

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

產業結構調整對於達成我國節能減碳
目標之影響與效益評估

**The Impact Analysis of Industrial Structure Change for
Carbon Reduction Target in Taiwan**

計畫編號：1012001INER053

受委託機關(構)：財團法人台灣綜合研究院

計畫主持人：劉致峻

聯絡電話：(02)88095688(#207)

E-mail address：cliu@tri.org.tw

核研所聯絡人員：劉家豪

報告日期：101年12月03日

產業結構調整對於達成我國節能減碳目標 之影響與效益評估

期末報告

執行期間：101年01月13日至101年10月31日

計畫主持人：劉致峻

協同主持人：黃宗煌、蘇漢邦

研究人員：楊晴雯、陳玫如、吳昭吟

委託單位：行政院原子能委員會

執行單位：財團法人台灣綜合研究院

中文摘要

在面對京都議定書生效與哥本哈根協議的發酵，以及國際間積極推動節能與溫室氣體減量趨勢下，我國 CO₂ 之排放量成長速度仍是世界上最快的國家之一。其中，產業部門的溫室氣體排放量（含電力排放）則占全國總排放量的一半以上，故如何促使我國產業結構逐步邁向「低碳化」發展，提升單位碳排放的附加價值，降低單位產值碳排放密集度，殊為我國能否達成溫室氣體減量目標之關鍵因素。

爰此，本計畫即希望透過國內目前主要產業之競爭力、經濟與能源效率表現之探討，與國際上先進國家的產業發展歷程與全球市場的比較，逐步勾勒未來我國產業在節能減碳目標下之發展方向與探討轉型過程中可能面臨之障礙，並據以量化評估產業結構調整後的能源經濟貢獻。

而為達成以上目標，本計畫以循序的方式，透過「台灣永續能源發展模型」設定我國產業發展基準情境、黃金十年政策情境、CO₂ 排放與經濟成長率水準等假設與參數，並整合「三 E 多目標規劃模型」最適化求解能兼顧能源供應、經濟成長及環境品質三大目標之我國中長期（2020 年及 2025 年）產業結構。

本研究發現，在考慮黃金十年國家願景等政策之後，未來我國經濟之引擎將由高附加價值的服務業推動。相較於基線情境，我國實質國內生產毛額之年均成長率可提升 0.67 至 1.33 個百分點（實質總產值成長率增加 0.74 個百分點）。而相較基線情境，整體三級產業結構將更偏重於服務業（占比達 71.21%），並於 2025 年增加約 7.6 萬個就業機會。

然即使如此，本研究發現產業結構轉型仍難帶來顯著的節能減碳效果。在其他條件不變之假設下，2025 年黃金十年政策僅能帶來 2,385 萬噸的相對減量效果（含附加價值提升效果與結構調整效果），無法抵銷經濟成長造成之排放增量，故 CO₂ 排放量較基線仍增加 1,597 萬噸。故節能減碳目標仍須倚靠如能源效率提升、能源價格合理化或低碳能源應用等其他措施才能達成。

關鍵字：產業結構調整、節能減碳、可計算一般均衡模型、多目標規劃。

英文摘要 (Abstract)

Facing the challenge of *Kyoto Protocol*, *Copenhagen Accord*, and the international urge to promote energy efficiency and greenhouse gas (GHG) reduction, Taiwan's CO₂ emission growth rate remained to be one of the fastest in the world. Among all sectors, Manufacturing Sector emitted more than half of Taiwan's total GHG emission. The keys to reach our nation's GHG reduction goal, therefore, highly depends on restructuring industries for low-carbon economy, raising per carbon-emission's value-added, and reducing per output value's carbon emission intensity.

This project intends to investigate industrial compatibility, GDP contribution, and energy efficiency of major industries in Taiwan. In comparison with those industries' development path in developed countries, this project hope to reveal obstacles Taiwan's industries may counter during low-carbon industrial restructuring and to quantitate resulted energy consumption reduction afterwards.

Research method of this project will integrate merits of "Taiwan Sustainable Energy Development (TaiSEND) Model" and "3E Multi-objective Programming Model" to optimize Taiwan's mid-, to long-term (including year 2020 and 2025) industrial structure. In order for the result to encompassing the 3E goals—energy security, economic development, and environmental protection, the model will be input with parameters such as baseline Scenario of Taiwan's Industrial Development, CO₂ emission, policy simulation, and assessed GDP growth rate. This research outcome would hope serve as reference for Taiwan's policy making.

The study found that under the "Golden 10 Years" policy scenario, the future industrial structure will tend to rely more on service sector to energize Taiwan's economy. Compared with BAU, the real GDP growth rate increase from 0.67 to 1.33 percentage point (the real output growth rate increases 0.74 percentage points) while the service sector accounting for 71.21% of the whole economy, and provide 76,000 more jobs than BAU in 2025.

However, the study also found that the transformation of the industrial structure is still hard to bring significant energy saving and carbon reduction. Under other conditions remaining unchanged, under policy scenario, industrial structure change will only increases 23.85 million tons of the relative reduction effects in 2025 and cannot

offset the emissions caused by the economic growth. CO₂ emissions compared with the BAU will still increase 15.97 million tons. Hence carbon reduction goals still need to rely on, such as energy efficiency, rationalization of energy prices, or other measures in order to achieve a low-carbon future.

Keyword : Industrial Structure Change, Energy Saving and Carbon Reduction, CGE, Multi-objective Planning.

期末報告初稿審查意見回覆

審 查 意 見	意 見 回 覆
<p>楊浩彥教授</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究整體來說符合研究規劃案的目標。 2. 可於期末報告中補充多目標規劃模型之操作過程描述。 3. 模型所導入之黃金十年情境參數，可略作說明。如 p.85 台灣生技起飛鑽石行動方案。另外由模型模擬之結果可見，部分產業在黃金十年下相較基準情境有所萎縮(如 p.97 的藥品業)，請說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員。 2. 謝謝委員意見，本研究所操縱之 3E 多目標規劃模型係利用「最適資源配置規劃法」進行求解，而非傳統之「目標規劃法」，操作方式已說明於期末報告第 17 頁及 18 頁。 3. 謝謝委員意見，黃金十年情境設定與參數引入已於期末報告修正稿之附錄二中新增說明。而有關於部分產業萎縮的原因為：基準情境的變化則依過去歷史的走勢來預測；而黃金十年情境的產業結構調整係屬一「整體」產業方向與結構的改變。故非能單獨討論某政策之產業結構調整效果。故有時資源配置下，未能盡如人意。
<p>劉錦龍教授</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫對於未來 20 年進行預測與討論，由於未來的情境預估甚難，本研究進行是項分析原屬不易，執行單位的努力值得肯定。 2. 本研究報告表 4-1 所用的相關資訊，請更新至最新資料。 3. 本研究對未來就業效果相當樂觀，20 年後就業效果增加 180 萬人，但台灣的人口結構因少子化影響，未來 20 年後年輕人口進入職場恐較低，故這 180 萬的缺口應如何補足？ 4. 本計畫討論產業結構對節能減碳影響，可於表 4-16 及 4-17 中補充 2010 年不同產業之能源耗用或碳排放之結構以做比較。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員。 2. 謝謝委員意見，已於期末報告表 4-1 修正。 3. 謝謝委員意見，本研究所引用的 TaiSEND 模型目前係由「勞動需求」層面進行預測，尚未將「勞動供給」的限制納入考量，亦未進一步探討本國與外國勞動力組成結構。故在此前提及總要素生產力設定下，尚無法離析為支應經濟持續成長所需要的勞動力應由何種方式補足。 4. 謝謝委員意見，已於期末報告表4-17及4-18補充能源耗用結構資料。

<p>廖惠珠教授</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究提供相當有益的資訊與成果，唯本研究涉及許多未來經濟發展的推估與預測，因此面對之不確定性高，分析難度提高。建議對於太長遠之預測分析，宜採較保留的態度，整體而言，本研究內容豐富，所得結果亦具參考性。 2. TaiSEND 的模擬結果具參考性，但仍宜將形成「產業結構調整對節能減碳效益不大」的原因清楚釐清，例如：核一、二、三的除役對電力排放係數，此效果是否會使產業結構調整的效果有所打折。 3. 部份文章內容的小瑕疵宜修正。如：(1) p.38 文字敘述 (2) p.68 圖 4-1 不全 (3) 圖 4-8 價格線宜統一單位 (4) p.79/37 產業結構不一致 (5) 表 5-2 標題宜修正。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員。 2. 謝謝委員意見，本研究係假設「在其他條件不變下」產業結構調整對節能減碳帶來之影響，故如情境間的電力排放係數係假設不變，並發現產業結構調整雖有其減碳效果，但若無其他節能減碳措施的協助，減碳目標之達成仍有難處。 3. 謝謝委員意見，(1) 已於期末報告第 35 及 36 頁修正文字說明；(2) 已於期末報告圖 4-1 修正；(3) 已於期末報告將原圖 4-8 刪除並增加表 4-4，以一併說明模型引用之進口能源價格(如葛分組長意見二)；(4) 已於期末報告表 4-5 修正，同時更新第 37 頁數字與說明；(5) 已於期末報告表 5-1 及表 5-2 修正標題。
<p>葛復光分組長</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議摘要可以補充研究成果之說明。 2. 表 4-3 的說明可以更細緻化。 3. 建議日本情境之減量效果可以多拆一個「附加價值提升效果」。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員意見，已於期末報告中英文摘要增加研究成果說明。 2. 謝謝委員意見，已於期末報告修正稿之附錄一中新增說明，並增加表 4-4，以一併說明模型引用之進口能源價格(如廖教授意見三第三點)。 3. 謝謝委員意見，已遵照辦理。
<p>劉家豪博士</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. CGE 模型與多目標規劃模式共同變數的一致性探討似乎未見於報告中，請補充說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員意見，然模型間的完全整合其實並非本計畫首要目標，故本研究係以循序方式，分階段進行 CGE 與目標規劃模型的整合。首先由 CGE 產生的基線與政策情境之

<p>2. 由期末報告初稿 p.81 可知，綠能等新興產業於整體製造業之占比將由 4%（2008 年）提升至 30%（2020 年），其產業結構調整帶來之節能減碳效果請獨立討論。</p> <p>3. 表 4-7 有列出『綠色能源產業旭升方案』，表 4-8 則未見相關綠能產業，請問黃金十年政策是否有涵蓋綠能產業？。</p> <p>4. 表 5-6 已說明若我國產業結構如同 2009 年日本情境時之節能減碳效果，但未見經濟影響(ex:就業人數)為何？請於期末報告中補充說明。</p>	<p>經濟成長預測，在透過目標規劃模型求解細產業政策目標下的產業結構變化。並非兩模型完全的機制與參數整合。</p> <p>2. 謝謝委員意見，本研究之黃金十年情境考量了「黃金十年」產業推動方案的投入金額、預期產能與就業人數、「愛台 12 建設」計畫經費、「經濟部 2020 年產業發展策略」（新興產業於製造業占比由 2008 年 4% 升至 2020 年 30% 即在此）及石化與鋼鐵政策環評的「政策目標」。但此係屬「整體」產業方向與結構轉變，且因政府所定義之新興產業牽涉之部門與範疇之界定未有標準，故新興產業包含在舊有產業分類當中（如經濟部 2020 年產業發展策略的三業四化包含了部分黃金十年的新興產業），因此無法獨立討論「新興產業」能帶來之節能減碳效果。</p> <p>3. 謝謝委員意見，期末報告修正稿之表 4-8（原期末報告初稿之表 4-7）已納入綠色能源產業旭升方案之投資規劃。</p> <p>4. 謝謝委員意見，本研究為瞭解產業結構是否真能達到節能減碳，「在其他條件不變」下，假設我國於 2025 年達到 2009 年日本的產業結構水準及實質附加價值率，並非真的由經濟、能源政策等透過經濟社會活動影響我國經濟。而若要真的透過政策規劃，引導我國走向日本產業結構，應如同黃金十年情境作法，蒐集日本產業發展政策，故未能進行此項議題操作。此外，理論上還需更進一步比較兩國產業技術差異及商品、勞動、貨幣市場的異同，才能真正瞭解台日兩國經濟活動與產業結構之差異，其複雜度可想而知。</p>
---	---

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
期末報告初稿審查意見回覆.....	V
壹、緒論.....	1
一、研究緣起及目標.....	1
二、工作內容.....	3
貳、研究方法與流程.....	4
一、研究步驟.....	4
二、執行方式.....	6
(一) 台灣永續能源發展模型 (TaiSEND) 介紹.....	7
(二) 3E 多目標規劃模型.....	9
(三) Divisia 因素分解法.....	20
參、國內外主要國家經濟情勢、產業發展與能源及 CO ₂ 研析.....	23
一、國際主要國家之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢.....	23
(一) 全球經濟現況.....	23
(二) 日本之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢.....	25
(三) 南韓之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢.....	27
(四) 美國之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢.....	28
(五) 歐盟主要國家之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢.....	29
二、我國經濟情勢、產業發展與能源及 CO ₂ 排放之歷史趨勢.....	32
(一) 我國整體經濟發展之歷史趨勢.....	32
(二) 我國三級產業 (農業、工業、服務業) 產業發展與 能源及 CO ₂	34

(三) 我國製造業發展與能源及 CO ₂ 排放之歷史趨勢.....	40
三、我國主要產業之技術現況與其轉型方向與可能障礙.....	49
(一) 電子零組件業	49
(二) 電腦、電子產品及光學製造業	55
(三) 電力設備業	58
(四) 機械設備業	60
肆、長期產業結構趨勢預測 (含 2020 年及 2025 年)	63
一、我國未來長期社經基線之建置	63
(一) 我國經濟成長之貢獻因素	63
(二) 基準情境設定	70
二、模擬情境設定	78
三、我國長期產業結構趨勢預測結果與校準	85
(一) TaiSEND 預測結果.....	85
(二) 3E 多目標規劃模型耦合校準	87
伍、產業結構調整對國內能源消費量及二氧化碳排放與國內總產值	
、GDP 及就業人口等經濟活動的影響.....	97
一、產業結構調整對總產值、GDP 及就業人口等經濟活動的	
影響	97
二、產業結構調整對能源消費量及二氧化碳排放的影響.....	99
陸、結論與建議.....	107
柒、參考文獻.....	110
一、中文部份	110
二、英文部份	112
附錄一、基準情境設定與參數說明.....	114
附錄二、黃金十年情境設定與參數說明.....	118

表 目 錄

表 2-1	本計畫研究方法彙總表	6
表 2-2	3E 多目標規劃模型之目標式	12
表 2-3	3E 多目標規劃模型之參數與變數定義彙整	12
表 2-4	目標規劃法之轉換應用	14
表 2-5	3E 多目標規劃模型求解技巧—目標規劃法	15
表 3-1	國際主要經濟研究機構之全球經濟成長率預測	24
表 3-2	日本、南韓、美國經濟成長情形	26
表 3-3	台灣、日本、南韓及美國名目產業結構變化	27
表 3-4	歐盟主要國家經濟成長情形	31
表 3-5	2000 至 2011 年歐盟主要國家名目產業結構變化情形	31
表 3-6	經濟成長重要事件紀實	33
表 3-7	我國主要製造業之定義對照表	41
表 3-8	我國製造業之實質產值	42
表 3-9	我國製造業之附加價值	43
表 3-10	我國製造業之 CO ₂ 排放趨勢	45
表 3-11	我國製造業之能源消費量	47
表 3-12	我國製造業之就業人口	48
表 4-1	國內生產毛額實質成長率—依支出分	64
表 4-2	對經濟成長率之貢獻	65
表 4-3	基準情境設定與說明表	71
表 4-4	國際能源價格預測值	75
表 4-5	三級產業產業結構基線預測	77
表 4-6	產業創新優化策略發展方向	79
表 4-7	「愛台 12 建設」分項計畫分年經費需求總表	80

