勢預測

有關溫室氣體排放變動及未來年預測，本研究參考了《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》(國科會，2012)、《因應京都議定書發展能力建構專案工作計畫》(環保署，2008)。

在《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》(國科會，2012)中，依據其內容所述，「減量情境」是應用減碳技術到極致時，相對於基準情境所可減少的碳排放量；基準情境指的是依照以往的政策方向、不採取額外減碳行動之下的溫室氣體長期排放趨勢。而在《因應京都議定書發展能力建構專案工作計畫》(環保署，2008)中，「保守減量情境」和「樂觀減量情境」則依據產業自願性節能及最佳可行技術處理等相關產業情況之不同，有其不同定義。有關未來年預測量化結果的設定條件及定義如表 2.2 所示。

表 2.2、未來年預測量化結果的設定條件及定義

	使用模型	情境	模型假設
石化業	Mckinsey	<ul style="list-style-type: none"> ✚ 基準情境 ✚ 減量情境 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ 基準情境 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 依照以往的政策方向，不採取額外減碳行動下的溫室氣體長期排放趨勢。 ✓ 以 2011 年為基年，將能源政策情境維持於 2010 年的水準。 ✓ 根據政府相關單位及公會預測產量成長率與能源密集度，以由下而上的方式加總並預估。 ✚ 減量情境 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在經濟活動量、生產技術、能源密集度、碳排放係數的正常改變之外，採取額外減量行動的結果。 ✓ 減量潛力調查側重「技術潛力」，而非產業結構改變或消費行為變遷。 ✓ 各種減量技術的減量潛力為分別調查推估。
鋼鐵業			
水泥業			
電子業			
造紙業	MARKAL	<ul style="list-style-type: none"> ✚ 基準情境 ✚ 保守減量情境 ✚ 樂觀減量情境 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ 保守減量情境 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 依照台灣區造紙工業同業公會所規劃的 2004-2008 年自願性節能與二氧化碳減量之承諾目標進行估算，假設平均每年節能率為 0.5%。 ✚ 樂觀減量情境 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 將最佳可行處理技術引入生產流程，並假定技術滲透率由 2010 年的 5% 成長至 2030 年的 15%。

	使用模型	情境	模型假設
紡織業			<ul style="list-style-type: none"> ✚ 保守減量情境 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 依既有設備自然汰換率更換裝置最佳技術設備，其假設條件為最佳技術設備市占率在 2030 年約 20%。 ✚ 樂觀減量情境 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 既有設備加速汰換更換裝置最佳技術設備，其假設條件為最佳技術設備市占率在 2030 年約 50%。

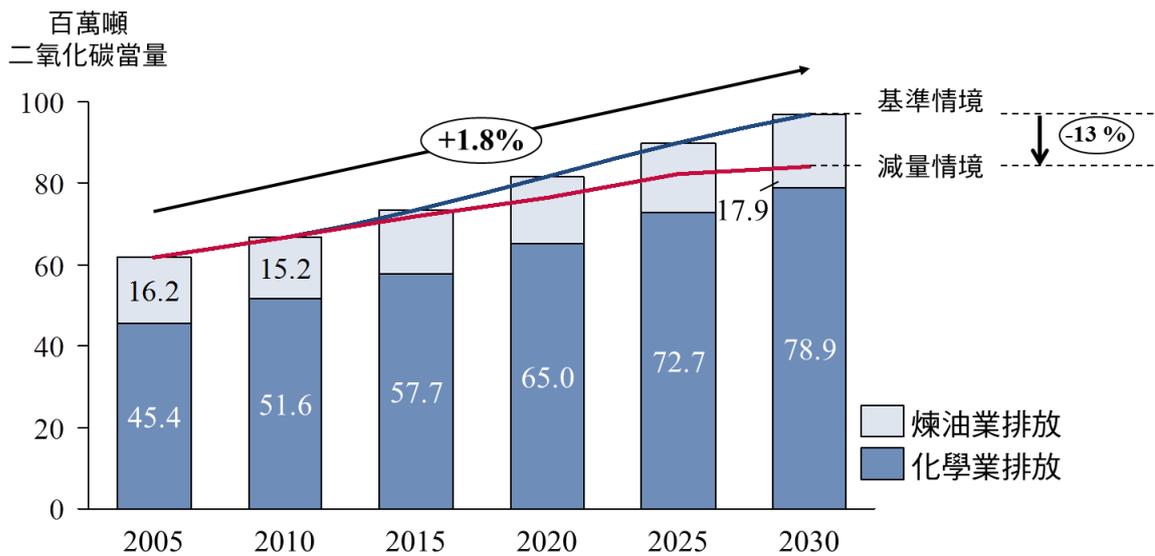
資料來源：本研究彙整

(1)石化業

A.二氧化碳排放量預測

煉油業 2008 年全球金融海嘯影響，造成內、外銷市場萎縮，但預估未來之需求將緩步上升。化學業因為新興國家經濟崛起，對於化學產品需求依舊強勁，因此推估未來產能仍不斷提升，其排放量也將持續攀升。

預估石化業二氧化碳排放量到 2030 年止，將以每年 1.8% 的速度增加，預計到 2030 年將達到 96.8 百萬噸 CO₂e，若實行未來相關先進綠色技術，其排碳量將較基準情境減少約 13%。

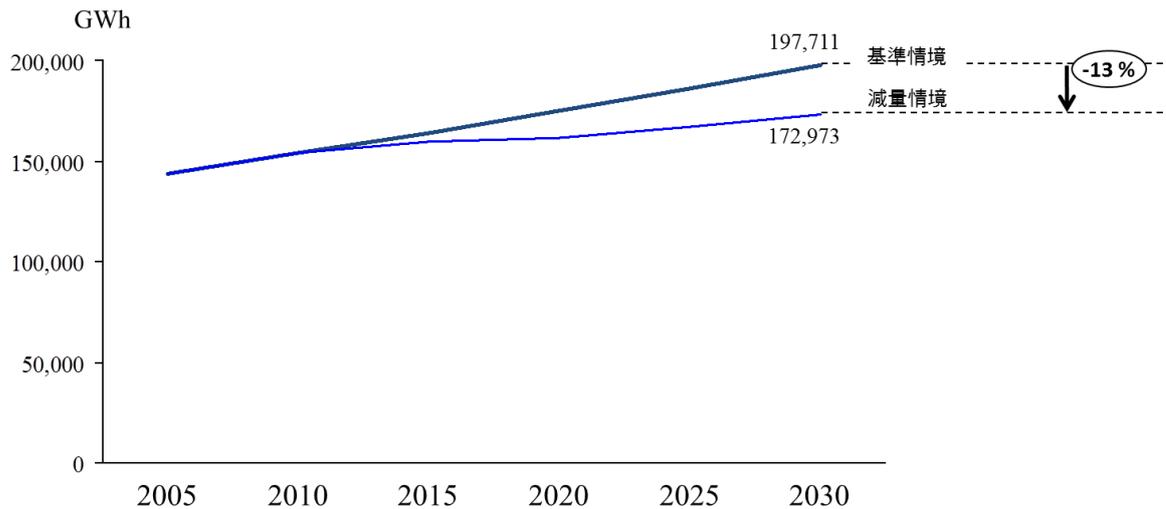


資料來源：《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》(國科會，2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.16、石化業二氧化碳排放量變動及預測

B.能源消費變動及預測

石化業主要由化學材料製造業成長帶動能源消費增加，在基準情境下，預估至 2030 年，其能源總消費量達 197,711 GWh，若實行未來先進綠色技術後，其能源消費量可望減少 13%。



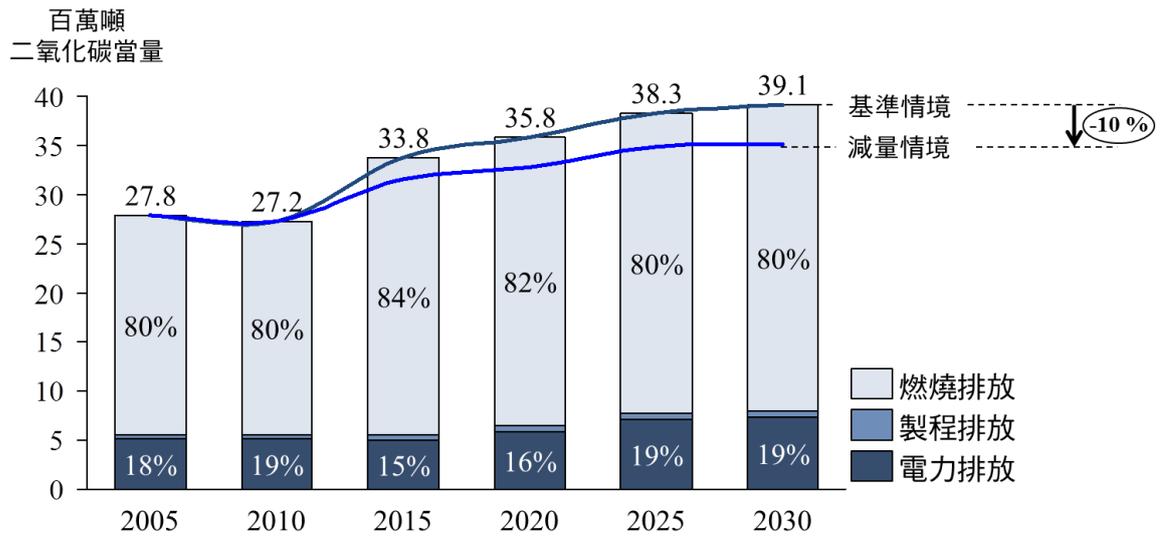
資料來源：《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》(國科會，2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.17、石化業能源消費變動及預測

(2)鋼鐵業

A.二氧化碳排放量預測

全球粗鋼產量供過於求，亦使國內鋼材進口需求減緩，產銷值呈現衰退，因此間接影響鋼鐵業 CO₂ 排放漸趨減緩，其排放幅度相較於電子業、石化業為小。我國鋼鐵部門現行已有實行相關先進綠色技術，預測至 2030 年，其排碳量會較基準情境減少約 10%。

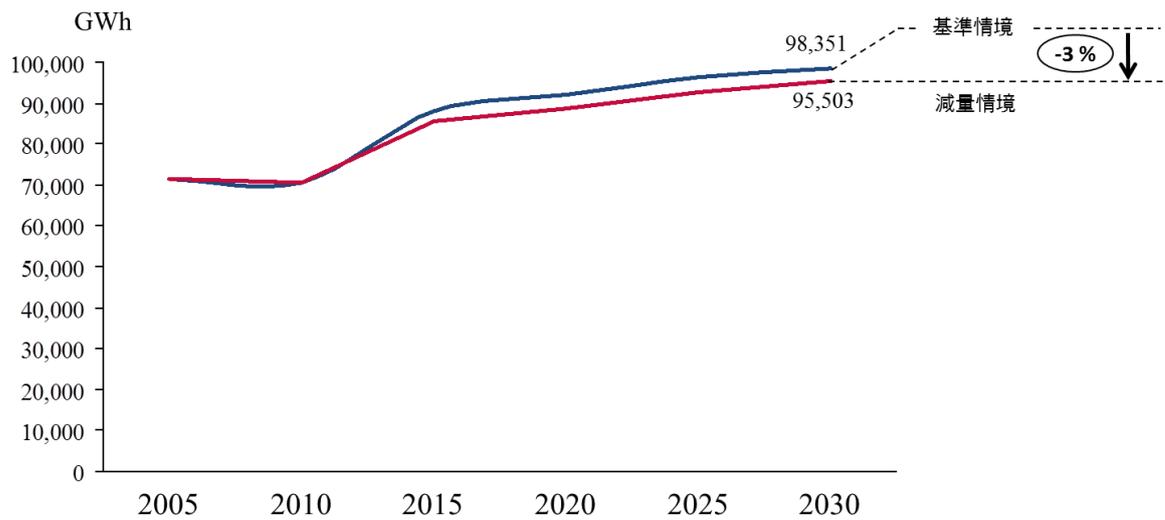


資料來源：《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》(國科會，2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.18、鋼鐵業二氧化碳排放量變動及預測

B.能源消費變動及預測

鋼鐵業在基準情境下，預估至 2030 年，其能源總消費量達 98,351GWh，若實行先進綠色技術後，其能源消費量可望減少 5%。



資料來源：《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》(國科會，2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

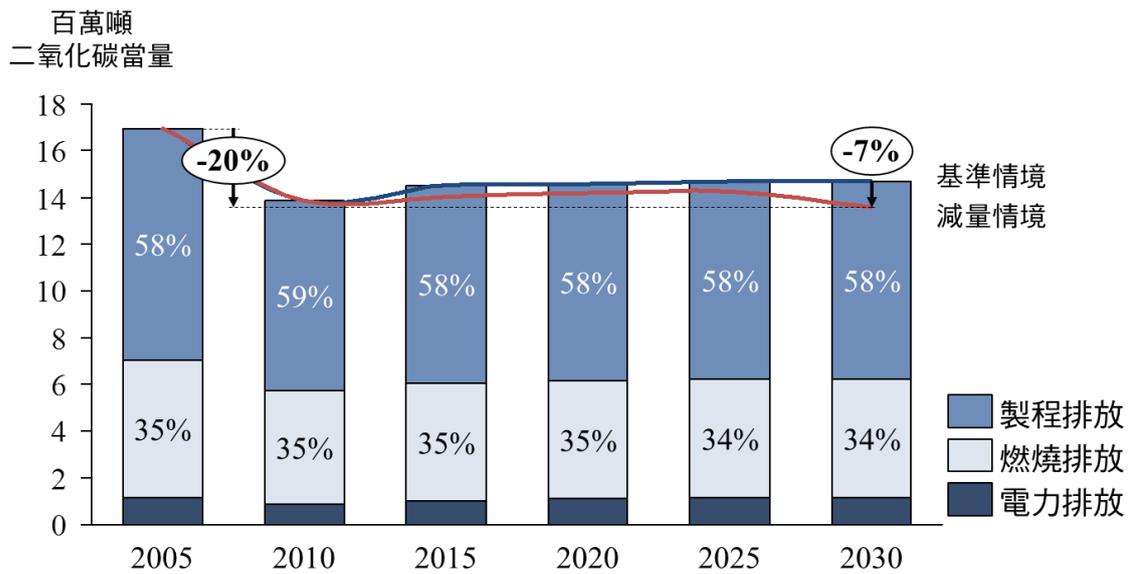
圖 2.19、鋼鐵業能源消費變動及預測

(3) 水泥業

A. 二氧化碳排放量預測

水泥業的減碳措施大致為汽電共生、替代性水泥熟料、替代性燃料等，相較於其他石化、鋼鐵等產業，較少現行先進綠色技術。

水泥業於基準情境下，二氧化碳排放量將維持在 14.7 百萬噸 CO₂e 左右，若實行未來先進綠色技術，將可減少 7% 的碳排放量。目前水泥已有示範商業化運轉案例(台泥和平廠)。

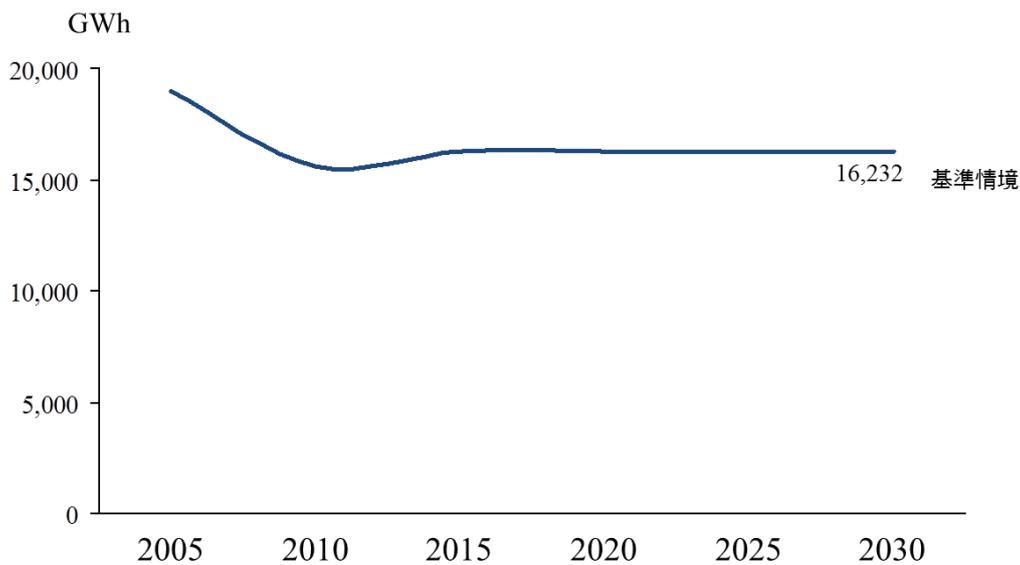


資料來源：《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》(國科會，2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.20、水泥業二氧化碳排放量變動及預測

B. 能源消費變動及預測

水泥業在基準情境下，預估至 2030 年，其能源總消費量達 16,232 GWh，整體來說，在未採用未來相關現進綠色技術時，其能源消費量預測已有減緩的趨勢。



資料來源：《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》(國科會，2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

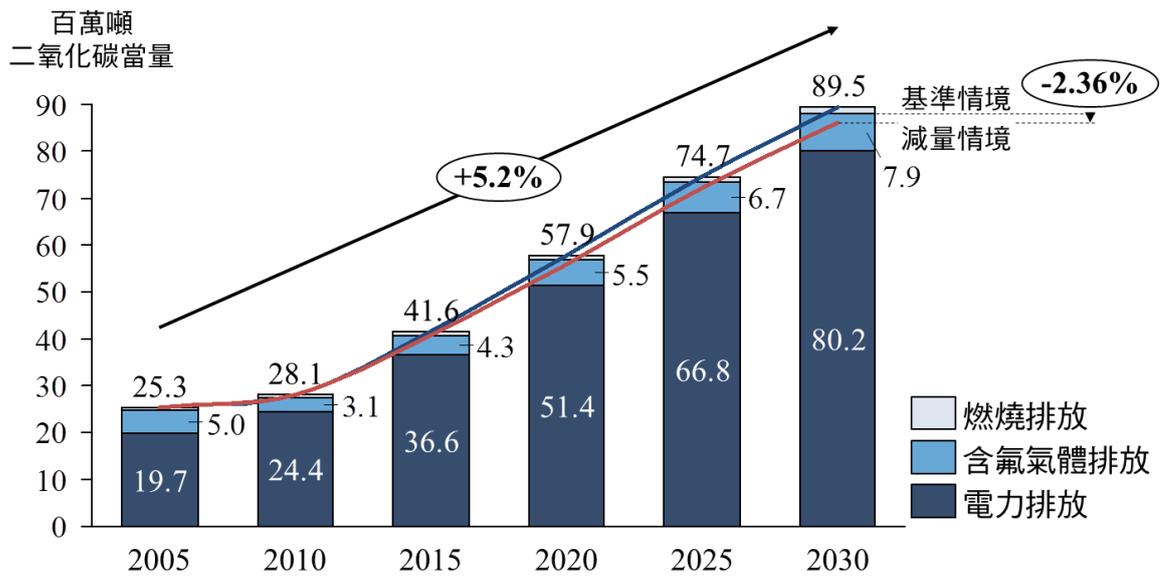
圖 2.21、水泥業能源消費變動及預測

(4) 電子業

A. 二氧化碳排放量預測

電子產業為我國重點發展產業，未來該產業將持續成長，並預估其能源需求將快速上升，尤其是電力需求將從 2010 年的 37.1TWh，成長到 2030 年 94.6TWh。

預估電子業二氧化碳排放量到 2030 年止，將以每年 5.2% 的速度增加，預計到 2030 年將達到 89.5 百萬噸 CO₂e，但該產業主要為設備用電，因此減碳空間有限，預估僅能減少 2.36% 的碳排放量。

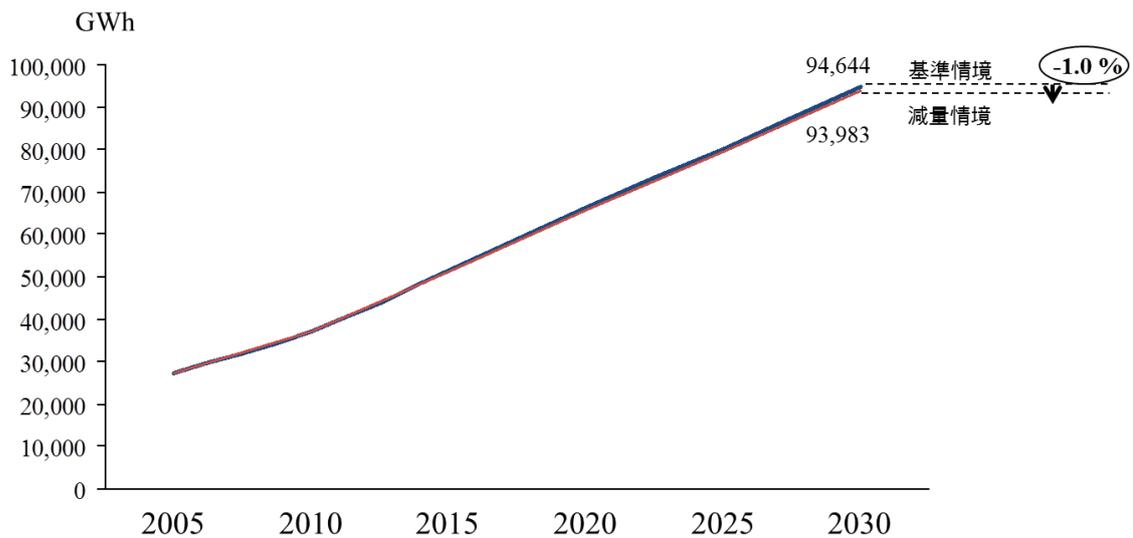


資料來源：《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》(國科會，2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.22、電子業二氧化碳排放量變動及預測

B. 能源消費變動及預測

未來電子業的能源消費預測為持續上漲的趨勢，因市場需求而造成電子業產能大，而帶動整體的能源消費量，即使實行節能措施，其減少能源消費的效果亦有限，僅較基準情境減少約 1%。



資料來源：《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》(國科會，2012)；台灣經濟研究院分析、製圖

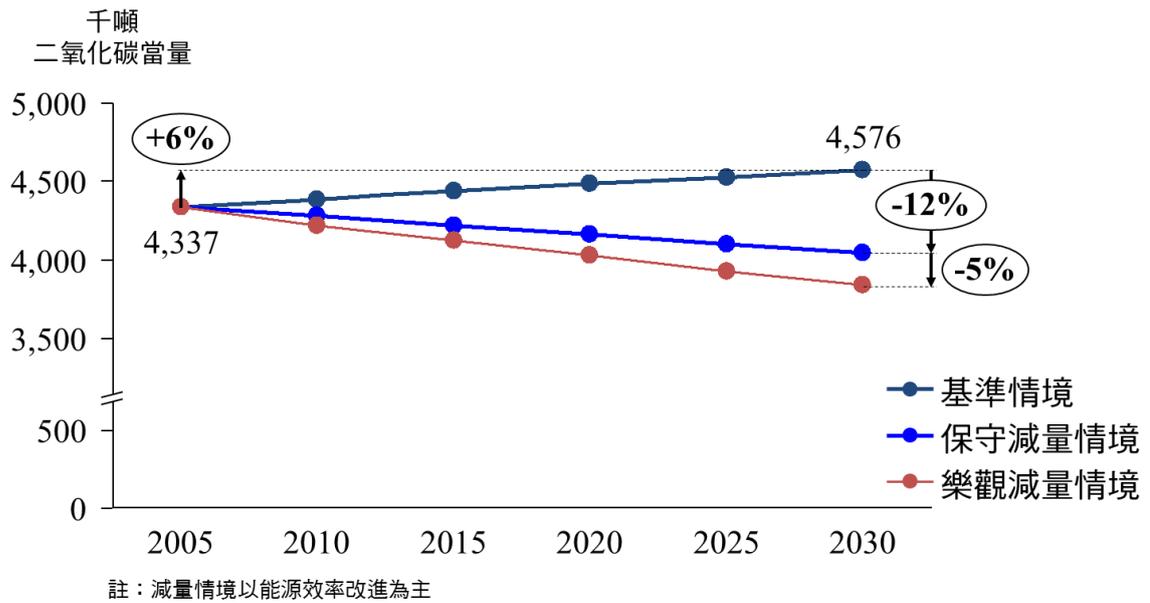
圖 2.23、電子業能源消費變動及預測

(5) 造紙業

A. 二氧化碳排放量預測

造紙業在 MARKAL 模型中估計 2030 年在保守情境下可以比基準情境減少 12% 的排放量，樂觀情境下更可以減少 17% 的排放量。

保守情境是依照台灣區造紙工業同業公會所規劃的 2004~2008 年自願性節能與二氧化碳減量之承諾目標進行估算，假設平均每年節能率為 0.5%。樂觀情境為在 2010 年造紙業開始將最佳可行處理技術引入生產流程，並假定技術滲透率由 2010 年的 5% 成長至 2030 年的 15%。

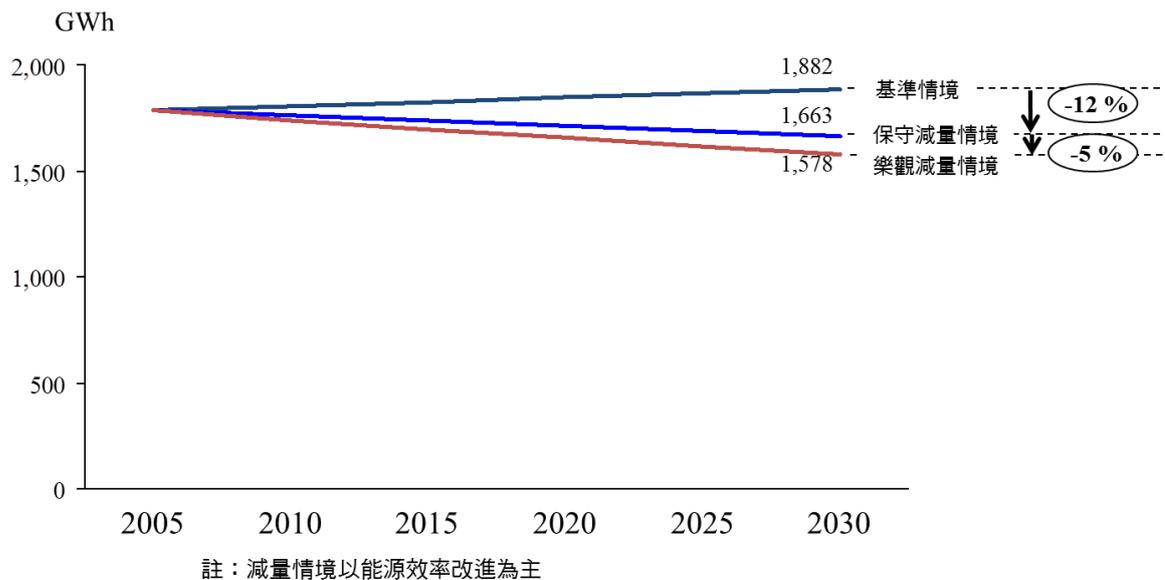


資料來源：《因應京都議定書發展能力建構專案工作計畫》(環保署，2008)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.24、造紙業二氧化碳排放量變動及預測

B. 能源消費變動及預測

依據二氧化碳排放量變動及預測資料，使用溫室氣體排放係數管理表推算能源消費量，造紙業的未來年能源消費趨勢變動減緩，在自願性節能情況下，相較於基準情境可望減少 12%，若將最佳可行處理技術引入生產流程，可減少至 17%。



資料來源：台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.25、造紙業能源消費變動及預測

(6) 紡織業(人造纖維製造)

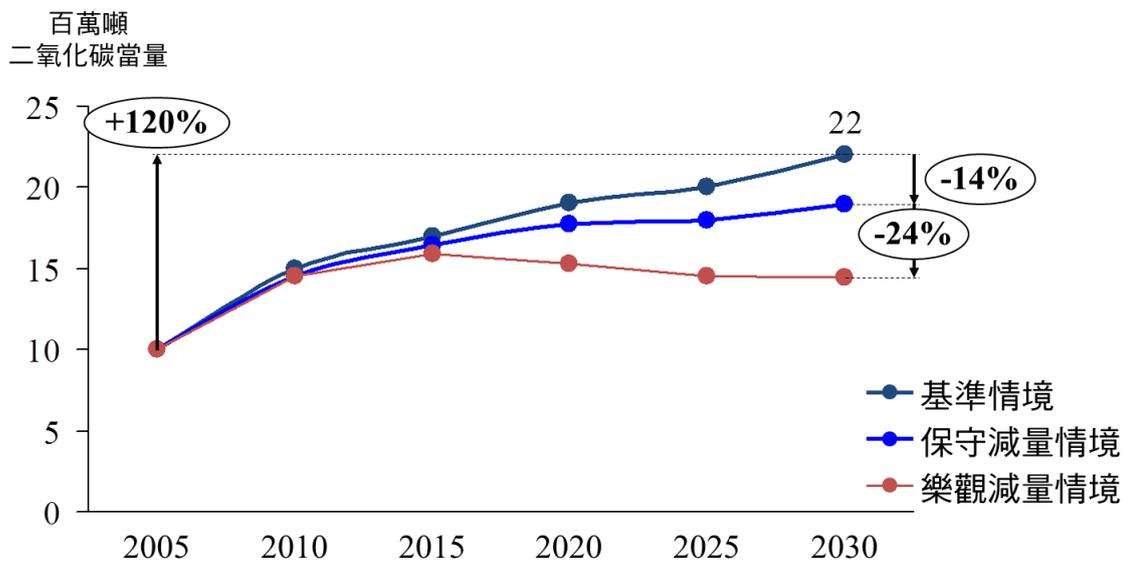
A. 二氧化碳排放量預測

人造纖維製造業屬石化產業下游、紡織業的上游，但在經濟部主計處行業標準分類中，人造纖維製造歸類於化學材料製造業。

目前工研院利用 MARKAL 模型執行《因應京都議定書發展能力建構專案工作計畫》(環保署，2008)專案計畫，將人造纖維製造業歸類於紡織業中，其因為整體紡織業分類複雜，其各行業別所使用的設備與製程差異甚大，加上人造纖維製造的能源使用量較紡織業大，分類上較紡織業下游各業別單純，因此以人造纖維做為紡織業的代表進行推估。

人造纖維製造業在 MARKAL 模型中估計 2030 年

在保守情境下可以比基準情境減少 14%的排放量，樂觀情境下更可以減少 24%的排放量。保守情境為依既有設備自然汰換率更換裝置最佳技術設備，其假設條件為最佳技術設備市占率在 2030 年約 20%。樂觀情境為既有設備加速汰換更換裝置最佳技術設備其假設條件為最佳技術設備市占率在 2030 年約 50%。

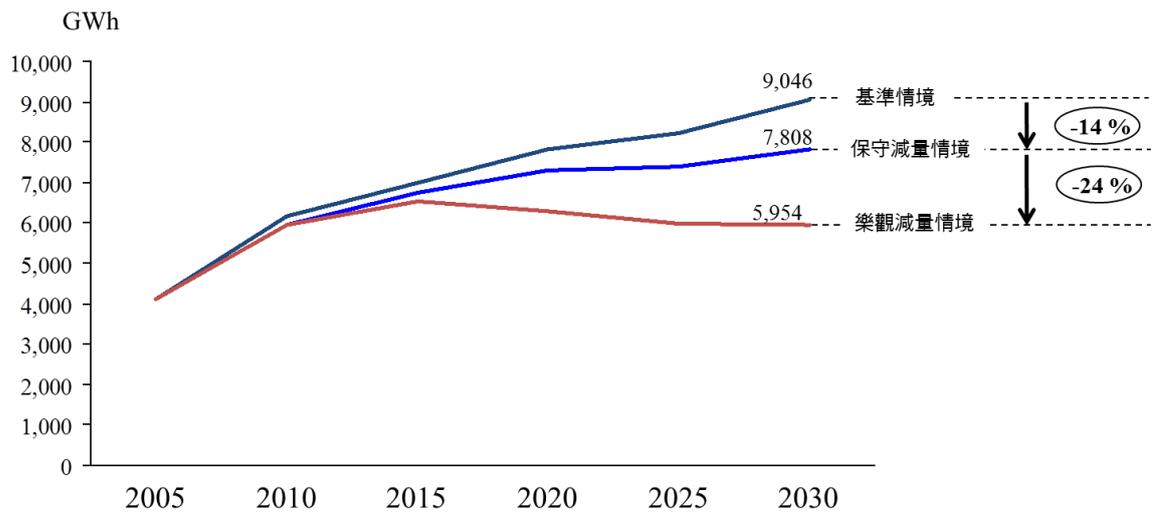


資料來源：《因應京都議定書發展能力建構專案工作計畫》(環保署，2008)；台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.26、紡織業二氧化碳排放量變動及預測

B. 能源消費變動及預測

能源消費亦由溫室氣體排放係數管理表推算，整體紡織業分類複雜，其各行業別所使用的設備與製程差異甚大，在未來年基準情境的能源消費預測上有增加的趨勢，若將既有設備加速汰換更換裝置最佳技術設備，可使能源消費相較於基準情境大幅降低 38%，並使能源消費趨勢在未來年減緩並下降。