表 4-8	黃金十年政府產業推動方案的投入金額、預期產能與就業 人數對照表	82
表 4-9	黃金十年推動產業類別	83
表 4-10	黃金十年情境與基線情境之參數比較	84
表 4-11	黃金十年對三級產業產業結構之影響	86
表 4-12	經濟部 2020 年產業發展策略總體目標	88
表 4-13	四大製造業名目產值占製造業比重規劃	88
表 4-14	我國乙烯規模現況	89
表 4-15	石化業重大投資案	89
表 4-16	鋼鐵業重大投資案	90
表 4-17	2020、2025 年我國整體產業之產業結構（基線情境）	92
表 4-18	2020、2025 年我國整體產業之產業結構（黃金十年情境）	95
表 5-1	總產值、GDP 及就業需求在不同情境之預測	98
表 5-2	能源消費量及二氧化碳排放在不同情境之預測	100
表 5-3	產業結構調整對節能的「相對」貢獻-黃金十年情境	103
表 5-4	產業結構調整對減碳的「相對」貢獻-黃金十年情境	103
表 5-5	日本產業的產業結構	105
表 5-6	日本產業的實質附加價值率	105
表 5-7	產業結構調整對減碳的「相對」貢獻-日本情境	106

圖 目 錄

圖 2-1	研究流程.....	4
圖 2-2	3E 多目標規劃模型概念架構圖	10
圖 2-3	3E 多目標規劃模型模擬分析流程圖	11
圖 2-4	3E 多目標規劃模型求解技巧—最適資源利用規劃法	18
圖 3-1	經濟成長歷史趨勢.....	32
圖 3-2	我國三級產業之附加價值	36
圖 3-3	我國三級產業之實質產值	37
圖 3-4	我國三級產業之 CO ₂ 排放趨勢	38
圖 3-5	我國三級產業之能源消費量	39
圖 3-6	我國三級產業之就業人口	40
圖 4-1	各類支出對經濟成長率之貢獻	66
圖 4-2	我國三級產業貢獻度	67
圖 4-3	三級產業結構變動趨勢	68
圖 4-4	部門 CO ₂ 燃燒排放量歷史趨勢	69
圖 4-5	部門 CO ₂ 燃燒排放相對指數	70
圖 4-6	我國多因素生產力統計	72
圖 4-7	人口數推估值.....	74
圖 4-8	GDP 基線預測.....	76
圖 4-9	CO ₂ 基線預測	77
圖 4-10	黃金十年重點產業附加價值率（2006 年）	83
圖 4-11	黃金十年對 GDP 成長率之影響.....	85
圖 5-1	節能減碳效果概念圖	102

壹、緒論

一、研究緣起及目標

「京都議定書」於 2005 年 2 月 16 日生效後，國際溫室氣體減量目標的談判即將進入第二階段；2009 年 12 月在丹麥首都哥本哈根舉行之 COP15 會議後，不僅先進國家相繼提出更具體有效的減量目標與時程，亦開始強調新興經濟體（如中國、印度、巴西）之全球減量責任的分攤，均造成未來國家層級溫室氣體管理的重大影響；而 2011 年於南非德班舉行之 COP17 再延會兩日後達成將原訂於 2012 年到期之「京都議定書」延長法律效力 5 至 8 年，雖然詳細時程以及個別國家是否需有法定的減碳目標將留待明年討論，但仍顯示溫室氣體減量課題對環境永續與國際正義之高度相關性，更為全球所重視之敏感課題。

我國雖非京都議定書之簽署國，然依國際環保公約（例如蒙特婁議定書、華盛頓公約等）的經驗，我國即使不簽定公約及享受權利，仍可能與其他新興工業國家成為下一波受規範對象，履行相關義務，以避免國際藉規範條件或貿易設限等方式的制裁。故我國政府已宣示對氣候變化綱要公約採無悔政策，並以自願減量方式回應國際社會的期望。

然為因應 2011 年日本發生之 311 強震所引發之福島核災，各國無不重新審視核能政策，我國亦在 2011 年 11 月 3 日由 總統公布新能政策，將國家能源政策定調為「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」。故在未來減碳責任勢難避免的情況下，由於我國現行產業發展政策之制訂缺乏對溫室氣體減量政策目標之考量，故與目前國家節能減碳目標有所悖離，難以兼顧經濟成長及溫室氣體減量的雙重目標。

故為使國內產業及早因應氣候變遷及未來溫室氣體管制可能帶來

的影響，產業部門除了積極應用合乎成本效益之減碳技術及提升能源使用效率之外，亦應經由產業結構之調整，從高能源密集、高排放與低附加價值的產業逐漸升級成低能源密集、低排放與高附加價值的產業。

爰此，2010年5月行政院通過「節能減碳總計畫」，當中分為十大工作小組。其中，「營造低碳產業結構」強調以促使產業逐步邁向「低碳化」，提升單位碳排放的附加價值，降低單位產值碳排放密集度，強化綠色能源產業發展，作為我國產業結構轉型之目標。

在面對京都議定書生效與哥本哈根協議的發酵，以及國際間積極推動節能與溫室氣體減量趨勢下，我國CO₂之排放量成長速度仍是世界上最快的國家之一。其中，產業部門的溫室氣體排放量（含電力排放）則占全國總排放量的一半以上，故我國產業結構如何於未來朝向低碳化發展殊為影響我國能否達成溫室氣體減量目標之關鍵因素。

爰此，本計畫之研究目標即為：透過國內目前主要產業之競爭力、經濟與能源效率表現之探討，與國際上先進國家的產業發展歷程與全球市場的比較，逐步勾勒未來我國產業在節能減碳目標下之發展方向與探討轉型過程中可能面臨之障礙。並據以量化評估產業結構調整後的能源經濟貢獻，以作為決策者之參考。

二、工作內容

本研究將針對我國產業之競爭力、經濟與能源效率表現進行相關研究，並預估減量目標對我國產業之衝擊影響，並量化評估產業結構調整後的能源經濟貢獻，進而完成因應策略規劃。其中，本研究計畫主要工作內容計有以下五項：

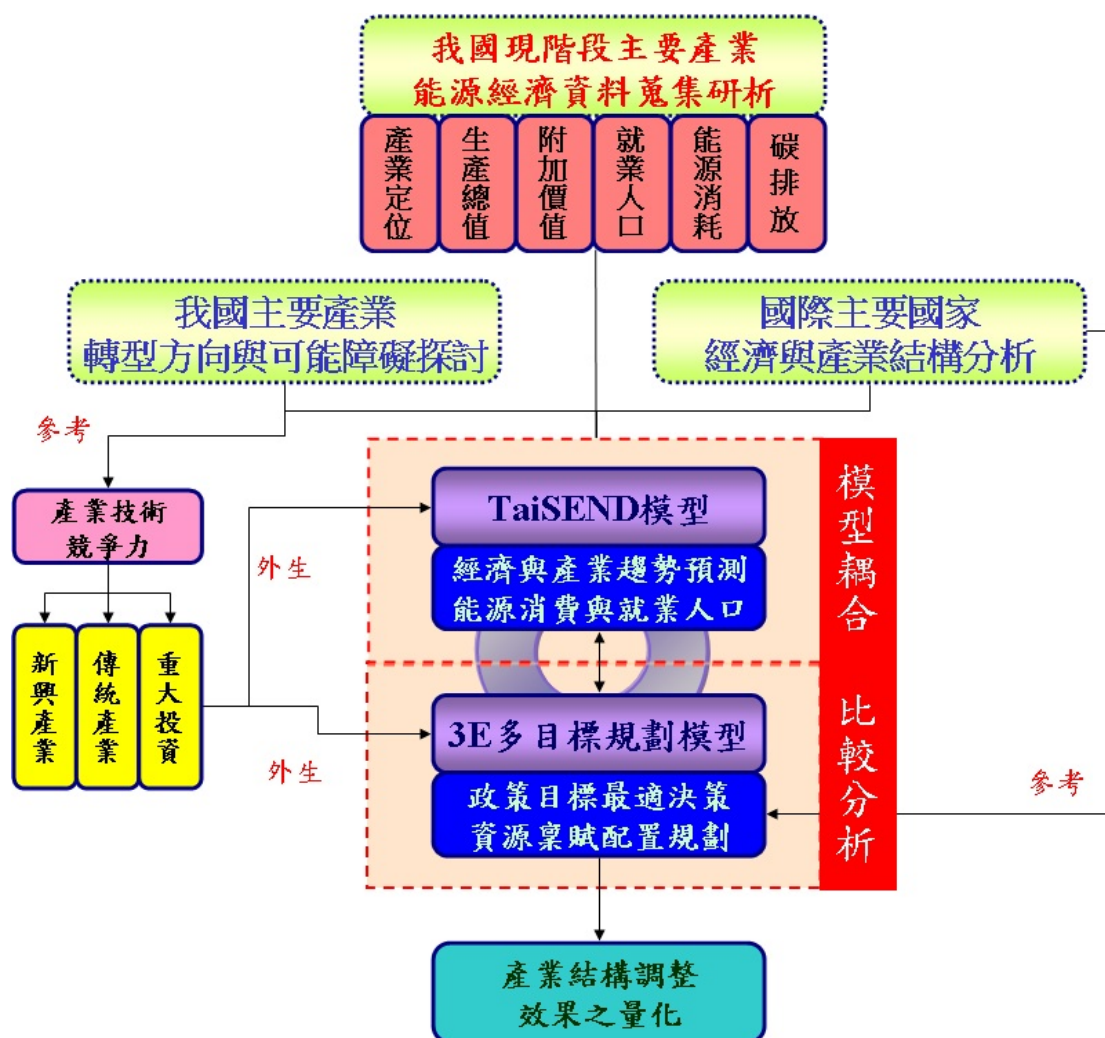
1. 我國現階段主要產業的定位、必要性、能源消耗、CO₂排放與對國內產值、GDP 及就業人口等經濟活動的貢獻研析；
2. 蒐集各代表性國家之產業結構與經濟發展歷程與趨勢，與全球市場需求變更的趨勢走向；
3. 探討我國主要產業現有技術能量，以及轉型之可能方向與障礙；
4. 量化評估調整產業結構前後對能源需求的變化與對國內產值、GDP 及就業人口等經濟活動的影響；
5. 我國節能減碳目標下，產業結構之長期（含 2020 年及 2025 年）趨勢預測。

貳、研究方法與流程

一、研究步驟

為進行我國產業結構之調整，首先須對我國整體經濟成長、產業結構及主要產業發展趨勢等面向進行通盤瞭解。而我國政府的產業發展政策規劃，近年來已朝向兼顧經濟發展、能源供需與環境保護之三重目標努力。故本計畫將分做以下五大步驟達成計畫目標。

(研究流程請見圖 2-1)



資料來源：本研究。

圖 2-1 研究流程

第一階段之執行，主要在於蒐集彙整我國現階段主要產業（包括電子零組件業、電腦、電子產品及光學製造業、電力設備業、機械設備業、鋼鐵業及石化業）的定位、必要性、能源消耗、CO₂排放與對國內產值、GDP 及就業人口等經濟活動的資料，分析產業間彼此的互動關係，並參酌歷史資料模擬，瞭解政府各項政策對產業未來發展走向之影響。（計畫書階段之初步蒐集成果請見前章之計畫背景資料）

第二階段，則主要在於蒐集彙整國際上主要國家（日本、韓國、美國、英國、德國、丹麥、新加坡與中國等）的之產業結構與經濟發展歷程與趨勢的資料，以及全球經濟情勢走向，做為進行我國產業結構調整方向之參考依據。（計畫書階段之初步蒐集成果請見前章之計畫背景資料）

第三階段，則透過我國主要產業現有技術能量的探討，了解國內主要產業競爭力的主要來源與可能發展方向，甚或是探討轉型過程中可能面臨之障礙，據以逐步勾勒未來我國產業在節能減碳目標下之發展方向。（計畫書階段之初步蒐集成果請見前章之計畫背景資料）

第四階段，則係透過採用「台灣永續能源發展模型」（Taiwan Sustainable Energy Development, TaiSEND）評估基準情境與各種政策情境下之中長期經濟成長率水準及產業結構動態趨勢。並作為外生參數提供給「3E 多目標規劃模型」求解：兼顧能源供應、經濟成長及環境品質三大目標之我國中長期（2020 年及 2025 年）產業結構。

最後階段，考量屬於動態可計算一般均衡模型之「台灣永續能

源發展模型」與屬於比較靜態之「3E 多目標規劃模型」間的耦合，本計畫亦將針對兩模型模擬出的未來產業結構（同一經濟成長水準下）進行比較。避免一般均衡模型容易因經濟個體最適化之行為與資源稟賦限制或國家政策目標產生矛盾之問題（台灣永續能源發展模型可動態模擬未來經濟成長與產業結構趨勢、能源消費與就業人口）；以及目標規劃模型因屬比較靜態而難以動態求解非目標年間之產業發展結構之弱點（然 3E 多目標規劃模型可利用多目標規劃法之優點，將未來產業結構變化之製造業部分將結合工業局規劃之製造業發展方向，如黃金十年等政策目標，使產業結構規劃結果更接近實務），進而為決策者提供切合現況之評估。

二、執行方式

本計畫各分工作項目所預定採用之主要研究方法，說明如下表 2-1，而所應用之主要模型與研究方法簡介如後。

表 2-1 本計畫研究方法彙總表

工作項目	研究方法
1. 我國現階段主要產業的定位、必要性、能源消耗、CO ₂ 排放與對國內產值、GDP 及就業人口等經濟活動的貢獻研析	歸納法
2. 各代表性國家之產業結構與經濟發展歷程與趨勢，與全球市場需求變更的趨勢研析	歸納法
3. 我國主要產業現有技術能量以及轉型之可能方向與障礙研析	歸納法
4. 量化評估調整產業結構前後對能源需求的變化與對國內產值、GDP 及就業人口等經濟活動的影響	台灣永續能源發展模型 (TaiSEND) 3E 多目標規劃模型 因素分解法

工作項目	研究方法
5. 我國節能減碳目標下，產業結構之長期（含 2020 年及 2025 年）趨勢預測	台灣永續能源發展模型（TaiSEND） 3E 多目標規劃模型

資料來源：本研究整理。

（一）台灣永續能源發展模型（Taiwan Sustainable Energy Development, TaiSEND）介紹

TaiSEND 模型之建構係發想自永續發展理念。在永續發展理念下，能源策略必須面對的主要目標包括(1)要提升能源生產力(energy productivity)，以強化經濟及改善生活水準；(2) 在能源的生產、輸送、及消費過程中，要預防污染，降低環境影響；(3) 要降低國際能源危機對國家安全及經濟風險的挫傷力。鑑於永續發展對於能源政策形成之影響，建構「永續能源」政策評估工具勢在必行。

綜觀各先進國家為制訂永續能源政策所研發之決策支援系統，包括總體計量模型（macroeconomic model）、投入產出模型（input-output model）、數學規劃模型（mathematical programming model）、以及可計算一般均衡（computable general equilibrium model, CGE）模型等，各類評估模型均有其見長之處。然欲建構合理的國家能源政策規劃，必須顧及能源與經濟之間的互動，例如能源供需之間以及能源對經濟體系生產、所得、物價、進出口及投資等所可能產生的影響，更甚者經濟受影響後對能源供需產生的回饋效果（feedback effects）。

然而文獻上可計算一般均衡模型發展相當成熟，運用於各經濟層面之研究不計其數，然針對能源部門所建構之可計算一般均衡模

型則仍處於開發初期，在廣泛參考國內、外諸多能源可計算一般均衡模型後，決定以 CEPE 之 SCREEN 模型為發展雛形，原因在於該模型以能源部門的產品及能源服務為模型建構核心，對於能源部門的評估精準度較強，對於發電部門則有詳細的技術刻劃，對於技術的淘汰、創新、以及選擇，都具有學理基礎，且與新古典經濟理論相結合，最後參酌其他模型優點及我國能源政策需求加以修正。於是 TaiSEND 便在發展為具有「本土特性」與「國際水準」的整合模型之期許下，正式命名為「台灣永續能源決策模型」(Taiwan Sustainable Energy Decision Model，簡稱 TaiSEND)。