資料來源：台灣經濟研究院分析、製圖

圖 2.27、紡織業能源消費變動及預測

(二)經濟基礎資料蒐集與分析

1.重要國家產業結構分析

本研究參考世界銀行相關資料，分析韓國、日本、英國、美國等重要國家之產業發展歷程及趨勢、產業結構變動，如表 2.3 所示。

表 2.3、重要國家產業結構分析

國家	產業發展歷程及趨勢 (1960~2015)	產業結構變動
韓國	輕工業 → 重工業 → 民生工業 → 科技產業 → 產業升級及典範移轉(以半導體產業、行動通訊產業、電子商務、生技、奈米與綠能產業為主)	<ul style="list-style-type: none"> • 服務業 GDP 占比逐漸上升(45%→60%)，工業 GDP 先上升後持平(25%→40%)，製造業呈現持平狀態，農林漁業 GDP 占比則逐年下降(30%→2%) • 觀察韓國工業中之金屬、石化、電子、機械設備業的趨勢發現，近年來以電子與電子設備業所佔 GDP 呈現穩定上升，並且為製造業中佔 GDP 比最高的產業，石化業與金屬製品業則微幅下降，機械設備與精密儀器業則呈現持平狀態 • 服務業：工業 = 6：4
日本	重工業 → 高附加價值產品 → 技術創新、資訊產業、老齡化社會與環保產業	<ul style="list-style-type: none"> • 農業 GDP 占比維持持平(2%)，服務業 GDP 變化不大(38%)，工業部分，2009 因為金融海嘯，全球景氣不振，導致工業占比下降外，其餘大都呈現穩定態勢(55%) • 服務業：工業 = 4：6
英國	工業 → 服務業 → 生技、奈米、材料、塑料電子與低碳產業	<ul style="list-style-type: none"> • 服務業 GDP 占比逐年攀升(56%→78%)，工業 GDP 占比則逐年下滑(36%→18%)，顯示英國是以服務業為主的經濟體 • 所有工業的產業附加價值占比逐年下滑，生產性的服務業快速發展，促進了知識密集型與創新型製造業的大量產生，各種服務公司也因應而生 • 服務業：工業 = 8：2

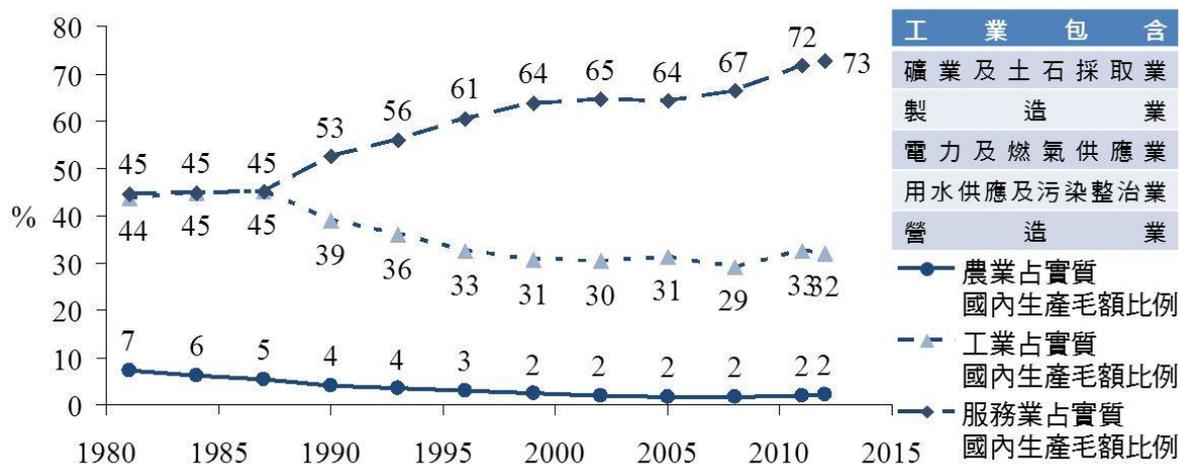
國家	產業發展歷程及趨勢 (1960~2015)	產業結構變動
美國	技術密集型產業 → 資訊技術產業 → 金融業 → 新興產業	<ul style="list-style-type: none"> • 工業 GDP 占比逐漸下降(30%→20%)，服務業則逐年上升(55%→72%)，農業部份占比則持平(2%) • 進一步觀察其工業，發現不論是金屬、石化、電子、機械設備業所占的 GDP 都呈現下滑的趨勢，顯示美國目前在製造業方面，將會朝向高附加價值的服務業為主 • 服務業：工業 = 7：2

資料來源：本研究分析

2.台灣部門別經濟產業結構發展

台灣經濟發展歷經經濟重建期、出口擴張時期、產業升級與國際化時期等時期，產業型態則從早期的農業、勞力密集輕工業、重工業到現在的高附加價值產業。

產業結構中農業占實質國內生產毛額(GDP)比重在2012年的1.9%，工業約占整體產業比重中三成，服務業占七成，整體經濟以出口為導向。自1986年後台幣開始升值，民生產業陸續外移使製造業比重逐漸下滑，惟1996年後比重下降幅度較為和緩，是因為反映資訊電子產業的興起，目前服務業、工業與農業之比例將不會再有太大的改變。有關台灣部門別經濟產業結構發展，如圖2.28所示。



資料來源：主計處 95 年行業別統計表之分類；台灣經濟研究院分析、製圖

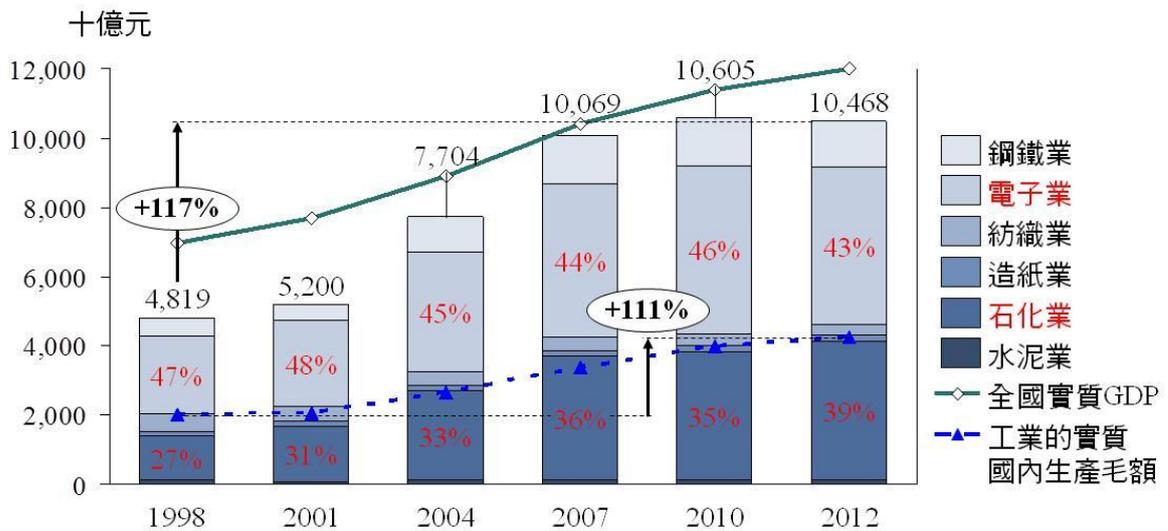
圖 2.28、台灣部門別經濟產業結構發展

3. 工業部門經濟基礎數據蒐集與分析

在工業部門產值分析方面，六大產業成長最為快速的分別為電子、石化及鋼鐵業，截至 2012 年，此三種產業之產值約占六大產業的 94%，產值共計有 9 兆 8 千億。

如圖 2.29 所示，我國六大產業之產值在近 15 年約增加 117%，而工業部門實質 GDP 成長大致也成長 111%，此顯示我國工業部門中間投入之結構比重並未有重大改變，顯示六大產業在提升附加價值這方面呈現趨緩的態勢，同時也代表六大產業的產業轉型速度不足。

電子業為我國近 20 年來最主要發展之產業，但近年來因為國際景氣不佳與國際競爭壓力，造成成長趨緩；石化業一直為我國重要之傳統產業，從 2001 年麥寮六輕建廠完以後，石化業產能快速擴張，而近年來國際市場因新興國家需求旺盛，帶動我國石化產業產值仍大幅提升。

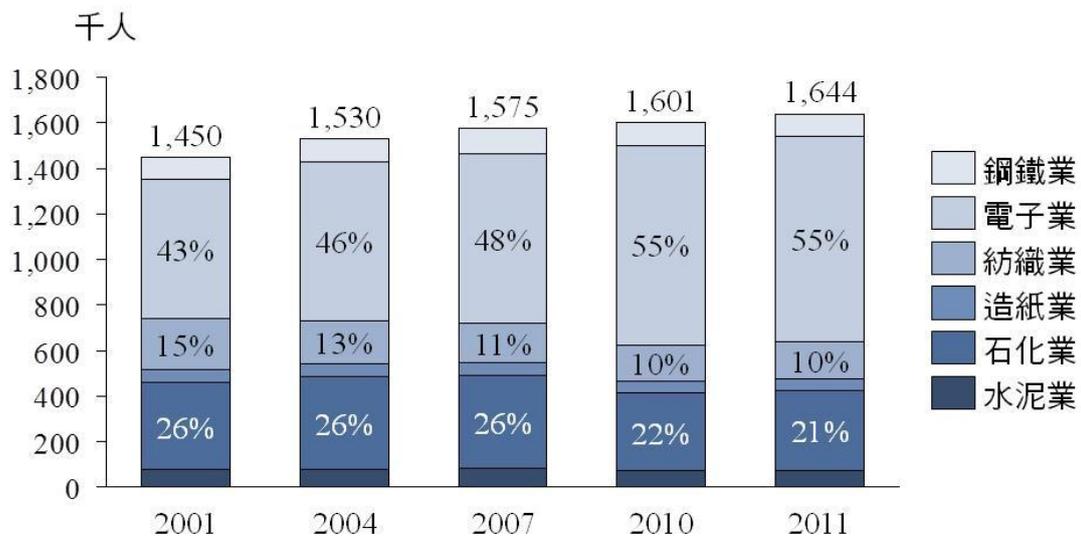


資料來源：行政院主計處、經濟部統計處；本研究分析

圖 2.29、工業部門產值分析

近 10 年來我國六大產業受僱人口增加的原因主要來自於電子業，該產業於這段時間內受僱人口增加 30 萬人，比六大產業受僱人口增加的數量還多，顯示電子業吸引了周邊產業的人才。在 2011 年電子業的受僱人口占六大產業 55%，此顯示電子業為我國當前發展的主要項目。

受僱人口次多的產業為石化產業，雖然該產業近十年呈現高度發展，但該產業的受僱人口卻沒有大量增加，造成此結果的原因可能是目前石化產業皆朝電子自動化發展，因此不需要使用大量的人力。紡織業屬於高勞力密集產業，雖然近十年來呈現衰退的趨勢，但該產業所需的人力仍有近 16 萬人。如圖 2.30 所示。



資料來源：中華民國統計資訊網；本研究分析

圖 2.30、工業部門六大產業受僱人口比例

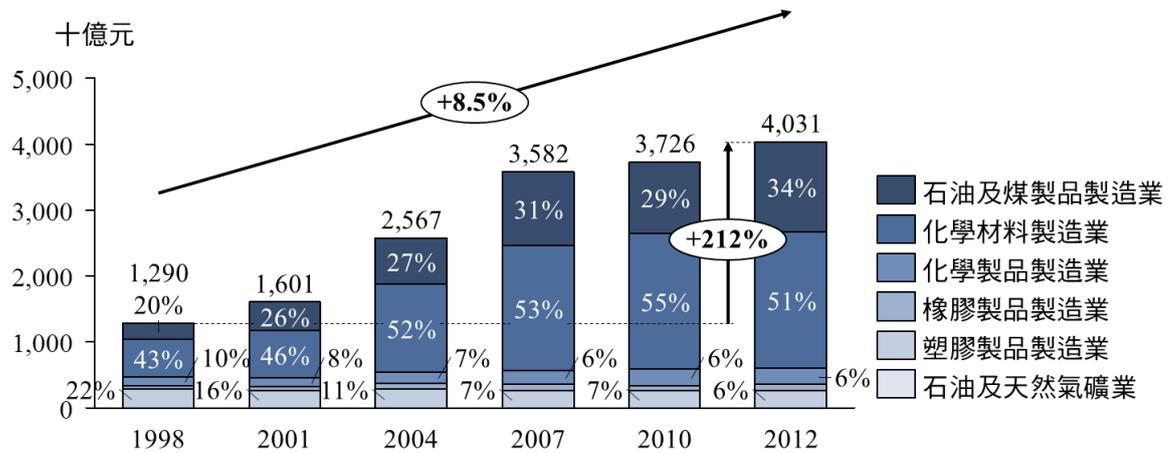
有關六大產業產值分佈情形及現況、就業人口統計，說明如下：

(1)石化業各業別產值現況及就業人口統計

我國石化業產值近 15 年來成長 212%，每年成長率約 8.5%，其中 2001 年以後石化業快速發展的原因為六輕麥寮廠區逐年擴張，但原油價格快速上漲也同時推升產值增加；而近年來因全球金融危機與歐債風暴，以及國際市場競爭激烈造成石化業成長趨緩，此外國內石化業擴廠因環評受阻，也造成石化業成長速度趨緩。

近 15 年來石化業產值主要成長的業別為石油及煤製品製造業與化學材料製品業，此兩業別主要為上下游關係，因此其產值大致維持在 30%：50%的比例，如圖 2.31 所示。近 10 年來石化業受僱人數並沒有跟產值一樣快速成長，反而在 2008 年全球金融海嘯過後，石化產業受僱

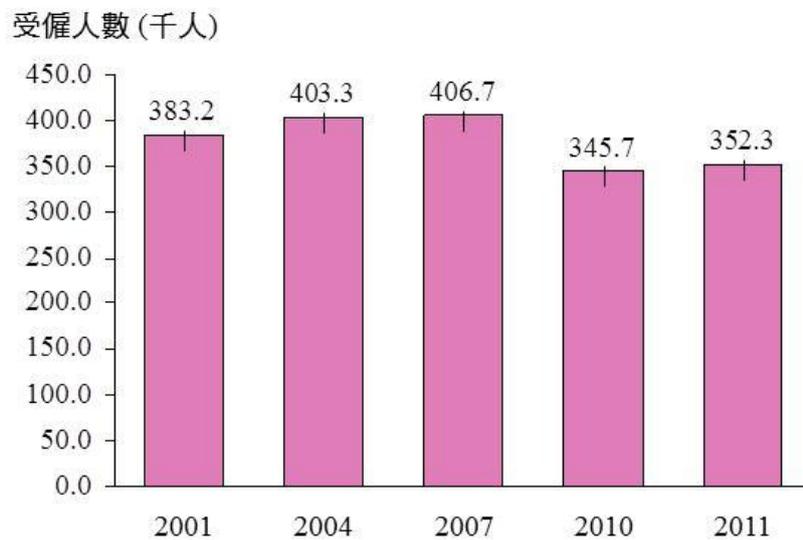
人數呈現衰退的現象，大致上石化業的受僱人口約在 35 萬至 40 萬人之間，如圖 2.32 所示。



註：基期為 2006 年

資料來源：經濟部統計處；本研究分析

圖 2.31、石化業各業別產值現況



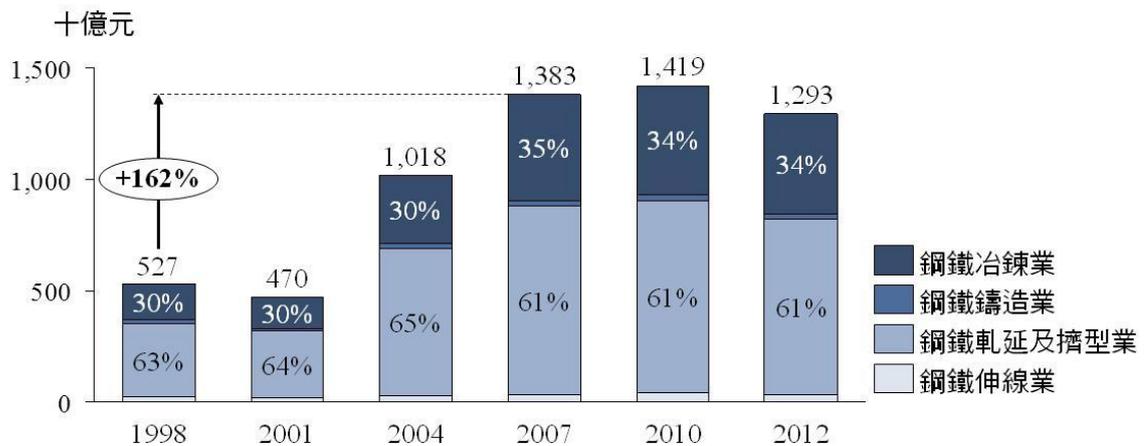
資料來源：中華民國統計資訊網；本研究分析

圖 2.32、石化業就業人口統計

(2)鋼鐵業各業別產值現況及就業人口統計

鋼鐵業產值從 1998 年到 2007 年共成長了 162%，但此期間我國粗鋼產量僅增加 23.5%，本研究分析產生此現象之原因主要為新興國家快速崛起，造成鋼鐵需求旺盛，使得鐵砂價格快速上升，並帶動粗鋼價格上漲，因此鋼鐵業產值在該期間大幅上升。

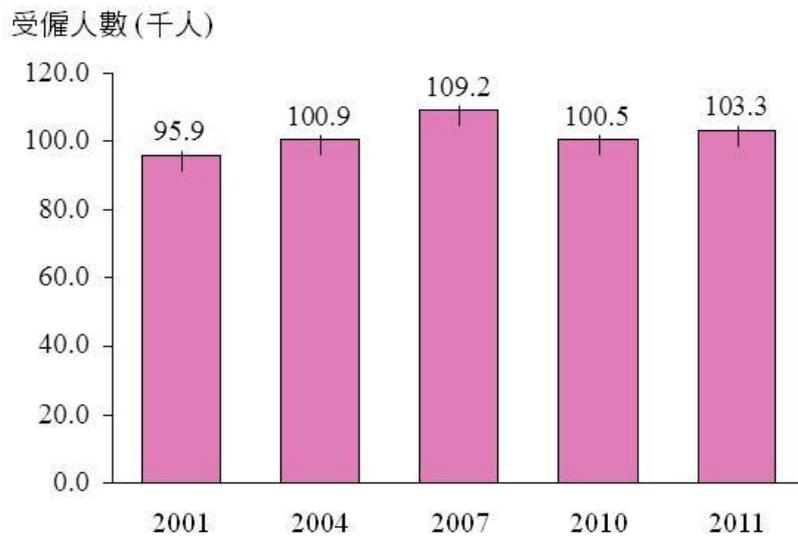
鋼鐵冶煉業與鋼鐵軋延及擠型業屬於上下游關係，可以發現近 15 年來其產值比例一直保持 30%：60%的比例；而此兩業別在 2012 年占鋼鐵業總產值的 95%，如圖 2.33 所示。鋼鐵業的受僱人數從 2001 年的 9.5 萬人到 2011 年僅微幅增加到 10.3 萬人左右，如圖 2.34 所示。



註：基期為 2006 年

資料來源：經濟部統計處；本研究分析

圖 2.33、鋼鐵業各業別產值現況



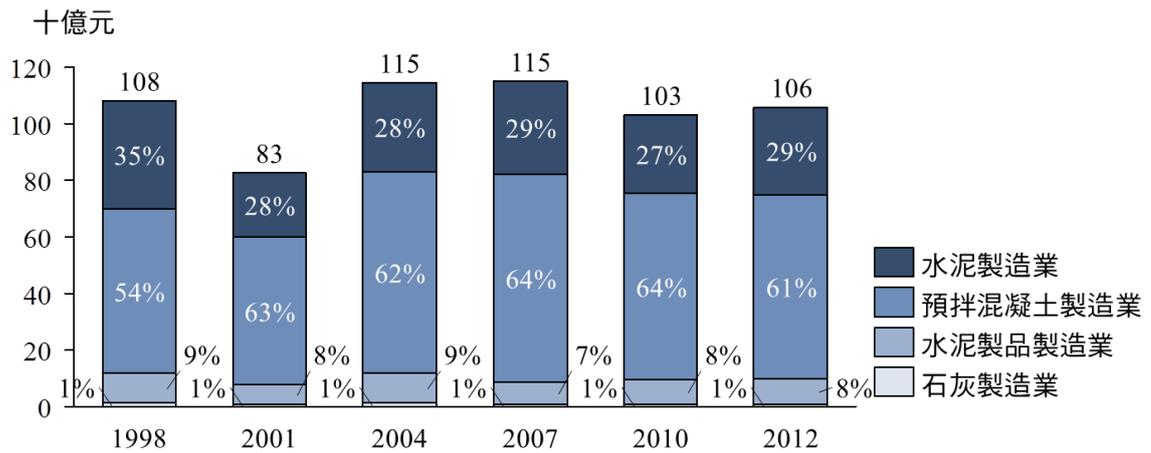
資料來源：中華民國統計資訊網；本研究分析

圖 2.34、鋼鐵業就業人口統計

(3)水泥業各業別產值現況及就業人口統計

我國國內公共投資與民間的基礎建設趨於飽和，近年來政策又傾向限制水泥外銷，因此水泥業之產值近年來產生微幅衰退；但該產業為基礎民生工業，估計該產業之產值將維持在 1 千億元左右之水準。

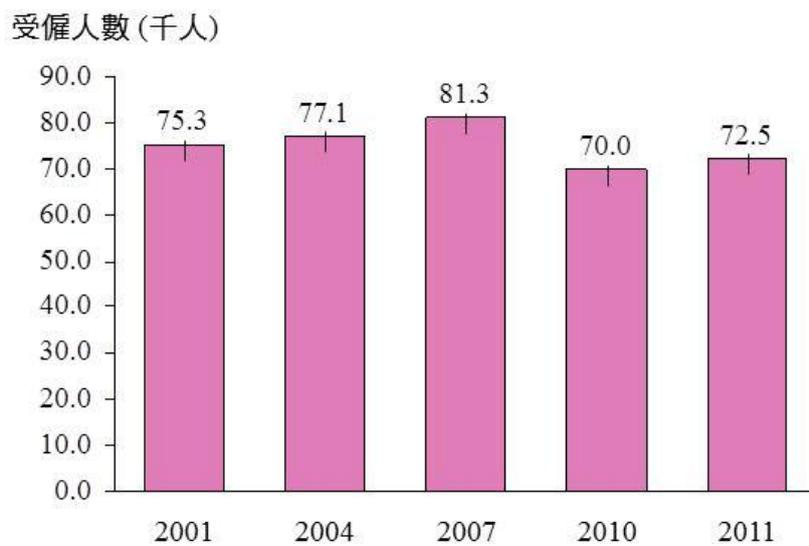
水泥業各業別之結構比例近 10 年呈現穩定的狀況，其中水泥製造業與預拌混凝土製造業的比例大致呈現 30%：60%的比例，如圖 2.35 所示。2000 年產業外移造成水泥業產值大幅衰退，雖然到 2001 年以後水泥業逐漸復甦，但 2008 年遭遇到全球金融海嘯，使得產值與受僱人口再次衰退。而水泥業為成熟產業，因此該產業狀況主要受景氣影響，受僱人口也大致維持在 7 至 8 萬人之間，有關就業人口統計如圖 2.36 所示。



註：基期為 2006 年

資料來源：經濟部統計處；本研究分析

圖 2.35、水泥業各業別產值現況



資料來源：中華民國統計資訊網；本研究分析

圖 2.36、水泥業就業人口統計

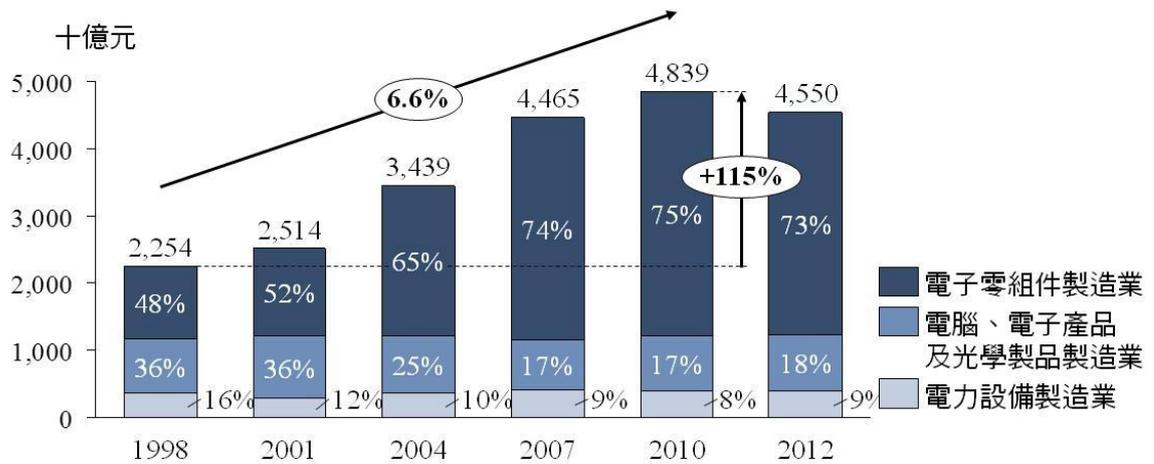
(4) 電子業各業別產值現況及就業人口統計

我國電子業從 1998 年至 2010 年產值成長 115%，每年的成長率約為 6.6%，但近年來因為歐債風暴與國際競爭

激烈，造成我國電子業產值呈現微幅衰退。

近 15 年來電子業成長主要以電子零組件製造業的擴張為主，其產值共計增加約 206%。在電腦、電子產品及光學製品製造業與電力設備製造業的方面，近 15 年來產值則分別維持在 8 千億與 4 千億元左右，並未有明顯的增加與減少，如圖 2.37 所示。

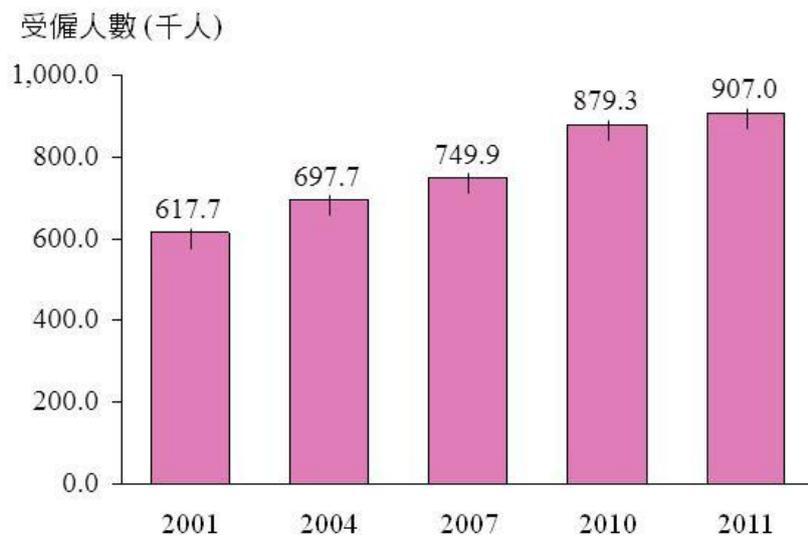
近 10 年來六大產業唯有電子業在產值增加的過程中，其受僱人數跟著上升的產業，顯示該產業目前仍處於發展的階段，而且該產業目前已經是我國工業部門受僱人口最多的產業；但在近年來大環境不佳的情況下，該產業受雇人數增加地速度有下降的趨勢，如圖 2.38 所示。



註：基期為 2006 年

資料來源：經濟部統計處；本研究分析

圖 2.37、電子業各業別產值現況



資料來源：中華民國統計資訊網；本研究分析

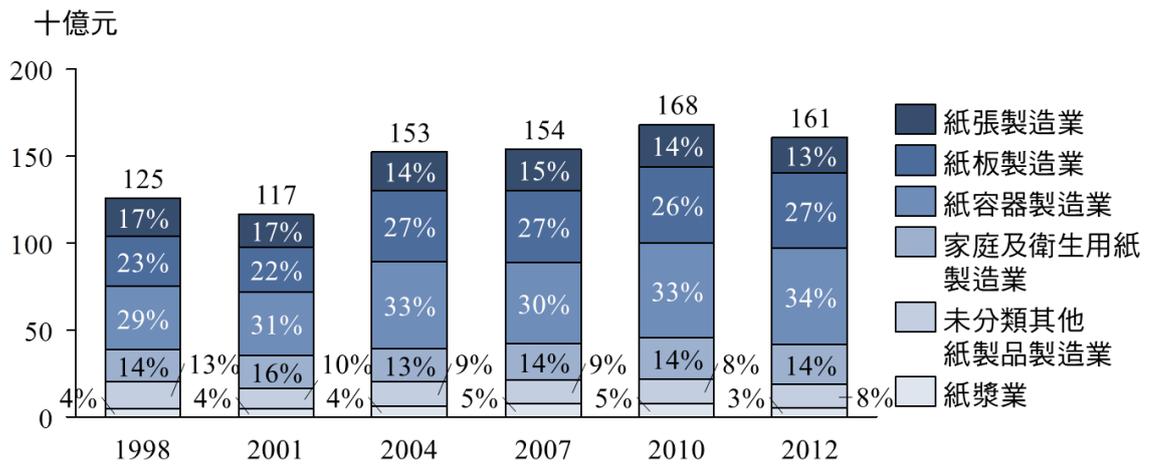
圖 2.38、電子業就業人口統計

(5)造紙業各業別產值現況及就業人口統計

造紙業近 15 年來呈現飽和的狀態，尤其是平板電腦等 3C 產品，持續取代傳統用紙，造成紙張製造業近年來呈現萎縮的情形；預估未來該產業將趨於穩定。

我國近 20 年來注重環保議題，因此限制我國原木漿的生產，目前多數紙漿皆進口國外廢紙漿為主；而我國紙漿業約占整體造紙業產值得 3%，未來預估將維持該比例。

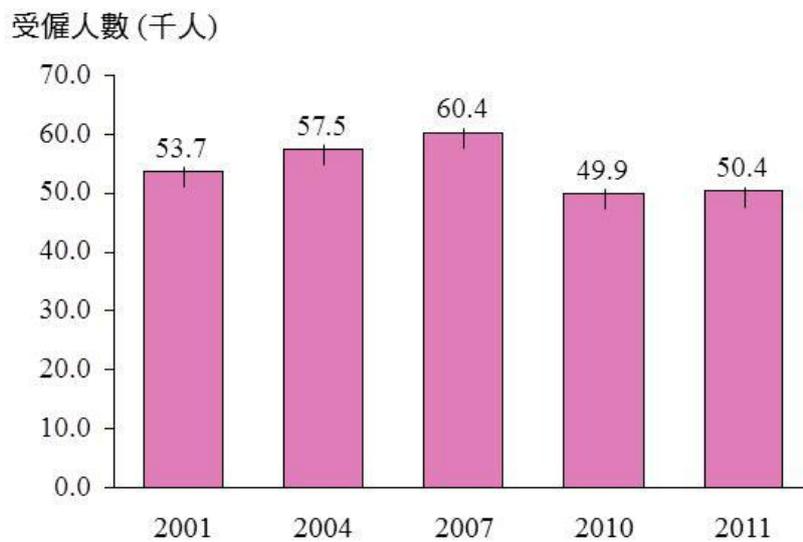
紙板製造業主要提供工業部門進行產品包裝使用，因此受工業部門景氣影響較大，未來該業別可能因工業部門需求上升而增加，如圖 2.39 所示。造紙業的受僱人口大致上維持在 5 萬至 6 萬之間，在全球金融海嘯時期該產業同樣進行裁員，使得受僱人數大幅衰退，如圖 2.40 所示。



註：基期為 2006 年

資料來源：經濟部統計處；本研究分析

圖 2.39、造紙業各業別產值現況



資料來源：中華民國統計資訊網；本研究分析

圖 2.40、造紙業就業人口統計

(6) 紡織業各業別產值現況及就業人口統計

從民國 80 年代開始我國勞工成本上升，而紡織業屬於高勞力密集產業，因此近 15 年多數紡織業遷廠至東南

亞及大陸等勞工成本較低之地區；而台灣內部的紡織業則進行產業轉型，並積極開發高附加價值產品，但從 2000 年以後仍呈現微幅衰退。

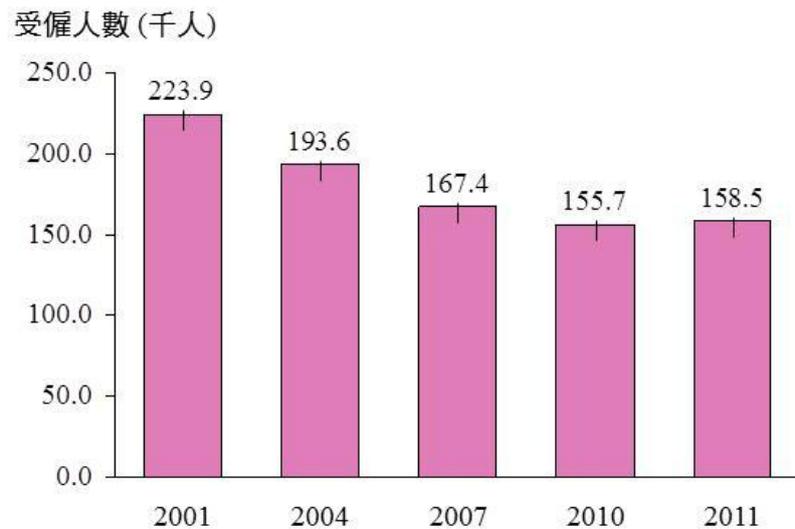
因人造纖維製造業屬於化學製品製造業別內，因此本研究將該產值列入石化產業。其中我國紡織業衰退幅度最快的是成衣及服飾品製造業，其餘紡織業產值衰退較小，如圖 2.41 所示。紡織業的受僱人口與產值變動情形類似，逐年呈現衰退，但近年來衰退幅度逐漸開始收斂，尤其是 2011 年該產業受僱人數已經開始呈現正成長，顯示該產業在產業轉型後可能維持目前的產值幅度，甚至有可能呈現成長的趨勢，如圖 2.42 所示。



註：基期為 2006 年

資料來源：經濟部統計處；本研究分析

圖 2.41、紡織業各業別產值現況



資料來源：中華民國統計資訊網；本研究分析

圖 2.42、紡織業就業人口統計

4. 國內外工業部門產業生態及市場潛力

在水泥業方面，我國水泥廠商面臨內需市場趨於飽和，已積極投資中國市場布局；在石化業方面，受到中東、中國石化產能的陸續開出，使得本產業廠商競爭壓力增加，加上原料成本不低，因此將衝擊整個石化產業，但政府單位為了提升我國石化業的競爭利基，成立石化產業六大研發聯盟，透過產業鏈垂直整合，達到提高我國石化產品附加價值的發展目標。

在造紙業方面，我國製造業對紙品的需求仍不見起色，傳統出版品持續受到取代，又中國造紙產能的持續大幅開出，因此該產業對紙品需求之展望相對悲觀；在紡織業方面，受到中國及歐洲市場需求不佳，衝擊我國出口紡織品表現，而我國紡織業從過往以代工為主的模式，結合業者本身既有的優勢技術，轉型至通路或自有品牌的經營，而在景氣

分析上，中國等新興紡織國家的競爭壓力、人工費用不斷攀升等問題，將會影響國內紡織業。

在電腦製造業方面，產銷環境及概況佳，我國電腦製造業的主要廠商多是國際大廠的代工夥伴，因此對於國內外經濟影響程度的看法上，廠商認為以國際經濟影響最大，影響程度甚於我國國內的經濟情勢；在半導體業方面，雖然受惠於智慧型手機與平板電腦的帶動，但由於半導體業處於庫存調整階段、產業競爭導致產品價格滑落、DRAM 業者的競爭力問題等，均會對半導體業的產值造成影響。

在鋼鐵業方面，全球粗鋼產量供過於求，使鋼價未見明顯彈升，亦使國內鋼材進口需求減緩，產銷值呈現衰退，其中，2012 年國內以盤元線材、熱軋鋼捲、冷軋鋼捲等報價每公噸新台幣約 2~3 萬，較 2011 年下跌 11%，在景氣分析上，因油電價格調漲而帶動物價上漲，使產品生產成本恐而增加。

表 2.4、國內外工業部門產業生態及市場潛力

	產業環境	產銷/營運概況	廠商動態	景氣分析
水泥業	<ul style="list-style-type: none"> ● 政府持續推動各項公共建設計畫，因此對水泥存有一定的需求量。 ● 我國與日本、東南亞及中國地區持續實施限縮水泥外銷量措施。 ● 我國水泥廠商面臨內需市場趨於飽和，已積極投資中國市場布局。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 高科技產業因景氣低迷與經濟前景不確定，所以相繼縮減資本支出，造成民間工程訂單下滑，使得水泥需求減少。 ● 外銷市場因國際客戶奈及利亞、新加坡、美國、幾內亞等地的訂單下滑，目前呈現萎縮的局面。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 原料與燃料煤之價格走跌，受惠生產成本下跌，使得國內本產業的營業利益大多呈現成長或由虧轉盈的局面。 ● 我國廠商在中國轉投資，因中國經濟成長走緩，水泥需求疲軟，因此獲利遭受影響。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2013 年國內水泥及其製品製造業者可望受惠公共工程及民間訂單的需求增長。 ● 房屋建築工程市場的需求下滑，將抑制成長動能。 ● 預估水泥業銷售值與 2012 年同期相較僅將呈現微幅成長的態勢。
石化業	<ul style="list-style-type: none"> ● 2012 年全年國際油價較 2011 年小幅上漲。 ● 國內石化廠擴廠不易，且為了配合政府推動石化業朝「質在 	<ul style="list-style-type: none"> ● 原料成本壓力仍不低且市場需求不佳因素，將衝擊石化廠商獲利表現。 ● 2012 年上半年多數產業銷售值年增率呈 	<ul style="list-style-type: none"> ● 我國石化業廠商海外布局主要仍以中國市場為主，投資項目以石油化工原料以及塑橡膠原料為主。 ● 2012 年 1~8 月多數廠 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2013 年受到中國經濟成長動能恐持續放緩，以及中東政局動盪將導致原油價格高檔波動，進而墊高廠商生產成本。

	產業環境	產銷/營運概況	廠商動態	景氣分析
	內，量在外」的發展策略模式，業者將生產重心轉移至海外，不過我國石化廠商在海外投資設廠，仍面臨諸多困境及挑戰。	現衰退，不過橡膠製品製造業因輪胎外銷需求穩定，帶動銷售值年增率成長0.10%；石油及煤製品則是受到油品內外銷平均價格較2011年同期上漲因素，帶動銷售值年增率成長3.22%。	商營收以及獲利表現多呈現衰退或虧損的局面，僅部分廠商如正新、永記以及國精化學營運表現相對較佳。	● 廠商對於2013年的景氣看法呈現中立偏弱的情況。
造紙業	<ul style="list-style-type: none"> ● 我國造紙業主要係以紙板業、瓦楞紙箱(板)為主。 ● 文化用紙為我國造紙業第三大的產品，但近期廣告傳單報紙、期刊及書籍等需求明顯下滑。 ● 我國出版業與造紙業需求仍將持續衰退。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 受國內外經濟環境不佳的影響，使得對造紙業的需求明顯下滑。 ● 宣紙、棉紙及毛邊紙等文化創意產品，因我國政府積極推展文化創意產業，以及中國經濟實力增強，吸引學習中華傳統文化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 受到產業景氣不佳的影響，多數廠商營運表現均呈現衰退的困境。 ● 我國廠商轉投資中國營運表現，因景氣不佳拖累及中國廠商競爭力提升的影響，導致多數廠商獲利表現不佳。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 預估2013年全球各國對造紙業的需求雖可望轉佳，不過仍相當疲軟。 ● 傳統出版品持續受到取代，又中國造紙產能的持續大幅開出，我國製造業對紙品的需求仍不見起色，因此該產業對紙品需求

	產業環境	產銷/營運概況	廠商動態	景氣分析
		的人數增中式紙張，目前維持穩定成長態勢。		之展望相對悲觀。
紡織業	<ul style="list-style-type: none"> ● 美國施行貨幣量化寬鬆政策，進而推升天然纖維價格創近年新高，但因紡織業的原料成本占製造成本逾七成，其成本轉嫁不易，因此紡織中下游產業正面臨成本上升壓力。 ● 人造纖維產品，近年隨著全球人口不斷增長，及人造纖維產品應用範圍亦逐漸擴大，因此對人造纖維產品需求增加。 ● 我國和韓國紡織產品結構高度相似，美韓 	<ul style="list-style-type: none"> ● 受到中國因本身及歐洲市場需求不佳，及美國失業率未有太大幅度的改善，造成美國民眾對成衣支出下滑等因素影響，間接衝擊我國出口紡織品表現。 ● 我國紡織上游人造纖維製造與紡紗產業鏈完整，並在布料產品研發上具競爭力，但新興國家紡織業興起，導致我國成衣業者在外銷價格上面臨競爭壓力。 ● 國內民眾 M 型化消 	<ul style="list-style-type: none"> ● 我國中小企業的國內成衣廠商，與上市的全球或國內大廠相比，國際上的競爭力較弱。 ● 紡織業積極從過往以代工為主的模式，轉型至通路或自有品牌的經營，藉由結合業者本身既有的優勢技術，來延續整體紡織業的競爭力。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 美國及中國經濟維持增長，歐債問題可望獲得改善，加上國內外消費者對紡織品及成衣服飾需求不減，因此廠商普遍對 2013 年景氣看好。 ● 面對中國等新興紡織國家的競爭壓力，導致廠商認為 2013 年產品售價將調降。 ● 人工費用不斷攀升將造成紡織業有成本上的壓力，廠商普遍認為 2013 年毛利率、淨利率表現將較差。

	產業環境	產銷/營運概況	廠商動態	景氣分析
	<p>自由貿易協定簽署後，韓國輸往美國的紡織品及成衣相關產品約七成會降稅為零，屆時將對我國紡織產業產生一定程度的衝擊。</p>	<p>費力逐漸明顯，消費者對平價或高檔成衣服飾需求不減。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 中國在人造纖維產品占全球市占率 82%，目前更致力於技術研發、產業升級，我國紡織業在此強大壓力下，勢必繼續朝高附加價值、差異化等品質優良產品方向研發發展，藉以提升本身競爭力。 		
電腦製造業	<ul style="list-style-type: none"> ● 面臨全球經濟走緩，Windows 8 換機需求雖無原先預期樂觀，幸而各家廠商持續推出平板電腦的新機種，且價格競爭亦帶動消費者接受度提 	<ul style="list-style-type: none"> ● 雖然全球經濟情勢走緩，影響出貨量表現，但在平板電腦呈現高度成長的態勢下，我國電腦出貨量年增率成長，但相較 2011 年較為走緩。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 電腦代工廠商營收表現主要受品牌廠商表現影響出貨量。 ● 工業電腦廠商致力拓展外銷市場及多元業務，帶動營收表現。 ● 磁碟陣列廠商因未積 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2013 年平板電腦將呈現價格走跌態勢，可望帶動消費者買氣，為本產業中出貨量最佳產品。 ● 我國電腦產品以外銷為主，匯率大幅波動

	產業環境	產銷/營運概況	廠商動態	景氣分析
	升。	<ul style="list-style-type: none"> ● 2012 年上半年美國持續穩居電腦製造業最大出口國，前五大出口國，總計所占比重為 66%，顯示本產業出口國的集中度高。 	極切入雲端資料中心專案，故對我國儲存陣列廠商受惠有限。	將侵蝕廠商獲利表現。
半導體業	<ul style="list-style-type: none"> ● 智慧型手機與平板電腦，其帶動 IC 產業的需求，有利於 IC 設計、晶圓代工廠、IDM 廠，而 IC 封測業也同步受惠。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2012 年我國晶圓代工產業產值年增率成長幅度遙遙領先整體 IC 產業，主要受惠於晶圓雙雄來自於平板電腦與智慧型手機的貢獻度持續攀升。 ● 儘管全球 DRAM 價格跌勢不若 2011 年，但因台系 DRAM 廠部分產能轉往晶圓代工，且 Elpida 重整效應、財務緊俏使部 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2012 年 1~6 月我國主要上市櫃、興櫃半導體製造業公司的獲利表現仍屬不佳，主要係因終端應用市場持續處於庫存去化階段，導致客戶下單仍顯疲弱，半導體製造業者的產能利用率普遍較 2011 年同期為低，加上產業競爭因素導致部分產品價格出現滑落。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2013 年廠商對半導體業景氣展望則多集中於持平，業者認為國內外經濟情勢能見度仍不高。 ● 2013 年首季亦恐持續處於半導體業庫存調整階段，加上整體產品平均單價將持續下跌趨勢，以及獲利表現恐仍不佳，甚至 DRAM 業者的競爭力問題仍是產業的發

	產業環境	產銷/營運概況	廠商動態	景氣分析
		分業者產能縮減，故 2012 年我國記憶體及 IDM 產值持續出現衰退走勢。		展隱憂所致。
鋼鐵業	<ul style="list-style-type: none"> ● 全球粗鋼產量成長趨緩。 ● 新興國家地區對鋼材需求熱絡，其餘地區國家粗鋼產量多呈現衰退。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 全球經濟情勢不佳，導致鋼材消費持續疲弱、歐洲債信問題持續發酵。 ● 國際鋼價未見明顯彈升。 ● 中國鋼鐵供給過剩衝擊亞洲鋼鐵市場。 ● 國內鋼材進口需求減緩。 ● 國內下游產業業者回補鋼材意願滑落，使國內鋼材報價未明顯回溫。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 與國際鋼價連動性較高的鋼鐵一貫廠及板鋼業者營收受到衝擊，因而較 2011 年衰退。 ● 條鋼業者由於國內新增公共工程需求減緩，加上產業用條鋼需求受國際景氣滑落影響而呈現下滑，營收亦呈現衰退。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 在 2013 年景氣展望部分，業者看好下游產業用鋼需求可望彈升，加上全球主要鋼鐵大廠多進行減產，使得供需狀況小幅改善。 ● 因國內油電價格調漲，物價將有持續上漲的壓力，多數業者認為 2013 年產品生產成本恐因而增加。

資料來源：台灣經濟研究院產經資料庫(2013)；本研究彙整、分析

(三)重要國家工業部門低碳策略

蒐集各國節能減碳目標與高耗能產業調整策略，各國設定能源效率目標的方案各有不同，一為採用節約率或效率改善率來設定能源效率目標，第二種方式是採用能源密集度來設定國家能源效率目標，代表國家或部門層級每一單位實質國內生產毛額所需耗用的能源消費量。

良好的能源效率政策管理，可確保政策面與實施面能達到有效的協調，並且有助於提升改善能源效率目標水平。有關各國節能減碳目標與其因應的產業調整策略，如表 2.5 所示，綜觀幾個先進國家，其產業調整策略上主要在減碳技術的改進及研發、搭配具經濟誘因的法令政策實行，對於產業結構比例的調整尚著墨不多。

表 2.5、各國節能減碳目標與其因應的產業調整策略

國家	節能減碳目標	工業部門產業調整策略	工業部門低碳具體作法		
			減碳措施	低碳燃料	能資源循環利用
英國	英國環保、糧食與鄉村部推動「英國氣候變遷計畫」(UK Climate Change Programme, UKCCP); 京都目標(2008~2012): 8%減量; 國內長期目標(2050): 60%減量	<ul style="list-style-type: none"> ● 溫室氣體減排主要來自提高能源、原料及製程效率提升 ● 鼓勵產業低碳轉型研發, 2020 年後將大力推動工業部門低碳燃料轉型 ● 培養高附加價值的產業(低耗能但卻高產值的產業) ● 轉型低碳經濟、增加商業和就業機會 ● 橫向政策-創新、技 	<ul style="list-style-type: none"> ● 倚賴資金投資去汰換剩餘 10~20 年操作壽命的製造工廠 ● 淨碳技術: CCS, 特別是鋼鐵業與水泥業 ● 工業在提升能源效率的同時, 亦實現低碳經濟, 例如: 提供所需製造的原料、產品和基礎設施, 安裝、維 	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用低碳替代燃料(生物能源及電器化) ● CO 主要是製鋼、煉油所產生的廢氣產物, 利用某些細菌的能力, 消耗 CO 氣體, 並將其轉換成有用的化學品和燃料可用的能源形式, 將可減少石化碳排放 ● 提供資金推動低 	<ul style="list-style-type: none"> ● 化學工業對於每公噸的 CO₂ 排放, 約保存 2.5 噸做為產品和技術, 提供其他產業 ● 水泥工業利用廢物衍生的替代品取代 38% 的窯能源(近乎 17% 來自 biomass)

國家	節能減碳目標	工業部門產業調整策略	工業部門低碳具體作法		
			減碳措施	低碳燃料	能資源循環利用
		術、投資和需求的重要性	<p>護和經營可再生能源發電技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 氣候變遷協議的參與者，其電費享有 90% 的氣候變遷稅優惠 	<p>碳燃料研究，發展低碳燃料的製造和減少工業原料的成本</p>	
美國	<p>2020 年與 2005 年的基準相比，二氧化碳的排放量減少 17%，到 2050 年再減少 83%</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 制定器具與設備能源效率標準：制定超過 50 種器具與設備能源效率標準 ● 提供再生能源租稅抵減 ● 強制規定大型排放源(年排放量超過 25,000 公噸 CO₂)，每年需要向環保署 	<ul style="list-style-type: none"> ● 政府賦予各州政府擁有減碳的自主權，期許能減少使用石化燃料 ● 工廠使用高效率的熱電聯產技術 (Combined Heat and Power, CHP) 取代過去使用現場燃料鍋爐產熱 	<ul style="list-style-type: none"> ● 各州制定低碳燃料標準 ● 使用低碳燃料 (天然氣、電力發動機以及生質物) 取代現有的高碳強度燃料(如：燃煤) ● 至 2022 年使用 360 億加侖的生質燃料，並可減少 	<ul style="list-style-type: none"> ● 利用植物和植物所衍生的材料，如食品作物、草本和木本植物、農業或林業的殘留物和有機成分的工業廢物提供生物質發電再加上高效率轉換技術，可用來輔助化石燃料

國家	節能減碳目標	工業部門產業調整策略	工業部門低碳具體作法		
			減碳措施	低碳燃料	能資源循環利用
		定期申報溫室氣體排放量	或者從電網中購買電力的情形	6.5%的溫室氣體排放(US Federal Renewable Fuel Standard , US-RFS2) ● 北美大量開採頁岩氣	的消耗
德國	● 聯邦環保部推動兩階段「國家氣候保護計畫」(National Climate Protection Programme, NCCP)：以永續能源發展為	● 溫室氣體排放交易法案：所有發電廠及能源密集使用之工業皆須參與(約有 2 千家) ● 汽電共生法案：電力及熱能共生設施之供電應優先於煤炭、石油及天然氣	● 提昇生產效率。針對受影響最大的高耗能產業，德國政府也以減免電價附加費的方式減少衝擊 ● 推動汽電共生技術的普及化，預計 2020 年可將能源	● 工業部門使用生質物作為汽電共生設備的燃料源 (Biomass co-generation)，目前在德國有 8% 的使用率	● 柏林近郊的 Adlershof 科技園區採用區域暖房概念，將廠區動力中心所產生的廢熱回收以提供其他進駐的科技廠商使用，可達到能源效率提高之目

國家	節能減碳目標	工業部門產業調整策略	工業部門低碳具體作法		
			減碳措施	低碳燃料	能資源循環利用
	<p>核心</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 京都目標 (2008~2012) : 8%減量；國內目標 (2008~2012) : 21%減量；於 2020 年降低 40%的溫室氣體排放 ● 2030 年能源效率提升 30%，且 2050 年較 1990 年減少溫室氣體排放 70% 	<p>等純火力發電廠之供電</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 補貼措施，使工業電價不至於高出其他歐盟國家工業電價太多，讓德國工業維持一定的競爭力 	效率提升至 90%		的

國家	節能減碳目標	工業部門產業調整策略	工業部門低碳具體作法		
			減碳措施	低碳燃料	能資源循環利用
日本	2030 年能源效率提升 30%，且 2050 年較 1990 年減少溫室氣體排放 70%	<ul style="list-style-type: none"> ● 藉由金融及金融上的支援來達成促進資源能源合理化且適當利用之目的 ● 金融上助成措施之對象事業，在工業部門為每年平均節省能源在 100KL 以上事業者，即可申請。另外亦針對耗能設備更新其省能設備所需的資金，給予不同程度之利息補貼 ● 政府提倡在適當的產業增加再生替代 	<ul style="list-style-type: none"> ● 改進工業上所用變頻器，包括引進高效率的機械、高效率的夜光燈、以 LED 燈取代原有照明器 ● 石化工業推行「清潔煤炭技術」(Clean Coal Technology, CCT)，降低燃煤後產生的 CO₂ ● 「Cool Earth 能源革新技術計畫」利用煤氣化燃料電池複合發電系統 	<ul style="list-style-type: none"> ● 發展高效率的天然氣火力發電、零排放的煤炭火力發電、新型的核能發電、太陽能發電、生質能發電提供能源給鋼鐵、製造加工業 	<ul style="list-style-type: none"> ● 鋼鐵廠所產生的爐渣、鐵渣及高溫爐粉塵送至水泥廠當做製作水泥之原料，水泥廠所產生之生石灰、石灰粉末亦可提供鋼鐵廠做為精煉鐵用之材料 ● 火力發電廠所產生的大量碳煤灰可提供水泥廠當做水泥原料的替代材料 ● Carbon Product：碳材(碳纖維、人

國家	節能減碳目標	工業部門產業調整策略	工業部門低碳具體作法		
			減碳措施	低碳燃料	能資源循環利用
		能源政策	及 CCS 技術來潔淨燃燒技術，提供鋼鐵廠使用		工石墨…等)所發展出來的應用(電極、超級電容材料…等)，可適用於各產業(鋼鐵、半導體業…等)
韓國	<ul style="list-style-type: none"> ● 2030 年將能源效率提升至 47%，並且提高再生能源在能源供應的比例至 11%，並降低燃油需求至 30% ● 與基準情境比較，溫室氣體 	<ul style="list-style-type: none"> ● 將工業部門的產業結構往綠色科技邁進，並降低能源密集度，促使產業結構朝高附加價值及低耗能方向調整，預計至 2030 年時，將朝以服務業為主的經濟體系邁進 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建立綠色資訊科技，並結合各項工業部門，提高能源使用效率 8% 與降低碳排放 ● 採用 POSCO ICT 公司建立工業部門的能源管理系統，可降低 20% 的能源消耗(POSCO 	<ul style="list-style-type: none"> ● 韓國政府提出低碳綠色成長 (Low Carbon Green Growth) 的大方向政策，在工業部門會針對鋼鐵與石化業進行開發綠色能源技術，目前既有發展的為風力發電農場，水力 	<ul style="list-style-type: none"> ● 三星公司將生產過多的甲烷氣體提供給 LG 公司和路透石油化學公司作為原料 ● 現代油品公司在生產油品的過程中或產生氫氣和石油腦，並提供給三星公司作為原

國家	節能減碳目標	工業部門產業調整策略	工業部門低碳具體作法		
			減碳措施	低碳燃料	能資源循環利用
	至 2020 年減量 30%	<ul style="list-style-type: none"> ● 工業部門已建立綠色工業區，綠色運輸為目標，並以低碳燃料為主要使用量 	ICT 提供再生能源產生系統，例如：熱和核能電力產生系統，以及太陽能電池和燃料電池)	發電以及核能等 <ul style="list-style-type: none"> ● 推動生質柴油於工業部門的使用，在 2012 年達到 4% 的使用率，預計到 2030 年能夠達到 12% 	料 <ul style="list-style-type: none"> ● 韓國首爾的發電廠會產生廢熱蒸汽，可提供給各個石油化學工廠
台灣	<ul style="list-style-type: none"> ● 每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上；並藉由技術突破及配套措施，2025 年 	<ul style="list-style-type: none"> ● 石化與鋼鐵等基礎產業以滿足國內需求為原則，鼓勵現有廠汰舊換新、提升能源使用效率，並發展高附加價值的中下游產品。(質在內、量在外) ● 製造業結構調整規 	<ul style="list-style-type: none"> ● 鋼鐵：建立短、中、長期減碳路徑圖，透過最佳可行技術、新能源開發應用及區域能資源整合等，提昇減碳績效 ● 水泥：原料替代、廢熱回收、電力應 	<ul style="list-style-type: none"> ● 永續能源政策綱領：增加低碳天然氣使用，於 2025 年占發電系統的 25% 以上 ● 水泥使用廢溶濟、廢輪胎、廢油做為燃料替代 ● 中油燃料電池的 	<ul style="list-style-type: none"> ● 臨海工業區區域能源整合 ● 中石化公司汽電場所產生之中壓蒸汽給華夏海灣塑膠公司使用，以取代華夏原由燃油鍋爐所產生之蒸汽

國家	節能減碳目標	工業部門產業調整策略	工業部門低碳具體作法		
			減碳措施	低碳燃料	能資源循環利用
	下降 50% 以上 ● 全國二氧化碳排放減量，於 2020 年間回到 2005 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量 ● 發電系統中低碳能源占比由 40% 增加至 2025 年的 55% 以上	劃，調整高耗能產業實質產值結構占比 ● 新興產業產值提升至 30%、附加價值率提升至 28%	用優化、CCS ● 高科技廠：導入 ISO 50001 能源管理系統、加裝製程全氟碳化物 (PFC) 破壞設備以降低製程端排放	研發使用；中鋼發展固態氧化物燃料電池(SOFC) ● 中鋼開發應用低碳生質能；中油將自主開發之生產技術以試驗工場進行小型量化產製生質燃料 ● 中鋼目前已安裝 509 kWp 的太陽光電；中油進行薄膜太陽能電池開發	● 中碳公司發展新型碳材，提供高科技產業做為原料使用

資料來源：各國相關資料文獻，詳見後面參考文獻；本研究彙整、分析

三、量化研究方法

有關長期趨勢預測及評估方法的建立上，本研究規劃了整體流程，如圖 2.43 所示。以下將針對流程內容，作細部的說明，並回答以下四個問題：

- 為何以燃燒後捕集技術為探討對象？
- 燃燒後捕集設備成本與生產者價格交易表連結的關聯性？
- 如何進行設備的投入產出結構之量化分析？
- 如何搭配前述所蒐集的基礎資料進行量化評估分析？



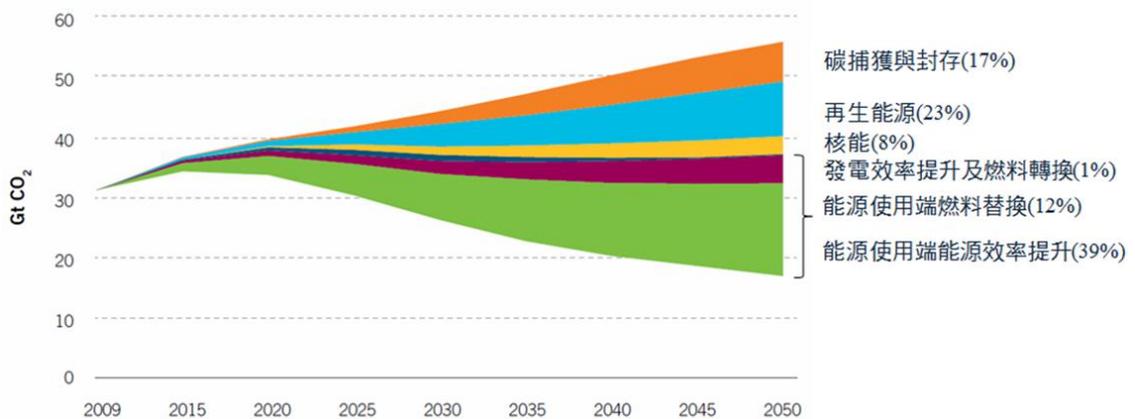
資料來源：本研究繪製

圖 2.43、整體流程規劃

(一) 量化評估假設

根據 2012 年 IEA 減碳規劃，CCS 是僅次於「能源使用端能源效率提升」及「再生能源」的重要規劃，如圖 2.44 所示。又環保署 CCS 推動策略聯盟架構，如圖 2.45 所示，更是規劃 2020 年商轉的目標。

由此可見，CCS 技術將是未來關鍵的技術，亦為節能減碳的必要終極手段，目前水泥已有示範商業化運轉案例(台泥和平廠)，捕捉效率達 98% 以上，而鋼鐵、石化、造紙亦將推動 CCS 技術，並且由鋼鐵、石化做為技術推動示範。本研究先行蒐集幾個綠色技術的比較，如表 2.6 所示，最後以 CCS 做為未來先進綠色技術的探討對象之一，並以鋼鐵業的碳捕捉技術加以討論。

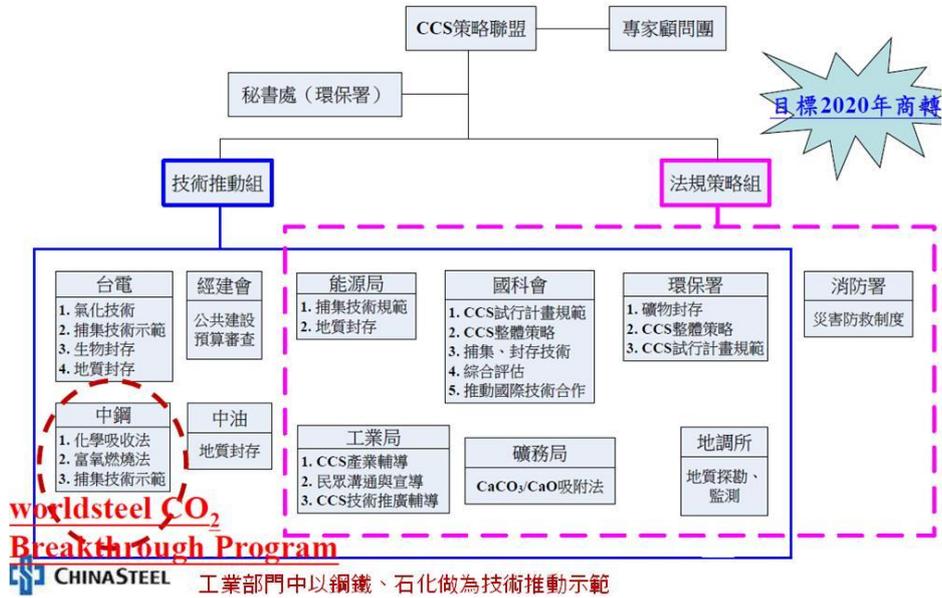


資料來源：IEA(2012)、Global CCS Institute，The Global Status of CCS(2012)

圖 2.44、2012 年 IEA 減碳規劃

二氧化碳捕獲與封存 (CCS)

環保署CCS推動策略聯盟架構圖



資料來源：中鋼訪談(2013.03.22)、清碳聯盟啟動大會暨減碳經驗交流研討會
 (2013)

圖 2.45、環保署 CCS 推動策略聯盟架構圖

表 2.6、未來先進綠色技術比較

綠色技術	說明	可行性評估	低碳策略適用性	建議
CCS	<ul style="list-style-type: none"> ● CCS 技術，是指將大型發電廠、鋼鐵廠、化工廠等產生的二氧化碳收集起來，並儲存於地層、礦物或生物吸收（如藻類），以避免排放到大氣中的一種技術。該技術可區分為捕集、運輸及封存等 3 項技術。 ● 依據 IEA 新的報告說明，碳捕集及儲存(CCS)擁有潛力，可望在 2050 年之前，從工業部門減少二氧化碳排放達到 40 億噸之多。IEA 表示，工業部門必須採取 CCS 技術。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 費用分析：CO₂ 收集、分離、純化及回收階段，費用佔 70%；管線運輸設施，費用佔 20%；注入地層操作費用，費用佔 10%。 ● 燃燒後捕集技術主要應用於燃燒鍋爐及氣渦輪發電設施，其優點在於可應用於既有電廠進行機組改裝，導入速度快，因此國際上的發展已導入商業化。但由於煙道氣體中的 CO₂ 濃度低，燃燒後的二氧化碳捕集技術費用偏高，因此現階段國際上研發重點主要集中於降低燃燒後捕集的技術成本。目前燃 	<ul style="list-style-type: none"> ● 目前國際在碳捕集發展方面以燃燒後捕集為主，因此我國依循國際發展之趨勢朝燃燒後捕集技術發展，其中化學吸收、化學吸附、物理吸附、薄膜等相關捕集技術，國內已具研發基礎，並建立研發團隊積極進行研究。 ● 目前許多國家先以進行 CCS 示範計畫，以及先導計畫 	<ul style="list-style-type: none"> ● 在化學吸收法方面，由於在再生吸收劑時需加熱，此能量消耗佔捕集成本之 80%，因此，在 CCS 捕集技術發展上，須著重的是在新型吸收劑之開發。 ● 鑒於我國 CCS 技術指引需求著重於流程細部說明，如：環境調查項目、監測項目及相關參數等，建議參考國際 CCS 相關技術手冊或指引內容，加快研提我國 CCS 技術

綠色技術	說明	可行性評估	低碳策略適用性	建議
		<p>燒後捕集技術以已商業化之醇胺化學吸收法為主，但成本與能源耗用偏高，其使用也多侷限於油氣及石化產業。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 根據 The global status of CCS (2010)，燃燒後捕集的 CCS 平均成本約為 40~60 美金/噸 CO₂。 	<p>的方式增進相關技術在實際應用的經驗，並取得更精確的成本數據，為下一階段的大規模商用規模奠定基礎。為了確保後續 CCS 作業能夠安全且順利展開，國際上陸續推出 CCS 相關技術手冊或指引。</p>	<p>指引。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 國內針對 CCS 捕集技術，建議可沿用現有的法規管理。
生質酒精技術	<ul style="list-style-type: none"> ● 第一代生質燃料：使用能源作物，如：甘蔗、玉米等，經轉化技術做能源轉換。 ● 第二代生質燃料：利用農業殘留物(木質纖維素)轉換能源，目前尚未達到商 	<ul style="list-style-type: none"> ● 第一代生質燃料 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 第一代生質燃料生產技術已成熟，且已商業化生產。 ✓ 依據 IEA(2011)指出，資本成本、生質燃料轉換效率、料源成本為影響生質燃料生產成本主要三大因 	<ul style="list-style-type: none"> ● 政府規劃 107 年推 E3 酒精汽油，酒精需求量每年超過 30 萬公秉，產值近百億。除可用於酒精汽油外，亦可用來生產生質乙烯。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 以生質物為基礎的經濟系統，將是未來的主流，建議國內應積極發展生物經濟。 ● 第二代纖維酒精利用，不但可解決廢棄物處理問題，兼具減