TaiSEND 為一動態一般均衡模型，詳細刻劃能源部門與總體經濟之關聯，以及能源部門與其他產業部門之連動。該模型融合了 Bottom-Up 模型特有的發電機組特性，在傳統的 Top-Down 模型中加入機組容量限制，因此有別於傳統一般均衡模型以需求面為出發點之評估模式，TaiSEND 加強了供給面因素的各項限制。此外，TaiSEND 發展之初係以能源供需為分析重點，特別是二氧化碳排放量較高的能源，因此可適當地做為總量管制的評估工具。TaiSEND 發展至今，模型的特色包括：

1. 適合我國國情：本模型以小型開放經濟社會為建構基礎，以能源部門的技術、產業及服務做為模型建構的核心，採用適合國情的技術係數與彈性值。
2. 整合能源-經濟-環境的政策性議題：本模型與瑞士的國家模型（亦即 GEM-E3）類似，著重能源-經濟-環境三位一體的關聯，可兼顧 3E 的政策性整合。

3. 整合 Top-down 與 Bottom-up 之特點：本模型是一個具有多種動態機制 (dynamic mechanisms) 的可計算一般均衡模型 (CGE)，兼具 Top-down 與 Bottom-up 之特點，為 Top-down 與 Bottom-up 的整合，建立一致性 (consistency) 的理論基礎，同時有效整合了新古典經濟學 (neoclassical economics) 與數學規劃的分析方法。
4. 具有較為精緻的能源巢式結構 (nested structure)：一方面區分能源的進口來源 (同時兼顧能源供給的風險及價格)；另一方面考慮傳統能源與再生能源的替代。
5. 有多元的政策衝擊分析功能：對於能源政策之永續性問題，具有強大的評估能力，可同時處理部門間 (inter-sector) 與部門內 (intra-sector) 的投資配置問題。

最後，過去 TaiSEND 模型在經濟個體最適化之行為設定下，所進行之各項政策評估與分析，常與既定政策目標產生歧異，而此係因立論之出發點不同所致。

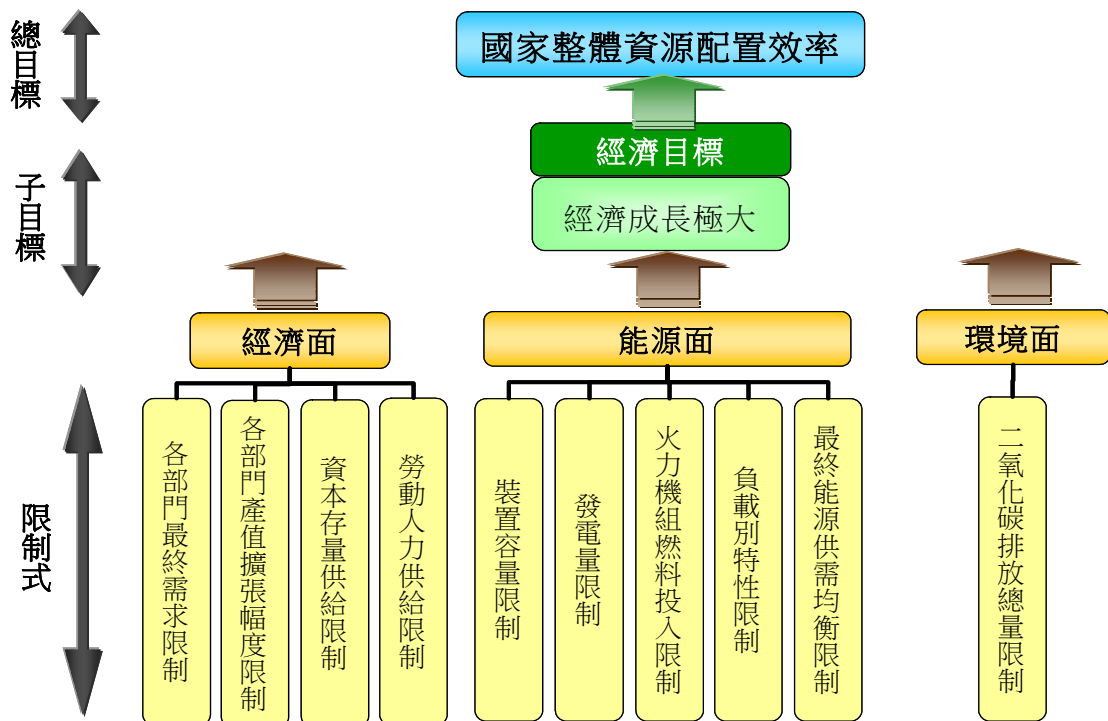
為此，本計畫預計保有 TaiSEND 模型目前 Top-Down—Bottom-Up 整合模型之特性，並納入下述之 3E 多目標規劃模型，除凸顯兩類模型之異同，亦可透過兩模型之分析架構充分耦合，解決不同政策目標的決策矛盾 (如節能減碳目標下的產業發展與結構調整等問題)，進而為決策者提供切合現況之評估。

(二) 3E 多目標規劃模型

「3E 多目標規劃模型」乃為多目標資源整合性，應用量值投入

產出分析與數學規劃法，將能源、環境與傳統的產業關聯分析相結合，進一步求出環境保護、經濟發展與能源使用之合理配置，主要應用於環境、經濟、能源政策目標發生矛盾衝突時之最適規劃，再者亦可應用於資源利用與產業發展相關議題，進行政策情境模擬分析，供作實務面政策制訂之參考。

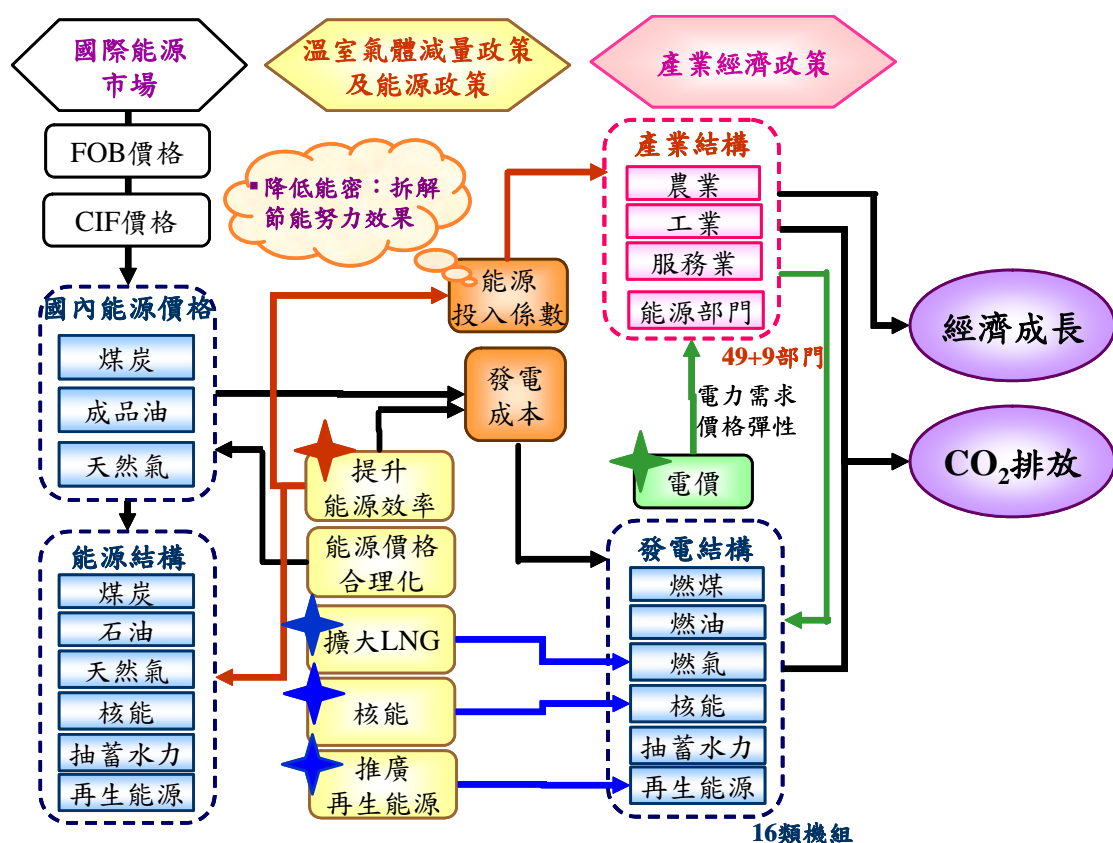
「3E 多目標規劃模型」係在滿足經濟面（各部門最終需求限制、各部門產值擴張幅度限制、資本存量供給限制、勞動人力供給限制）、能源面（裝置容量、發電量、火力機組燃料投入限制、負載別特性限制、最終能源供需均衡限制）及環境面（CO₂ 排放量限制）等三大面向的限制條件下，求取經濟成長極大之產業配置，進而達成國家整體資源有效配置的總目標，模型概念架構圖見圖 2-2。圖 2-3 則為 3E 多目標規劃模型模擬分析流程圖。



資料來源：台綜院（2011）。

圖 2-2 3E 多目標規劃模型概念架構圖

3E 多目標規劃模型作為追求兼顧經濟發展、能源供給與配置效率及環境品質目標之數學規劃模型（特定規劃目標年），故將經濟體系設為 n 個非能源部門以及 m 個能源部門（本研究將 95 年產業關聯表 52 個部門區分成 $n=49$ ， $m=9$ ，合計為 58 部門），其中將電力部門的再生能源發電加以細分，故將電力部門進一步細分成 k 種發電機組，分別為汽力機（煤、油、氣）、複循環（油、氣）、氣渦輪（油、氣）、柴油機、抽蓄水力、核能、汽電共生、再生能源（慣常水力、風力、太陽光電、生質能、地熱能）等 16 類機組，其範圍將包括既有及規劃中新增、除役機組。



資料來源：台綜院（2011）。

圖 2-3 3E 多目標規劃模型模擬分析流程圖

表 2-2 為理論模型四大目標式，而表 2-3 則為 3E 多目標規劃理論模型之參數與變數定義彙整：

表 2-2 3E 多目標規劃模型之目標式

目標 (GDP極大化)	$Max \sum_{j=1}^{n+m} VAR_j X_j$
能源目標 (最終能源需求極小化)	$Min \sum_{q=1}^m \left(\sum_{j=1}^{n+m} e_{qj} X_j + FE_q \right)$
電力目標 (發電成本極小化)	$Min \sum_k E_k (FC_k + VC_k)$
環境目標 (總CO ₂ 排放極小化)	$Min \left(\sum_{j=1}^{n+m} C1_j X_j + \sum_q C2_q FE_q + \sum_k C3_k E_k \right)$

資料來源：台綜院 (201)。

表 2-3 3E 多目標規劃模型之參數與變數定義彙整

變數	變數代號	變數之定義	單位
決策變數	X_i	J 部門國內總產值	NE(百萬元);E(10 ⁷ kcal)
	E_k	k 類機組發電量	kWh
	IC_k	K 類機組裝置容量	MW
參數	$(TD_i - A_{ij})$	總需求與最終需求之關係係數矩陣	NE-NE (百萬元/百萬元) NE-E (百萬元/10 ⁷ kcal) E-NE (10 ⁷ kcal/百萬元) E-E (10 ⁷ kcal/10 ⁷ kcal)
	TD_i	各部門總需求/國內生產總值	
	A_{ij}	生產者價格交易表投入係數矩陣 2020、2025 年分別以 RAS 法調整	NE-NE (百萬元/百萬元) NE-E (百萬元/10 ⁷ kcal) E-NE (10 ⁷ kcal/百萬元) E-E (10 ⁷ kcal/10 ⁷ kcal)
	F_i	部門別國內最終需求矩陣	NE(百萬元);E(10 ⁷ kcal)
	V_j	附加價值率 (j 部門單位產出所需之附加價值) 由調整後的 A 表計算 2020、2025 年 V_j	NE (百萬元/百萬元) E (百萬元/10 ⁷ kcal)
	K_i	各部門單位產值之資本投入係數	百萬元/百萬元
	\bar{K}	資本總量上限值	百萬元
LI_i	各部門單位產值之專業及管理勞動力投入係數	人/百萬元	

變數	變數代號	變數之定義	單位
	$L2_i$	各部門單位產值之中級勞動人力投入係數	人/百萬元
	$L3_i$	各部門單位產值之基層勞動人力投入係數	人/百萬元
	$\overline{L1}$	高級勞動人力供給上限值	人
	$\overline{L2}$	中級勞動人力供給上限值	人
	$\overline{L3}$	基層勞動人力供給上限值	人
	e_{qj}	q 能源對第 j 部門單位產出之投入量	NE (10 ⁷ kcal/百萬元) E (10 ⁷ kcal/10 ⁷ kcal)
	FE_q	最終消費部門之 q 能源最終消費量	10 ⁷ kcal
	CI_j	j 部門單位產值之二氧化碳排放量	NE (噸/百萬元) E (噸/10 ⁷ kcal)
	$C2_q$	q 能源單位熱值之二氧化碳排放量	噸/10 ⁷ kcal
	$C3_k$	電力部門 k 發電機組單位發電量 CO ₂ 排放量	g/kWh
	$\overline{CO_2}$	各規劃目標年之二氧化碳排放上限值	公噸
	n_{pf_k}	k 機組淨尖峰能力因子	%
	PL	全國電力系統尖峰負載	MW
	RM	備用容量率	%
	L	全國電力系統線路損失率	%
	X_E	國內電力總消費 (能源平衡表數據)	kWh
	α	$[X_E - \text{電力供應業能源消費 (廠內用電)}] / X_E$	%
	PD	抽蓄用電	kWh
	β_k	K 機組容量因數	%
	ε_k	火力發電與汽電共生機組之熱耗率	kcal/kWh
	f_{ks}	K 機組之 s 化石燃料耗用率	kcal/kWh
	Ff_k	K 機組之燃料投入量	10 ⁷ kcal
	η_s	發電投入比例, s 類化石燃料投入發電與最終消費量之比值	%
下標符號	i	總產業部門數 1~58	
	j	總產業部門數 1~58	
	q	能源部門數 1~9	
	k	電力供給端機組種類 1~16	
	s	電力供給端所需化石燃料種類 21, 24, 25, 27	

資料來源：台綜院 (2011)。

前述為 3E 多目標規劃模型之理論模型，而在進行模型求解時，通常會針對議題需求進行方程式調整及求解方式的選用，包括目標規劃法及最適資源配置規劃求解法。其中本研究所採用的方法是後者「最適資源配置規劃求解法」。

1. 目標規劃法

本研究應用多目標規劃模型求解互為衝突的能源、經濟及環境目標，由於掌管各層面政府部會及環保團體在 3E 議題上始終未有共識，故本研究假設各目標函數權重相同，屬於決策者在決策分析前即提供偏好資訊，適合採「目標規劃法」進行求解。

3E 多目標規劃模型包含 4 項目標式及 9 項限制式，在 4 項目標式左界（目標值處）各設定 d_i^+ 與 d_i^- 兩項離差變數，容許預設目標函數值出現正偏離及負偏離，並將轉換為「目標規劃法」後的 4 項目標式納入限制式中。新的目標式則要求原本極大目標之負離差變數 d_i^- 須極小化，原本極小目標之正離差變數 d_i^+ 必須極小化，並設定四個控制離差變數總值極小化，控制偏離者之偏離程度越高代表越違反原目標要求，其餘四個則為容許偏離者，其偏離程度越高越符合原目標要求（見表 2-4）。

表 2-4 目標規劃法之轉換應用

	預設目標函數值	目標方向	離差變數	控制偏離者方向	容許偏離者
Z ₁	GDP 總值	Max	d_1^+ 、 d_1^-	d_1^- Min	d_1^+
Z ₂	能源總需求	Min	d_2^+ 、 d_2^-	d_2^+ Min	d_2^-
Z ₃	電力供給總發電成本	Min	d_3^+ 、 d_3^-	d_3^+ Min	d_3^-
Z ₄	CO ₂ 排放量	Min	d_4^+ 、 d_4^-	d_4^+ Min	d_4^-