綠色技術	說明	可行性評估	低碳策略適用性	建議
	<p>業化量產規模，但已有數座纖維酒精示範工廠在不同階段啟動，第一座商業化纖維酒精生產工廠，於 2012 年底開始運轉。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 酒精轉化技術路徑：生物化學路徑、熱化學路徑、混合路徑。 	<p>素，由於第一代生質燃料已達商業化量產規模，因此影響生產成本最關鍵的因素為料源成本，佔總生產成本的 45~70%。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 生產成本變動依存於技術、原料及生產工廠規模，生產成本仍需再降低。 ● 第二代生質燃料 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 影響第二代纖維燃料產製成本最主要因素為資本成本，佔總生產成本的 35~50%。 ✓ 第二代生質燃料生產成本仍偏高，尚無法與化石燃料相競爭，有待新技術與程序發展，例如：改善將纖維素與半纖維素轉化成 	<ul style="list-style-type: none"> ● 台灣每年休耕土地面積高達 22 萬公頃，若利用休耕地活化種植能源作物，對農業部門而言為良好發展契機。 ● 根據 IEA 研究，油價對生質燃料生產成本衝擊性低。若油價越高，則使用生質燃料的比重將會越來越高，這也代表當油價越高，對於生質能源發展會越快。 	<p>少溫室氣體排放，然而第二代纖維酒精尚未成熟，須以第一代發酵方法生產，可考慮合資方式、共用部分基礎設備或自行生產，以減少建廠成本。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 未來，我國工業部門中的各類別產業，如石化業，能以自行再生能源研發的核心技術和經驗，與外單位合作，開發纖維素酒精生產技術，並設定開發目標及降低生產成本的目標。

綠色技術	說明	可行性評估	低碳策略適用性	建議
		<p>可發酵糖的前處理製程。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 國內若從第一代生質酒精著手建置產業鏈，優先設置第一座生質酒精工廠，待未來纖維酒精技術成熟後，第一代生質酒精工廠可共構第二代纖維酒精廠，生產設備可整合利用，生產成本可降至29.49~32.10 元/公升(第一代：28~37 元/公升；第二代：33 元/公升)，將具備經濟可行與競爭優勢。 		
太陽能	<ul style="list-style-type: none"> ● 產業鏈分成矽材、矽晶圓及矽晶棒、太陽能電池、太陽能電池模組、太陽能電力系統，各階段各有設備商供應生產所需設備。 ● 太陽能發電系統在製造 	<ul style="list-style-type: none"> ● 影響太陽能的發展為技術與市場，我國主要以太陽能系統裝置廠商較多，太陽能矽晶圓廠商較少，而市場又可來自於替代能源競爭性與政策支持與否。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 以德國、義大利為例，其政策性的支持與補助，當補助增加需求會逐漸上升，業者的營收進入其研發系統造成 	<ul style="list-style-type: none"> ● 政策直接投入研發系統中，加速技術突破，也可達成如德國、義大利的太陽能產業推動發展之效果。

綠色技術	說明	可行性評估	低碳策略適用性	建議
	<p>過程中和許多產業間存有關聯，與工業部門產業別相關的有金屬製品、化學材料、塑膠、電子及半導體製造機械等，另一方面，原料和零件於加工時也需要使用能源，故需投入石油煉製品。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光電產業發展至今，已經可以見到各公司就其特色與擅長的領域來進行策略性發展，進而衍生出不同的經營模式。在太陽光電產業最容易見到的仍舊是以降低成本為目標，透過垂直整合尋求最低成本的公司，像是高科技產業的台積電、友達、聯電都朝上下游整併的方式來進行垂直整合。 	<p>技術突破，提高產品本身之競爭性，盡早達成低於或與市電同價，再增加太陽光電需求，進入正向循環。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 我國在太陽光電發展上，需評估產業帶動效果的大小，依據太陽光電在未來年建置的目標量來看，其補助金額對財政負擔及電價將有巨大的影響，若拿部分金額進行研發獎勵補助，對太陽光電產業發展應會更有效果，且 	<ul style="list-style-type: none"> ● 隨著政策的不明確，以及工業部門產能的擴張，太陽光電將會在市場需求無法大幅成長的情況下，進入激烈的成本競爭，建議現階段以供應國內需求(含工業部門)為主，以發揮其產業關聯效果，未來政策明確時，可專注於研發及品牌發展的水平整合。

綠色技術	說明	可行性評估	低碳策略適用性	建議
			可避免對財政及電價的影響。	
高效率馬達	<ul style="list-style-type: none"> ● 綜觀國內外馬達應用設備能源使用狀況，馬達動力設備所耗用電力佔工業用電達 70%。 ● 各國已陸續將馬達最低能源效率標準(MEPS)提高至國際能源效率 2 級(IE2)，2015 年起更將提高至國際能源效率 3 級(IE3)。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 各國投入高效率馬達的研究，並訂定高效率馬達能源效率基準與實施期程，以淘汰低效率馬達的使用。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 依據國際能源署的分析，使用效率高的馬達可以節省 4~5%的馬達用電，再結合馬達趨動系統，進行效率的最佳化，則可節省 20%~30%的馬達系統用電，相當於可節省 10%的總用電量。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 近年來，由於開發出高效率馬達產品引導馬達市場朝向高效率及低溫室氣體排放方向發展，但因各國及各地區的能源效率要求與能源效率分級不同，以致造成各國間之貿易障礙，國際電工委員會為整合此情況，和其他國際組織協調溝通於市場上可供識別高效率產品之測試標準、能源效率分級及標示機制。

綠色技術	說明	可行性評估	低碳策略適用性	建議
能源資通訊管理系統(EICT)	<ul style="list-style-type: none"> ● 利用資通訊技術即時監控能源使用，並進行最佳化管理，以節約能源或提高能源使用效率。 ● 在各國政策推動下，各國持續進行智慧型電表系統建置，行政院於 2011 年 6 月 23 日通過「智慧型電表基礎建設推動方案」，主要佈建計畫由台灣電力公司所主導。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 能源資通訊產業納入綠色能源產業旭昇方案。持續發展工業節能應用技術，提升能源使用效率，運用既有資通訊技術優勢，開發高附加價值核心產品，帶動產業成長。 ● 我國能源資通訊產業 2012 年產值達新臺幣 140 億元，較 2011 年成長 12%。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 透過資通訊技術與能源管理結合，穩定電力供需平衡，因應未來電價上漲及電力不足的問題。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 節能技術在產業部門之發展是結合國內完整之半導體產業，投入以監控為主之智慧型區域能源系統。因此在技術上，應以 ICT (Information Communication Technology) 為基準，結合 AMI (Advanced metering infrastructure)，同時透過網路系統化管理方式，來控制其能源使用最佳化及進行能源診斷及分析之專家系統軟體開發，並透過中央監控系統之建

綠色技術	說明	可行性評估	低碳策略適用性	建議
				置，以建構完整區域能源（冷熱電共用）系統。

資料來源：本研究分析、彙整

透過上述，本研究在量化評估假設方面，主要分為基準情境和減碳情境假設，其中，在減碳情境的部分，本研究提出推廣假設的情境式探討，有關情境假設說明如後：

1. 基準情境假設

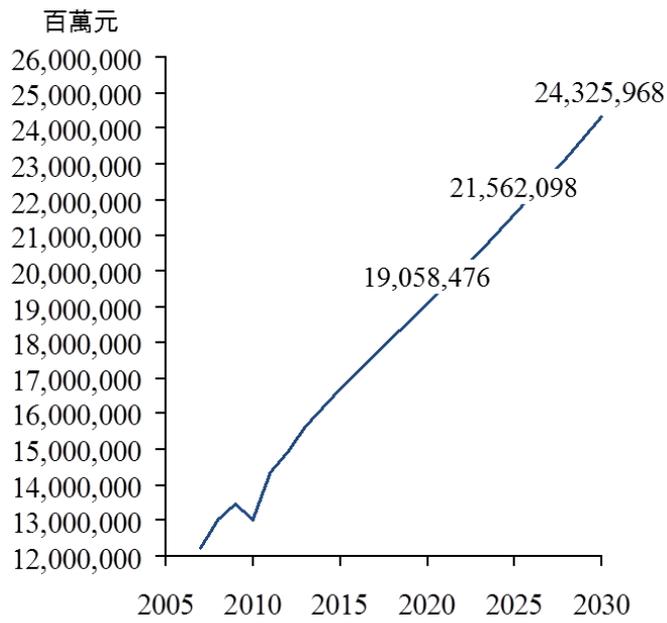
- (1) 假設基準情境條件下，不做衝擊影響探討。
- (2) 2006 年主計處生產者價格交易表，為主計處目前公布最新年份的產業關聯表，相關示意圖如圖 2.46，假設 2020~2030 年的生產者價格投入係數(A)與現行無差異。
- (3) 假設產業結構的調整與各部門/商品產值的增減有其高度相關性。
- (4) 3E 模型基礎預測(以 2006 年作為基準年)，如：GDP 未來年預測值(圖 2.47)、國內生產總額預測值(圖 2.48)、淨最終需要預測值(圖 2.49)，三者年平均成長率預測約為 2%。

		產出	需要部門							總需要	
			中間需要			最終需要					
投入		農業	製造業	服務業	民間消費	政府消費	固定資本形成	存貨變動	商品及服務輸出		
供給部門(商品)	中間投入	農業	10	0	6	12	0	3	1	3	35
		製造業	2	5	0	1	2	3	2	5	20
		服務業	5	2	10	30	8	5	0	0	60
附加價值	薪資報酬	8	3	18	投入=產出						
	營業盈餘	3	4	20							
	固定資本消耗	4	4	1							
	間接稅	3	2	5							
總投入		35	20	60							

註：此為簡化的產業關聯表，表內數字純屬虛構。

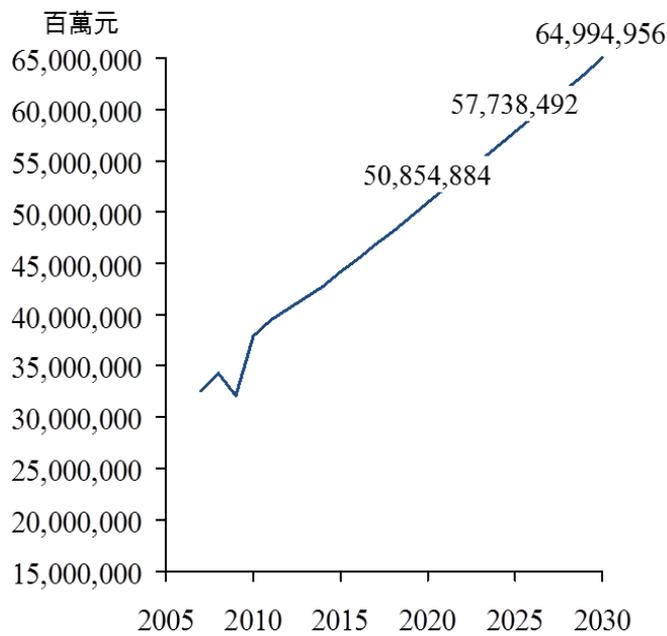
資料來源：本研究繪製

圖 2.46、產業關聯表(生產者價格交易表)示意圖



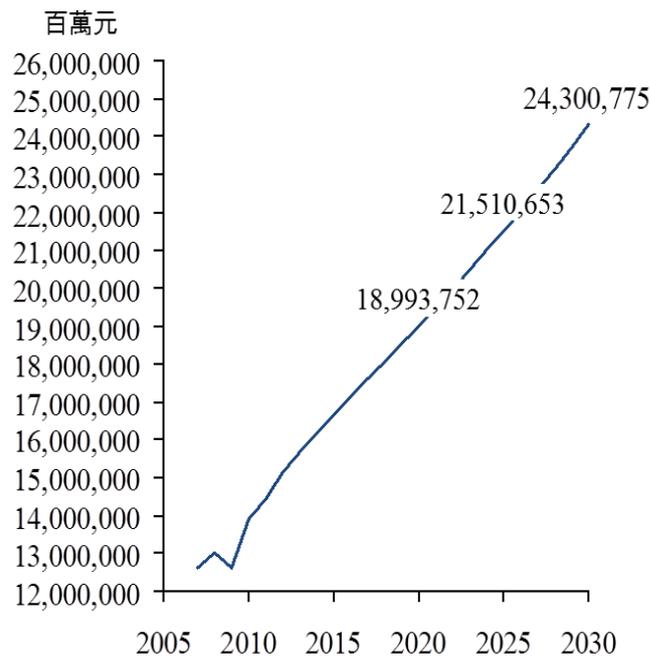
資料來源：3E 模型評估

圖 2.47、GDP 未來年預測值



資料來源：3E 模型評估

圖 2.48、國內生產總額預測值



資料來源：3E 模型評估

圖 2.49、淨最終需要預測值

2.減碳情境假設

- (1)假設工業部門引進未來先進綠色技術或設備，探討其衝擊影響。
- (2)未來先進綠色技術或設備：為台灣現行沒有或還在調查階段的減碳技術。
- (3)本研究引用溫室氣體減量成本模型(Mckinsey model)的運算邏輯和所需變數，以其概念進一步探討未來先進綠色技術設備成本與產業關聯表連結的關聯性及重要性，說明如下：
 - A.溫室氣體減量成本模型(Mckinsey model)運算邏輯(簡化)，如圖 2.50 所示。歸納模型運算邏輯所需變數，包括：先進設備減碳潛力(減碳量)、單位產量、總成本支

出、營運成本、資本支出(設備成本)、能源成本、行政支出。相關變數值鍵入模型後，可求得使用 CCS 措施後，產業減碳量及減碳後的 CO₂ 排放量。

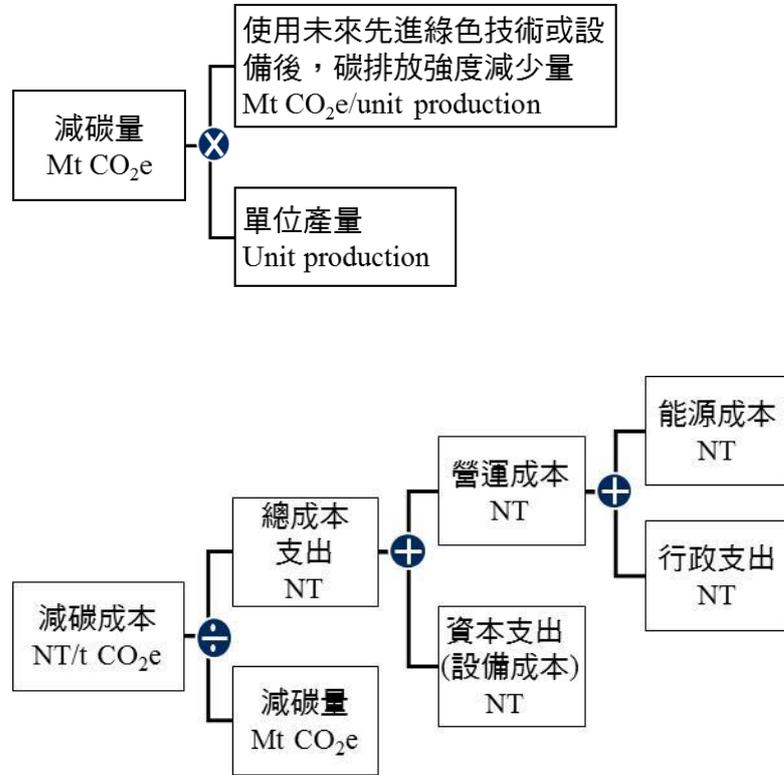


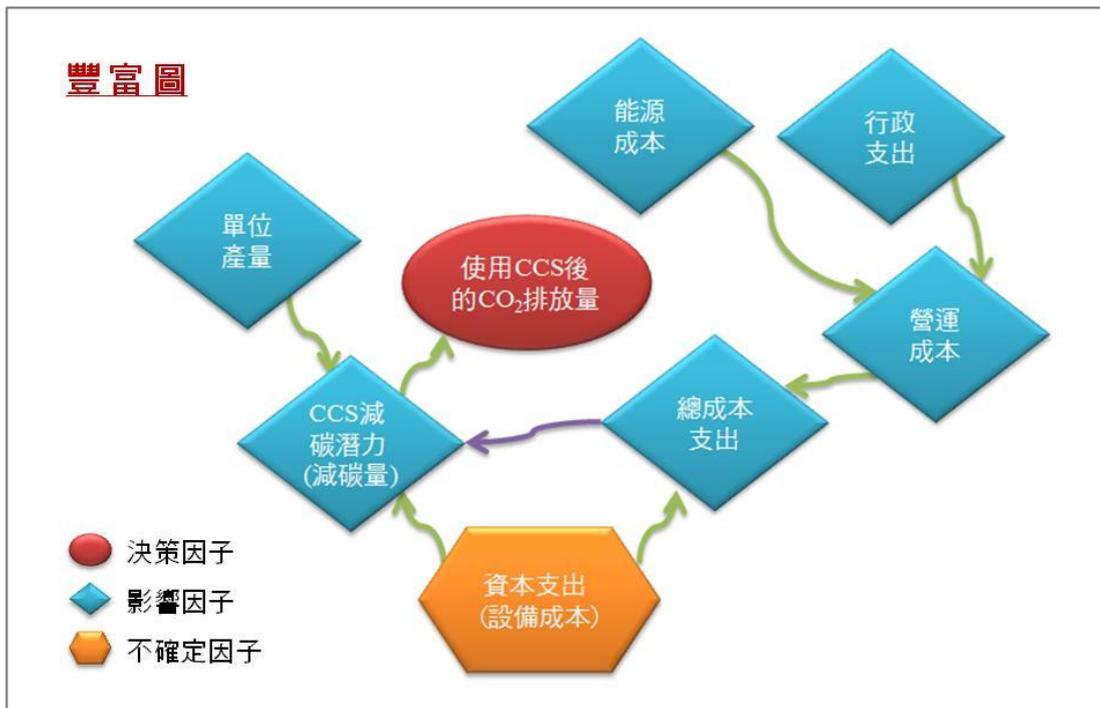
圖 2.50、減碳量和減碳成本之運算邏輯

B.以模型運算邏輯所需變數為探討因子，並以鋼鐵業未來先進綠色技術-燃燒後捕集設備為例，繪製豐富圖，如圖 2.51 所示。由圖示得知：

- 總成本支出，對於使用燃燒後捕集設備減碳後的 CO₂ 排放量有間接影響。
- 減碳成本定義為單位減碳量所需成本，但燃燒後捕集設備是成本支出高及減碳潛力大的技術，因此，站在成本考量的角度上，換句話說，即是成本支出

的多寡對於燃燒後捕集設備減碳量的影響。

- 豐富圖由“多對一”和“一對一”的關聯影響組成，唯設備成本是一對多的情形，顯見設備成本為一重要關鍵因子，可做為與產業關聯表連結的重要因子。
- 依據圖 2.51，資本支出(設備成本)為不確定因子，其影響減碳量、總成本支出，而減碳量、總成本支出又為構成減碳成本的因子，因此，減碳成本與產業關聯表之間並無直接關聯，但減碳成本其相關影響因子(設備成本)為連結產業關聯的重要因子。



資料來源：本研究繪製

圖 2.51、豐富圖

C.進行調查與訪談，由能源工程公司協助提供燃燒後捕獲設備的估算費用，所需資料如下：

- 所需設備
- 各設備費用及總費用(含國內、外)
- 國產、進口比重
- 各設備佔總設備費用比例
- 煙道氣流量
- 有無分年攤提
- 是否有年度機組新增規模

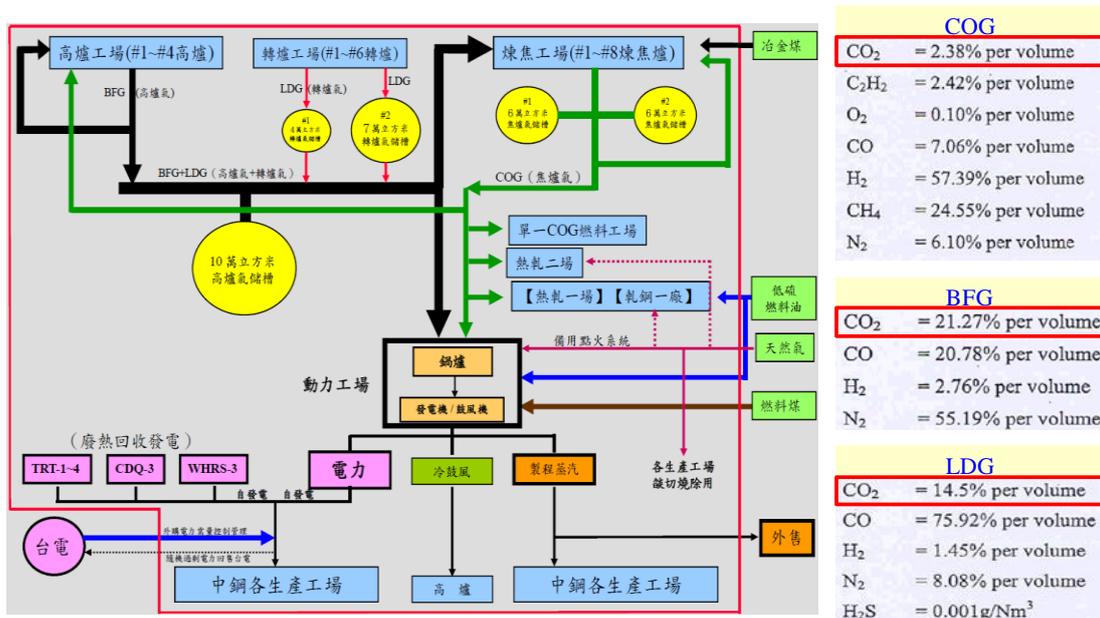
(4)在減碳情境推廣假設方面，本研究主要分：燃燒後捕集設備裝設位置、燃燒後捕集設備規模、燃燒後捕集設備碳捕捉及設備費用相關假設等說明如下。

A.在「燃燒後捕集設備」裝設位置方面，以一貫作業煉鋼廠為例，假設於動力工場鍋爐後裝設 8 座燃燒後捕集設備機組，理由為：

- 製程主要產生的高爐氣(BFG)、轉爐氣(LDG)、COG(焦爐氣)，最終進入動力工廠提供作為燃氣使用，而三種製程氣體中，以高爐所產生的高爐氣(BFG)所含 CO₂ 比例最高。如圖 2.52 所示。
- 燃燒後捕集設備放在動力工廠鍋爐後，是以站在 CCS 產業的角度來看，若能百分之百的 CO₂ 完全捕捉是最好的，但因每個鍋爐(8 個)後都要設置，所以費用高；而燃燒後捕集設備放在高爐位置，僅能捕捉到大部分的 CO₂，但因高爐僅 4 座，所以相較於

設置在鍋爐後，其所花費用少。此為 CO₂ 捕捉比例多寡的問題。

- 燃燒後捕集設備設置位置，不管設於高爐或動力工廠後，由業者自行的選擇及其製程碳捕捉設置優化的考量，此屬製程改善、除酸氣優化的製程設計的議題。
- 有鑑於上述，本研究假設燃燒後捕集設備裝設於動力工廠鍋爐後，並據此進一步推估鋼鐵業和工業部門的設備費用。其因為考量高爐僅一貫作業煉鋼廠才有，若要探討整個工業部門，以鍋爐來推估較為適當。



資料來源：一貫作業煉鋼廠(2012)

圖 2.52、「燃燒後捕集設備」裝設位置示意圖

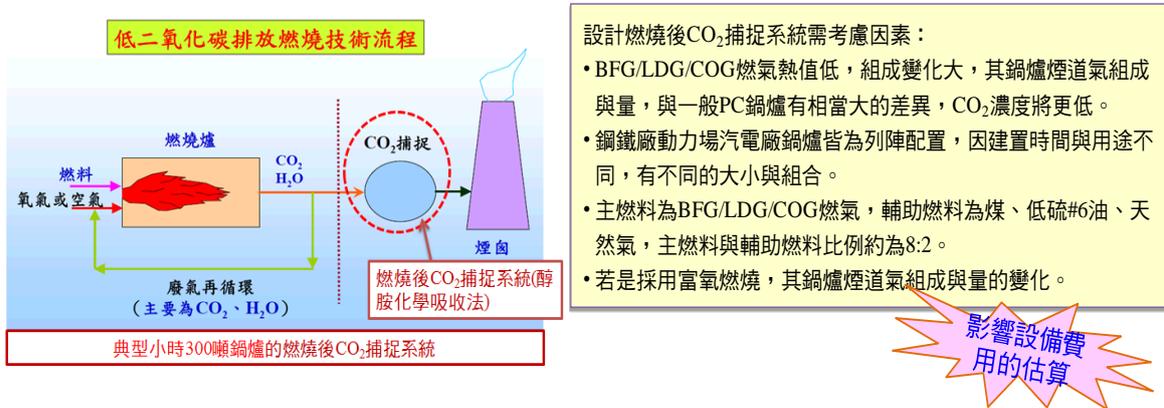
B.在「燃燒後捕集設備」規模方面，工業用燃燒後捕捉技術與電廠不同，電廠每座機組約 1GW，大致採四年時

間去完成建置。鋼鐵業不同於電廠，通常預計半年至一年完成一座機組，未來鋼鐵業大多數生產設備將只會進行汰舊換新的動作，因此並不會每年擴增燃燒後捕捉技術的機組規模。有關未來年機組擴增規模假設，需依據實際排碳量，並以工業鍋爐成長幅度加以推估。

C.在「燃燒後捕集設備」碳捕捉及設備費用相關假設方面，主要有以下幾點說明：

- 燃燒後捕集設備採用醇胺化學吸收法，其因為醇胺化學吸收法未來商業化運轉較為可靠。
- 雖然以鋼鐵的燃燒後捕集設備為調查對象，然為顧及探討的是整個工業部門，因此設備費用評估以工業通用設備及捕捉方法為主，例如：使用典型小時300噸鍋爐的燃燒後CO₂捕捉系統做設計。如圖2.53所示。
- 設備費用評估：以鋼鐵業為調查對象，但以工業通用設備及捕捉方法為主。
- 鋼鐵廠的鍋爐燃燒後捕集設備費用與工業部門的鍋爐燃燒後捕集設備費用，兩者相同。若仔細考慮，因兩者鍋爐排碳係數不同，燃燒後捕集設備費用不同。
- 假設一貫作業煉鋼廠CC的捕捉率約為85%~100%。
- 依據溫室氣體減量成本模型(Mckinsey model)，有關CCS，參考國際數據假設，如表2.7所示。表2.7為CCS的參數假設，若依台灣的實際情況來看，其替

代為 CC 的參數假設，尚較合理。因此，本研究藉此假設，評估燃燒後捕集設備的造價費用。



資料來源：一貫作業煉鋼廠訪談(2013.03.22)、能源工程公司訪談(2013.03.26)

圖 2.53、「燃燒後捕集設備」系統設計示意圖

表 2.7、CCS 參數假設(後續評估燃燒後捕集設備的造價費用使用)

參數	設置率	實施率(執行率)	備註
工業	2020~2030 年： 17%	2020~2030 年： 17%	● 鋼鐵業使用 CCS 後的 CO ₂ 排放預測，模型採用實施率做評估。
鋼鐵業	2020~2030 年： 100%	2030 年：40% 2020~2025 年：0%	● 鋼鐵業實施率的假設，係依據在各減碳措施實施的情況下，受到高轉爐製鋼的鋼產量變動的影響。

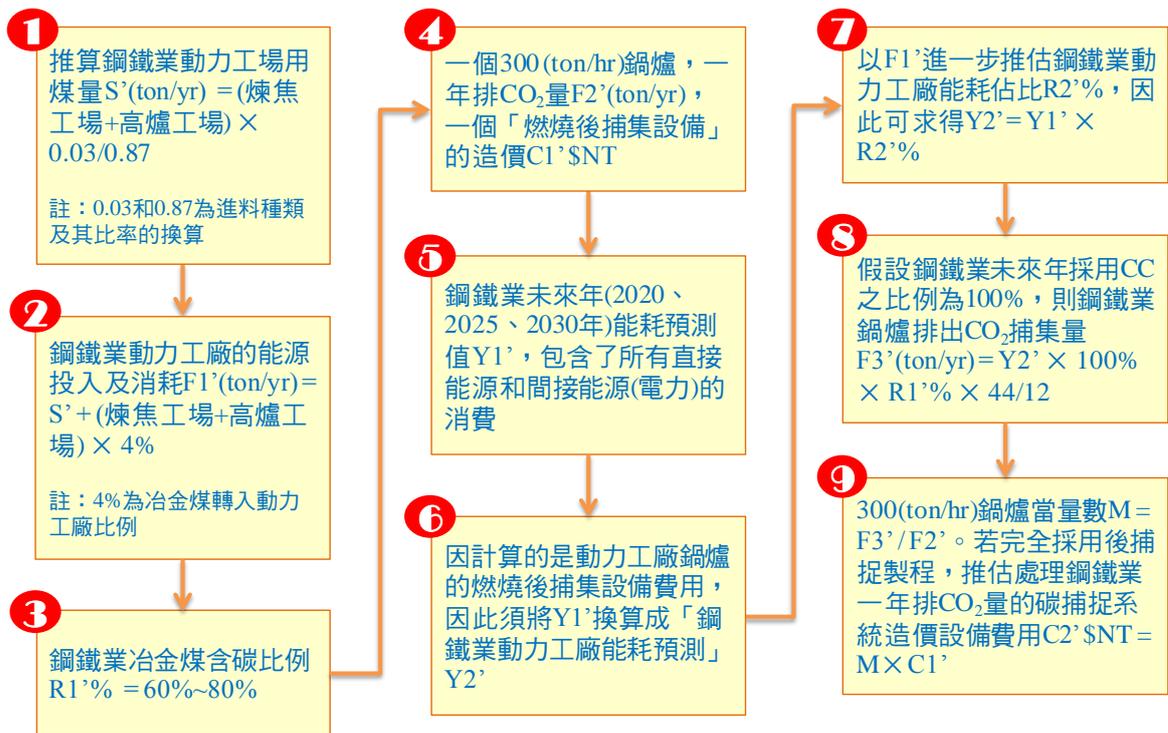
參數	設置率	實施率(執行率)	備註
			<ul style="list-style-type: none"> ● 設備費用評估，假設以設置率推估。

資料來源：台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究(國科會，2012)；本研究分析

(5)工業部門「燃燒後捕集設備」未來年造價推估

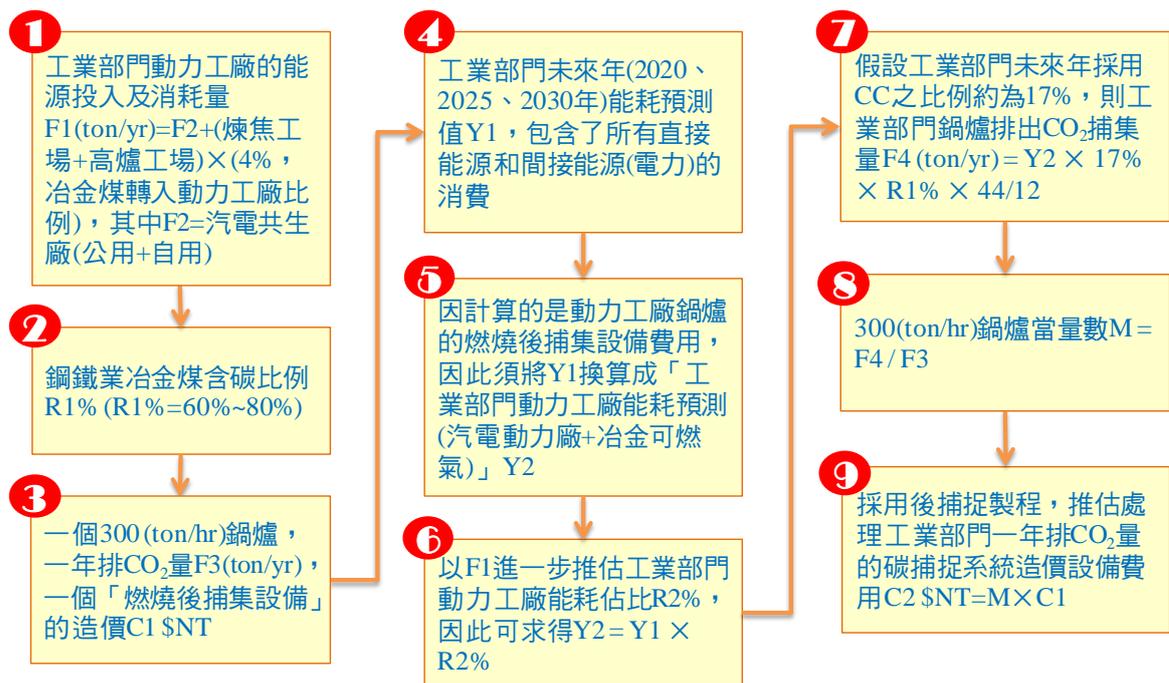
A.依據前述減碳情境的推廣假設，計算工業部門鍋爐排出CO₂量，再換算成相當於多少的鍋爐當量數，其意義即為需要多少組燃燒後捕集設備，最後再經由能源工程公司提供的單一設備造價換算成所有設備的總造價。

B.推廣情境推估流程，如圖 2.54、2.55 所示，兩種推估流程方式無異，主要列出鋼鐵業和工業部門的設備造價推估流程，以利後續結果對照的說明比較。本研究主要探討的是工業部門，因此，以圖 4.13 流程推估為主。



資料來源：本研究分析

圖 2.54、鋼鐵廠「燃燒後捕集設備」未來年造價推估



資料來源：本研究分析

圖 2.55、工業部門「燃燒後捕集設備」未來年造價推估

(二) 量化評估分析

1. 使用來源資料整理

針對基準情境和減碳情境假設的分析，本研究將未來年預測之量化結果，即前面所蒐集的基礎來源資料，加以整理，以利後續資料的應用和分析。詳附件一。

表 2.8、未來年預測之量化結果彙整

	CO ₂ 、能源			GDP	
	使用模型	使用之來源資料 (CCS 前)	使用之來源資料 (CCS 後)	使用 模型	使用之來 源資料
石化	Mckinsey	減量情境 (CCS 前)	減量情境 (CCS 後)	3E 模型	GDP 預 測值、國 內生產總 額、淨最 終需要
鋼鐵		減量情境 (CCS 前)	減量情境 (CCS 後)		
水泥		基準情境	減量情境 (CCS 後)		
電子		減量情境			
造紙	MARKAL	樂觀減量情境			
紡織		樂觀減量情境			

資料來源：本研究分析

2. 燃燒後捕集設備資料及拆解

此部分主要針對減碳情境假設的分析，有關 CCS 設備資料及拆解，說明如下。

(1) 燃燒後捕捉系統的設計負荷量與煙道氣組成

影響設備費用的估算最主要是煙道氣流量及其組成，煙道氣流量經評估 CO₂ 排放(Flue Gas)，為 106,170 公噸/年，詳見表 2.9、2.10 所示。

表 2.9、設計負荷量

		Steam Outlet				Fuel Calculation		Flue Gas			Flue Gas	
			Temp	Pressure	Ethalpy	Heat input @90% eff	Gas (COG/BFG/LDG = 250:171:110)	Flow	Flow	CO ₂ vol%	Stream Factor	CO ₂ Emission
Feed Stock	Boiler	額定蒸氣量 (T/hr)	T degC	P kg/cm ²	H kcal/kg	Mega cal/hr	NCM/hr	kgmol/hr	NCM/hr			lb/yr
Gas + LSO	#9	300	513	94	816.26	221,289	78,384	2,665	65,289	11.63	0.9	235,933,719

資料來源：永信能源工程公司

表 2.10、煙道氣組成

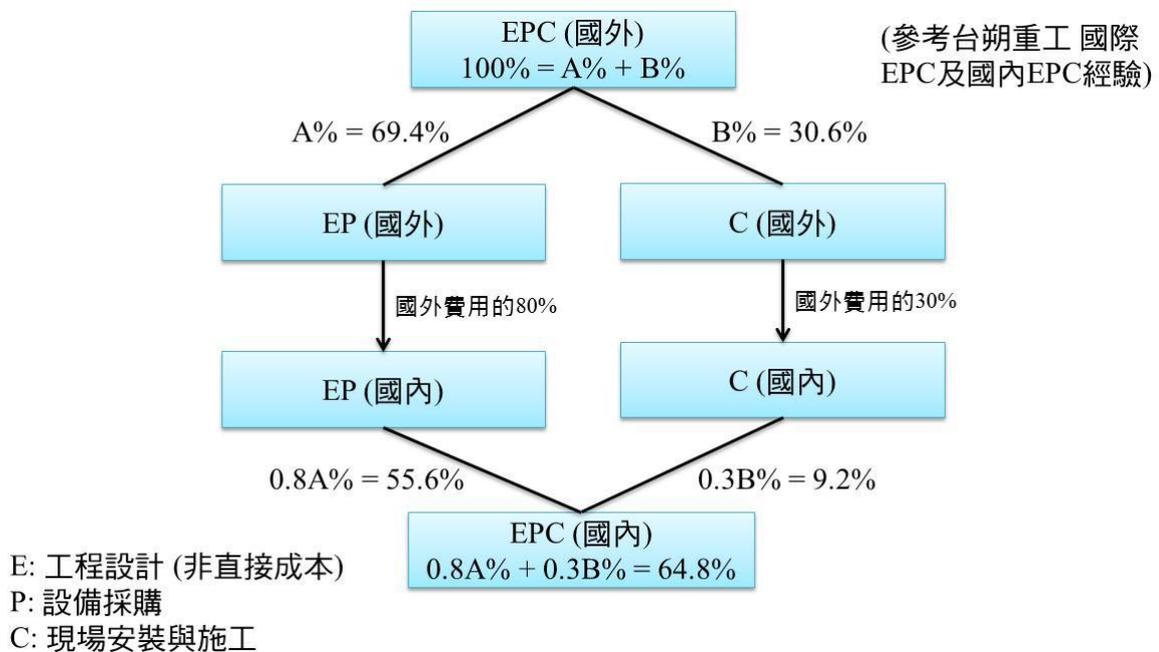
		Air	COG	BFG	LDG	Flue Gas
CO ₂	% v/v		2.38	21.27	14.55	11.63
C ₂ H ₂	% v/v		2.42			0.00
O ₂	% v/v		0.1			3.04
CO	% v/v		7.06	20.78	75.92	0.00
H ₂	% v/v		57.39	2.76	1.45	0.00
CH ₄	% v/v		24.55			0.00
N ₂	% v/v		6.1	55.19	8.08	72.49
H ₂ O	% v/v					12.04
Ar	% v/v					0.80
Total	kgmol/hr		2,299	288	197	127
	kg/hr		66,580	3,021	6,050	3,797
	NCM/hr		56,326	7,054	4,828	3,104

資料來源：永信能源工程公司

(2)鋼鐵廠 CO₂ 捕捉系統總體固定投資費用評估

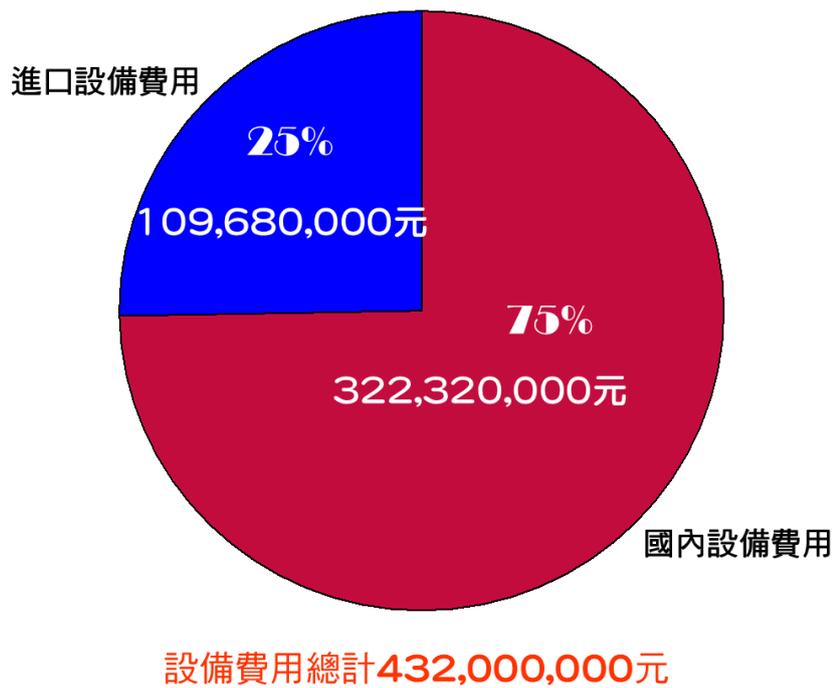
參考台朔重工國際 EPC 及國內 EPC 經驗，工廠廠界投資費用經在地化 EPC 費用換算，有關國內 EPC 與國外 EPC 費用關係模型，如圖 2.56 所示。

預估一個 300 (ton/hr)鍋爐的燃燒後捕集設備造價，總計 432(百萬元)，其中國內設備費用占 75%，共計 322.32(百萬元)；進口設備費用占 25%，共計 109.68(百萬元)，如圖 2.57 所示。



資料來源：能源工程公司

圖 2.56、國內 EPC 與國外 EPC 費用關係模型

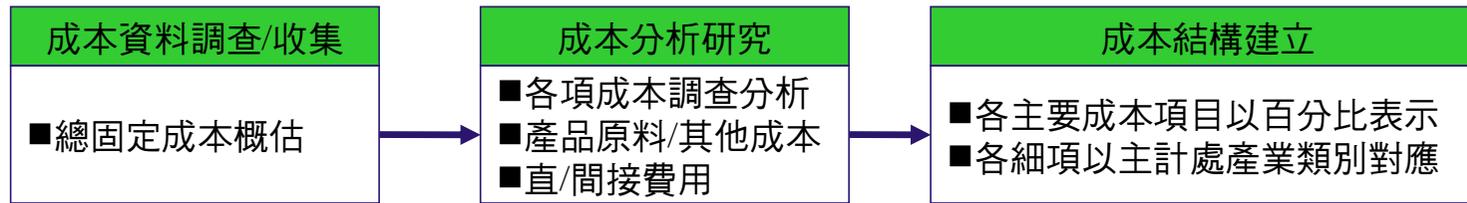


資料來源：能源工程公司；本研究分析

圖 2.57、鋼鐵廠 CO₂ 捕捉系統總體固定投資費用

(3) 以醇胺為吸收劑的製程工程分項清單

本研究先進行成本資料調查、收集，再根據各項成本分析、研究，並進一步建立成本結構，對應主計處產業中間投入類別，如圖 2.58 所示。投入類別對應項目屬於「機械設備」所占比例最大，約有 57%。



投資費用分析		主要調查設備成本項目		主要調查運維費用項目		主計處產業中間投入類別對應	
設置項目	分項	項目	比例	項目	比例	項目	比例
工廠廠界設置費用	設備費用(含安裝)	冷卻水系統	2.62%	變動成本(原料+公用設施)	71.00%	028 機械設備	57.0%
	間接成本	附屬電氣設備	10.00%	維修材料及營運供應	4.00%	016 化學材料	6.0%
		未預期設備費用	儀表及控制設備	4.00%	勞動成本(local)	9.00%	026 電腦、電子及光學產品
OSBL設置費用	公用設施與儲槽	再熱器	2.00%	工廠開銷	16.00%	046 專業、科學及技術服務	8.0%
	輔助設施	儲存桶槽	3.00%	總計	100%	037 營造工程	15.0%
應變費用		煙氣鼓風機	5.00%				
		吸收塔	13.00%				
		●					
		●					
		●					
		土木結構工程	15.30%				
		吸收劑材料	6.00%				
		總計	100%				

對應主計處分類

資料來源：能源工程公司；本研究分析

圖 2.58、以醇胺為吸收劑的製程工程分項清單

(4)中間投入國產/進口結構

在投入項目中，以吸收劑材料所占進口比重最大，此為影響整體設備造價的重要影響因素，如表 2.11 所示。本研究彙整製程工程分項清單及中間投入國產、進口結構，如表 2.12 所示。

表 2.11、中間投入國產/進口結構

投入項目	主計處產業分類		國產比重 (%)	進口比重 (%)
冷卻水系統	028	機械設備	80%	20%
用過吸收劑輸送系統			60%	40%
再熱器			80%	20%
稀釋液/原液熱交換器			80%	20%
稀釋液冷卻器			80%	20%
回流冷卻器			80%	20%
DCC 水冷卻器			80%	20%
儲存桶槽			100%	0%
煙氣鼓風機			60%	40%
吸收塔流體泵			60%	40%
冷凝器流體泵			60%	40%
氣提塔流體泵			60%	40%
冷水泵			60%	40%
吸收塔			60%	40%
直接冷卻器			80%	20%
氣提塔			60%	40%
附屬電氣設備	026	電腦、電子及光學產品	80%	20%
儀表及控制設備			80%	20%

投入項目	主計處產業分類		國產比重 (%)	進口比重 (%)
土木結構工程	037	營造工程	100%	0%
吸收劑材料(試車)	016	化學材料	20%	80%
工程設計	046	專業、科學及技術服務	100%	0%

資料來源：能源工程公司；本研究分析

表 2.12、製程工程分項清單及中間投入國產、進口結構

項次	設備	產業投入類別 對應編號	各設備占 總設備費 用比例(%)	各設備 費用 (NT\$)	國內 占比(%)	國內設備 費用 (NT\$)
	燃燒後捕獲					
1	冷卻水系統(Cooling water system)	28	6.00	25,800,000	80	20,640,000
2	用過吸收劑輸送系統(ash/spent sorbent handling sys.)	28	3.00	12,900,000	60	7,740,000
3	附屬電氣設備(accessory electric plant)	26	10.00	43,200,000	80	34,560,000
4	儀表及控制設備(I&C)	26	4.00	17,400,000	80	13,920,000
5	再熱器(Reboiler)	28	2.00	6,600,000	80	5,280,000
6	稀釋液/原液熱交換器(Lean/rich HEX)	28	1.50	6,600,000	80	5,280,000
7	稀釋液冷卻器(Lean Cooler)	28	1.50	6,600,000	80	5,280,000
8	回流冷卻器(Reflux Condenser)	28	1.00	4,200,000	80	3,360,000
9	DCC 水冷卻器(DCC water Cooler)	28	2.50	10,800,000	80	8,640,000
10	儲存桶槽(Storage Tank)	28	3.00	12,900,000	100	12,900,000
11	煙氣鼓風機(Gas Blower)	28	5.00	21,600,000	60	12,960,000

項次	設備	產業投入類別 對應編號	各設備占 總設備費 用比例(%)	各設備 費用 (NT\$)	國內 占比(%)	國內設備 費用 (NT\$)
12	吸收塔流體泵(Absorber Fluid Pump)	28	0.50	2,100,000	60	1,260,000
13	冷凝器流體泵(Condenser Fluid Pump)	28	0.40	1,800,000	60	1,080,000
14	氣提塔流體泵(Stripper Fluid Pump)	28	0.40	1,800,000	60	1,080,000
15	冷水泵(Cold Water Pump)	28	0.20	900,000	60	540,000
16	吸收塔(Absorber)	28	13.00	56,100,000	60	33,660,000
17	直接冷卻器 (Direct Contact Cooler)	28	4.00	17,400,000	80	13,920,000
18	氣提塔(Stripper)	28	13.00	56,100,000	60	33,660,000
19	土木結構工程	37	15.30	66,000,000	100	66,000,000
20	吸收劑材料(試車)	16	6.00	25,800,000	20	5,160,000
21	工程設計	46	8.20	35,400,000	100	35,400,000
	總計		100.0	432,000,000		322,320,000

資料來源：能源工程公司；本研究分析

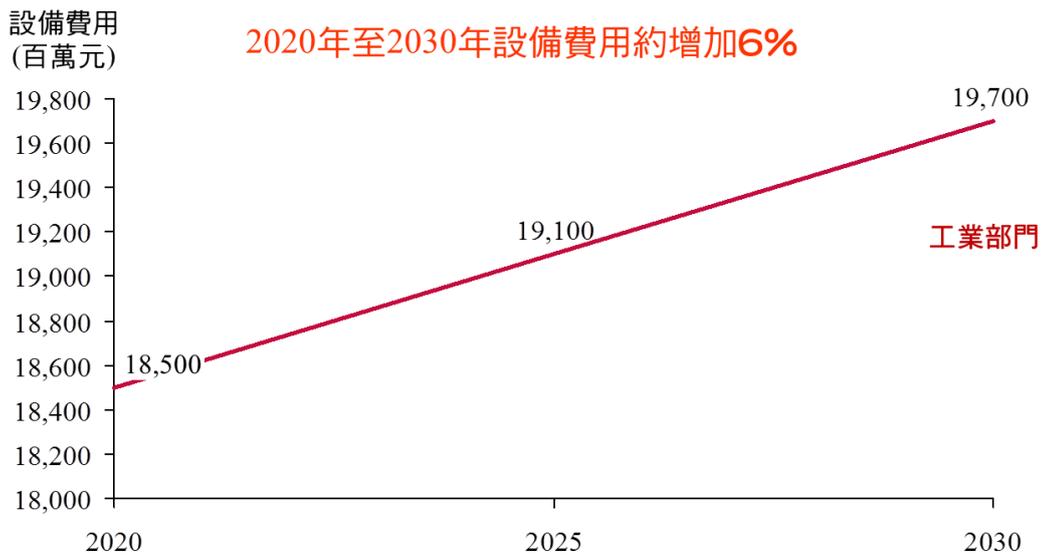
3.推廣情境估算結果

此部分主要針對減碳情境中推廣情境假設的分析，有關假設的參數估算結果，如表 2.13 所示。另外，有關未來年燃燒後捕集設備費用推估結果，如圖 2.59 所示，2020 年 18,500(百萬元)、2025 年 19,100(百萬元)、2030 年 19,700(百萬元)，估計工業部門 2020 年至 2030 年設備費用約增加 6%。

表 2.13、假設的參數估算結果

參數	意義	估算結果
F1	工業部門動力工廠的能源投入及消耗量(ton/yr)	11,227,141 (ton/yr)
F2	汽電共生廠(公用+自用) (ton/yr)	10,701,139 (ton/yr)
F3	一個 300 (ton/hr)鍋爐，一年排 CO ₂ 量 F3(ton/yr)	106,170 (ton/yr)
R1	鋼鐵業冶金煤含碳比例(%)	60%~80%
C1	燃燒後捕集設備的造價(\$NT)	432,000,000 (\$NT)
Y1	工業部門未來年(2020、2025、2030年)能耗預測值(ton/yr)	2020：236,071,452 (ton/yr) 2025：243,872,339 (ton/yr) 2030：251,614,062 (ton/yr)
Y2	工業部門動力工廠能耗預測(ton/yr)	2020：12,214,200 (ton/yr) 2025：12,617,813 (ton/yr) 2030：13,018,366 (ton/yr)
R2	工業部門動力工廠能耗占比(%)	5.17%
F4	工業部門鍋爐排出 CO ₂ 量(ton/yr)	2020：4,568,111 (ton/yr) 2025：4,719,062 (ton/yr) 2030：4,868,869 (ton/yr)
M	300(ton/hr)鍋爐當量數	2020：43 2025：44 2030：46

資料來源：本研究分析



資料來源：本研究分析

圖 2.59、工業部門燃燒後捕集設備費用預估

4.2030 年工業部門燃燒後捕集設備成本結構

如表 2.14 所示，由於是利用生產者價格交易表中的「最終需要」來做衝擊計算，因此，有關設備國內自製率的影響，屬於技術中間投入結構的部分，對於生產者價格交易表中已有包含到自製率的問題，在本研究的衝擊計算中，並不會有影響而造成重複計算的問題。

表 2.14、2030 年工業部門燃燒後捕集設備成本結構

設備	部門 編號	各設備占總 設備費用比 例(%)	各設備費用 (百萬元)	國內 占比 (%)	國內設備費用 (百萬元)
機械設備	28	57.0	11,229	75%	8,421.75
電腦、電子及 光學產品	26	14.0	2,758		2,068.50
化學材料	16	6.0	1,182		886.50
專業、科學及 技術服務	46	8.0	1,576		1,182
營造工程	37	15.0	2,955		2,216.25

資料來源：本研究分析

(三) 量化評估成果

1. 供給與需求

探討最終需求變動對產出的影響，根據以下兩點的說明，得知工業部門投入「燃燒後捕集設備」後，其最終需要的變動，帶動所有產業的供給(產出)增加，且需要與供給的金額年增量幅度相同。

(1) 工業部門採用「燃燒後捕集設備」後的所有產業最終需要
增量

A. 最終需求變動(ΔD)：國內燃燒後捕集設備費用。

B. 淨最終需要(D)：最終需要扣掉商品及服務輸入、進口稅淨額。

C.工業部門使用「燃燒後捕集設備」，使所有產業最終需要微幅提高 0.1%。

D.2020 至 2030 年，增加 5,307,923(百萬元)，其最終需要金額年增量 2.8%。

表 2.15、工業部門採「燃燒後捕集設備」後所有產業最終需要增量

新台幣百萬元	2020	2025	2030
最終需求變動(ΔD)	13,875	14,325	14,775
淨最終需要(D) ^註	18,993,752	21,510,653	24,300,775
淨最終需要合計(D+ ΔD)	19,007,627	21,524,978	24,315,550

註：淨最終需要(D)為 3E 模型預估值

資料來源：本研究分析

(2)工業部門採用「燃燒後捕集設備」後的所有產業供給增量

A.中間投入(供給)變動(ΔX)：為 $(I-A)^{-1}$ 乘上 ΔD 之增量中間投入的結果。

B.總供給(X)：於本研究中僅考量國內生產總額，不考量商品及服務輸入、進口稅淨額。

C.工業部門使用「燃燒後捕集設備」，使所有產業供給增量 0.1%。

D.2020 至 2030 年，增加 14,143,340 (百萬元)，其供給金額年增量 2.8%。

表 2.16、工業部門採用「燃燒後捕集設備」後的所有產業供給增量

新台幣百萬元	2020	2025	2030
中間投入(供給)變動(ΔX)	50,382	52,016	53,650
總供給(國內生產總額)(X) ^註	50,854,884	57,738,492	64,994,956
總供給合計($X+\Delta X$)	50,905,266	57,790,508	65,048,606

註：總供給(X)為 3E 模型預估值

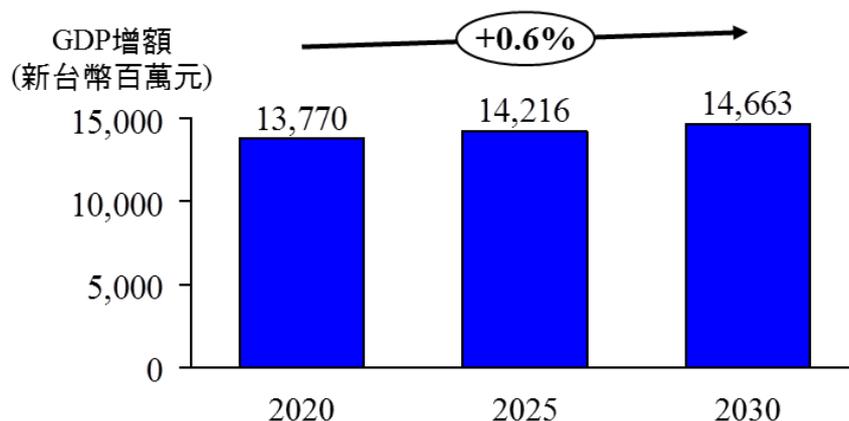
資料來源：本研究分析

2.GDP

(1)若工業部門採用「燃燒後捕集設備」，則所有產業 GDP 增額：

A.產業 GDP 增額：工業部門使用「燃燒後捕集設備」後，帶動各產業的附加價值增加，將各產業所增加的產值額度加總，即為累積 GDP 增額。

B.2020 至 2030 年，所有產業 GDP 增額，其年成長率為 0.6%。



資料來源：本研究分析

圖 2.60、工業部門採用「燃燒後捕集設備」後所有產業 GDP 增額

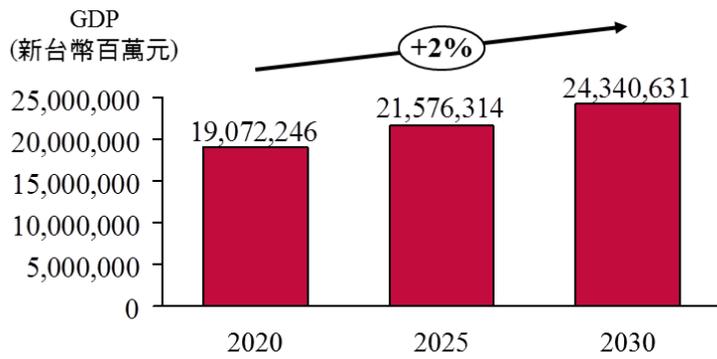
(2)若工業部門採用「燃燒後捕集設備」，則國內 GDP：

A.參考 3E 模型的 GDP 未來年預測值，2020、2025、2030 年分別為 19,058,476、21,562,098、24,325,968 百萬元。

B.將 3E 模型的 GDP 未來年預測值，加上工業部門採用「燃燒後捕集設備」後的所有產業累積 GDP 增額，即為其未來年的國內 GDP 預測結果。

C.2020 年後，工業部門「燃燒後捕集設備」商轉，將帶動國內 GDP 年成長率 2%。

D.本研究切入的角度為，設備投資費用增加，因此帶動中間投入的增加，而中間投入增加帶動了 GDP 的成長。然而，此僅考量了正向影響，對於 GDP 的負向影響，例如：加裝「燃燒後捕集設備」，有可能導致生產成本提高，使的 GDP 有了負向衝擊，此方面問題的探討，尚需要有實廠的成本資料提供，及搭配經濟模型分析，如：CGE 模型，如此，將可使 GDP 的影響，獲得全面性探討。礙於資料蒐集的限制，及計畫時程管控，本研究先行針對加裝「燃燒後捕集設備」後的正向影響提出探討。



資料來源：本研究分析

圖 2.61、工業部門採用「燃燒後捕集設備」後國內 GDP

3.CO₂脫鉤指標分析

OECD(2002)為探討如何阻斷環境質損與經濟發展之連結性，而提出「脫鉤」一詞，開啟國際建立各項經濟活動的「脫鉤指標」。脫鉤指標的意義、表達形式不同，本研究為探討工業部門落實建置「燃燒後捕集設備」後，CO₂排放量和 GDP 之間脫鉤的趨勢，並考量本研究所使用的數據具累積性，故採用具加成或累積性的 OECD 模式、Juknys 模式加以探討。

(1)OECD 模式

OECD 脫鉤因子是直接比較終期年與基期年之變化，作為判定該期間經濟體系是否呈現脫鉤之依據。脫鉤因子為正，且值接近 0，則表示為相對脫鉤，其代表意義為經濟成長率高於二氧化碳排放成長率；脫鉤因子為正，且值接近 1，則表示為絕對脫鉤，其代表意義為經濟成長率呈現穩定成長，而二氧化碳排放量反而減少。OECD 脫鉤模式如圖 2.62 所示，其公式表示如下。

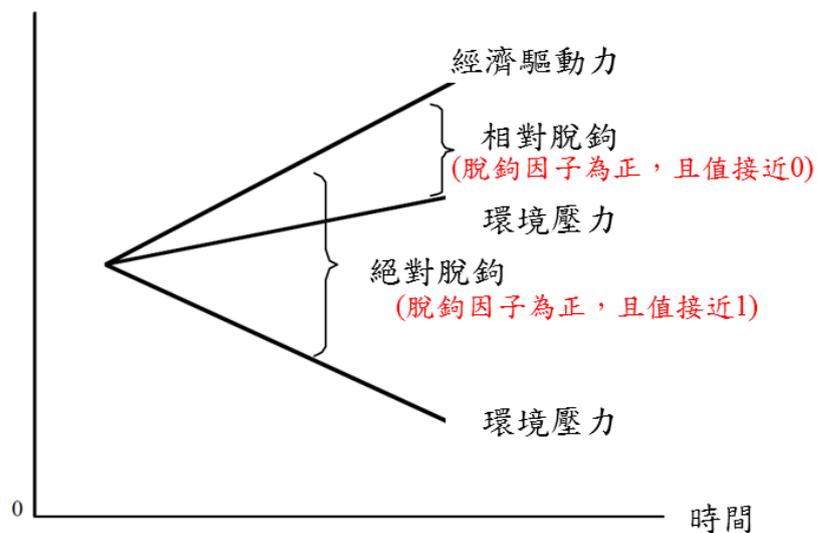
$$\text{脫鈎指數} = \frac{(\text{EP}/\text{DF})_{\text{終期年}}}{(\text{EP}/\text{DF})_{\text{基準年}}}$$

$$\text{脫鈎因子} = 1 - \text{脫鈎指數}$$

EP 環境壓力：CO₂排放量

DF 經濟驅動力：GDP

經濟驅動力、環境壓力



資料來源：Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth, OECD(2002)

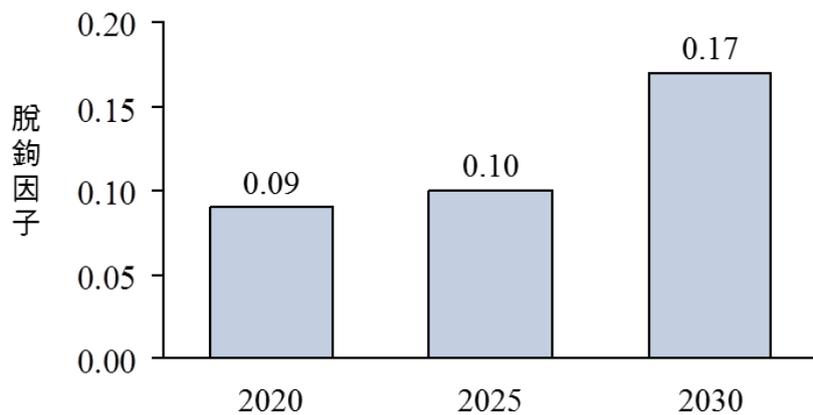
圖 2.62、OECD 脫鈎模式

環境壓力(EP)由溫室氣體減量成本模型預測(基準年為2010年);經濟驅動力(DF)由3E模型預測(基準年為2006年),有關環境壓力及經濟驅動力,以下分別以EP、DF統稱表示。在受限於模型設定不同的情況下,又考量EP和DF為不同因子,若以EP/DF方式呈現,其分子、分母雖然各別模型預測基準年不同,但需取其同一年份,該指標才有意義。若放在脫鈎指數的計算上,分母為基準年、

分子為終期年，具有終期年相對於基準年的變化值之意義，因此，分母 EP/DF，其 EP 和 DF 於本研究中分別取 2010 年的資料，以做為整體比較的基準年。相關分析結果，如以下兩點所示。

A.2020 年後工業部門落實建置「燃燒後捕集設備」，其 2020、2025、2030 年均為相對脫鈎，且脫鈎因子逐漸增加(由 0.09 增加至 0.17)。

B.顯示工業部門使用「燃燒後捕集設備」，其 CO₂ 排放量和 GDP 有逐步脫鈎之趨勢，並於 2030 年產生明顯效益(脫鈎幅度大幅增加)。



資料來源：本研究分析

圖 2.63、CO₂ 脫鈎分析(OECD 模式)

(2)Juknys 模式

採用 Juknys 初級與次級脫鈎的觀念，達成雙重脫鈎的目標，有關雙重脫鈎，相關概念表達公式如下：

- 經濟體下自然資源利用的脫鈎

初級脫鈎 = 自然資源(例如：能源消耗量) / 經濟成長(例如：GDP)

- 運用自然資源所產生之環境污染的脫鈎

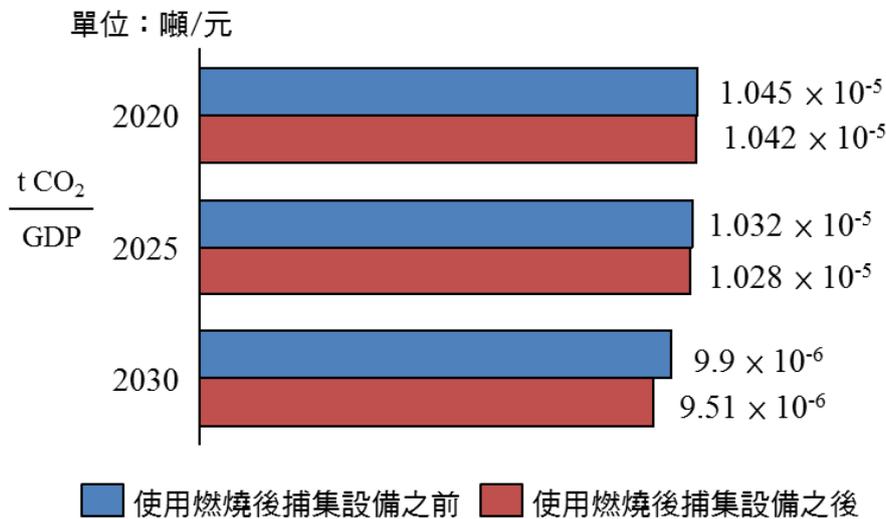
$$\text{次級脫鈎} = \frac{\text{環境污染(例如：CO}_2\text{ 排放量)}}{\text{自然資源(例如：能源消耗量)}}$$

- $$\text{初級脫鈎} \times \text{次級脫鈎} = \frac{\text{CO}_2\text{ 排放量}}{\text{GDP}}$$

本研究探討工業部門採用「燃燒後捕集設備」後，對於提升整體產業的附加價值是否有所貢獻，相關分析結果，如以下兩點所示。

A. 工業部門採用「燃燒後捕集設備」後，2030 年其 tCO_2/GDP 相較 2020 年，減少 8.7%；而採用「燃燒後捕集設備」前，僅減少 5.3%。

B. 顯示工業部門使用「燃燒後捕集設備」， tCO_2/GDP 該指標大幅度降低，對於提升整體產業的高附加價值有所貢獻。



資料來源：本研究分析

圖 2.64、CO₂ 脫鈎分析(Juknys 模式)