資料來源：台綜院（2011）。

換言之，「目標規劃法」係將本研究多目標線性規劃問題（四項目標式）簡化成單目標線性規劃問題，轉換後電力供給多目標規劃求解模型包含 1 個目標式和 13 個限制式，詳見表 2-5。

表 2-5 3E 多目標規劃模型求解技巧—目標規劃法

一、目標函數

離差變數和極小化： $Min Z_1\{d_1^-\} + Z_2\{d_2^+\} + Z_3\{d_3^+\}$ ，其中：

1、經濟目標（GDP極大化）轉換限制式：

$$Z_1 + d_1^+ - d_1^- = Max \sum_{j=1}^{n+m} VAR_j X_j$$

2、能源目標（最終能源需求極小化）轉換限制式：

$$Z_2 + d_2^+ - d_2^- = Min \sum_{q=1}^m \left(\sum_{j=1}^{n+m} e_{qj} X_j + FE_q \right)$$

3、環境目標（總CO₂排放極小化）轉換限制式：

$$Z_3 + d_3^+ - d_3^- = Min \left(\sum_{j=1}^{n+m} C1_j X_j + \sum_q C2_q FE_q + \sum_k C3_k E_k \right)$$

二、11項限制式

（一）經濟部門限制式

1、最終需求限制式

$$(TD_i - A_{ij})X_j = (I + m - A_{ij})X_i \geq F$$

2、資本總量限制式

$$\sum_i K_i X_i \leq \overline{TK}$$

3、勞動人力限制式

$$\sum_i L1_i X_i + L2_i X_i + L3_i X_i \leq \bar{L} \quad (\text{總勞動人力限制})$$

$$\sum_i L1_i X_i \leq \bar{L1} \quad (\text{高級專業及管理勞動人力限制})$$

(二) 電力供給技術特性限制式

1、電力供給總裝置容量限制式

$$\sum_k IC_k n p f_k \geq PL(1+RM)$$

2、電力供給總發電量供需均衡限制式

$$\sum_k E_k (1-L) \geq X_E \times \alpha + PD$$

3、電力機組裝置容量與實際年發電量之關係式

$$E_k = IC_k \times 8760 \times \beta_k$$

4、化石燃料投入平衡式

$$E_k \times f_{ks} = X_s \times \eta_s$$

5、負載別之發電機組裝置容量限制

$$\sum_k IC_k \geq PL(0.40 \sim 0.45) \quad (k=1,10,11) \quad (\text{基載機組裝置容量})$$

$$\sum_k IC_k \geq PL(0.25) \quad (k=2,3,4,5,11,12,13,14,15,16) \quad (\text{中載機組裝置容量})$$

$$\sum_k IC_k \geq PL(0.05) \quad (k=6,7,8,9) \quad (\text{尖載機組裝置容量})$$

6、負載別之發電機組發電量限制

$$\sum_k E_k \geq D_{base} \quad (k=1,10,11)$$

$$\sum_k E_k \geq D_{\text{int}} \quad (k=2,3,4,5,11,12,13,14,15,16)$$

$$\sum_k E_k \geq D_{\text{peak}} \quad (k=6,7,8,9)$$

(三) 環境部門限制式

能源消費之CO₂排放限制式

$$\sum_{j=1}^{n+m} C1_j X_j + \sum_q C2_q FE_q + \sum_k C3_k E_k \leq \overline{CO_2}$$

資料來源：台綜院（2011）。

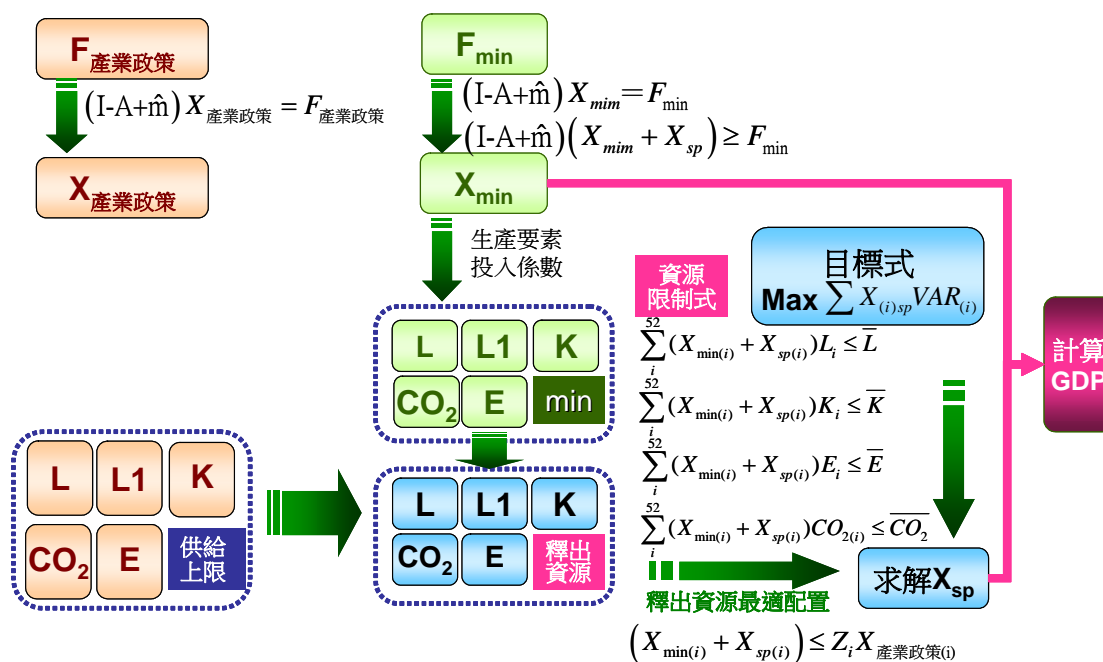
2. 最適資源配置規劃法

上述「目標規劃法」旨在處理給定一組投入係數及最終需求設定值下，求出單一組產值解，以下簡稱「單一解」，並未透過產業間資源的最適利用關係進行求解。故本研究所操縱之 3E 多目標規劃模型係利用「最適資源配置規劃法」取代傳統之「目標規劃法」進行求解。

在處理「最適資源配置」相關情境時，將考量產業輸出比例及產業的民間消費關乎民生需求之重要程度設定其最低最終需求，將釋出的資源重新配置到附加價值率較高且資源投入係數較小的產業，以創造全國 GDP 極大化；另外，為避免釋出資源集中挹注在特定產業，造成該些產業產值無限擴張，在模型中特別設定目標年產業產值擴張幅度上限，控制其產值在合理擴張範圍內。

模型求解操作面，則是在資本總量供給限制、勞動人力供給限制、最終能源消費及 CO₂ 排放量等資源限制條件，以及目標年各業

產值擴張幅度內，以釋出資源充分用於生產面所創造之附加價值極大化為目標，求解該情境之 GDP、產業結構及各項資源利用情形，而此時的 GDP 經過資源最適配置運作，應大於「單一解」之 GDP 值，求解示意圖見圖 2-4。



資料來源：台綜院（2011）。

圖 2-4 3E 多目標規劃模型求解技巧—最適資源利用規劃法

3. 3E 多目標規劃模型特性、假設及限制

(1) 模型特性

A. 量值混合模型（hybrid-unit model）

	能源部門	非能源部門
部門別產值	熱值單位 (10^7 Kcal)	貨幣單位 (百萬元)
部門別 CO ₂ 排放係數	公噸 CO ₂ /10 ⁷ Kcal	公噸 CO ₂ /百萬元

- B. 多目標決策模型 (MODM: multiple objective decision method): 經濟目標、能源目標、發電成本目標與二氧化碳排放目標; 個別目標的最佳化, 總體目標的妥協解。
- C. 以電力部門的發電技術組合及特定機組裝置容量目標為核心議題—非核家園 (廢核四、核能提前除役)、再生能源議題。
- D. 本模型屬決策理論 (decision theory) 之應用。與經濟模型植基於統計理論的應用, 有所區隔。
- E. 量值變數與方程式間的連結關係透明, 可提供外界檢視。
- F. 本土自行研發之模型, 所有模型之統計數據或參數均根據政府統計資料估算, 計算方法與數據引用透明, 可提供外界檢視。
- G. 掌握電力部門的發電技術組合決策與產業部門能源需求、產業產出及 CO₂ 排放量的關係。
- H. 對電力部門技術特性的掌握, 及線性規劃求解方法, 使模型特性接近 bottom-up 模型。
- I. 經濟部門的中間及最終部門間的投入產出關係之掌握: 透過產業關聯分析 (hybrid Input-Output analysis), 建構能源-經濟的互動關係。
- J. I-O 產業關聯架構: 一般均衡分析架構。
- K. 配合主計處產業關聯表的編制時程, 持續更新。

- L. CO₂ 的排放量為能源燃燒之排放，藉由排放係數的設定，連結排放行為與產業產出行為。

(2) 模型假設及限制

- A. 最終需求之起始值為外生設定，但經模型之多目標妥協求解過程，可估算一組內生之 GDP 解值。
- B. 目標函數係數、限制式之係數與右界值均為外生設定，惟此部分可藉由模糊隸屬函數的設定與求解，使決策問題更符合實際的決策環境。
- C. 未考量非能源使用之 CO₂ 排放及其他溫室氣體的排放量，由此觀點觀之，衝擊程度傾向於低估。
- D. 模型特性接近 bottom-up 模型，對經濟部門的衝擊幅度傾向大於 CGE (top-down) 模型。
- E. 非連續性模型—單年求解。
- F. 模型為階段性 (stepwise) 單年求解，各目標函數的解值，可藉由內插法，均化估算基準年至目標年間之年平均變動率及各年與 BAU 情境相比之 GDP 損失。

(三) Divisia 因素分解法

本研究為了解產業結構調整對我國節能減碳目標之達成的貢獻，預計採用 Divisia 因素分解法將產業結構調整前後之能源消費量與 CO₂ 排放量進行以下之因素分解。

以 CO₂ 排放量為例，令整體產業之 CO₂ 排放量為 E，E 可以下

式來表示：

$$E = \sum Y \times \frac{E_i}{Y_i} \times \frac{Y_i}{Y} = \sum Y \times I_i \times S_i$$

上式中，Y 代表整體產業之實質國民生產毛額（GDP）， Y_i 代表 i 產業的實質附加價值， E_i 代表 i 產業的 CO₂ 排放量。故 I_i 代表 i 產業以單位實質附加價值計算之 CO₂ 排放密集度，而 S_i 為 i 產業的實質附加價值佔整體產業之比率。

以時間 t 對上式做偏微分，得：

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \sum \frac{\partial Y}{\partial t} \cdot I_i \cdot S_i + \sum Y \cdot \frac{\partial I_i}{\partial t} \cdot S_i + Y \cdot \sum Y \cdot I_i \cdot \frac{\partial S_i}{\partial t}$$

兩邊除以 E，再經整理，得：

$$\frac{\frac{\partial E}{\partial t}}{E} = \frac{\frac{\partial Y}{\partial t} \sum Y \cdot I_i \cdot S_i}{Y \cdot E} + \frac{\frac{\partial I_i}{\partial t} \sum Y \cdot I_i \cdot S_i}{I_i \cdot E} + \frac{\frac{\partial S_i}{\partial t} \sum Y \cdot I_i \cdot S_i}{S_i \cdot E}$$

$$\text{因為 } \frac{Y \cdot I_i \cdot S_i}{E} = \frac{E_i}{E} \text{ ,}$$

$$\text{所以 } \frac{\partial \ln E}{\partial t} = \frac{\partial \ln Y}{\partial t} \cdot \left(\frac{E_i}{E} \right) + \frac{\partial \ln I_i}{\partial t} \cdot \left(\frac{E_i}{E} \right) + \frac{\partial \ln S_i}{\partial t} \cdot \left(\frac{E_i}{E} \right) \text{ 。}$$

另外，在實證分析時則需對其函數型態加以設定。茲假定其為具有任一可二次微分函數漸進值（Approximate）特性的超對數函數（translog function）。則在間斷數列的分析裏，上式可改寫為：

$$\begin{aligned} \ln E_t - \ln E_{t-1} &= \sum \bar{W}_i \cdot (\ln Y_t - \ln Y_{t-1}) + \sum \bar{W}_i \cdot (\ln I_{it} - \ln I_{it-1}) \\ &\quad + \sum \bar{W}_i \cdot (\ln S_{it} - \ln S_{it-1}) \end{aligned}$$

$$\text{其中， } \bar{W}_i = \frac{1}{2}(W_{it} + W_{it-1}) = \frac{1}{2}\left(\frac{E_{it}}{E_t} + \frac{E_{it-1}}{E_{t-1}}\right)。$$

上式表示整體產業的 CO₂ 排放量變動率為加權平均後的實質國民生產毛額變動率，加上加權平均後單位實質附加價值計算之 CO₂ 排放密集度變動率，再加上加權平均後產業結構變動率（加權平均所用的權數為 t 及 t-1 期間 i 產業佔整體產業 CO₂ 排放量比率之平均數）。

換言之，根據上式可將整體產業之 CO₂ 排放量具體量化為下列三種因素之影響：(1) 景氣效果 (2) CO₂ 密集度變動效果（效率提升效果）及 (3) 產業結構變動效果。

參、國內外主要國家經濟情勢、產業發展與能源及 CO₂ 研析

一、國際主要國家之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢

一國之 CO₂ 排放、能源消費量與其經濟表現及產業結構是密不可分的，當國家處在開發中狀態，擴展經濟實力時，多以發展工業（或製造業）為主軸，而工業（或製造業）正是能源消費相對密集且 CO₂ 排放量高的產業；當國家漸漸邁入已開發狀態，其經濟成長逐漸趨緩，產業結構一般也由工業（或製造業）轉向以服務業為主，而此時所擁有的能源研發技術及相對優勢的節能技術空間，使得這些國家得以降低能源消費量，

故本計畫將先初步分析各國產業結構，以瞭解能源需求端之產業特性。但值得注意的是，即便瞭解各國產業結構變化後，部分特定產業在各國之重點產品或製程差異仍可能導致不同的能源消費結果。

（一）全球經濟現況

根據環球透視機構（Global Insight）2012 年 6 月之預估，2012 年全球經濟將成長 2.7%，而 2011 年全球經濟則由 2010 年的 4.0% 成長率降至 3.0%。（見表 3-1）

主要經濟體中，2012 年美國 GDP 成長 2.1%，歐元區因受債務牽絆、希臘退出歐盟區風險升高等不確定因素，預測歐元區 GDP 為負成長 0.4%，而日本 GDP 則由 2011 年負成長 0.7% 上修至成長 2.4%，中國大陸因 2011 年為「十二五」的啟動年，因此中國大陸本身把 2011 年目標設定為 8%、2012 年目標設定為 7.5%，但中國大陸

即使於 2008 年受到全球金融海嘯衝擊，GDP 也都有 9% 以上的成長，而 2011 年在歐債危機衝擊下 GDP 也有 9.3% 的成長，因此預估中國大陸 2012 年 GDP 將成長 7.9%，稍高於十二五之目標。最後，我國因出口銳減與民間消費減弱等影響，則從 2011 年的成長 4.0% 下修至 2012 年的成長 3.1%。

2011 年及 2012 年全球經濟受限係肇因於先進經濟體失業率居高不下，財政面臨困境，以及國際金融不確定性急劇增加逐漸影響新興經濟體發展，致使整體擴張力道趨緩。

值得注意的是，美國經濟回復力道是否能維持；歐洲主權債務危機擴散，拖累歐元區成長，失業率居高不下；日本災後電力不足及日元升值不利出口，加上中國大陸緊縮效果逐漸顯現，經濟成長逐季走緩，以上種種負面因素引發國際金融市場動盪加劇，全球經濟前景陷入困難，衰退疑慮升溫。