4. 製造業產業結構優化探討

經由中間投入增加量及 GDP 增加量計算的結果，可進一步求得製造業產值增加量。另外，對應經濟部統計處產業經濟統計簡訊的行業別，其製造業行業別分為：化學工業、金屬機械、電子資訊、民生工業。

在使用「燃燒後捕集設備」後，其各行業別產值增加量，以金屬機械業產值增加量最多，主因為中間投入類別中的「機械設備」比例相對為最多，因此帶動金屬機械業的產值。而依據產值增加量中的中間投入占比及附加價值占比，來看製造業各行業的附加價值表現，因製造業產業分工複雜，中間投入比重本來就高，相對附加價值比重較低，而投入「燃燒後捕集設備」後，對於民生工業、電子業的附加價值率有較好的表現。

表 2.17、製造業產值增加量分析

本研究	製造業產值增加量 (百萬元)		
	2020	2025	2030
年	2020	2025	2030
化學工業	7,610	7,856	8,103
金屬機械	20,231	20,887	21,543
電子資訊	7,265	7,500	7,736
民生工業	1,062	1,097	1,131
製造業	36,167	37,340	38,513

註：經濟部統計處 產業經濟統計簡訊(2013.3.25)

化學工業：石油及煤製品業、化學材料業、化學製品業

金屬機械：基本金屬業、金屬製品業、機械設備業

電子資訊：電子零組件業、電腦、電子產品及光學製品業、電力設備業

民生工業：於本研究中為水泥、造紙、紡織；於產業經濟統計簡訊中為食品、紡織

資料來源：本研究分析

由圖 2.65 所示，經濟部規劃整體製造業產值占比，電子資訊由 2012 年 36.6% 提升至 2025 年 47.8%；金屬機械 2025 年約維持現有水平；化學工業由 2012 年 29.5% 降至 2025 年 14.3%。本研究同時考量經濟面及環境面，若工業部門導入「燃燒後捕集設備」後，其製造業結構的調整將有所變動，雖然所著重之業別 GDP 結構占比與經濟部規劃目標大致接近，但金屬機械的比例仍較現行及經濟部結構調整規劃的目

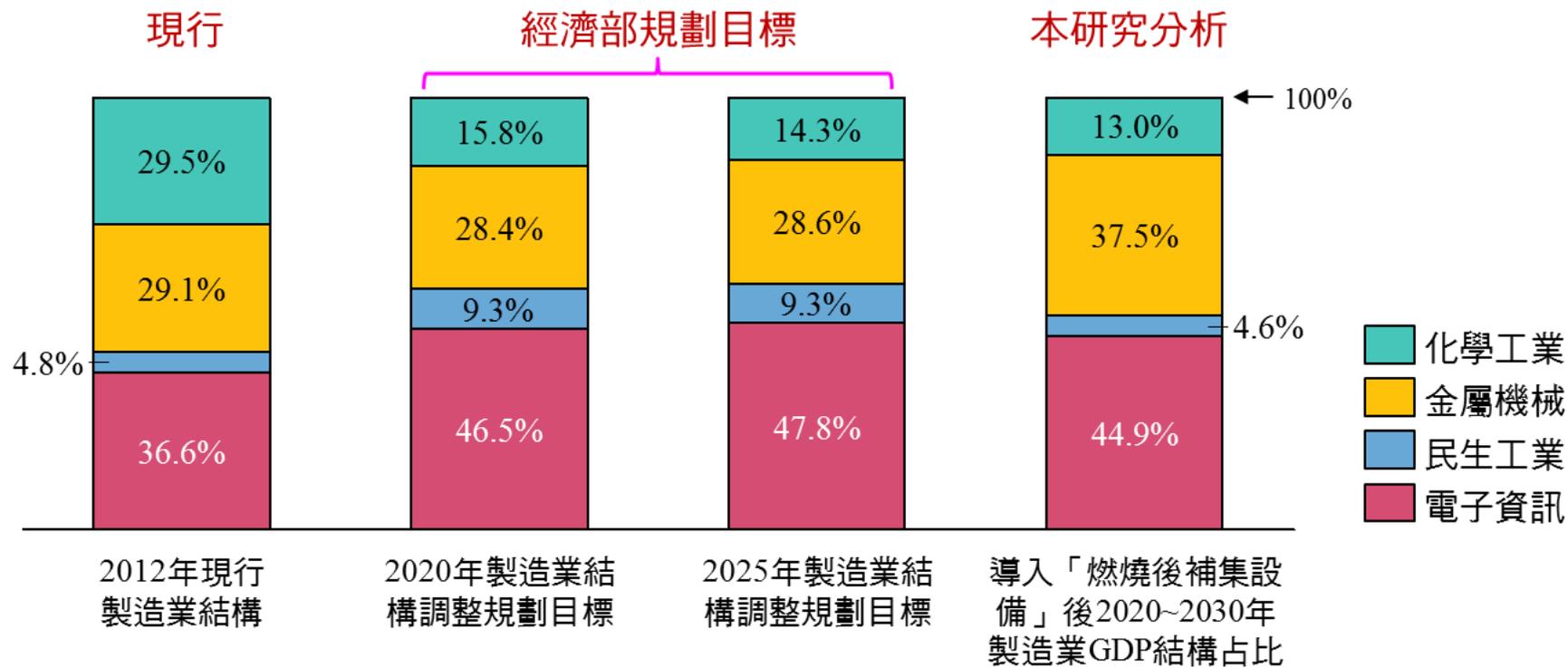
¹ 2012 年製造業產值，化學工業為 36,667(億元)、金屬機械為 36,243(億元)、電子資訊為 45,498(億元)、民生工業為 5944(億元)

標，高出約 9%。其因為「燃燒後捕集設備」除了帶動金屬機械的中間投入外，亦帶動其附加價值的大幅增加，但其附加價值的增加仍不及於電子資訊的附加價值表現。故就 GDP 結構占比來看，以電子資訊占比為最多，其次為金屬機械，而化學工業較現行結構比例大幅減少。

工業部門導入不同的未來先進綠色技術，其影響製造業產值結構占比的結果可能不同，因此，在探討產業結構優化時，建議先觀察不同的、主要的節能減碳技術導入後，產值結構所產生的變化，並做綜合性的評估後再進一步調整產業結構占比，如此將不會忽略個別產業價值創造的表現，亦達成工業部門邁向低碳化及高值化產業結構的需求。

由圖 2.66 所示，就各產業(農業、製造業、服務業)面向來看，若工業部門導入「燃燒後捕集設備」後，產生了各種代理服務、各類技術服務、咨詢服務等專業、科學及技術服務，些微提升整體服務業部門業務約 0.3%。

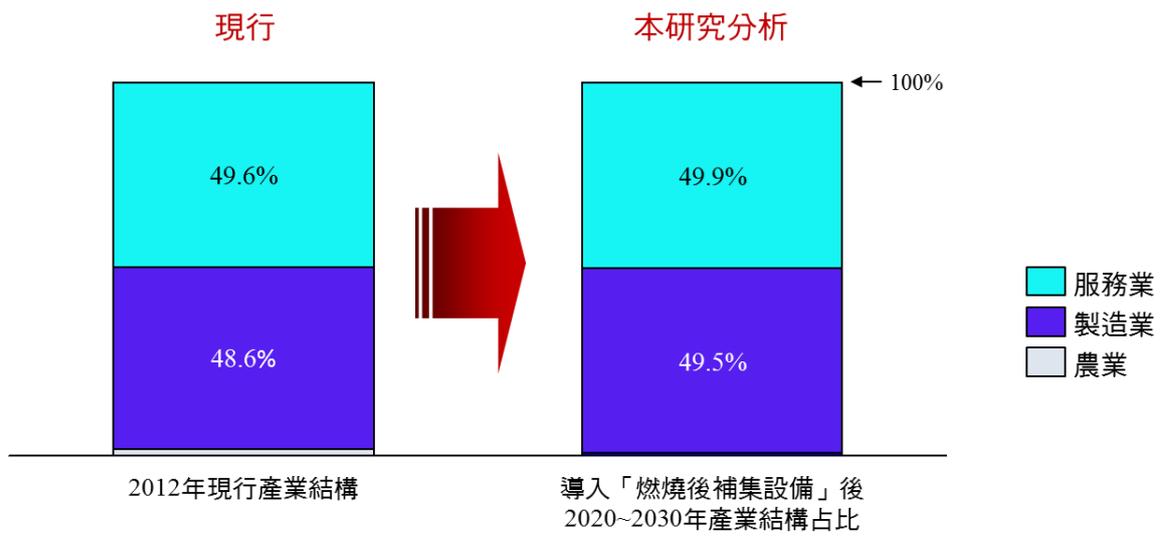
結果顯示，工業部門導入「燃燒後捕集設備」，製造業及服務業產值均有提升，並帶來正面的效益及發展，更說明了「服務業需要製造業來支撐、製造業帶動服務業發展」。



註：民生工業於現行及本研究分析中為水泥、造紙、紡織；於經濟部規劃目標中為食品、紡織

資料來源：經濟部統計處「工業生產統計」；本研究分析

圖 2.65、製造業產業結構優化分析



資料來源：本研究分析

圖 2.66、產業結構優化分析

參、主要發現與結論

各先進國家與開發中國家在第 15 屆於哥本哈根所舉行之聯合國氣候變遷會議(COP15)中已就氣候變遷問題達成共同認知，確立「致力減少碳排放，將全球平均溫度控制在工業化前 2 °C 以內的水準」為共同努力之長期目標，因此面對未來國際間的對二氧化碳排放可能採取的制約措施，節能減碳勢在必行。綜觀幾個先進國家，其工業部門產業調整策略上主要在減碳技術的改進及研發、搭配具經濟誘因的法令政策實行。

而我國工業部門在歷年來經濟發展中扮演相當重要的角色，為維持我國高度的經濟發展，必須審慎評估後京都議定書時代，我國工業部門將遭遇到的國際挑戰。2012 年依據經濟部工業局的統計，工業部門為我國最大主要能源消費部門，占國內能源消費 53.5%，其 CO₂ 排放量(含電力間接排放)則占全國 CO₂ 排放的 48.2%。因此，如何在兼顧經濟發展及環境保護的情況下，透過產業結構的調整，以關鍵技術提升產業附加價值，推動產業低能耗與低碳化，進而達到經濟發展與溫室氣體排放脫鉤，成為工業部門未來持續發展的重要議題。

我國工業部門在綠色新政定位上，提出加速產業高值化、低碳化生產作為、發展低碳綠色經濟等策略，以下將依其策略內容，首先探討工業部門現行面臨課題；接著說明如何兼顧節能與經濟；最後，提出相關配套措施建議。

一、工業部門現行面臨課題

(一)能源消費統計

1.對於溫室氣體成本估算或使單位產品能耗之評估與計算，因

製造業每間公司的製程不盡相同，若依照單一廠商之製程來加以計算，其產出之數據將有失其準確性；因此目前單位產品之能耗訂定方式，主要採公會集體認定。由產業內的專業人士來進行範疇界定，才能夠真正有效的定義出產品之單位能耗，目前已進行之產業有水泥、鋼鐵等，未來將逐年擴大。

2. 國外類似的運作方式，有採用會員制的方式來進行，個別廠商需要派送專員至協會受訓，使計算能耗之員工能夠清楚各範疇之界定，如此一來，回送至協會之能耗數據才具可信度，其提供該協會內各會員產業內之能耗標竿，使各公司了解其可努力之空間與跟產業間之競業對象的差距。

(二) 缺乏成本有效之減量途徑

1. 許多先進國家於制定節能減碳政策或推動措施時，已投入大量的經費與長期的研究評估各部門減碳對策、減碳潛力、邊際成本等因素，再選擇最符合「成本有效性」之減碳措施納入推動目標。

2. 我國在規劃工業部門溫室氣體減量管理工作上，對於此類型的資料，尚處於發展建置中的研究階段，需考量技術可行性、經濟可行性，評估現行和具有潛力的減碳技術，是否能執行及其執行的優先順序。

(三) 整廠改建

1. 未來整廠改建看似為一種良好的減碳手段，但該方式雖然能提升能耗效率，但其碳排放是否會因此而減少，目前似乎無此趨勢，因為該產業如果要持續性發展將會擴張產能，在整廠改建的過程中雖然單位能耗有降低的結果，但其產能擴張

速度更快，如此一來將使得碳排放量持續上升。

2. 整廠改建應考量該產業對於台灣整體經濟的未來價值，若該產業的單位碳排放之產值無法有效提升，則應考量該產業是否有其擴張之必要性。

(四) 製造業服務化

1. 目前台灣服務業與製造業之結構為 7 比 3，與先進國家之比例相當，未來也應將維持該比例，畢竟服務業需要製造業來支撐，因此，若製造業之產值往下衰弱，服務業之比重可能不會因此而提升，其產值應會隨製造業下降而減少。
2. 現階段台灣某些產業之產量已無法擴張，而且產業之單位產值之碳排放無法有效降低，但須生產民生必須品，是故該產業有其存在之必要性，因此，產業需要輔導轉型為製造業服務化，利用台灣產業技術優勢，發展產業技術能量，進而將產業轉向為設備製造商或是技術外銷商，以創造個別產業之附加價值，並提高專業人才之使用率。

(五) 再生能源的使用

工業部門需要穩定之能源供給，但目前再生能源的供應穩定度是一大問題，因此再生能源的使用必須考量其供電穩定度。

另外，美國頁岩氣的開採，是否會衝擊國內工業部門中的石化、鋼鐵等產業？以鋼鐵業為例，頁岩氣開採可能會影響鋼鐵業高爐與電弧爐之平衡點，有些鋼廠為了降低成本或碳排放，可能會進口 NG-based DRI² 產品，在一般情況下，要實現

² 以天然氣代替煤炭製造直接還原鐵(DRI)的鋼材半成品

鋼材量產，需要向高爐中加入高品位鐵礦石和作為還原劑的煤炭，但新方法的優點是利用天然氣代替煤炭，能夠以低品位鐵礦石製造出純度高的鋼鐵。

因此，廉價天然氣的存在是確保盈利的大前提，此會影響鋼鐵廠的運作模式，至於是否會影響台灣鋼鐵廠傾向於至國外生產粗鋼的意願，目前尚難有完整的答案，其因為投資所牽涉的層面很大，也有風險存在。

(六)法規及能源稅推動

- 1.我國能源法律的修訂與技術的發展步調不一致，並且我國現行之相關稅費制度散亂，例如：能源資源稅費屬經濟部掌管、環境污染稅費屬環保署掌管，兩者缺乏一個整合的平台，使的相關稅費制度散亂與名目混用現象，既會因事權不一，且常與財政部意見不同而缺乏整體性，又會嚴重影響環保永續性目標與財經效益之達成。
- 2.從降低溫室效應目標而推動我國能源稅似甚有必要，若僅就現有相關稅費加以整併為能源稅，並不會增加太多租稅負擔。

二、如何兼顧節能與經濟

(一)能源效率改善

- 1.能源消費量最高的五大產業中，化學材料製造業、非金屬礦物製品製造業、紙漿、紙及紙製品製造業及基本金屬製造業能源密集度相對較高，電子零組件製造業能源密集度顯著較低。
- 2.主要耗能產業能源效率改進方向：

(1)化學材料製造業：推動產品高值化、實施指定設備能源效率管理。

(2)電子零組件製造業：建立潔淨室最適化操作規定，強化空調監控系統最適化控制。

(3)基本金屬製造業：推動指定設備能源效率管理、改善製程效率、進行煉鋼製程節能改善、提高加熱爐效率、推動電力系統節能改善等。

(4)非金屬礦物製品製造業：實施水泥業能源效率管理並限制高耗能熟料出口、政策主導調降水泥業產能與出口比例、推動實施能源效率管理。

(5)紙漿、紙及紙製品製造業：進行設備汰舊換新、加強熱回收改善、廢棄物生質燃料的應用、汽電共生以及上下游製程的改善。

3.臺灣工業部門能源消費成長主因，化學材料製造業及電子零組件業產能擴張所致，為有效抑制工業部門溫室氣體排放，需推動產業結構朝向低碳化及高值化轉型，並提升生產設備之能源效率。

(二)節能減碳與經濟發展(以 CCS 為例)

1. IEA 預期，到公元 2020 年之前，全球將有 100 個 CCS 計畫；到 2050 年，全球將有超過 3400 個 CCS 計畫。在經費投入方面，IEA 預估，自 2010 年至 2050 年，全球將投入美金 2.5-3.0 萬億(Trillion)；其需求與商機，相當龐大。

2. 推動 CCS，因為必須兼顧技術、經濟、社會、安全、環境及適法性等層面，所以在推動應用上，必須由具有公權力之政

- 府單位來主導，同時透過國際合作，來加快落實應用之腳步。
3. CCS 雖然會消耗能源，但 CCS 所需能源等級並不高，業者若能充份回收、利用現有製程廢熱，應可避免能耗過於偏高之問題。
 4. 此外，CCS 是否會影響經濟？執行 CCS 對於業者而言，因為成本提高，與未執行 CCS 之地區或廠商相比，其產品市場競爭力會受到影響。但是，由於 CCS 產業之建立，對於社會整體經濟可能會有正面之效果。因此，政府應在此一前提下，贊助或補助執行 CCS 之廠商，以活絡臺灣 CCS 綠能產業，降低整體產業之碳排放強度。
 5. 減碳壓力不能造成各國間工業部門生產成本不同，無減碳壓力者，因投入減碳技術的研發少，降低轉嫁至生產的成本，而亦間接導致碳洩漏，反而不利全球溫室氣體減量。

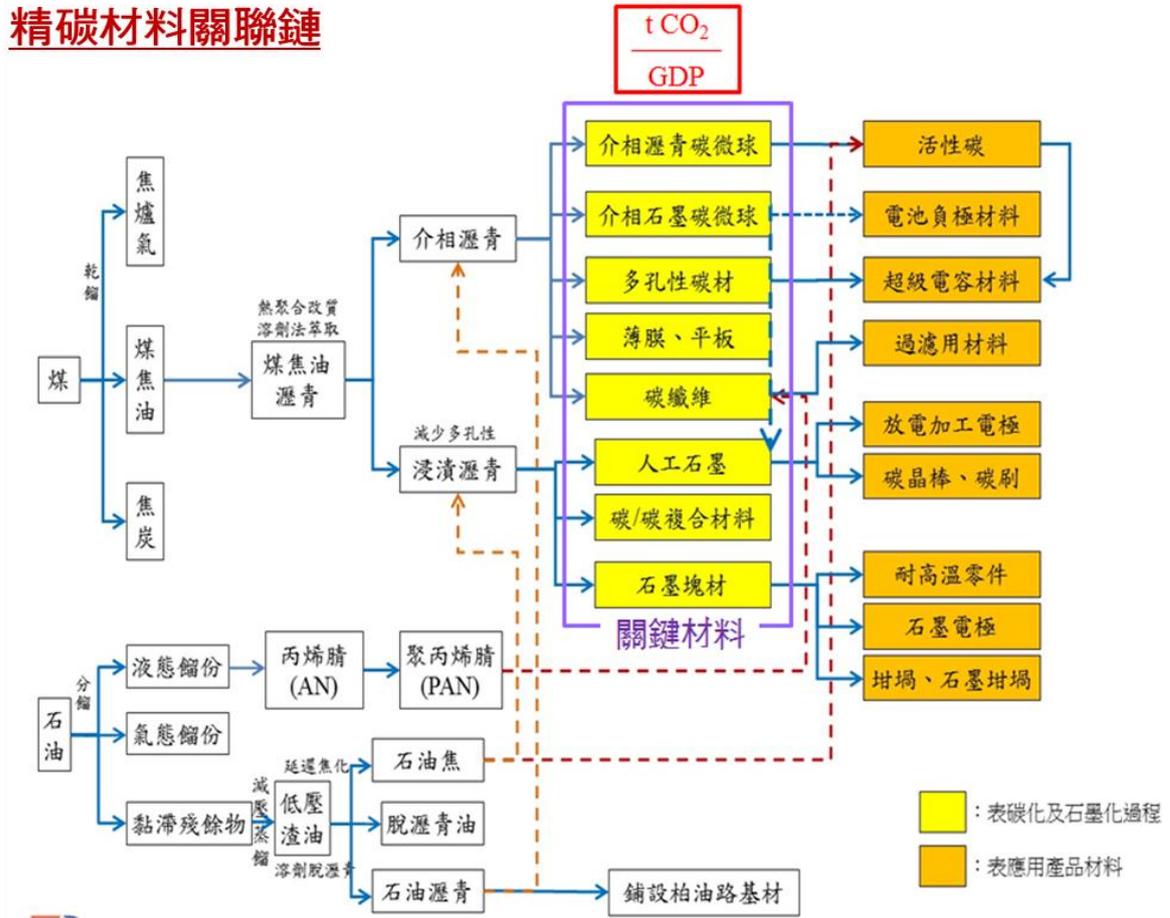
(三)其他作為

國內從事精碳材料之開發，目前仍以鋼鐵業或化工材料業或其他中小企業廠商為主。大至可分為上游、中游、下游的精碳產業關聯鏈，其中，具有高附加價值的關鍵材料主要為鋼鐵、石化的中下游材料，而此關鍵材料所製造的電子用材料、零件亦為高科技產業所需。

關鍵材料如何提升產品高值化及產業高附加價值，可以 tCO_2/GDP 此指標值來看，當關鍵材料的 CO_2 下降或 GDP 增加，即是對提升整個產業鏈的高附加價值有所貢獻。建議發展電子用材料為石化工業找到出海口，以高科技產業所需關鍵材料為重要發展方向為主要目標

為了能吸引廠商加入，初期發展策略應該要加強在資金融通的規劃、土地擴充、人才培育及中小企業轉型等方面的協助。

精碳材料關聯鏈



資料來源：高導熱碳材市場調查與產業發展規劃，2012

圖 3.1、精碳材料關聯示意圖

三、相關配套措施建議

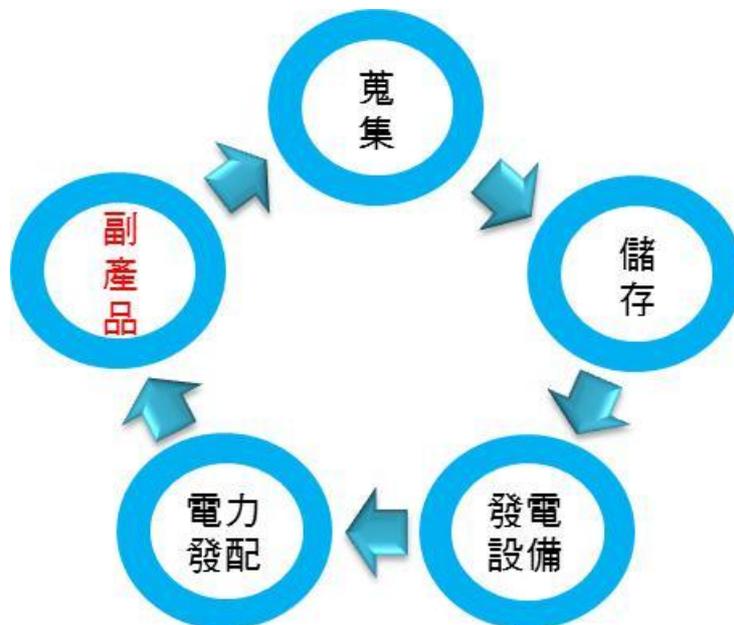
(一) 能源稅及產業融資進行技術投資

1. 能源稅應要做更有效的利用，如此才能有效的提升臺灣產業價值，這部分可以進行經濟分析，以了解哪種方式可使能源稅對產業進行升級。
2. 在產業融資方面，政府提供低利融資的協助，讓開發廠商順

利取得所需的低成本資金，因為融資成本過高，可能會全數反映到物價的漲幅上。

(二)克服未來先進綠色技術推動瓶頸

工業部門在推動未來先進綠色技術上，主要在產生副產品³時，如何有效處理，或在技術開發的同時，需更深入的去評估及研究，確保未來不會因為開發未來先進綠色技術，衍生出更多且更難解決的問題。



資料來源：本研究分析

圖 3.2、未來先進綠色技術執行流程

(三)未來先進綠色技術配合政策風險評估

工業部門在推動未來先進綠色技術上，尚需配合政府的政策方向、考量是否產生副產品進而對環境造成影響、產業經濟效益等整體面的問題，若對於未來先進綠色技術有先期完善的

³ 副產品：例如太陽光電產業，生產太陽能多晶矽過程中，所產出的副產品四氯化矽，易引發環境污染疑慮

政策風險評估，將能有效降低推動瓶頸、簡化繁瑣的發展途徑。以 CCS 政策風險評估為例，如表 3.1 所示。

表 3.1、CCS 政策風險評估

政策風險	分析項目	評估內容	策略/建議
初期移動技術風險 (early moves technology risk)	碳運輸	<ul style="list-style-type: none"> ● 地質封存後的 CO₂ 可能因地震等因素瞬間大量外洩，此外，捕集場址到封存地點間的輸送管線，也可能因為地震會有洩漏之風險。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 我國 CCS 技術在初期推廣階段，因捕集及封存地點變動大，且 CO₂ 運量較小，管線興建耗時不符效益，應避免長距離運送，盡量就近封存。 ● 長期而言，管線輸送仍是台灣發展 CCS 技術的最佳選擇，因台灣已有建造天然氣管線的經驗，故輸送 CO₂ 的技術不難克服，關鍵在於必須提早規劃輸送網路。
	CO ₂ 移棲 監測	<ul style="list-style-type: none"> ● CO₂ 封存圍塊移棲監測的震測技術未盡完備，僅藉由現有技術盤點，無法精確提供 CO₂ 移棲之範圍，使技術安全及封存場址安全性有所疑慮和風險。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 盡早推動及引進跨域震測技術發展，提供台灣西部濱海地區鹽水層封存場址之區域地質模型，對外技術輸出給相同地質封存需求國家，替國內建立新興市場並創造後續效益與產值。
市場風險 (market risk)	市場分析	<ul style="list-style-type: none"> ● 國內目前並無課徵碳稅和碳額交易市場，因此對於發展 CO₂ 地質封存產業而言無經濟上的誘因。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 相較於低碳能源重要選項之一的 LNG 液態天然氣發電，若 CCS 結合 IGCC 技術，則每一度電可比天然氣發電節省新台幣 0.7~1.2

政策風險	分析項目	評估內容	策略/建議
			元，並減少排放 CO ₂ 約 0.2Kg。
		<ul style="list-style-type: none"> ● CCS 將提高火力電廠、煉油廠、煉鋼廠等工業的生產成本，若由市場機制自由運作，將使得用電、燃料油、鋼材等價格上漲，可能會帶動一波物價漲幅，且提高的成本可能全部轉嫁給消費者，造成一般民眾的負擔。 	<ul style="list-style-type: none"> ● CO₂ 地質封存產業需要健全體制，讓產業和一般民眾合理分擔減碳費用，以避免造成高價產業市場卻由全民買單的不利情況。
	產業融資	<ul style="list-style-type: none"> ● 提供融資協助，可降低廠商取得資金的門檻與成本，提高投資 CCS 的意願，但融資成本過高，可能會全數反映到物價的漲幅上，且基於以獲利為目標的融資活動而言，CCS 產業融資較難取得較低利息。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 需要政府提供低利融資的協助，讓開發廠商順利取得所需的低成本資金。 ● 可參考美國能源法，於其中訂定針對潔淨能源技術提供低利融資、貸款擔保或直接貸款等融資協助，或參考英國設立綠色投資銀行，提供早期補助金、共同投資、專案融資與其他獎勵措施等方式協助產業進行融資。

資料來源：CO₂ 地質封存關鍵技術建立與應用研究(2013)；本研究分析

(四)行業別減量潛力空間評估

瞭解國內製造業溫室氣體排放概況，以掌握產業排放情形，藉由產業減量數據、產品排放強度資料，並參酌業界建議，評估國內主要耗能產業未來之減量空間，作為規劃產業結構調整之參考。

(五)產業結構優化評估

- 1.工業部門在未來的節能減碳上，將會著重於發展先進綠色技術、製程技術上的優化改善、再生能源的使用等，因此，不同的節能減碳方式，均會影響工業部門產業產值的表現，而其產業產值結構占比的結果可能不同。
- 2.工業部門產業結構優化主要目的，是希望達成高值化與低碳化的訴求，然其非調整產業產值結構比例即可達成設定的目標。其中，須考量整體政策走向、不同減碳技術對環境的影響、不同減碳技術對產業結構的影響、減碳技術的瓶頸、各產業減量潛力空間、產業成本與經濟效益等問題，經過綜合性的評估後，再進一步調整產業結構占比，如此將不會忽略個別產業價值創造的表現，亦達成工業部門邁向低碳產業結構的需求。
- 3.建議持續針對工業部門邁向低碳產業結構進行相關研究，以本年度所建立的評估方法，探討低碳產業結構發展的途徑，並搭配產業的實際訪談，以研擬相關策略與方案，規劃符合實際情況、有效的低碳產業結構發展藍圖。

肆、参考文献

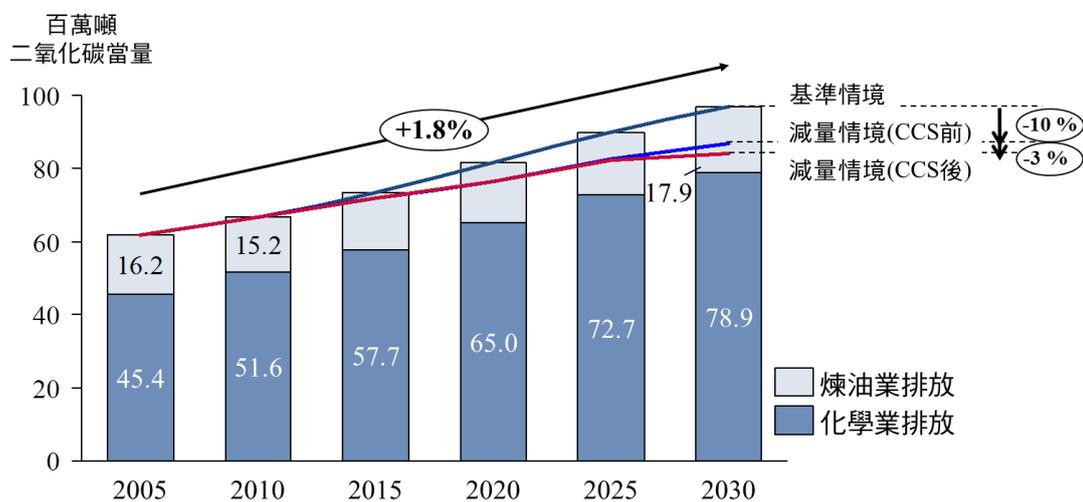
1. Public consultation on draft guidelines, 2007, Establishing Guidelines for Carbon Offsetting in Japan, Ministry of the Environment, Japan.
2. Christina Schott, 2009, Socio-economic dynamics of biofuel development in Asia Pacific, Friedrich Ebert Stiftung (FES) Indonesia Office.
3. Anil Baral, 2009, Summary Report on Low Carbon Fuel-Related Standards, International Council on Clean Transportation (ICCT).
4. Ken Warwick, 2010, UK Low Carbon Industrial Strategy-establishing an industrial policy for greener growth, Department for Business, Innovation and Skills, UK.
5. Seok Cho, 2010, Korea's Green Growth Strategy, Deputy Minister for Industry Ministry of Knowledge Economy (MKE), Korea.
6. United State Energy Information Administration, 2011, Annual Energy Review 2011.
7. International Energy Agency (IEA), 2011, Co-generation and Renewables: solution for low-carbon future.
8. Hideo Matsui, 2011, Current Status and Future Challenges in Japanese Oil Industry, Petroleum Association of Japan (PAJ).
9. Trades Union Congress (TUC), 2012, Building our low-carbon industries: The benefits of securing the energy-intensive industries in the UK.
10. ClickGreen staff, 2012, UK gives major funding boost to low-carbon fuel research.
11. Houses of Parliament, Parliamentary Office of Science and Technology, 2012, Low Carbon Technologies for Energy-Intensive Industries.