表 3-1 國際主要經濟研究機構之全球經濟成長率預測

單位：%

	Global Insight				IMF			
	2010	2011	2012 (f)	2013 (f)	2010	2011	2012 (f)	2013 (f)
全 球	4.4	3.0	2.7	3.0	5.3	3.9	3.5	4.1
美 國	3.0	1.7	2.1	2.1	3.0	1.7	2.1	2.4
歐 元 區	1.9	1.5	-0.4	-0.1	1.9	1.4	-0.3	0.9
日 本	4.5	-0.7	2.4	1.8	4.4	-0.7	2.0	1.7
中 華 民 國	10.7	4.0	3.1	4.3	10.7	4.0	3.6	4.7
中 國 大 陸	10.4	9.3	7.9	8.0	10.4	9.2	8.2	8.8
新 加 坡	14.8	4.9	2.6	3.7	14.8	4.9	2.7	3.9
韓 國	6.3	3.6	2.6	3.4	6.3	3.6	3.5	4.0
香 港	7.1	5.0	3.0	4.2	7.0	5.0	2.6	4.2

註：(f) 為預測值。

資料來源：Global Insight Inc., World Overview, June 2012；IMF, World Economic Outlook, April 2012。

(二) 日本之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢

日本經濟發展快速係該國之最大特徵，自明治維新以後，便成為資本主義社會，至今已一百多年。期間無論歷經第二次世界大戰或石油危機，均能迅速恢復其經濟成長之活力。日本經濟在 1986 年 11 月至 1991 年 3 月之經濟表現持續活絡，此為平成景氣時期。然而，1987 年由於金融過度緊縮導致泡沫經濟的破滅，加上 1991 年以後之經濟成長趨緩，步入經濟發展停滯時期。

1998 年日本由於受到金融風暴衝擊，使得其經濟成長率出現 -2.05% 的負成長；1999 年因民間消費及公共投資大幅成長，帶動日本經濟的復甦，至 2000 年經濟成長率回升達 2.86%，2001、2002 年受全球經濟低迷及國際貿易巨幅衰退影響，經濟成長率再度下滑，2003 年起經濟呈現持續穩定成長態勢，2007 年經濟成長率為 2.34%，2008 年因雷曼兄弟破產，下半年日本經濟成長大幅下降使得該年經濟成長率繼 1999 年之後再度出現負成長 0.71%，2009 年經濟成長率甚至衰退 6.28%。

自 2008 年 9 月雷曼兄弟破產後的兩季，日本經濟衰退超過 10%，耐久財需求大幅減少，尤其是汽車商品最為顯著，由於亞洲區其他新興經濟體的投資活動減少，也衝擊日本製造業的出口。受到消費者信心下滑和不確定性提高，以及疲弱的勞動市場、緊縮的金融條件和產能過剩的影響，致使日本國內需求下滑，從 2008 年、2009 年經濟出現負成長，至 2010 年終於稍微好轉，經濟成長 3.96%，但 2011 年 3 月日本發生大地震造成海嘯核災事件等影響日本經濟發展，2011 年經濟為負成長 0.5%。整體來說，2001 至 2011 年間平均

經濟成長率為 0.64%，詳見下表 3-2。

表 3-2 日本、南韓、美國經濟成長情形

	台灣		美國		日本		韓國	
	實質 GDP (基期 2001; 兆元國 幣)	成長率 %	實質 GDP (基期 2005; 兆元國 幣)	成長率 %	實質 GDP (基期 2000; 兆元國 幣)	成長率 %	實質 GDP (基期 2005; 兆元 國幣)	成長率 %
1990	5.32	-	8.03	-	447.37	-	368.99	-
1991	5.74	7.88	8.01	-0.23	462.24	3.32	404.83	9.71
1992	6.17	7.56	8.28	3.39	466.03	0.82	428.16	5.77
1993	6.58	6.73	8.52	2.85	466.83	0.17	455.26	6.33
1994	7.08	7.59	8.86	4.07	470.86	0.86	495.20	8.77
1995	7.54	6.38	9.09	2.51	479.72	1.88	539.42	8.93
1996	7.95	5.54	9.43	3.74	492.37	2.64	578.19	7.19
1997	8.39	5.48	9.85	4.46	500.07	1.56	611.53	5.77
1998	8.68	3.47	10.27	4.36	489.82	-2.05	576.59	-5.71
1999	9.20	5.97	10.77	4.83	489.13	-0.14	638.46	10.73
2000	9.73	5.80	11.22	4.14	503.12	2.86	694.63	8.80
2001	9.57	-1.65	11.34	1.08	504.05	0.18	722.23	3.97
2002	10.07	5.26	11.54	1.81	505.37	0.26	773.87	7.15
2003	10.44	3.67	11.84	2.54	512.51	1.41	795.56	2.80
2004	11.09	6.19	12.25	3.47	526.58	2.74	832.31	4.62
2005	11.61	4.70	12.62	3.07	536.76	1.93	865.24	3.96
2006	12.24	5.44	12.96	2.66	547.71	2.04	910.05	5.18
2007	12.98	5.98	13.21	1.91	560.65	2.36	956.51	5.11
2008	13.07	0.73	13.16	-0.34	554.12	-1.17	978.50	2.30
2009	12.82	-1.93	12.70	-3.49	519.30	-6.28	981.63	0.32
2010	14.21	10.88	13.09	3.03	539.88	3.96	1,042.11	6.16
2011	14.78	4.01	13.29	1.50	537.18	-0.50	1,079.63	3.60
2001-2011 年均成長率								
—	4.44%		1.60%		0.64%		4.10%	

註：一國經濟成長率係以實質 GDP 計算而得，不會因基期年不同而有明顯差異，故表中經濟成長率仍可跨國比較；而實質 GDP 數值則因基期年及幣別差異，無法跨國比較。

資料來源：World Economic Outlook, IMF.

在名目產業結構，日本產業結構與台灣相近，2000 年以服務業占比最大，約 69.8%，工業占 28.5%，農業占 1.7%，往後逐年朝向服務業發展，2011 年日本服務業占比提昇至 74.6%，工業下降為 24%。詳見下表 3-3。

表 3-3 台灣、日本、南韓及美國名目產業結構變化

單位：%

年別	台灣			美國			日本			南韓		
	農業	工業	服務	農業	工業	服務	農業	工業	服務	農業	工業	服務
2000	2.05	30.06	71.24	1.00	22.13	76.87	1.70	28.50	69.80	4.60	42.80	52.60
2001	1.91	28.45	72.63	0.97	21.05	77.98	1.60	27.10	71.20	4.30	42.40	53.70
2002	1.79	29.16	72.15	0.91	20.52	78.56	1.60	26.50	71.90	-	-	-
2003	1.71	28.83	72.57	1.04	20.24	78.71	1.60	26.50	71.90	3.20	34.60	62.20
2004	1.69	28.44	73.03	1.22	20.36	78.43	1.60	26.90	71.60	3.30	36.20	60.40
2005	1.71	27.91	73.55	1.07	20.52	78.40	1.40	26.40	72.20	3.00	35.90	61.20
2006	1.62	26.84	71.54	0.92	20.93	78.14	-	-	-	-	-	-
2007	1.51	27.77	70.71	1.22	20.16	78.62	-	-	-	-	-	-
2008	1.69	25.04	73.27	1.20	19.20	79.60	1.50	26.30	72.30	3.00	39.50	57.60
2009	1.73	28.83	69.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	1.69	30.20	68.11	1.10	22.10	76.80	1.40	24.90	73.80	2.60	39.30	58.20
2011	1.30	32.00	66.90	1.20	22.10	76.70	1.40	24.00	74.60	-	-	-

資料來源：1.行政院主計處資料。2. Central Intelligence Agency (CIA)。

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2012.html>

(三) 南韓之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢

近十幾年來，南韓經濟成長表現良好，僅於 1997 至 1998 年亞洲金融風暴期間，出現-6.85%的負成長之外，其餘各年均達 3%以上之成長率。由此可見，亞洲金融危機不但使南韓整體經濟與企業受到重創，政府亦須以降低經濟成長目標、抑制通貨膨脹、緊縮財政與金融政策、展開金融改革及企業重整等一系列措施加以因應。

南韓經濟成長率穩健成長至 2007 年的 5.11%，而 2008 年在金融海嘯影響下，南韓經濟成長仍維持一定水準為 2.3%，2010 年韓國

因韓劇帶動觀光與商品出口漸增等因素促進經濟成長至 6.16%，在台、日、韓中堪稱表現優異，但 2011 年因受到全球景氣歐債問題等影響經濟成長率降至 3.6%，2001 至 2011 年間平均經濟成長率為 4.1%，詳見前表 3-2。

南韓產業結構中，仍以服務業占比居大，但相較於日本及台灣等亞洲國家，其工業結構占比明顯為大。南韓工業 GDP 占比從 2000 年的 42.80% 下降至 2003 年的 34.60%，下降 8.2 個百分點，其後因南韓科技產業發展快速而增加工業部門 GDP 占比至 2004 年的 36.20%、2005 年的 35.90%，2010 年的 39.30%。詳見前表 3-3。

(四) 美國之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢

1990 年代以來美國經濟表現非常出色，乃美國經濟史上頗為燦爛的歷史，許多人紛紛以「美國經濟奇蹟」稱之。美國經濟成長自 1991 年出現 -0.17% 負成長以後，爾後 9 年均出現較高成長表現，主因在於私人消費支出擴張、技術進步、勞動生產力提升等因素，且在 1998 年當亞洲遭受金融風暴之衝擊，美國經濟仍維持 4.18% 之成長率，優於全球經濟之表現。然而，在歷經 9 年的經濟擴張期後，此一亮麗的表現也在 2001 年經濟成長率僅為 1.08% 而劃下句點，主要是受到 911 事件的衝擊，經濟情況持續下滑，失業率攀升，工業生產成長率降低，以及其他各項經濟指標、投資、消費、進出口等成長均趨緩等因素所致。2002 年因需求面的復甦，美國的經濟成長率逐漸回升至 1.8% 以上之水準，惟 2008 年受金融海嘯影響，國際貿易量萎縮，全球經濟陷入低迷，該年美國經濟成長率為 -0.34%。

美國經歷 2009 年上半年經濟大幅衰退，並且失業率攀升自 1980

年以來的新高，導致 2009 年經濟成長衰退 3.49%，但由於投入空前的貨幣、金融和財政振興政策，美國稍微恢復，至 2010 年經濟成長又上修至 3.03%。然好景不長，2011 年美國又因政府債務高築，失業率居高不下，導致內需不振，進而使經濟成長低於預期，2011 年經濟成長率下修至 1.5%。2001 至 2011 年間平均經濟成長率為 1.6%，見前表 3-2。

而在產業結構部份，產業結構中服務業占比明顯較大，2000 年以來均在 76.80% 以上且呈現逐年微幅上升走勢，2008 年為 79.60%，2010 年逆勢下降至 76.80%，2011 年則為 76.7%；工業占比則是逐年微幅下降至 2008 年的 19.20%，2010 年、2011 年皆逆轉為 22.10%。詳見前表 3-3。

(五) 歐盟主要國家之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢

除了日本、南韓及美國，本計畫亦蒐集德國、英國及法國等歐盟主要國家之經濟成長及產業結構變化情形，該三個國家均屬高度已開發國家，其經濟成長率均已邁入穩定成長期，產業結構亦明顯以服務業為主軸。而近來因歐債風暴越演越烈，歐元區經濟可能將持續衰退，未來幾季復甦態勢仍疲弱。

1. 德國之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢

2000 年以來，德國除在 2002 年與 2003 年經濟成長率各為 0.01%、-0.23% 外，其餘年度成長率介於 0.73%~3.18%，2008 年受全球金融海嘯影響，相較 2007 年成長率下降 1.27 個百分點為 1.25%，2009 年負成長 5.1%，2010 年經濟好轉使得成長率為 3.6%，又 2011 年受到歐債問題影響，經濟成長率又下修至 2.7%，2001 至 2011 年

間平均經濟成長率為 0.93%，見表 3-4。在產業結構方面，德國大致上呈現朝服務業發展之走勢，2008 年工業占比為 24.2%，服務業為 74.5%，2011 年工業占比為 28.1%，服務業為 71%，見表 3-5。

2. 英國之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢

2000 年至 2007 年間，英國經濟成長率維持在 2.10% 至 2.95% 之間，表現相當穩健，2008 年因受全球金融海嘯影響，相較 2007 年成長率下降 1.82 個百分點至 0.74%，2009 年甚至衰退 4.4%，直到 2010 年、2011 年經濟成長分別回復至 1.4%、1.1% 正成長，2001 至 2011 年間平均經濟成長率為 1.35%，見表 3-4。在產業結構方面，英國產業結構亦呈現朝服務業發展之走勢，2008 年工業占比為 20.4%，服務業為 77.6%，2011 年工業占比為 21.6%，服務業為 77.7%，見表 3-5。

3. 法國之產業結構與經濟發展之歷程與趨勢

2000 年至 2007 年間，法國經濟成長率維持在 1.06% 至 2.42%，表現相當穩健，2008 年因受全球金融海嘯影響，相較 2007 年成長率下降 1.94 個百分點至 0.32%，2009 年經濟成長衰退 2.6%，到 2010 年、2011 年經濟成長分別回復至 1.4%、1.7% 正成長，2001 至 2011 年間平均經濟成長率為 1.15%，見表 3-4。此外，法國產業結構亦呈現朝服務業發展之走勢，2008 年工業占比為 30.1%，服務業為 69.1%，2011 年工業占比為 18.5%，服務業為 79.8%，見表 3-5。

表 3-4 歐盟主要國家經濟成長情形

	德國		英國		法國	
	實質 GDP (基期 2005 ; 兆元國幣)	成長率 %	實質 GDP (基期 2005 ; 兆元國幣)	成長率 %	實質 GDP (基期 2005 ; 兆元國幣)	成長率 %
2000	2.06	-	1.11	-	1.44	-
2001	2.09	1.15	1.14	2.46	1.47	1.76
2002	2.09	0.01	1.16	2.10	1.48	1.06
2003	2.08	-0.23	1.19	2.81	1.50	1.08
2004	2.11	1.18	1.23	2.95	1.53	2.27
2005	2.12	0.73	1.25	2.17	1.56	1.94
2006	2.19	3.18	1.29	2.85	1.60	2.42
2007	2.25	2.52	1.32	2.56	1.64	2.26
2008	2.27	1.25	1.33	0.74	1.64	0.32
2009	2.15	-5.10	1.27	-4.40	1.60	-2.60
2010	2.23	3.60	1.29	1.40	1.62	1.40
2011	2.29	2.70	1.30	1.10	1.65	1.70
2001-2011 年均成長率						
	0.93%		1.35%		1.15%	

註：一國經濟成長率係以實質 GDP 計算而得，不會因基期年不同而有明顯差異，故表中經濟成長率仍可跨國比較；而實質 GDP 數值則因基期年及幣別差異，無法跨國比較。

資料來源：World Economic Outlook, IMF. U.S. Bureau of Economic Analysis

表 3-5 2000 至 2011 年歐盟主要國家名目產業結構變化情形

單位：%

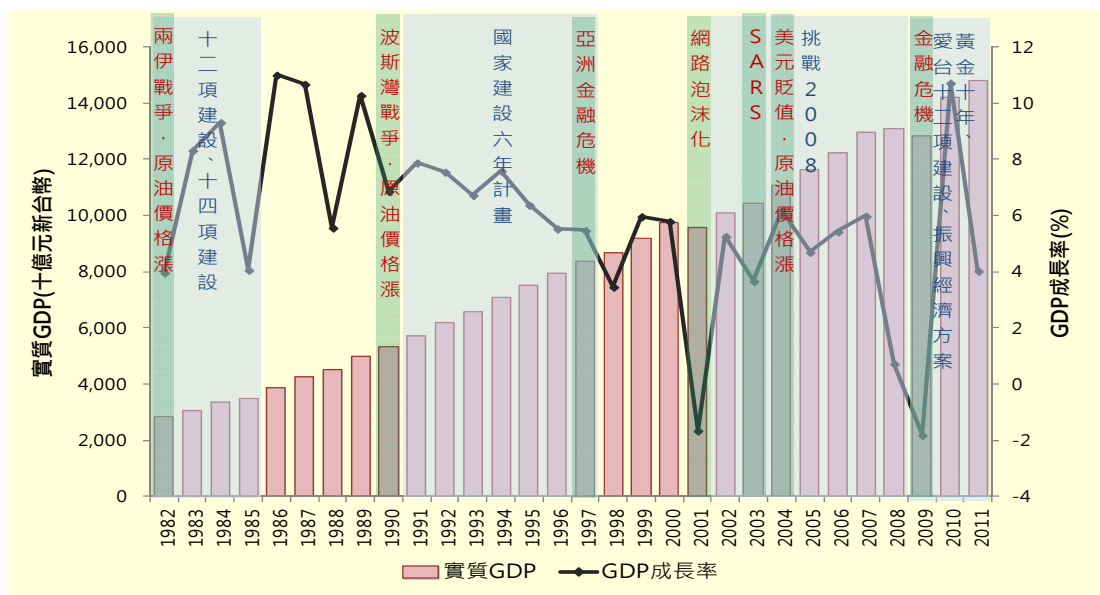
年別	德國			英國			法國		
	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業
2000	1.00	28.00	71.00	3.00	23.00	74.00	1.00	30.00	68.00
2005	1.00	24.00	75.00	2.00	21.00	77.00	1.00	29.00	70.00
2007	1.00	23.00	76.00	2.00	21.00	77.00	1.00	30.00	69.00
2008	1.30	24.20	74.50	2.00	20.40	77.60	0.90	30.10	69.10
2011	0.80	28.10	71.00	0.70	21.60	77.70	1.70	18.50	79.80

資料來源：1. World Development Indicators database, 2. Central Intelligence Agency (CIA) [.https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2012.html](https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2012.html)

二、我國經濟情勢、產業發展與能源及 CO₂ 排放之歷史趨勢

(一) 我國整體經濟發展之歷史趨勢

我國過去 50 年來 GDP 已大幅提升，特別在 1980 年代至 1990 年代之間，成長幅度更是明顯加速。但長期而言，經濟成長率已呈現緩慢且逐漸收斂的狀態，由 1970 年代 8% 至 12% 的成長幅度，縮減至 2000 年後之 4% 至 6%，雖然期間經歷一些歷史事件，導致經濟成長率驟降，但偶發事件的非持續性，對經濟的衝擊僅具短期效果，觀察 1974、1981、2001、2009 年之經濟發展，大致上皆可於一至二期（年）後回復原來成長率水準。經濟成長歷史趨勢如圖 3-1，重要事件紀實如表 3-6。



說明：實質 GDP 成長率係以 2006 年為基期年。

資料來源：主計處，中華民國統計資訊網，總體統計資料庫；本研究整理。

圖 3-1 經濟成長歷史趨勢

表 3-6 經濟成長重要事件紀實

• **1973-1974**

- 第一次石油危機，當時原油價格從 1973 年的每桶不到 3 美元漲到超過 13 美元，美國 GDP 成長率下降了 4.7%，歐洲下降了 2.5%，日本下降了 7%，而當時台灣的 GDP 成長率為從 1973 年的 11.83% 跌至 1974 年的 1.86%，約下跌了 9.97%，影響甚劇。

• **1979-1981**

- 第二次石油危機（兩伊戰爭），當時原油價格從 1979 年的每桶 15 美元左右最高漲到 1981 年 2 月的 39 美元，美國 GDP 約下降了 3%，台灣的經濟成長率從 1979 年的 8.01% 跌至 1982 年的 3.97%，約下跌了 4.04%。

• **1990**

- 第三次石油危機（波斯灣戰爭），當時 3 個月內原油從每桶 14 美元，漲到突破 40 美元。但高油價持續時間並不長，與前兩次石油危機相比，對世界經濟的影響要小得多，當年台灣的 GDP 成長率約為 6.87%。

• **1997 及 2001**

- 1997 年亞洲金融風暴，印尼、南韓和泰國是受此金融風暴波及最嚴重的國家，台灣並沒有受到嚴重的衝擊，但傷害是被延後的。因為 2001 年在全球經濟放緩的趨勢影響下，台灣經濟遭受重挫，銀行壞帳增加，財政盈餘轉為財政赤字，網路經濟泡沫，IT 與電子產業重挫，並出現了自 1947 年以來的首次負成長（-1.65%），且失業率升至 4.57%。

• **2003**

-
- 2003 年的 SARS（嚴重急性呼吸系統綜合症） 疫情席捲了 25 個國家，大約有八千多人感染，最後死亡的人數是七七五人，國際統計台灣有七十多人死亡，回顧台灣在 2002 年 SARS 爆發之前，股市在 6484 點，隨著疫情擴大最慘的時候，掉到 4044 點，成交量只剩下 280 億。
 - **2008**
 - 2007 年夏季美國爆發了次級房貸危機，這場危機導致過度投資次貸金融衍生品的公司和機構紛紛倒閉，並在全球範圍引發了嚴重的信貸緊縮，最後於 2008 年爆發了波及全球的金融危機，史稱「金融海嘯」。
 - **2012**
 - 2011 年及 2012 年因「歐債」風暴危機擴散，拖累歐元區成長，先進經濟體失業率居高不下，財政面臨困境，以及國際金融不確定性急劇增加逐漸影響新興經濟體發展，致使全球經濟前景陷入困難，衰退疑慮升溫， 主要機構紛紛調降全球經濟預測。

資料來源：本研究整理。

（二）我國三級產業（農業、工業、服務業）產業發展與能源及 CO₂ 排放之歷史趨勢

我國對三級產業的劃分係依據三次產業分類法，即根據社會生產活動歷史發展的順序對產業結構的劃分。若產品直接取自自然界的部門則稱為第一產業，如農業，包括農耕業、畜牧業、林業、漁業等；若對初級產品進行再加工的部門則稱為第二產業，如工業，包括礦業及土石採取業、製造業、電力及燃氣供應業、用水供應及

污染整治業、營造業等；若為生產和消費提供各種服務的部門則稱為第三產業，如服務業，包括批發及零售業、運輸及倉儲業、住宿及餐飲業、資訊及通訊傳播業、金融及保險業、不動產業、教育服務業、醫療保健及社會工作服務業、藝術、娛樂及休閒服務業等。這種分類方法已成為世界上較為通用的產業結構分類方法。

本研究就我國近年三級產業（農業、工業、服務業）之實質附加價值、實質產值、CO₂排放、能源消費量、就業人口等之歷史資料整理如下，其中工業又以製造業為主：

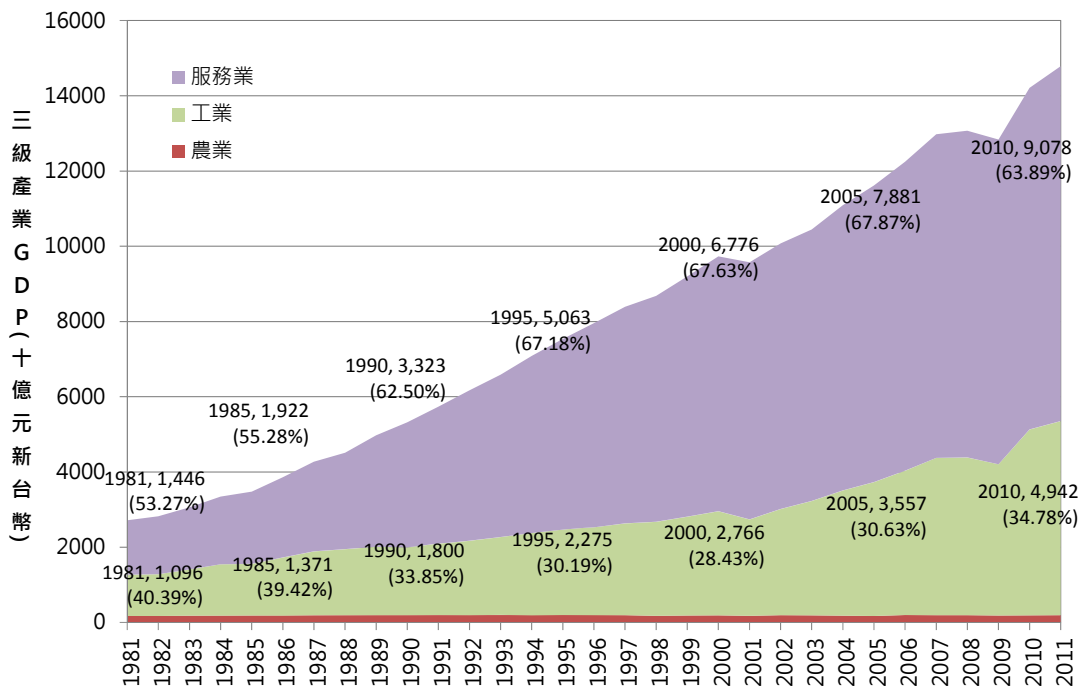
1. 我國三級產業之實質附加價值

傳統的經濟發展歷程中，一國的經濟發展起點開始以農業為主，但隨著工業化程度的加深，工業部門的比重會逐漸增加，因而產生對服務業的引申需求，使得服務業部門的比重亦不斷上升，且經濟發展至某一水準，製造業的成長必定會下降，最終會使服務業成為經濟發展的主力。

然我國近年的三級產業及製造業佔實質 GDP 比重變化趨勢如圖 3-2 所示。自 1990 年至 2001 年三級產業結構明顯傾向服務業調整，而同一時期製造業佔實質 GDP 比重則持續下跌，使得工業部門佔實質 GDP 比重亦下跌。三級產業之實質附加價值，從 1990 年的農業 1,943 億元（占比 3.65%）、工業 17,996 億元（占比 33.85%）、服務業 33,227 億元（占比 62.50%）變化為 2000 年的農業 1,889 億元（占比 1.94%）、工業 27,665 億元（占比 28.43%）、服務業 67,758 億元（占比 69.63%）。

但 2001 年後，在政策引導及高科技產業蓬勃發展下，產生轉向

製造業的情況，因而帶動整體工業部門及製造業部門佔實質附加價值的比重向上提升，而同一時期服務業雖仍持續成長，但整體而言，受限於國內消費市場的規模，使其佔實質附加價值比重則微幅下降，顯示這段期間國內製造業生產活動較其他業別更為活躍。故至2010年為止，三級產業之實質附加價值及其比例分別為農業1,894億元及1.33%、工業49,424億元及34.78%、服務業90,785億元及63.89%。



資料來源：主計總處，國內各業生產毛額（2012.08.17版），本研究整理。

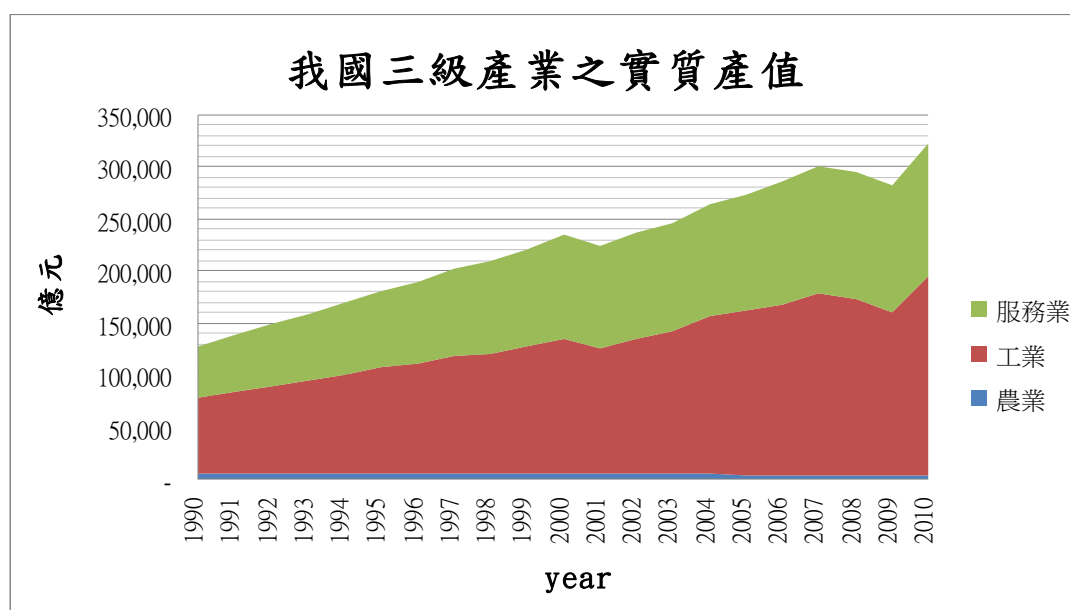
圖 3-2 我國三級產業之附加價值

2. 我國三級產業之實質產值

我國三級產業實質產值，工業及服務業皆呈持續增加趨勢，其中工業實質產值高於服務業。1990年至2001年間，受到傳統產業外

移之影響，工業實質產值占比從 57.34% 下降至 53.99%，但在 2001 年後，因電子資訊產業強大的動能之下，其實質產值呈現穩定成長的現象，亦使實質產值占比回升至 58.83%。

於此同時，農業則呈現減弱的狀態，實質產值已由 1990 年的 4,881 億元成長至 2010 年的 4,307 億元，占比亦由 3.83% 降為 1.33%；而服務業產值則從 1990 年的 49,505 億元(占比 38.83%) 成長至 2010 年的 128,738 億元(占比 39.84%)，隨著工業產值的變化，服務業實質產值占比與工業呈反向變動，由 1990 年的 38.83% 先升為 2001 年的 43.93% 再降為 2010 年的 39.84% (詳見圖 3-3)。



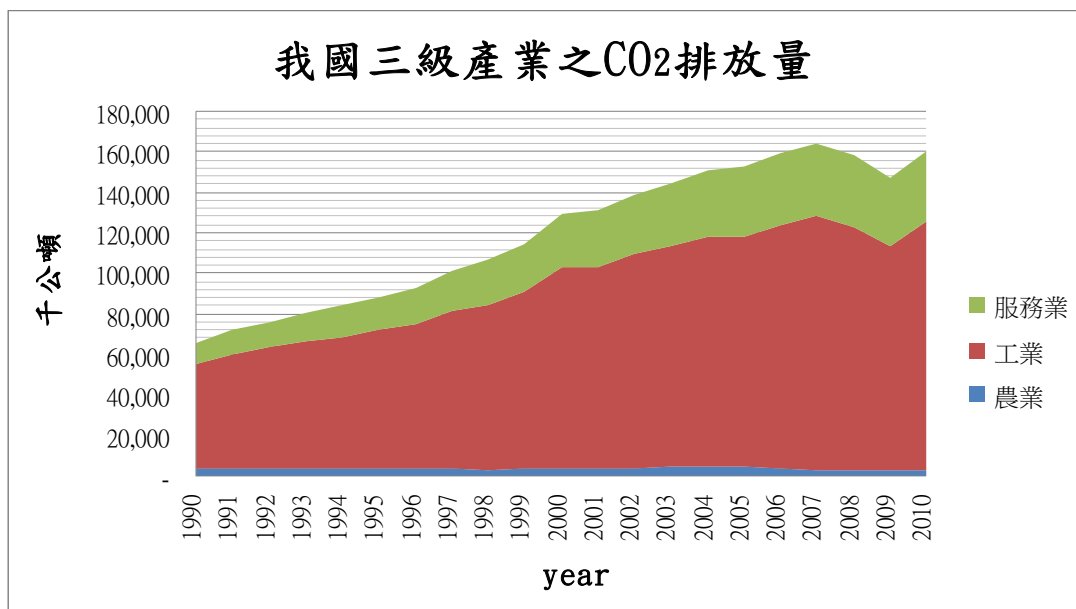
資料來源：主計處，歷年國內各業生產與平減指數，本研究整理。

圖 3-3 我國三級產業之實質產值

3. 我國三級產業之 CO₂ 排放趨勢

而在我國三級產業之 CO₂ 排放狀況來說，農業 CO₂ 排放量為三

級產業中最低量，甚至有減緩的趨勢，由 1990 年的 3,695（千公噸）降低至 2010 年的 2,627（千公噸），其年均成長率為-1.69%；工業所產生的 CO₂ 排放量最多，從 1990 年的 51,597（千公噸）增加至 2010 年的 122,956（千公噸），年均成長率為 4.44%；而服務業 CO₂ 排放量從 1990 年的 10,481（千公噸），至 2010 年的 34,485（千公噸），年均成長率為 6.14%，為三級產業之最高，見圖 3-4。