12. National Low Carbon Fuel Standard Project website (<http://nationallcfsproject.ucdavis.edu/>), 2012, National Low Carbon Fuel Standard Research Team Responds to CEA Critique Of National LCFS Report.
13. The Energy and Environment Council, 2012, Innovative Strategy for Energy and the Environment, Government of Japan.
14. アジア低炭素社会研究プロジェクト, 2012, 低炭素アジアに向けた 10 の方策, 独立行政法人国立環境研究所 社会環境システム研究センター, Japan.
15. Technical Reports, 2013, Low-Carbon Energy Futures: A Review of National Scenarios.
16. 楊健寧, 2008, 德國能源政策及減碳措施之借鏡—簡介整合能源及氣候計畫, 通識教育中心, 中原大學。
17. 林文祥, 2011, 德國提升能源效率策略與應用技術, 綠色產業基金會。
18. 中山科學研究院, 2012, 高導熱碳材市場調查與產業發展規劃。
19. 吳一民, 2013, 中鋼節能減碳目標、策略及推動方式, 清碳聯盟啟動大會及研討會。
20. Keith Liao, 2013, 高科技廠房能源管理策略, 清碳聯盟啟動大會及研討會。
21. 台灣水泥公司, 2013, 企業低碳與永續經營, 清碳聯盟啟動大會及研討會。
22. 經濟部統計處, 2013, 產業經濟統計簡訊。
23. 台灣經濟研究院, 2013, CO₂ 地質封存關鍵技術建立與應用研究。

附件一 使用來源資料分析及彙整

使用未來先進綠色技術(CCS)的溫室氣體減量未來年預測：

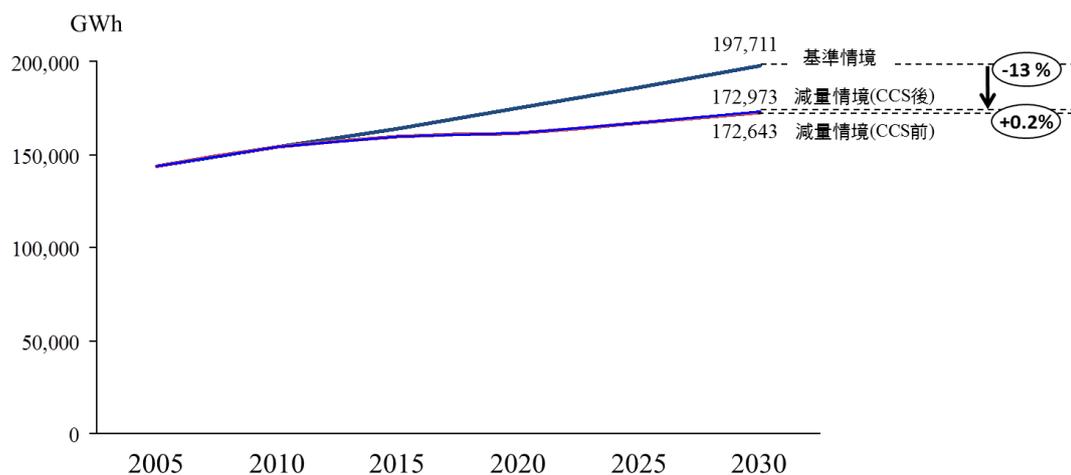
■ 歷年二氧化碳排放量變動及預測 - 石化業



資料來源：國科會，2012，《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》；本研究分析、製圖

■ 歷年能源消費變動及預測 - 石化業

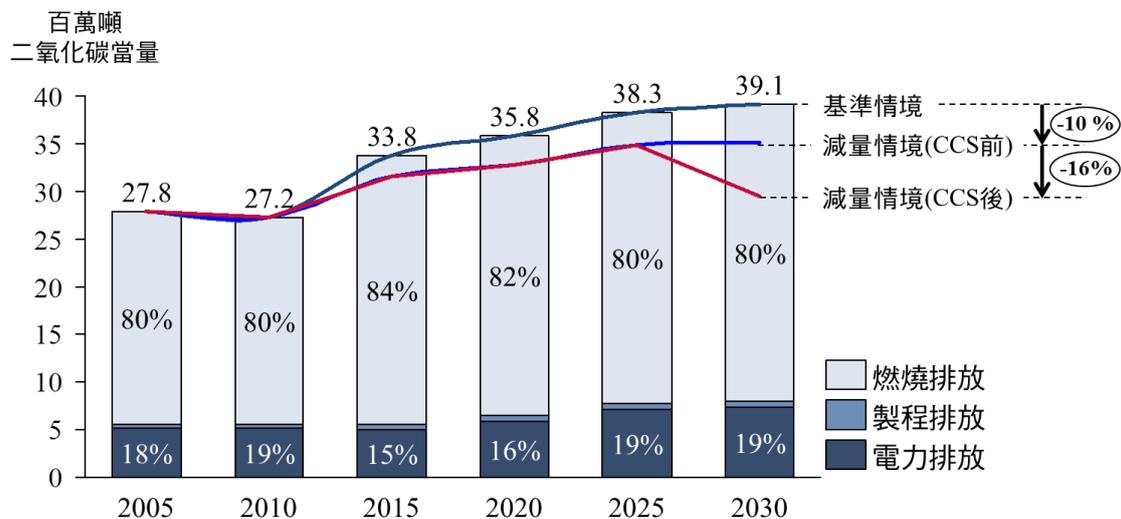
- 石化業主要由化學材料製造業成長帶動能源消費增加，若實行未來先進綠色技術(CCS)後，其能源消費量可望減少 13%，但卻相較於實行前略些微增加 0.2%，其因為 CCS 為耗電力的減碳技術。



註：減量情境(CCS前)=使用現行先進綠色技術；減量情境(CCS後)=減量情境(CCS前)+未來先進綠色技術或設備(CCS)

資料來源：國科會，2012，《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》；本研究分析、製圖

■ 歷年二氧化碳排放量變動及預測 - 鋼鐵業

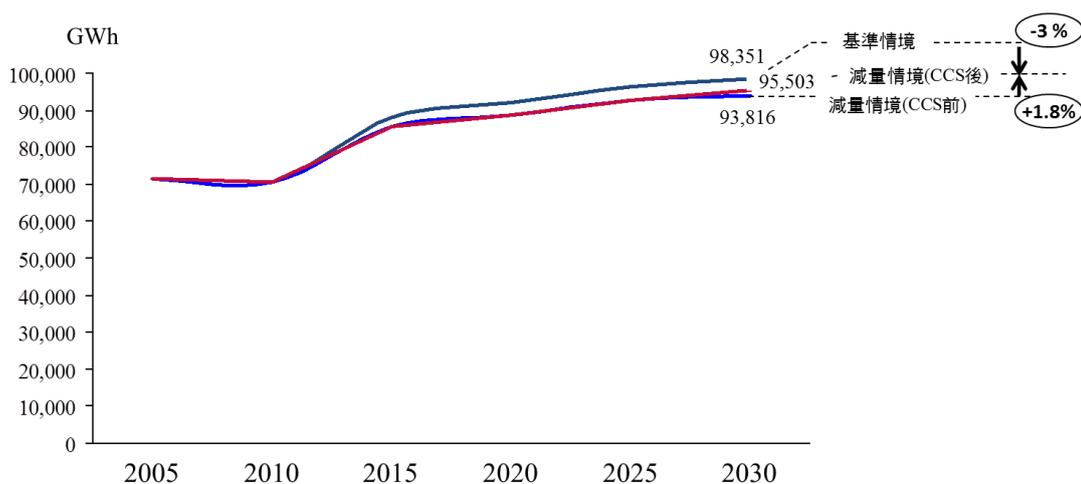


註：減量情境(CCS前)= 使用現行先進綠色技術；減量情境(CCS後)= 減量情境(CCS前)+ 未來先進綠色技術或設備(CCS)

資料來源：國科會，2012，《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》；本研究分析、製圖

■ 歷年能源消費變動及預測 - 鋼鐵業

- 將結果訪談一貫作業煉鋼廠業者⁴，業者表示鋼鐵業若採用 CCS，其很難估算能耗比未採用 CCS 的情況高出多少，因為基準不同，結果會影響很大。
- 模型參數：鋼鐵廠實施 CCS 比例、達足夠規模而可以採用 CCS 的鋼鐵廠比例。

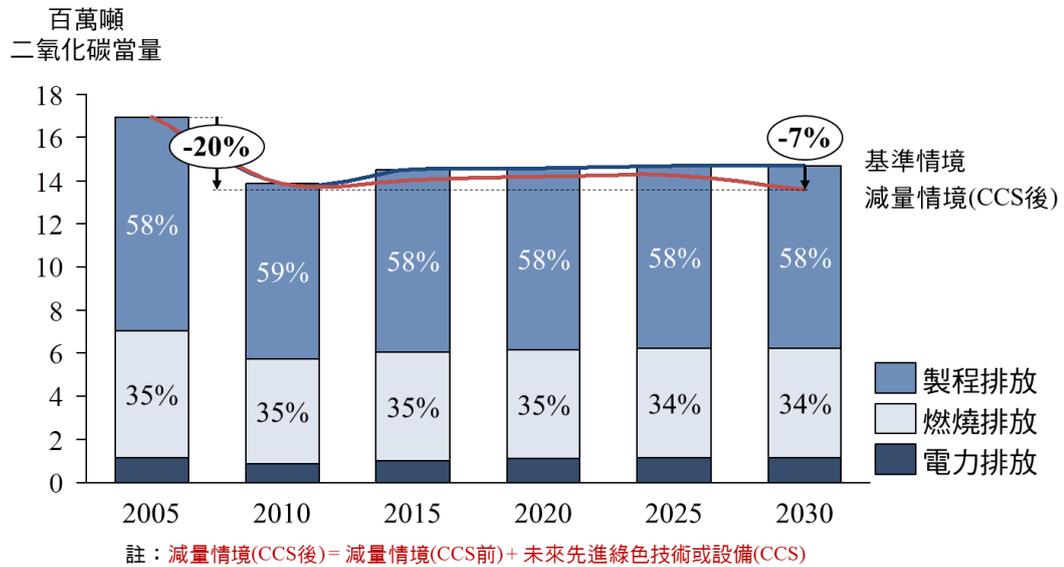


註：減量情境(CCS前)= 使用現行先進綠色技術；減量情境(CCS後)= 減量情境(CCS前)+ 未來先進綠色技術或設備(CCS)

資料來源：國科會，2012，《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》；本研究分析、製圖

⁴ 本研究訪談中鋼公司歐正章博士，2013.09.02

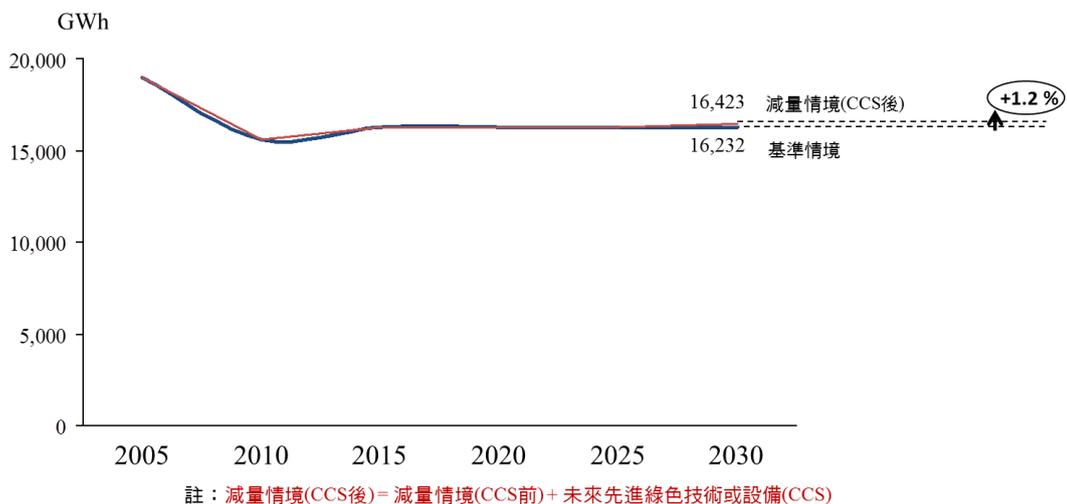
■ 歷年二氧化碳排放量變動及預測 - 水泥業



資料來源：國科會，2012，《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》；本研究分析、製圖

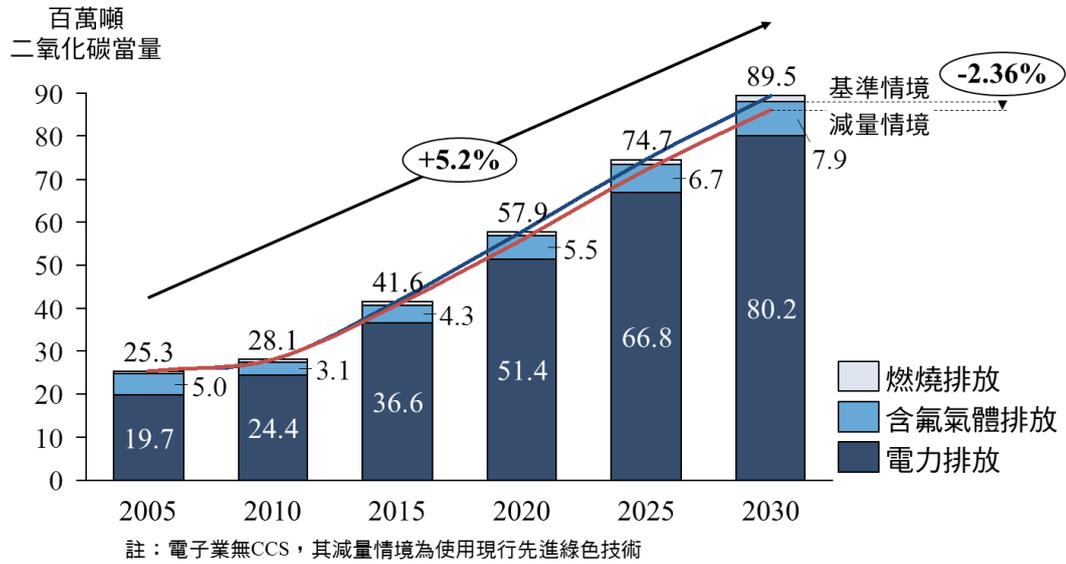
■ 歷年能源消費變動及預測 - 水泥業

- 若實行未來先進綠色技術(CCS)後，雖能有效降低 CO₂ 的排放，但能源的消費上卻相較於基準情境略些微增加 1.2%。整體來說，未來能源消費量預測有減緩的趨勢。



資料來源：國科會，2012，《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》；本研究分析、製圖

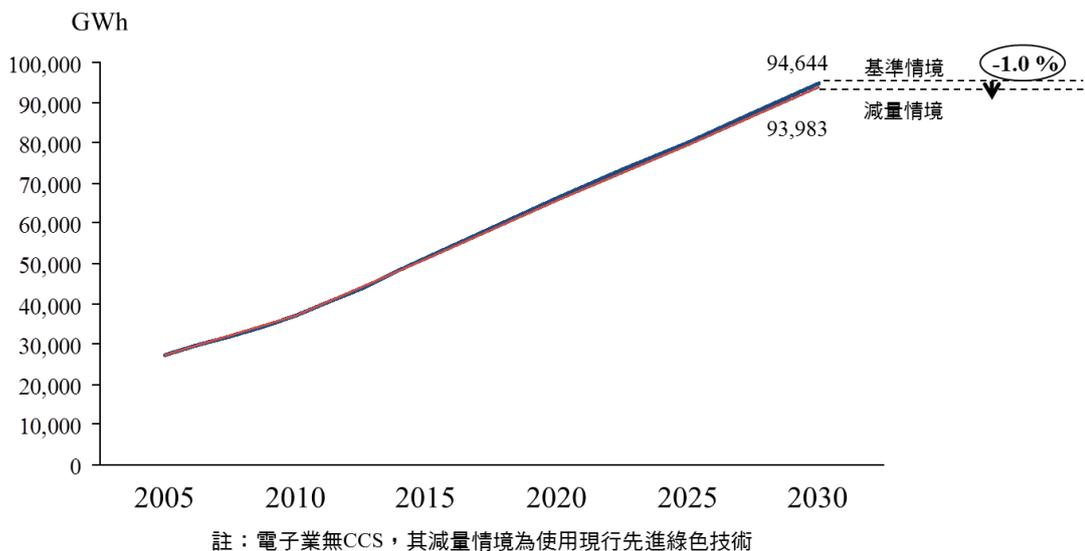
■ 歷年二氧化碳排放量變動及預測 - 電子業



資料來源：國科會，2012，《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》；本研究分析、製圖

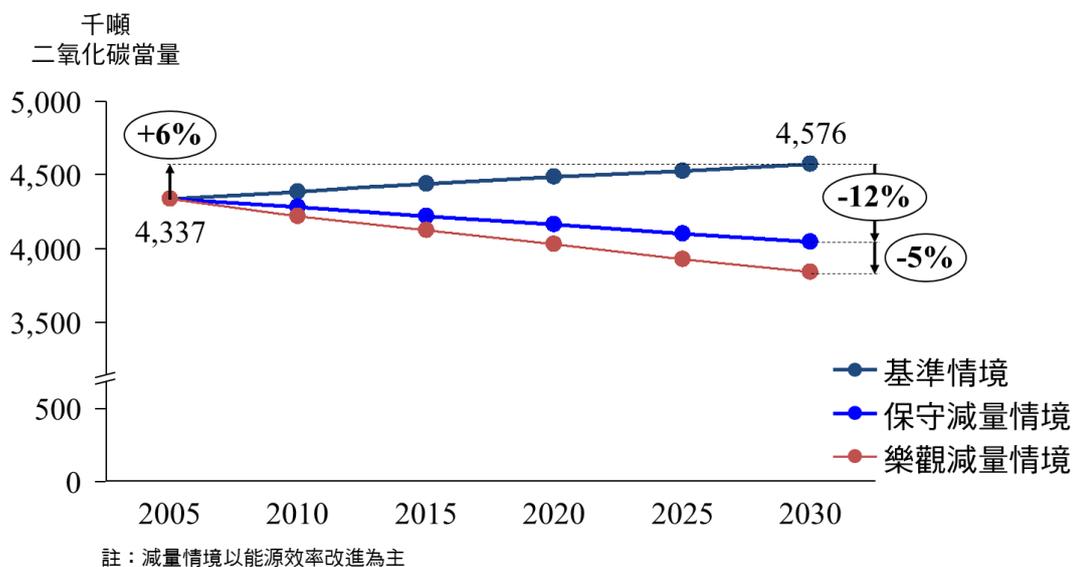
■ 歷年能源消費變動及預測 - 電子業

- 未來電子業的能源消費預測為持續上漲的趨勢，因市場需求而造成電子業產能大，而帶動整體的能源消費量，即使實行節能措施，其減少能源消費的效果亦有限，僅較基準情境減少約 1%。



資料來源：國科會，2012，《台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究》；本研究分析、製圖

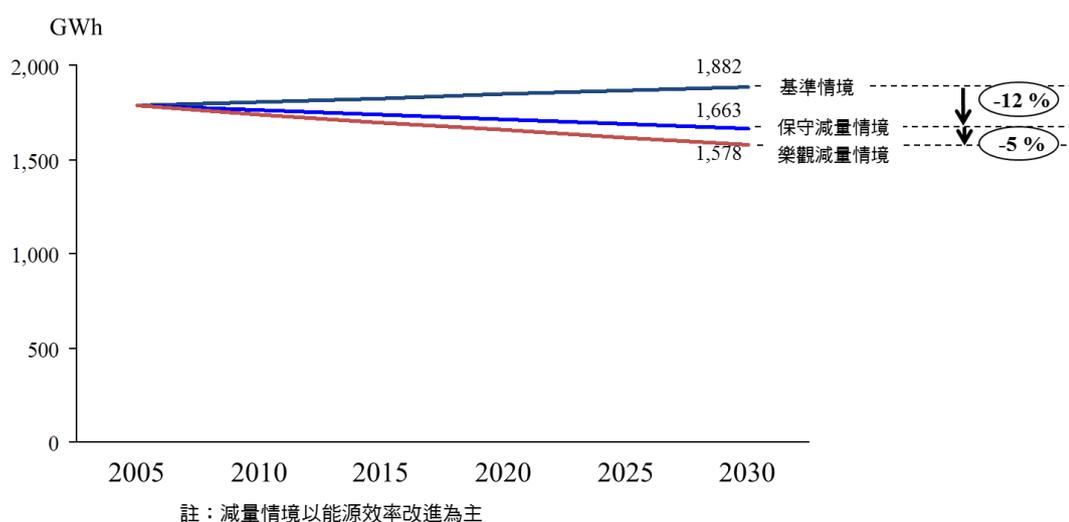
■ 歷年二氧化碳排放量變動及預測 - 造紙業



資料來源：環保署、工研院，2008，《「因應京都議定書發展能力建構」專案工作計畫》；本研究分析、製圖

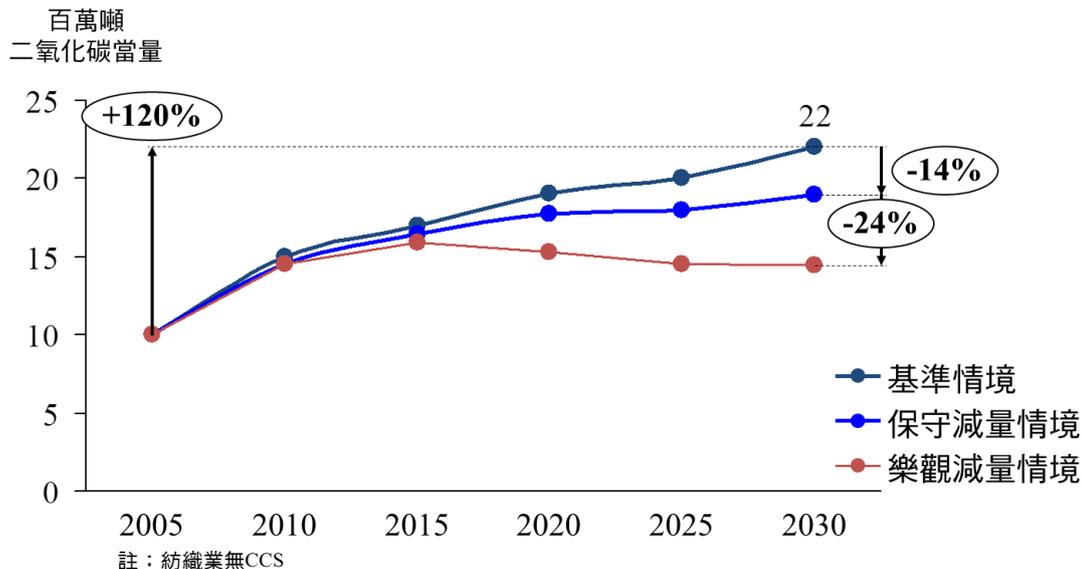
■ 歷年能源消費變動及預測 - 造紙業

- 依據二氧化碳排放量變動及預測資料，使用溫室氣體排放係數管理表推算能源消費量，造紙業的未來年能源消費趨勢變動減緩，在自願性節能情況下，相較於基準情境可望減少 12%，若將最佳可行處理技術引入生產流程，可減少至 17%。



資料來源：環保署、工研院，2008，《「因應京都議定書發展能力建構」專案工作計畫》；本研究分析、製圖

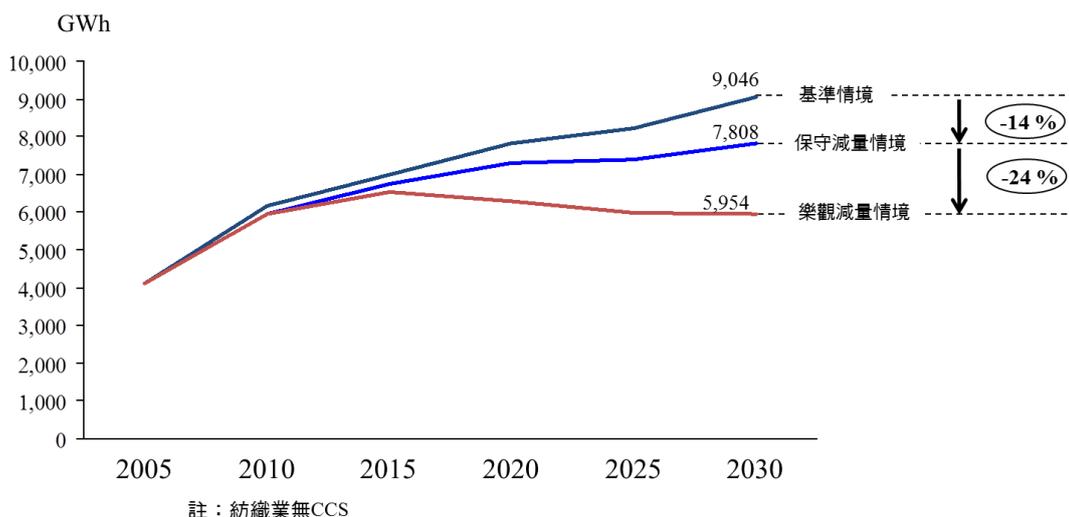
■ 歷年二氧化碳排放量變動及預測 - 紡織業(人造纖維製造)



資料來源：環保署、工研院，2008，《「因應京都議定書發展能力建構」專案工作計畫》；本研究分析、製圖

■ 歷年能源消費變動及預測 - 紡織業(人造纖維製造)

- 能源消費亦由溫室氣體排放係數管理表推算，整體紡織業分類複雜，其各行業別所使用的設備與製程差異甚大，若將既有設備加速汰換更換裝置最佳技術設備，可使能源消費相較於基準情境大幅降低 38%，並使能源消費趨勢在未來年減緩並下降。



資料來源：環保署、工研院，2008，《「因應京都議定書發展能力建構」專案工作計畫》；本研究分析、製圖

附件二 專家訪談紀錄

訪視單位:中油	訪視日期:2012.12.7
聯絡人:洪博士	訪視地點:台北市信義區松仁路3號
訪視主題:關於中油化學部門、石油天然氣減碳措施的詳細探討	
<p>一、乙烯裂解製程改善</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 煤炭成長要計算其比例。希望政府能夠訂定法規，去限制煤的使用。 2. 煤與燃煤是否一樣的統稱，要避免重複計算的問題。 <p>二、石油與天然氣問題</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 上游-目前台灣在開採天然氣的數量相當的少，而且不太會去考慮其逸漏以及過程所燃燒的天然氣量，因此可以使用國際數據。惟獨在考慮台灣天然氣生產量的這方面，可能需要看中油歷年的開產紀錄，以及台灣的政策方向，來預測現在到2030年天然氣的開採量。 2. 中游-目前液態天然氣都是直接跟國外購買已經壓縮完畢的液態天然氣，所以在壓縮過程中的洩漏以及燃燒的排放問題。船運跟存儲的洩漏跟燃燒的資料，中油也不會特別的記載，因此可以參照國際數據。台灣只有重新汽化的過程，因此需要在運算邏輯中特別加入重新汽化所會產生洩漏以及耗能的資料，但其資料需要跟國際資料做比對，看哪些資料適合使用國際資料，哪些資料可以從國內資料來取得。配送的問題，台灣主要的接收站為台中與永安兩個接收站，需要調查管線長度。此外在細節上可能需要做更詳細的評估，針對兩個接收站的大小以及運輸量，進行分析。台灣的管線運送是使用天然氣進行輸送。 3. 下游-台灣目前精煉過程產生的廢排汽，中油幾乎都已經進行回收，給其氣電共生廠使用，因此燃燒塔幾乎沒有進行廢氣燃燒，除非緊急洩壓的時候會有洩壓燃燒外，其他的狀況都已經使用廢氣回收。 4. 下游-汽電共生廠注要分為兩種，一種是在背壓式汽輪發電機組，一種是冷凝式汽輪發電機組。因為中油在煉製過程中需要蒸氣去製造石化產品，因此需要蒸氣。其主要差別在於背壓式發電機組，他是利用多餘的蒸氣壓發電，因此是產線需要多少，他就發多少，對於中油使用天然氣發電來說，這樣子能節省成本。另外是使用冷凝式發電機組，這一種主要是要用來發電，但中油的發電機組主要是利用天然氣發電，在目前電價相對低的情況下，相當的不利，因此中油的 	

使用率低於 40%。目前台塑的汽電共生機組都是使用煤進行燃燒，因此其氣電共生的數量相當的高，因為其發電成本相當的低廉。而且它所造成的碳排放將會歸納至電廠排放。

5. 目前中油在廢熱回收以及廢氣回收都已經進行的有一定的水準，因此其老舊設備更新的比例可能需要審慎評估。此外中油每個月都進行能耗等數據的評估以及調查，所以在資本支出的改善方面，可能也需要了解其能源效率改善的空間是如何。

訪視單位：亞洲水泥	訪視日期：2013. 01. 22
聯絡人：	訪視地點：台北市大安區敦化南路二段 207 號 30、31 樓
訪視主題：製程及節能	
<p data-bbox="220 459 414 492">一、旋窯能耗</p> <p data-bbox="220 517 1412 790">目前旋窯能耗下降主要跟單位窯爐大小有關，如果單位窯爐大小越大，其單位產品能耗越低，目前台灣最大的單位窯爐為每天 8 千公噸，而國際上已經有到 2 萬公噸的窯爐。但國內水泥需求已達到頂峰，未來將不會進行增產，因此各家水泥廠針對該部分的設備投資也將停止；顧窯爐要進行資本性支出之改善，目前國內短時間內可行性不高。</p> <p data-bbox="220 815 443 848">二、替代性骨材</p> <p data-bbox="220 873 1412 1146">目前高爐石水泥只有中聯資源股份有限公司出產，因其為中鋼子公司，故能有效取得爐石原料；而目前台灣水泥廠大多未生產高爐及飛灰水泥。其原因是在預拌混凝土時，各下游水泥營造會依照該工程需求自行添加替代性骨材，因此，若上游水泥廠將飛灰及爐石採購及使用，那下游廠商將會限縮其使用的空間。故目前台灣的水泥廠並不會特意添加替代性骨材，唯獨可能添加石灰石含量取代水泥熟料。</p> <p data-bbox="220 1171 1412 1265">有關爐石研磨的單位耗能需要中聯資源股份有限公司詢問，大多數的水泥廠皆將所有的材料放在同一個研磨機內研磨，因此不會有單一材料研磨的能耗資料。</p> <p data-bbox="220 1290 408 1323">三、燃料使用</p> <p data-bbox="220 1348 1412 1442">能源局的燃料使用比例，可能需要再進一步確認，因為亞泥廠使用的能源比為燃煤 99.6、燃油 0.04。</p> <p data-bbox="220 1467 411 1500">四、節能設備</p> <p data-bbox="220 1525 1412 1798">目前水泥產業為一成熟產業，其節能技術並未有革命性的突破，各廠商的利潤空間也相對小，因此要再進行大規模的資本支出，其可能性相對較低。目前新城廠約五年執行 3 項節能手段，但其單位產品能耗並未有效下降，歸究其原因為單項目的節能手段可能只占總製程的 1% 能耗，雖然該項目能有效地節能；但其他 99% 的製程會設備老舊而產生能耗衰退的情形，一來一往之間造成單位產品並未能夠有效的提升。</p>	

訪視單位:工業局	訪視日期:2013. 1. 31
聯絡人:陳良棟 永發組副組長	訪視地點:台北市信義路三段 41 之 3 號
訪視主題:討論工業部門相關節能減碳現行問題及因應策略	
<p>一、能源使用量</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能源大用戶之能源數據歸屬權在於能源局能技組，工業局並無掌控之權利，其中能源局所掌握之資料因屬於廠商之權益，因此能源局並無提供之權限。 2. 過去環保署與工業局曾一起到台塑公司進行會談，希望能取得碳排放及能源使用之數據，但該公司並不願意提供。 3. 能源數據若非廠商主動提供，公部門並無其權力將其提供給研究機構。 <p>二、減碳成本之定義</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 定義減碳成本是一件困難而且專業的事情，因為製造業每間公司的製程不盡相同，若依照單一廠商之製程來加以計算，其產出之數據將有失其準確性；因此目前單位產品之能耗訂定方式，主要採公會集體認定。由產業內的專業人士來進行範疇界定，才能夠真正有效的定義出產品之單位能耗，目前已進行之產業有水泥、鋼鐵等，製程較為單純之產業，未來將逐年擴大。 2. 國外類似該減碳模式的運作方式，有採用會員制的方式來進行，個別廠商需要派送專員至協會受訓，使計算能耗之員工能夠清楚各範疇之界定，如此一來，回送至協會之能耗數據才具可信度；其提供該協會內各會員產業內之能耗標竿，使各公司了解其可努力之空間與跟產業間之對手的差距。 <p>三、整廠改建</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 未來整廠改建看似為一種良好的減碳手段，但該方式雖然能提升能耗效率，但其碳排放是否會因此而減少，目前似乎無此趨勢，因為該產業如果要持續性發展將會擴張產能，在整廠改建的過程中雖然單位能耗有降低的結果，但其產能擴張速度更快，如此一來將使得碳排放量持續上升。 2. 整廠改建應考量該產業對於台灣整體經濟的未來價值，若該產業的單位碳排放之產值無法有效提升，則應考量該產業是否有其擴張之必要性。 <p>四、製造業服務化</p> <p>目前台灣某些產業之產量已無法擴張，而且產業之單位碳排放之產值無法有效提升，但其生產民生必須品，是故該產業有其存在之必要性；因此，產業需要輔導轉型</p>	