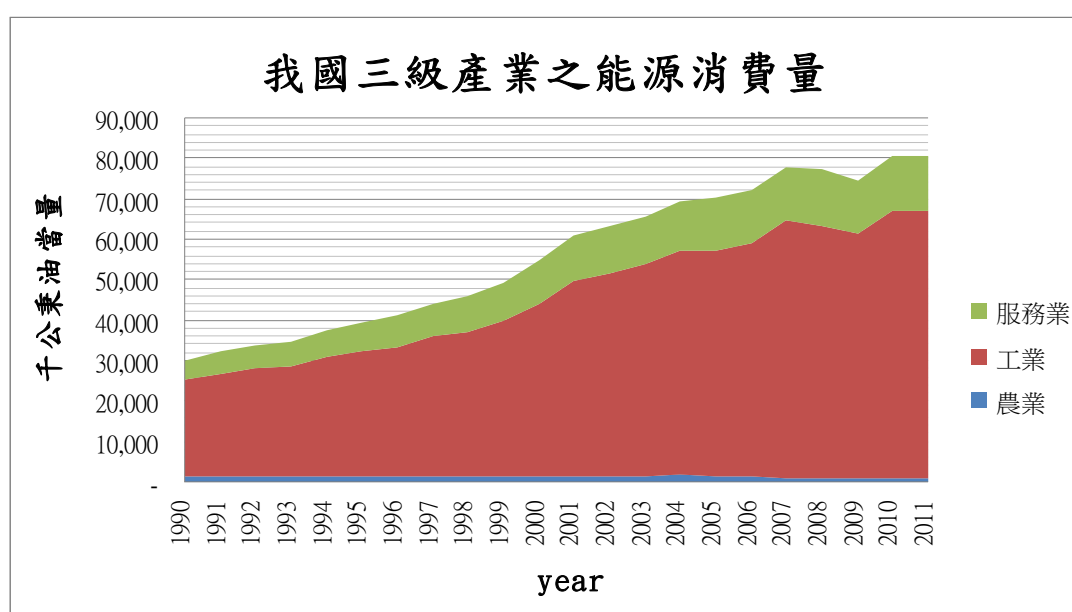
資料來源：經濟部能源局，「我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析」(2011.6)，本研究整理。

圖 3-4 我國三級產業之 CO₂ 排放趨勢

4. 我國三級產業之能源消費量

我國三級產業的能源總使用量，隨著經濟的成長，呈現逐年攀升的趨勢（唯農業呈現能源消費量逐漸減少趨勢）。1990 年至 2011 年間，工業部門的能源消費量從 23,741（千公秉油當量）增加至 2011

年的 65,844 (千公秉油當量)，年均增幅達到 4.98%，其中製造業更以年均成長率 5.02% 的幅度，從 1990 年的 23,255 (千公秉油當量) 增加至 2011 年的 65,075 (千公秉油當量)，此主要肇因於如六輕等重大投資案投產。此外，服務業部門因快速成長的腳步，其以電力為主的能源消費，亦由 1990 年的 4,972 (千公秉油當量) 減少至 2011 年的 13,878 (千公秉油當量)，其年均成長率為 5.01%。為整體而言，三級產業之能源消費仍以工業部門為大宗。(詳見圖 3-5)



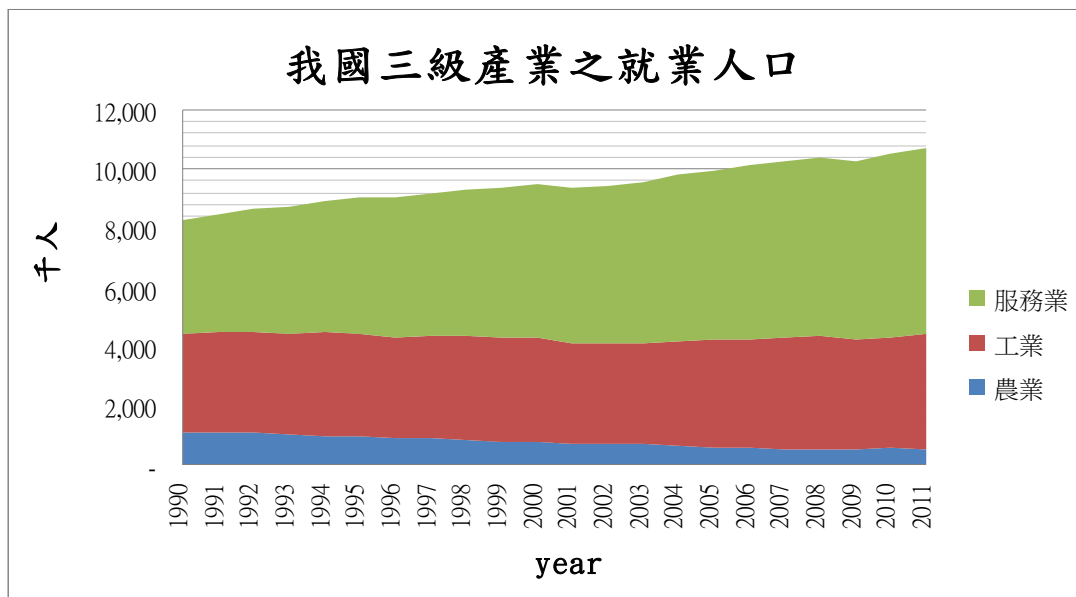
資料來源：經濟部能源局，「我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析」，本研究整理。

圖 3-5 我國三級產業之能源消費量

5. 我國三級產業之就業人口

我國農業之就業人口日漸減少，由 1990 年的 1,064 千人減少至 2010 年的 542 千人，其年均成長率為 -3.16%；整體工業的就業人口呈現小幅增長的趨勢，由 1990 年的 3,382 千人增加至 2011 年的 3,892 千人，年均成長率為 0.67%，然 1990 年到 2003 年 (3,398 千人) 間

工業部門之就業人口幾無太大變化，此主要係因 90 年代國內勞力密集的製造業西進為其成因（1990 年至 1996 年間，我國製造業就業人口從 2,653 千人降低至 2,422 千人）。於此同時，服務業之就業人口從 1990 年的 3,837 人，至 2011 年的最高峰 6,275 人，年均成長率為 2.37%（詳見圖 3-6）。以 2011 年來說，我國服務業所提供的就業機會已接近六成（58.60%），工業則為 36.34%，農業則已降至 5.06%。



資料來源：主計處統計資料，本研究整理。

圖 3-6 我國三級產業之就業人口

(三) 我國製造業發展與能源及 CO₂ 排放之歷史趨勢

我國三級產業之中主要以工業 CO₂ 排放量與能源消費量最大，而工業又主要以製造業為主，因此本研究針對製造業內之主要產業，如電腦、電子產品及光學製品製造業、電力設備業、電子零組件業、機械設備業、基本金屬製造業、化學材料製造業與全國整體產業之實質產值、附加價值、CO₂、能源消費量、就業人口等之趨勢

現況比較的整理如後。

其中主要產業之經濟統計資料係依據行政院主計處行業標準分類 100 年 3 月（第九次修訂版），而能源與 CO₂ 統計資料則依據經濟部能源局之能源平衡表之分類。各主要產業之定義整理如表 3-7 所示。

表 3-7 我國主要製造業之定義對照表

行政院主計處行業標準分類— 中類	經濟部能源局能源平衡表
18 化學材料製造業	40 化學材料製造業
24 基本金屬製造業	57 金屬基本工業
26 電子零組件製造業	64 電子零組件製造業
27 電腦、電子產品及光學製品製造業	63 電腦通信及視聽電子產品製造業（扣除 64 電子零組件製造業） 66 精密光學醫療器材及鐘錶製造業
28 電力設備製造業	—
29 機械設備製造業	62 機械設備製造業

註：電腦、電子產品及光學製品製造業之能源與 CO₂ 統計資料包含電力設備製造業。

1. 我國製造業之實質產值

我國製造業中，電腦、電子產品及光學製品製造業之產業快速發展，實質產值已從 1990 年的 2,507 億元成長至 2010 年的 12,917 億元，1990~2010 年均成長率為 8.54%；而電力設備業實質產值，至 2010 年成長至 4,656 億元，其 1990~2010 年均成長率只有 1.96%；電子零組件業則發展最快，從 1990 年的 2,390 億元成長至 2010 年的 57,369 億元，2010 年甚至占全國產業之實質產值達 17.55%，其年均

成長率為 17.22%；至 2010 年，機械設備業實質產值已成長至 8,013 億元，其 1990~2010 年均成長率為 5.95%；基本金屬製造業至 2010 年為 15,252 億元，其 1990~2010 年均成長率亦有 5.81%；化學材料製造業之實質產值，從 1990 年的 5,195 億元，成長至 2010 年的 20,466 億元，其 1990~2010 年均成長率稍高為 7.10%；全國整體產業隨著近幾年來經濟之快速發展，實質產值已由 1990 年的 129,033 億元，成長至 2010 年的 326,963 億元，其 1990~2010 年均成長率則為 4.76%，見表 3-8。

表 3-8 我國製造業之實質產值 (1/2)

項目\期間	1990 年		1995 年		2000 年	
	實質產值 (億元)	占比	實質產值 (億元)	占比	實質產值 (億元)	占比
電腦、電子產品及光學製品製造業	2,507	1.94%	4,513	2.46%	9,029	3.80%
電力設備業	3,158	2.45%	5,184	2.82%	6,044	2.54%
電子零組件業	2,390	1.85%	5,268	2.87%	16,140	6.79%
機械設備業	2,520	1.95%	3,801	2.07%	5,184	2.18%
基本金屬製造業	4,928	3.82%	8,797	4.79%	12,130	5.11%
化學材料製造業	5,195	4.03%	8,650	4.71%	11,563	4.87%
整體產業	129,033	100%	183,718	100%	237,556	100%

資料來源：主計處統計資料，本研究整理。

表 3-8 我國製造業之實質產值 (2/2)

項目\期間	2005 年		2010 年		1990~2010 年 成長率
	實質產值 (億元)	占比	實質產值 (億元)	占比	
電腦、電子產品及光學製品製造業	9,785	3.52%	12,917	3.95%	8.54%
電力設備業	5,453	1.96%	4,656	1.42%	1.96%
電子零組件業	31,547	11.36%	57,369	17.55%	17.22%
機械設備業	7,054	2.54%	8,013	2.45%	5.95%
基本金屬製造業	13,994	5.04%	15,252	4.66%	5.81%
化學材料製造業	16,105	5.80%	20,466	6.26%	7.10%
整體產業	277,676	100%	326,963	100%	4.76%

資料來源：主計處統計資料，本研究整理。

2. 我國製造業之附加價值

我國四大製造業中，電腦、電子產品及光學製品製造業之產業快速發展，附加價值已從 1990 年的 528 億元成長至 2010 年的 4,139 億元，1990~2010 年均成長率為 10.85%；而電力設備業附加價值，至 2010 年成長至 949 億元，其 1990~2010 年均成長率只有 0.99%；電子零組件業則發展最快，從 1990 年的 450 億元成長至 2010 年的 19,471 億元，2010 年甚至占全國產業之附加價值達 13.70%，其年均成長率為 20.73%；至 2010 年，機械設備業附加價值已成長至 1,854 億元，其 1990~2010 年均成長率為 5.32%；基本金屬製造業至 2010 年為 2,415 億元，其 1990~2010 年均成長率亦有 6.15%；化學材料製造業之附加價值，從 1990 年的 634 億元，成長至 2010 年的 2,367 億元，其 1990~2010 年均成長率稍高為 6.81%。

全國整體產業隨著近幾年來經濟之快速發展，附加價值已由 1990 年的 53,166 億元，成長至 2010 年的 142,103 億元，其 1990~2010 年均成長率則為 5.04%，見表 3-9。

表 3-9 我國製造業之附加價值 (1/2)

項目\期間	1990 年		1995 年		2000 年	
	附加價值 (億元)	占比	附加價值 (億元)	占比	附加價值 (億元)	占比
電腦、電子產品及 光學製品製造業	528	0.99%	902	1.20%	1,873	1.92%
電力設備業	779	1.47%	1,132	1.50%	1,130	1.16%
電子零組件業	450	0.85%	1,065	1.41%	3,585	3.68%
機械設備業	657	1.24%	928	1.23%	1,135	1.17%
基本金屬製造業	733	1.38%	994	1.32%	1,547	1.59%
化學材料製造業	634	1.19%	953	1.26%	1,346	1.38%
整體產業	53,166	100%	75,363	100%	97,312	100%

資料來源：主計處統計資料，本研究整理。

表 3-9 我國製造業之附加價值 (2/2)

項目\期間	2005 年		2010 年		1990~2010 年 成長率
	附加價值 (億元)	占比	附加價值 (億元)	占比	
電腦、電子產品及光學製品製造業	2,875	2.48%	4,139	2.91%	10.85%
電力設備業	1,121	0.97%	949	0.67%	0.99%
電子零組件業	8,293	7.14%	19,471	13.70%	20.73%
機械設備業	1,525	1.31%	1,854	1.30%	5.32%
基本金屬製造業	1,888	1.63%	2,415	1.70%	6.15%
化學材料製造業	1,790	1.54%	2,367	1.67%	6.81%
整體產業	116,121	100%	142,103	100%	5.04%

資料來源：主計處統計資料，本研究整理。

3. 我國製造業之 CO₂ 排放趨勢

我國製造業中，電腦、電子產品及光學製品製造業之 CO₂ 排放量從 1990 年的 1,909(千公噸) 增加至 2010 年的 23,911(千公噸)，1990~2010 年均成長率為 13.47%；而電力設備業，由於我國經濟部能源局在計算 CO₂ 排放趨勢時，係將電力設備納入電腦、電子產品及光學製品製造業中，故 CO₂ 排放趨勢與其相同；而電子零組件業之快速成長也帶來能源大量的消耗，CO₂ 排放量從 2000 年的 5,954 (千公噸) 快速增加至 2010 年的 15,692 (千公噸)，其年均成長率為 10.18%；至 2010 年，機械設備業 CO₂ 排放量達到 1,283 (千公噸)，其 1990~2010 年均成長率為 3.92%；至 2010 年，基本金屬製造業之 CO₂ 排放量達到 26,374 (千公噸)，其 1990~2010 年均成長率為 4.11%；化學材料製造業之 CO₂ 排放量，從 1990 年的 9,892(千公噸)，成長至 2010 年的 37,285 (千公噸)，其 1990~2010 年均成長率稍高為 6.86%；全國整體產業隨著近幾年來經濟之快速發展，每年之 CO₂ 排放量跟著快速增加，並由 1990 年的 110,830(千公噸)，

成長至 2010 年的 254,484 (千公噸)，其 1990~2010 年均成長率則為 4.24%，見表 3-10。

表 3-10 我國製造業之 CO₂ 排放趨勢 (1/2)

項目\期間	1990 年		1995 年		2000 年	
	CO ₂ (千噸)	占比	CO ₂ (千噸)	占比	CO ₂ (千噸)	占比
電腦、電子產品及光學製品製造業*	1,909	1.72%	3,348	2.19%	10,814	5.02%
電力設備業*						
電子零組件業**	-	-	-	-	5,954	2.76%
機械設備業	595	0.54%	857	0.56%	977	0.45%
基本金屬製造業	11,776	10.63%	14,732	9.62%	23,558	10.93%
化學材料製造業	9,892	8.93%	14,293	9.33%	24,284	11.27%
整體產業	110,830	100%	153,138	100%	215,449	100%

資料來源：經濟部能源局，「我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析」，本研究整理。
註：*電腦、電子產品及光學製品製造業之 CO₂ 排放量與能源消費量資料包含電力設備製造業。

**由於電子零組件業無 1990 年與 1995 年之 CO₂ 排放量資料，年均成長率為 2000~2010 之年均成長率。

表 3-10 我國製造業之 CO₂ 排放趨勢 (2/2)