為製造業服務化；利用台灣產業技術優勢，發展產業技術能量，進而將產業轉向為設備製造商或是技術外銷商，以創造個別產業之附加價值，並提高專業人才之使用率。

訪視單位:鋼鐵公會、中鋼、工業局、國科會	訪視日期:2013.7.17
聯絡人:	訪視地點:台灣經濟研究院
訪視主題:專家會議	
<p>中鋼：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 國外鋼鐵廠具有地域優勢，當地的原料與燃料費用較低，因此國際競爭力較高。在探討國內減碳措施時，須考慮該措施是否具有經濟效益，若減碳成本過高，將使國內鋼鐵廠失去國際競爭力。 2. 中鋼公司一直將燃料費用列為訂定未來公司政策的項目，並持續改進能源效率及碳排放密度。其中，中鋼公司持續針對燃料替代與製程改善等項目進行研發，如：碳熱還原使用於生質燃料、爐氣轉換成生質燃料等。此顯示中鋼公司在節能減碳方面有相當大的決心。但某些減量措施並不在該模型的範疇內，如以上所述之項目或風力發電等，產生減碳之碳權，環保署是否會將其納入中鋼公司的可行使碳權中。 3. 政府機關在制訂鋼鐵業政策方向時，若考慮以進口的方式取代國內生產，需考慮碳溢漏所造成鋼鐵產業外移，進而使整體國內經濟遭受衝擊，因此需要警慎思考。 4. 目前全球頁岩氣大量開採，國外鋼鐵大廠開始利用頁岩氣煉鋼，此趨勢將使國內鋼鐵廠面臨嚴峻的國際競爭。政府機關在未來制定政策方向時，需考慮個別產業的國際競爭優勢，以及產業對國內經濟所造成的影響。 <p>國科會：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 國內減碳成本及商業數據將進行資料保密，確保企業的商業競爭力。 2. 如鋼鐵生產地設立於國外，台灣碳排放將迅速地減少。扣除掉碳稅與增加的運費成本，其若合乎商業價值，政府機關可以考慮該政策的方向是否可行。 3. 該模式應提供減碳技術給國內鋼鐵業，讓國內鋼鐵業者了解各公司該如何能再持續減碳。如果國內能將該模式的技術提升，期待將此模型與技術外銷至國外。 4. 國家政策應以台灣最佳利益為考量，必須將台灣整體福祉為首要考量點。因此智庫單位必須提供完整的減碳成本、產業結構及經濟發展等資料，給予政府機關進行整合性的思考，使政府機關能審慎思考台灣內部減碳情形、人民福祉與環境保護等相關利弊，進而制訂對於台灣最佳的國家政策。 	

鋼鐵公會：

1. 有許多減碳措施需要進行更深一層的考慮，如：廢鋼預熱，該措施將廢鋼進行預熱，其預熱溫度約在 300 至 600 度之間，此溫度區間剛好是排放戴奧辛最大的情況，因此須慎重考慮該類型之技術，是否要將其列入減碳成本計算模型中。
2. 如同張副董所提，在制訂減碳策略時，應該考慮其是否具有經濟效益。
3. 鋼鐵工會擔心政策的制定，會限制業者在經營策略與方向的空間。因此期待政府機關先觀察產業的現況與景氣情形，再來制訂相關的政策目標。
4. 目前台灣鋼鐵需求約為每年三千萬噸，其中 7 成國內自行生產，3 成由國外進口。未來鋼鐵業增加投資的可能性相當低，大多數生產設備將只會進行汰舊換新的動作。
5. 在考慮減碳成本時，應該考慮碳減量會有邊際效益遞減的情形，減碳計畫執行到後期會有成本上升的趨勢。
6. 鋼鐵業為基礎工業，若鋼鐵產業整體外移，將不單單只是鋼鐵業的產業問題，此問題將對國家整體經濟發展有重大的影響。

工業局：

1. 國內鋼鐵業的政策方向為「質在內、量在外」，其一貫作業的產能最大應約 1580 萬噸。未來可以鼓勵電弧爐廠進行汰舊換新，此將可更一步增加減碳量。
2. 推估中鋼公司可行的減碳空間並不大，其已經執行大多數減碳技術。
3. 能源稅跟碳稅加入，很容易都可算出鋼的價格。

附件三 工作會議問題回覆

時間	建議內容	修正回覆
02/07 工作會議	溫室氣體減量成本模型產出的結果為何？是否包含未來年的長期趨勢預測？	溫室氣體減量成本模型產出的結果包括 CO ₂ 排放未來年趨勢預測及能源消費量，詳見報告書 p30~p41
	依據簡報內容所提，所設定的情境，似乎套用在產業關聯表計算即可，是否需使用到 CGE 模型？	本研究使用產業關聯表計算，並應用 CGE 模型模擬的相關結果，納入本研究分析中
	若產業關聯表最新的年份在 2006 年，但以現在的整體環境已與 2006 年不同，如何解決此差異問題？	本研究已由 CGE 模型拚出了未來年的產業關聯表，但其逆矩陣尚有問題，探討其因，復出口、關稅的部分，較難拆解為產業關聯表的形式，故對於未來年的產業關聯表預測難以拼出正確的形式
	在能源的基礎資料蒐集與分析上，目前進度如何？	詳見報告書 p30~p41
	可否提供廠商訪談紀錄相關內容？	已提供
03/07 工作會議	“因 IO 表中並無減碳成本這個商品…” ，用「減碳成本」易讓人有所疑惑，請修正。	已修正，本研究使用設備成本對 IO 表作衝擊
	工作項目 1-4、1-5，建議整理出在本計畫會使用到的數據。	針對基準情境和減碳情境假設的分析，本研究將未來年預測之量化結果，即前面所蒐集的基礎來源資料，加以整理，以利後續資料的應用和分析。詳見報告書 p92
	紡織業和造紙業沒有和 BAU 比較的結果？	本研究採用 MARKAL 模型結果，詳見報告書 p37~p41
	「研提工業部門調適的策略與建議」，請將調適改成調整。	已修正，詳見報告書 p114
	建議加入情境設計和參數設計。	已加入相關內容，詳見報告書 p82~92
	是否可提供減量情境設定參考？	詳見報告書 p84~p92
04/11 工作會議	減碳成本和設備拆解之間的連結，其邏輯請再補充說明清楚。	本研究以豐富圖解釋，詳見報告書 p86
	“麥寮六輕的 4、5 期工程全數	已修正，詳見報告書 p15

時間	建議內容	修正回覆
	完工”，請修正為 4 期全數完工、4.5 期未完工、5 期尚在環評中。	
	CCS 的設備是否考慮自製率，在 IO 表中已有包含到自製率，所以請交代清楚，避免結果會與實際情況有落差。	由於是利用生產者價格交易表中的「最終需要」來做衝擊計算，因此，有關設備國內自製率的影響，屬於技術中間投入結構的部分，對於生產者價格交易表中已有包含到自製率的問題，在本研究的衝擊計算中，並不會有影響而造成重複計算的問題。詳見報告書 p102
	未來有關低碳策略建議，可以多放產業訪談的結果，以使本計劃能夠知道產業界的想法。	本研究分析中已納入產業界、公部門專家學者訪談
	一般是使用實質 GDP，非名目 GDP，請修正。	詳見報告書 p43
	有關各產業產值分析，請列表說明能源資料使用來源及其定義的界定，如：主計處定義、能源局定義、本研究定義。	本研究另外加以補充產業關聯的定義分類，詳見報告書 p10~p12
06/25 工作會議	針對鋼鐵業推廣情境的說明再多做一些假設，並且多加論述一下。	本研究加入燃燒後捕集設備裝設位置、規模、相關假設及造價推估等說明，詳見報告書 p87~p92
	造紙、紡織的電力計算，請再與核研所內部同仁確認。	核研所使用的是熱值單位，而本研究中使用油當量單位，計算的能源投入百分比沒錯，但水泥與造紙使用熱值與油當量單位相差甚多，相關附註詳見報告書 p24、26
	建議多從經濟面角度來研究。例如：韓國、日本…等各國產業結構比例。	詳見報告書 p41、42
	鋼鐵業的燃燒後捕獲設備費用是否尚須乘上某一比例，以換算成工業部門的所需費用？	工業部門「燃燒後捕集設備」未來年造價推估流程，詳見報告書 p92
07/23 工作會議	CCS 未來年設置比率，請於報告中詳加說明。	本研究分設置率和執行率來加以探討，詳見報告書 p90~p91

時間	建議內容	修正回覆
	工業部門設備費用未來年的推估，是否有如計算的那麼高？請再確認真實性。	已修正並確認
	CCS 政策風險評估請列資料來源。	詳見報告書 p123
08/28 工作會議	CCS 設置位置在高爐，會不會 CO ₂ 的捕捉假設僅侷限在動力工場？	「燃燒後捕集設備」裝設位置說明，詳見報告書 p87~p88
	建議將參數定義、結果以表列形式呈現較為容易閱讀。	假設的參數估算結果，詳見報告書 p101
	採用燃燒後捕集設備後，GDP 一定會增加，但是否設備投資費用會降低？而所有產業 GDP 增額，其年成長率為 1%，不太合理，請再修正。	根據假設及計算，投資費用會增加，因此帶動中間投入增加，而中間投入增加帶動了 GDP 的成長。 詳見報告書 p105
	經濟部規劃目標 2020、2030 年請一起列出。最後討論的地方請加入“若加入 CCS，產業還是可以發展…”等相關探討。	已補充，詳見報告書 p110~p111
	若假設 2020~2030 年採用 CCS 的比例約為 17%，為何鋼鐵業二氧化碳排放預測，僅在 2030 年才有大幅度下降？	鋼鐵業使用 CCS 後的 CO ₂ 排放預測，模型係採用實施率做評估。詳見報告書 p90~p91
	減量情境(CCS 後)僅較減量情境(CCS 前)的能源消耗預測高出 1.8%，似乎不合理，請再提出說明。	詳見報告書附件一 p128
	使用 CGE 模型拚出 IO 表的問題，請再說明。	本研究已由 CGE 模型拚出了未來年的 IO 表，但其逆矩陣尚有問題，探討其因，復出口、關稅的部分，較難拆解為 IO 表的形式，故對於未來年的 IO 表預測難以拚出正確的形式，因此，本研究直接使用 CGE 模型模擬出的相關資料結果，加以應用、分析於本研究中。

附件四 期中報告意見回覆

評審委員	建議內容	回覆意見
陳良棟	<p>一、石化業、鋼鐵業為化學材料業及金屬基本工業中較為耗能的部門，但國內各項統計並無法單獨分離出細部產業情形，因此在產業結構調整如只以主計處各行業之 GDP 之比例表示，將無法呈現實際調整的狀況。</p>	<p>謝謝委員指教。製造業每間公司的製程不盡相同，並且單一家公司的工廠數量多，基本上在彙報予公部門做各項統計時，容易造成數據準確性的質疑。若沒有細列及界定清楚產業的範疇，確實難以從能耗及產業實質國內生產毛額，加以比對，進一步做整體產業結構的調整。以目前來看，加強國內各項統計資料內容呈現符合實際情況，及整合個別獨立、散落的統計資料，有其必要性，否則在談論產業結構的調整上，卻只能以大方向著手進行，並無法產生太大的實質效益。</p>
	<p>二、對於產業服務化如何在產業結構調整中展現？</p>	<p>謝謝委員指教。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣的產業分類上，可分為農業、工業、服務業。 2. 產業結構調整上，可透過「水平」和「垂直」兩個方向來調整。水平式的產業結構調整，如傳統產業(水泥、造紙、紡織)及高科技產業(電子電機、資訊)，可透過客製化研發、異業整合、衍生性服務等，轉型為製造業服務化；垂直式的產業結構調整，如基礎產業(石化、鋼鐵)，因受限於土地及水資源等環境資源限制，可

評審委員	建議內容	回覆意見
		<p>將價值鏈往中下游延伸並朝高價值化產品發展。</p> <p>3. 根據上述，盡可能利用指標值，展示並說明產業服務化在產業結構調整上的趨勢。</p>
	<p>三、本研究之方法尚屬合理，建議再與台綜院、台電等單位蒐集相關資料。</p>	<p>謝謝委員指教，遵照辦理。</p>
	<p>四、能源價格對於產業結構有很大的影響，各項能源的價格將驅動各種耗能產業的消長，因此可以將能源稅納入影響各種能源價格，進而造成產業結構變化的情形進行研究。</p>	<p>謝謝委員指教。有關能源稅影響產業結構變化的研究，係同為核研所委辦予台經院執行的「我國減碳目標下之市場機制政策與配套措施設計及評估」計畫中，有其相關的專題研究。在本計畫中，其目標導向為實行先進減碳技術，對於產業結構變化的影響。</p>
	<p>五、可再釐清各類能源是否有重複計算之情形。</p>	<p>謝謝委員指教，此部分將再釐清。</p>
<p>鄭清宗</p>	<p>一、表 2.3 最後一欄“產業高值化”欄中所描述者，有許並非與高值化有關，如：廢棄物再利用、能源之再利用等，宜加以修正。</p>	<p>謝謝委員指教，遵照辦理。</p>
	<p>二、目前 CCS 之成本估計，似乎僅來自一家能源工程公司提供，是否具一般性/代表性，可否增加不同來源加以彙整比較。</p>	<p>謝謝委員指教。有關 CCS 之成本估計，因考量是否具一般性/代表性，因此，在本研究 CCS 設備的成本推估上，以工業通用設備為主，去做設備費用的評估。另外，本研究所委託的能源工程公司，目前台灣的</p>

評審委員	建議內容	回覆意見
		CCS 廠，多委由該公司在做建置上的評估，因此，在資料來源上，較有可信度。
	三、工業類別低碳產業結構之調整策略，應不僅限於行業間之調整策略，宜進一步對該行業內更細部分類之調整策略加以研擬。	謝謝委員指教，若能取得更細部資料，本研究將會更進一步探討。
	四、能資源價格(電費、油價、水價..)影響產業結構調整甚鉅，在本研究中是否有所考量。	謝謝委員指教。有關能資源價格影響產業結構變化的研究，係同為核研所委辦予台經院執行的「我國減碳目標下之市場機制政策與配套措施設計及評估」計畫中，有其相關的專題研究。該研究將針對電價調漲進行模擬，並進一步分析其對工業部門各產業的影響。
	五、CCS 之成本高，是否考量 CCU 策略為優先，採用 CCS 之政策風險(如：early moves technology risk 及 market risk)宜加以考量。	謝謝委員指教。本研究將參考並蒐集 CCS 之政策風險等相關資料，並於後續期末報告中提出。
	六、擬定產業策略調整是否可先列出評估之準則依據。	謝謝委員指教，後續會將其範疇界定清楚。
郭迺鋒	一、統計圖色要統一。	謝謝委員指教，遵照辦理。
	二、預測模型和歷史統計資料建議畫在一起。	<p>謝謝委員指教。</p> <p>1. 本研究在資料蒐集上，結果如下：</p> <p>(1) 能源使用：歷史統計資料(1997~2011 年)；模型模擬資料(2005、2010、2015、2020、</p>

評審委員	建議內容	回覆意見
		<p>2025、2030年)。</p> <p>(2) CO₂排放量：無官方公告之歷史統計資料；模型模擬資料(2005、2010、2015、2020、2025、2030年)。</p> <p>2. 因模型模擬並無展示細部資料，如：電力及非電力能源分別使用量和能源結構的結果，因此，預測模型和歷史統計資料畫在一起，僅能以能源總使用量的方式結果呈現。</p>
	三、CCS 資料整理建議要風險分析。	謝謝委員指教。本研究將參考並蒐集 CCS 之政策風險等相關資料，並於後續期末報告中提出。
蕭輝煌	一、P20~P21 (簡報資料 P16)：根據能源局工業部門能源消費表 (2011) 之鋼鐵業能源消費量僅 7,260 千公秉油當量 (726 萬 KL)，數據偏低，主要問題在於能源局之能源平衡表。	謝謝委員指教，有關鋼鐵業的細部能源消費量之釐清，將前往中鋼請教，再麻煩委員給予指導。

評審委員	建議內容	回覆意見
	<p>二、P26~P27 (簡報資料 P22): 鋼鐵業 CO₂ 排放量預測—2010 年 27.2 百萬噸, 2015 年 33.8 百萬噸, 2030 年基準情境之 39.1(33.8 →39.1) 百萬噸, 以及減量情境 -33.38%, 其基準情境 (BAU) 及減量情境之假設依據為何? (基準情境: 可參考鋼鐵工業政策環評資料)</p>	<p>謝謝委員指教。</p> <p>1. 基準情境假設:</p> <p>(1) 依照以往的政策方向, 不採取額外減碳行動下的溫室氣體長期排放趨勢。</p> <p>(2) 以 2011 年為基年, 將能源政策情境維持於 2010 年的水準。</p> <p>(3) 根據政府相關單位及公會預測產量成長率與能源密集度, 以由下而上的方式加總並預估。</p> <p>2. 減量情境假設:</p> <p>(1) 在經濟活動量、生產技術、能源密集度、碳排放係數的正常改變之外, 採取額外減量行動的結果。</p> <p>(2) 減量潛力調查側重「技術潛力」, 而非產業結構改變或消費行為變遷。</p> <p>(3) 各種減量技術的減量潛力為分別調查推估。</p> <p>3. 我國鋼鐵部門現行已有實行相關先進減量技術, 使其排碳量較基準情境減少約 10%; 除了目前鋼鐵部門正在實行的現行先進減量技術外, 尚有一些未來先進減量技術, 為台灣現行沒有或</p>

評審委員	建議內容	回覆意見
		<p>還在調查階段的減量技術，若這些未來先進減量技術亦能落實，則潛在的減碳量可隨著減量措施實施率的提高而逐年增加，到了 2030 年時排碳量可比基準情境減少 33%。</p>
	<p>三、簡報資料 P18：建議改以「能源別」展現，而非煉油業與化學業。</p>	<p>謝謝委員指教。由於此結果是由溫室氣體減量成本模型(Mckinsey model)所模擬的結果，因此，展現方式則依據模型內容的設定，加以呈現結果。</p>
	<p>四、工業部門邁向低碳產業結構：建議改以「電力」及「非電力」項目進行策略研究。</p> <p>(一) 電力</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 發電側：台電及 IPP 業者等，提高發電效率、轉用低碳能源（如再生能源、天然氣、核電等），以降低發電排放係數（CO₂e/度）。 2. 用電側：產業界提高用電效率。 	<p>謝謝委員指教。本研究將在「基礎資料蒐集與分析」中，加以琢磨，並於報告中列為相關建議說明。</p>

評審委員	建議內容	回覆意見
	<p>(二) 非電力</p> <p>產業界：加強廢熱回收、汰舊換新、採行 BAT (最佳可行技術) 等，以提高能源使用效率；轉用低碳能源 (如再生能源、天然氣等)。</p>	
	五、推動 CCS 應考量 CO ₂ 減量成本。	謝謝委員指教。後續將在本研究中，補充 CCS 的 CO ₂ 減量成本之說明。
	六、簡報資料 P36：取消 200MW 生質物汽電，改以「開發應用低碳生質能」。	謝謝委員指教，遵照辦理。
核研所	一、CCS 可當作策略，但台灣是否推行，仍打問號。建議加入其他綠色技術一起探討，低碳策略有哪些台灣可用，哪些台灣不可用，可彙整成表，並提出建議。	謝謝委員指教，遵照辦理。
	二、簡報 p12，煉油廠請表示清楚，建議修改為“石化煉油業”。	謝謝委員指教，遵照辦理。
	三、造紙業、紡織業的二氧化碳排放量預測，建議可查詢有無最新版資料替代。	謝謝委員指教。目前本研究所取得的最新資料為 2008 年的資料，係為工研院的研究報告，後續將進一步查詢，盡可能以最新版資料替代。
	四、石化業電力使用的部分，建議可將電力及汽電共生拆開。	謝謝委員指教。本研究將參酌「工業部門能源消費表」、「電力消費統計表」、「汽電共生統計表」、「能源平衡表」，並進一步訪談台電、台綜院，加以修正。

評審委員	建議內容	回覆意見
	五、簡報 p35，韓國 2030 年以服務業為主，論述上請再保守點。	謝謝委員指教，遵照辦理。
	六、簡報 p39，IEA 能源技術規劃，建議將其標題改為“IEA 減碳規劃”。	謝謝委員指教，遵照辦理。
	七、簡報 p55，推動 CCS 策略，建議再多加論述國外可行性。	謝謝委員指教，遵照辦理。
	八、低碳產業結構請再釐清。	謝謝委員指教，後續會將其範疇界定清楚。
	九、有關「分析我國高耗能及高科技產業溫室氣體排放變動」部分有提及依據產業自願性節能及最佳可行技術處理等相關產業情況之不同，有其不同定義，建議是否將不同產業所使用的預測模型與重要假設條件簡要羅列，使報告更易於閱讀。	謝謝委員指教，遵照辦理。
	十、表 2.2 所提及市場潛力，似乎都著墨在市場生態，較少提及潛力的部分，例如對於工業部門的未來產值預測等。	謝謝委員指教，若有蒐集到相關預測資料，將補充於期末報告。
	十一、有關「長期趨勢預測及評估方法的建立」，尚未看到針對工業部門相關的趨勢預測與評估方法，請研究團隊再加以說明如何進行該部分的研究。	謝謝委員指教。目前初步成果請詳見報告書的「量化評估假設與分析」、「量化評估初步成果」。

評審委員	建議內容	回覆意見
	<p>十二、圖 2.38 的運算邏輯是否可以推算出不同工業部門的減碳量與減碳後的 CO₂ 排放量?建議是否將相關部門的參數與假設可以整理出一張表以利對照。</p>	<p>謝謝委員指教。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 此為簡化的運算邏輯式，不同工業部門的減碳量與減碳後的 CO₂ 排放量推算，原則上為依據此運算邏輯式。 2. 因本研究主要採用相關 CO₂ 排放量預測的結果，做為產業關聯衝擊計算的基礎量化資料，而 CO₂ 排放量預測資料，源於國科會的研究報告，考量是否現行公開性的問題，建議在本研究中，使用相關 CO₂ 預測結果，並提出大方向的運作方式及假設即可，對於細部如何預測，以及參數如何設定，於本研究中提出較為不便。
	<p>十三、表 2.4 所提及 CO₂ 與能源的預測方式不同，針對造紙與紡織被歸類在其他預測方式，可以用附註說明採用何種方式進行預測；另外可針對 Mckinsey 的預測方式可在內文稍加說明。</p>	<p>謝謝委員指教，遵照辦理。</p>

附件五 期末報告意見回覆

評審委員	建議內容	回覆意見
陳良棟	<p>一、產業結構以 CCS 用於石化、鋼鐵及水泥產業去預估整體製造業結構的變化並沒有意義，如要做此評估須以所有耗能產業(包括電力業)均列入。</p>	<p>1. 謝謝委員指教，本研究考量的出發點是希望能對未來的先進綠色技術，進一步做探勘研究，根據 2012 年 IEA 減碳規劃，能源效率提升約占 50%、再生能源發展約占 20%、核能占約 15%、CCS 約占 15%，若假設台灣不談核能，相形之下，CCS 技術將會是未來的關鍵技術。目前在 S 的地方雖有爭議，但 CC 仍是產業致力於發展的技術。而能源效率改善，本來就是從以前到未來都會持續進行的事，但始終是可行且較容易達成的作法，因此，還是需要有其他低碳技術的相關研究和探勘，否則現在國際上就不會致力評估再生能源或 CCS 發展的可行性了。</p> <p>2. 若要找到一項未來先進綠色技術，且此技術均適用於工業部門各業別，是件不容易的事，因工業部門各業別製程不同，因此，本研究在未來先進綠色技術的選擇上，盡可能考量技術的通用性、設備費用資料取得的可行性等因素。</p> <p>3. 電力業的燃燒後捕集技術，其裝</p>

評審委員	建議內容	回覆意見
		置規模、捕集方式、設備價錢，均與工業部門的燃燒後捕集技術不同。而在報告書的 p8，本研究已先行訂出了
	二、建議報告重新整理。	謝謝委員指教，已針對報告加以修改及潤飾，詳見報告書 p28~p39。
	三、建議本計畫不要以 CCS 運用於產業結構策略之研究，回歸以產業能源密集度及節能技術導入為主軸。	謝謝委員指教，已針對報告加以修改及潤飾，詳見報告書 p112~p122。
詹益亮	一、報告內文的數據資料請更新至 2012 年。	謝謝委員指教，已更新數據資料，詳見報告書 p14~p25。
	二、石化業一般指的是化材業內的石油化工原料業、合成樹脂及塑膠業、石化橡膠業與人纖業，但不含煉油業與基本化材業，建議修正。	謝謝委員指教，石化業包含業別有化學材料、化學製品、橡膠製品、塑膠製品，因考量石化煉油業亦有非少量能源使用的情形，因此，本研究中另外納入石化煉油業一併做計算分析。詳見報告書 p9、p19。
	三、報告 p73 綠色技術只舉 CCS、生質酒精、太陽能，建議增加 LED、EICT、高效率馬達、汽電共生、生質能等之補充說明。	謝謝委員指教，已補充「未來先進綠色技術」，詳見報告書 p72~p79。
	四、CCS 導出的結果太強烈，建議不要當結論，否則會扭曲。	謝謝委員指教，此部分已修正，並以 GDP 結構占比表示，詳見報告書 p108~p110。而在研提工業部門調整策略與建議的部分，亦淡化 CCS 的相關結論與建議，並補充了能源效率改善等相關資料，詳見報告書

評審委員	建議內容	回覆意見
		p115。
	五、結論與建議請改寫成補充，以符合計畫的題目與要求。	謝謝委員指教，已將結論與建議的部分合併納入研提工業部門調整策略與建議中。
	六、產業結構優化請以高值化或 GDP 占比來探討，不要用產值。	謝謝委員指教，此部分已修正，並以 GDP 結構占比表示，詳見報告書 p108~p110。
張四立	一、本計畫計有四項工作項目，能源需求的基礎資料蒐集與分析、產業結構調整與市場潛力的研析、長期趨勢預測及評估方法的建立、研提工業部門調適的策略與建議。依工作執行進度(表 1)(p.4)，截至期中報告，已完成第一項及第二項的工作。目前此部分工作成果呈現於『貳、研究方法與過程』之『二』與『三』中，但就內容觀之，尚屬初步資料彙整，資料的分析與加值，有待強化，且目前各項目似乎各自獨立，各項目間的聯結，亦有待強化。	謝謝委員指教，『貳、研究方法與過程』之『二』與『三』，在計畫工作項目中，屬於資料的蒐集與分析，而當初在整理相關資料時，亦發現來源資料有不少問題，因此，光是在確認數據的正確性，已下了不少功夫和時間，並藉由每月的工作會議持續修正。礙於計畫執行時間的限制，在各項資料的分析及項目間的聯結，本團隊已盡可能的加強。
	二、以項目一而言，建議配合『長期趨勢預測及評估方法建立』工作項目所擬採用的產業關聯分析方法，依 95 年產業關聯表的分類，明確定義本研究的高耗能及高科技產業的範疇，以利比對本	謝謝委員指教，已加列產業關聯表的部門分類，詳見報告書 p10~p12。有關產值現況資料，經濟部統計處的行業分類及產值資料，即來自主計處的行業分類及產值資料，因此，資料來源內容為一致性。

評審委員	建議內容	回覆意見
	<p>研究對水泥、造紙、紡織、石化、鋼鐵、電子電機、資訊之相關產值、能源消費、就業人數等統計資料的部門對應性。換言之，建議表 2.1(pp.9-10)應加列產業關聯表的部門分類，另產值現況的資料，建議採主計處的行業分類及產值資料，並應確保係實質資料，且基年一致(應敘明)。</p>	<p>基期為 2006 年，已補充至報告中，詳見報告書 p46~p54。</p>
	<p>三、p.9 所言之能源結構分析及未來年預測，後者以 CO₂ 排放量為主，且以彙整文獻(見表 2.2 的模型、情境及定義)獲得預測結果，但 McKinsey 與 MARKAL 模型的部門定義，與本研究表 2.1 是否一致？為何可以直接引用？本項目與本研究擬進行之項目『長期趨勢預測及評估方法的建立』關聯性如何？如自行建立的模型具有預測功能，為何需引用其他研究結果？請強化說明。</p>	<p>謝謝委員指教。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. McKinsey 與 MARKAL 模型的部門定義，與本研究表 2.1 的定義一致。如此，才能確保報告內容的前後呼應，及來源資料使用的一致性。 2. 本研究利用 McKinsey 與 MARKAL 模型預測的結果，作為推估未來年燃燒後捕集設備費用推估的依據，最後利用所推估費用的結果，作產業關聯的衝擊計算，產出未來年產業 GDP、脫鈎分析、產業結構占比等相關結果。 3. 本研究提出的評估方法，主要是採資料揉合的方式，建立預測功能。若僅引用單一模型或研究結果，較難達成本研究需求及目的。

評審委員	建議內容	回覆意見
	<p>四、P.25 所彙整之資料，分別來自國科會 2012 之研究及環保署 2008 之研究，二研究的數據資料更新、基期設定及研究目的顯然不同，本研究掌握及呈現此二『拼裝』性質的數據，除了在本報告中做部門排放量的呈現外，後續的分析應用，就研究的應用性而言，難以發揮實質具學術或政策意義的價值與功能。</p>	<p>謝謝委員指教。因受限於單一模型的限制，因此需參考不同來源模型的研究內容，就研究的應用性而言，其優點為可屏除單一模型主觀的結果。</p>
	<p>五、項目一與項目二的研究內容，建議比對表 1 的工作項目，提供本研究的實質分析或具系統性之資料彙整。以利後續成果驗收。</p>	<p>謝謝委員指教。本研究在內容編排上已修正，詳見目錄。</p>
	<p>六、P.70 開始之長期趨勢預測及評估方法建立，建議就研究方法，提供系統性分析，以利掌握本研究所擬採用之方法。就圖 2.43(P.70)觀之，除產業關聯分析外，本研究尚有 3E 模型，且未來年的預測乃以三模型為主 (McKinsey, MARKAL, 3E)，為何無法以一個模型為主? 產業關聯分析在本研究的實證分析上，係採固定係數假設，並未做類似 RAS 的調整，為何可做長期趨勢預測的基礎?</p>	<p>謝謝委員指教。因受限於單一模型的限制，因此需參考不同來源模型的研究內容。2006 年主計處生產者價格交易表，為主計處目前公布最新年份的產業關聯表，本研究假設 2020~2030 年的生產者價格投入係數(A)與現行無差異，詳見報告書 p82。因係數 A 為採比值的形式呈現，因此，即使調整為未來年分子、分母的數值，就比值上並不會有太大差異。</p>
	<p>七、圖 2.47-2.49 的 GDP、國內生產</p>	<p>謝謝委員指教。年平均成長率已補</p>

評審委員	建議內容	回覆意見
	<p>總額(值)、(淨?)最終需要之三點(2020, 2025, 2030)預測，建議提供年平均成長率的換算資料，以利解讀。且此顯係整體工業部門的資料，是否有產業別的資料？</p>	<p>充至報告，詳見 p82。本研究已由 CGE 模型拚出了未來年的產業關聯表，但其逆矩陣尚有問題，探討其因，復出口、關稅的部分，較難拆解為產業關聯表的形式，故對於未來年的產業關聯表預測難以拼出正確的形式。礙於計畫執行時間的限制，本研究以整體工業部門的資料作為應用分析評估。</p>
	<p>八、p97 推廣情境之設備費用，請確定金額係為實質資料，與 IO 之資料一致，另此一設備金額的規模，涉及產量、設計容量、捕捉率等假設，本研究於表 2.9 所提供之設計負荷量，以 lb/yr 為單位，建議改為公噸/年，以利理解數字的合理性。另金額部分，除『能源工程公司』之專家資訊外，可否可以文獻資料佐證其合理性？如何處理敏感度分析和不確定性問題？</p>	<p>謝謝委員指教。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有關單位的修正，詳見報告書 p94。能源工程公司提供之相關資料，係引用國外資料，並加以調整為符合台灣實際現況的經驗值。 2. 若後續有相關計畫延續，本研究可進一步探討敏感度分析和不確定性的問題。
核研所	<p>一、整體報告架構第二部分的研究方法與過程包含太多內容，建議再拆分出「基礎資料分析」與「量化研究方法」兩大項，而「調整策略及建議」可與「主要發現與結論」合併。</p>	<p>謝謝委員指教。已修正相關內容，詳見報告書。</p>

評審委員	建議內容	回覆意見
	<p>二、根據圖 2.24 至圖 2.27，紡織與造紙業的碳排放與能源消費的變動幅度，在樂觀與保守情境下都一樣，請研究團隊於報告內容再提出說明。</p>	<p>謝謝委員指教。因無法取得能源消費相關預測資料，故本研究依據二氧化碳排放量變動及預測資料，使用溫室氣體排放係數管理表推算能源消費量，因此，變動幅度相同。</p>
	<p>三、根據圖 2.16 至圖 2.27 基準情境與減量情境的圖形線條顏色太相近，不易區分，建議研究團隊後續再進行修改。</p>	<p>謝謝委員指教。已修正相關內容，詳見 p30~p41。</p>
	<p>四、根據圖 2.17、圖 2.19、圖 2.21，CCS 的石化業能源消費增加 0.2%，鋼鐵業增加 1.8%，水泥業增加 1.2%，該比例是否合理？還是隱含 CCS 捕捉設備在不同產業的耗能是不同的？建議研究團隊後續與報告內容再進行說明。</p>	<p>謝謝委員指教。不同產業的耗能是不同的，因製程不同。各業別模型參數設定不同，會影響其能源消費增加的比例。</p>
	<p>五、p86 提及依據實際碳排放量，並以工業鍋爐成長幅度加以推估未來 CCS 機組的擴增規模，於表 2.13 有列出 2020 年、2025 年以及 2030 年的鍋爐當量數，相關推估數據請研究團隊在報告內容再說明補充。</p>	<p>謝謝委員指教。鍋爐的當量數，其意義即為需要多少組燃燒後捕集設備，最後再經由能源工程公司提供的單一設備造價換算成所有設備的總造價。已補充修正，詳見報告書 p91。</p>
	<p>六、研討會所提美國頁岩氣開採的使用，影響鋼鐵業的補充說明。</p>	<p>謝謝委員指教。已補充至報告 p116。</p>