項目\期間	2005 年		2010 年		1990~2010 年 成長率
	CO ₂ (千噸)	占比	CO ₂ (千噸)	占比	
電腦、電子產品及光學製品製造業*	18,373	7.30%	23,911	9.40%	13.47%
電力設備業*	-	-	-	-	-
電子零組件業**	12,020	4.78%	15,692	6.17%	10.18%
機械設備業	1,147	0.46%	1,283	0.50%	3.92%
基本金屬製造業	23,949	9.52%	26,374	10.36%	4.11%
化學材料製造業	31,436	12.49%	37,285	14.65%	6.86%
整體產業	251,636	100%	254,484	100%	4.24%

資料來源：經濟部能源局，「我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析」，本研究整理。
註：*電腦、電子產品及光學製品製造業之 CO₂ 排放量與能源消費量資料包含電力設備製造業。

**由於電子零組件業無 1990 年與 1995 年之 CO₂ 排放量資料，年均成長率為 2000~2010 之年均成長率。

4. 我國製造業之能源消費量

我國製造業中，電腦、電子產品及光學製品製造業之能源消費量從 1990 年的 960（千公秉油當量）增加至 2010 年的 9,184（千公秉油當量），1990~2010 年均成長率高達 11.95%；而電力設備業，由於我國經濟部能源局在計算能源消費量時，係將電力設備納入電腦、電子產品及光學製品製造業中，故能源消費量與其相同；而電子零組件業因產業快速成長也帶來大量的能源消費，從 1990 年的 960（千公秉油當量）快速增長至 2010 年的 6,044（千公秉油當量），其年均成長率高達 9.64%；至 2010 年，機械設備業能源消費量達到 296（千公秉油當量），其 1990~2010 年均成長率為 2.54%；至 2010 年，基本金屬製造業之能源消費量只有 489（千公秉油當量），其 1990~2010 年均成長率為 3.24%；化學材料製造業之能源消費量，從 1990 年的 6,244（千公秉油當量），成長至 2010 年的 33,451（千公秉油當量），其 1990~2010 年均成長率達 8.75%；全國整體產業隨著近幾年來經濟之快速發展，每年之能源消費量跟著快速增加，由 1990 年的 50,987（千公秉油當量），成長至 2010 年的 120,308（千公秉油當量），其 1990~2010 年均成長率達 4.39%，見表 3-11。

表 3-11 我國製造業之能源消費量 (1/2)

項目\期間	1990 年		1995 年		2000 年	
	能源消費量 (千公秉油 當量)	占比	能源消費量 (千公秉油 當量)	占比	能源消費量 (千公秉油 當量)	占比
電腦、電子產品及光 學製品製造業*	960	1.88%	1,457	2.13%	4,331	4.72%
電力設備業*						
電子零組件業**	960	1.88%	1,457	2.13%	4,331	4.72%
機械設備業	296	0.58%	371	0.54%	386	0.42%
基本金屬製造業	3,397	6.66%	4,356	6.36%	6,786	7.40%
化學材料製造業	6,244	12.25%	9,716	14.19%	14,090	15.36%
整體產業	50,987	100%	68,475	100%	91,736	100%

資料來源：經濟部能源局，「我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析」，本研究整理。
註：*電腦、電子產品及光學製品製造業之 CO₂ 排放量與能源消費量資料包含電力設備製造業。

**由於電子零組件業無 1990 年與 1995 年之 CO₂ 排放量資料，年均成長率為 2000~2010 之年均成長率。

表 3-11 我國製造業之能源消費量 (2/2)

項目\期間	2005 年		2010 年		1990~2010 年 成長率
	能源消費量 (千公秉油 當量)	占比	能源消費量 (千公秉油 當量)	占比	
電腦、電子產品及光 學製品製造業*	6,953	6.26%	9,184	7.63%	11.95%
電力設備業*	-	-	-	-	-
電子零組件業**	6,953	6.26%	6,044	5.02%	9.64%
機械設備業	433	0.39%	489	0.41%	2.54%
基本金屬製造業	6,877	6.19%	6,422	5.34%	3.24%
化學材料製造業	24,547	22.09%	33,451	27.80%	8.75%
整體產業	111,144	100%	120,308	100%	4.39%

資料來源：經濟部能源局，「我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析」，本研究整理。
註：*電腦、電子產品及光學製品製造業之 CO₂ 排放量與能源消費量資料包含電力設備製造業。

**由於電子零組件業無 1990 年與 1995 年之 CO₂ 排放量資料，年均成長率為 2000~2010 之年均成長率。

5. 我國製造業之就業人口

我國製造業中，至 2010 年，電腦、電子產品及光學製品製造業，就業人口達 197,119 人，1990~2010 年均成長率為 1.65%；而電力設備業就業人口，至 2010 年為 124,049 人，其 1990~2010 年均成長率只有 -0.91%；電子零組件業則因產業發展快也帶來更多的就業機會，就業人口從 1990 年的 191,983 人成長至 2010 年的 534,292 人，2010 年甚至占全國產業就業人口的 5.10%，其年均成長率為 5.25%；至 2010 年，機械設備業就業人口已成長至 190,650 人，其 1990~2010 年均成長率為 2.07%；基本金屬製造業至 2010 年為 98,602 人，其 1990~2010 年均成長率為 1.00%；化學材料製造業之就業人口，從 1990 年的 59,396 人，成長至 2010 年的 62,331 人，其 1990~2010 年均成長率為 0.24 %；全國整體產業就業人口，2010 年為 10,483,000 人，其 1990~2010 年均成長率為 1.23%，見表 3-12。

表 3-12 我國製造業之就業人口 (1/2)

項目\期間	1990 年		1995 年		2000 年	
	就業人口 (人)	占比	就業人口 (人)	占比	就業人口 (人)	占比
電腦、電子產品及光學製品製造業	142,109	1.73%	145,065	1.61%	185,483	1.96%
電力設備業	148,886	1.81%	150,921	1.68%	144,525	1.52%
電子零組件業	191,983	2.34%	223,444	2.49%	356,128	3.75%
機械設備業	126,430	1.54%	150,227	1.67%	162,000	1.71%
基本金屬製造業	80,731	0.98%	93,960	1.05%	87,941	0.93%
化學材料製造業	59,396	0.72%	62,372	0.69%	71,048	0.75%
整體產業	8,214,000	100%	8,983,000	100%	9,485,000	100%

資料來源：主計處統計資料，本研究整理。

表 3-12 我國製造業之就業人口 (2/2)

項目\期間	2005 年		2010 年		1990~2010 年 成長率
	就業人口 (人)	占比	就業人口 (人)	占比	
電腦、電子產品及光學製品製造業	205,940	2.08%	197,119	1.88%	1.65%
電力設備業	120,001	1.21%	124,049	1.18%	-0.91%
電子零組件業	479,659	4.84%	534,292	5.10%	5.25%
機械設備業	177,733	1.79%	190,650	1.82%	2.07%
基本金屬製造業	89,138	0.90%	98,602	0.94%	1.00%
化學材料製造業	60,536	0.61%	62,331	0.59%	0.24%
整體產業	9,920,000	100%	10,483,000	100%	1.23%

資料來源：主計處統計資料，本研究整理。

三、我國主要產業之技術現況與其轉型方向與可能障礙

此外，本研究將於本節介紹我國電子零組件業、電腦、電子產品及光學製造業、機械設備業及電力設備業之技術現況與其轉型方向與可能障礙：

(一) 電子零組件業

本研究定義之電子零組件業，包括：光電元件產業、印刷電路板產業、被動元件產業、接續元件產業、能源元件產業等，其產業及技術現況分述如下：

1. 電子零組件業技術現況

(1) 光電元件產業

LED 依其製造，大體上可分上游磊晶成長 (Epitaxy)，中游晶粒製作 (Chips) 及下游封裝 (Packing) 三個階段。我國 LED 廠商規

模均不大，為了降低經營風險，我國產業發產型態有別於美、日、歐等的上下游垂直整合，早期我國以上中下游三階段專業分工型態為主，但自營收考量下，產業分工型態由早期上中下游參攷段分工轉行為上中下游磊晶及晶粒與下游封裝兩階段分工。目前我國 LED 下游約有 40~50 家封裝廠，但由於封裝製程人力需求高，為降低人力成本，多數廠商已至中國大陸設廠，且產能均已凌駕於台灣。

(2) 印刷電路板產業

印刷電路板之所有產品，如單面板、雙面板、多層板、HDI、軟板、IC 載板、軟硬板，國內目前都有其專業之生產廠商可以供應（如敬鵬、瀚宇博德、建鼎等供應單面板、雙面板、多層板；欣興、華通等供應 HDI；嘉聯益、台郡等供應軟板；欣興、南亞等供應 IC 載板；楠梓電、華通等供應軟硬板）。

(3) 被動元件產業

被動元件產業主要分為上游原物料業、中游被動元件製造、下游終端應用產業，是許多電力驅動產品必要的元件，目前在 3C 應用領域最多，約佔七成以上，其餘在汽車、工業及電源等。

被動元件產品雖然價格低廉，然而所需原料多為化學材料及金屬，佔全部成本比重很高，多種高階關鍵原料台灣業者仍然無法自給自足，必須透過日本進口。因此，獲利向較其他電子產業並不算太高。

被動元件最大特色是用量大，以消費性電子為例，一台 NB 需要 1,000 顆被動元件，一台智慧型手機也需要 500~800 顆。此外，由於

被動元件週期長，因此經濟規模反而是重點，如何削減成本、擴大產能及提高市場佔有率才能在這個產業生存。

(4) 接續元件產業

我國連接器產業局構可分為上游原物料、中游連接器製造、與下游應用三部份。上游主要為金屬、塑膠、電鍍液三種原物料供應商，目前連接器較普遍使用黃銅、PBT、錫鉛電鍍液皆可由國內供應商提供，而磷青銅、LCP、純錫/錫銅電鍍液等高階材料則以進口為主，但連接器業者與上游關係良好，不至於有原物料短缺等現象。中游連接器製造商泛指金屬沖壓、塑膠射出、電鍍、組立廠商，其中電鍍製程因技術與成本因素，幾乎以委外為主，而專精連接器生產或產值規模較大業者約 170 家左右。下游應用方面，我國連接器業主所聚焦應用以電腦/周邊、通訊數據、消費電子 3C 領域為主。

(5) 能源元件產業

我國電池產業主要分為上游材料、電池製造、電池組裝與下游應用等四大部分。上游材料中可約略分為正極材料、負極材料、黏結劑、基材、正負極板、電解質、隔離膜與罐體數大塊。

在中游電池製造部分主要可以分為鎳氫電池、鎳鎘電池與鋰電池三大主流，皆有不少廠商投入，目前已鋰電池最受看好，投入的廠商也最多。

下由電池組裝部份台灣廠商著墨頗深，台灣廠商多以此類為主，電池組裝大廠有新普、順達科、加百裕...等。在終端應用的部份，3C 產品製造是台灣廠商的強項，舉凡筆記型電腦與行動電話代

工，台灣廠商皆佔有重要的地位，有助於台灣電池廠商打入終端產品供應鏈。

2. 電子零組件業轉型方向與可能障礙

(1) 光電元件產業

為求 LED 照明於國內蓬勃發展並提升台灣 LED 照明產業之國際地位，台灣積極制定 LED 照明燈具產品相關標準，期望透過標準制定提升國內 LED 照明燈具品質、可靠度與安全性。

模組部分，為使終端 LED 照明燈具產品通向低價高質，台灣 LED 照明廠商追求模組一致化與共用模組，期望透過模組共用降低生產成本，並提昇產品品質。

展望未來，在 LED 晶粒技術快速進步，且價格持續下跌的趨勢下，智慧型手機的成長性對於 LED 元件產業成長性影響較低。平板電腦部份，由於使用顆數較多，且晶粒亮度規格較為嚴格，若台灣廠商能及時提供符合平板電腦使用的背光模組，進入平板電腦大廠供應鏈體系，可望提升毛利率、帶動 LED 元件產業整體成長並提高國內廠商獲利能力。

整體而言，LED 在智慧型手機成長潛力相對較低，建議可配置較多資源於平板電腦，整合供應鏈體系能量，提升國內產業獲利能力。

(2) 印刷電路板產業

電子產品未來趨勢是厚度越來越薄、重量越來越輕，在這市場需求之下，相關電子零組件需要進行技術變革，才能符合最終的輕、

薄、小的電子產品需求。

印刷電路板的產品類別眾多，無論是在於成本、面積、體積…的考量，都可提供符合需求之印刷電路板產品。面對智慧型手機與平板電腦對於體積與重量的要求之下，採用高階的 HDI 板成為必然的趨勢。同時為了減薄厚度，從原本的單一硬板模組的方式，改變為在電子產品的內部空間配置了各各硬板模組，再利用軟板來連接各各硬板模組，已達到整體電子運作的目的。所以在智慧型手機與平板電腦當中，高階的 HDI 板與軟板的比重將會逐步上升，以滿足輕、薄的需求。

(3) 被動元件產業

面對電子產品的電路設計在晶片尺寸與元件內部線路不斷縮小，面積占據最大、數量最多的被動元件如 RLC 占 75% 智慧型手機所使用的零件，朝向小型化的方向一直是產業界的發展主流。然而在被動元件製程技術上，傳統的厚膜製程已無法滿足元件小型化及元件高速、高壓等要求。因此擁有可使元件微小化及可提高精確度特性的薄膜製程成為被動元件製作的重要製程技術。

薄膜製程可創造出一些被動元件傳統厚膜製程所不易達成的目標和特性，不僅能有效縮小構裝的體積，所製成的被動元件尺寸與特性亦可獲得精準的控制，例如整合型的被動元件 (Integrated Passive Device ; IPD)，即將電阻、電容及電感元件做在同一基板或晶片上。目前國內市場已有薄膜電阻、薄膜電感產品，但在技術及量產上仍不如國外大廠如 Murata、Vishay 等。但隨著晶片元件持續朝微小化、高壓、高速、高頻及整合元件的要求下，以薄膜技術來

達成被動元件的整合性將是被動元件未來的優勢。

面對高成長的智慧行動終端產品如智慧型手機、平板電腦，對被動元件需求數量大幅增長，但由於過去被動元件一直受到產能過剩的困擾，加上 2008 年的金融風暴與 2009 年景氣不振，對於擴產計畫處於謹慎態度，直至 2010 年上半年因終端產品需求回溫，導致被動元件上半年供不應求，產能面臨吃緊狀況頻頻，到下半年才開始規劃擴廠、擴充產能，然新產能開出在 2011 年才會逐步顯現，因此對於國內業者而言，為避免再次面臨產能吃緊、供需不平衡狀況，應密切追蹤行動終端產品供需情況，以降低產能過剩或吃緊的風險。

其次，則是建議加速薄膜製程技術的腳步，由於薄膜技術的技術門檻較厚膜技術高，因無法快速切入此製程，加上目前國內業者著墨不深，國內具備薄膜技術的被動元件製造商不多，但對於智慧行動終端產品功能日益強大，外觀亦趨向輕薄，晶片元件的微小化、高精準度及元件整合的是必然的趨勢，因此薄膜製程技術將是製造應用於智慧行動終端產品的中高階被動元件不可或缺的要角，更有助於提升國內業者與日、美國際大廠間的競爭力。

(4) 接續元件產業

因應智慧行動終端產品發展趨勢，國內業實須伺機投入毛利較高之平台產品，透過拉高元件單價方式，以提高毛利的途徑降低產值衰退之風險。

其次，則是建議加速佈署智慧手機所需 fine pitch、high speed I/O 產品，特別是在三網融合趨勢下，智慧型手機對於影音傳輸頻寬與外觀輕薄短小的要求勢必與日俱增，故將研發資源佈署在細間距與

高頻寬兩大技術重點，方可符合未來產業長期發展趨勢。

(5) 能源元件產業

由於高分子鋰電池在智慧型手機及平板電腦的應用增加，勢必帶動更多電池廠商投入高分子鋰電池的研發及生產，過去主要供應商集中在日本 Sony 及中國大陸新能源科技，未來韓國 SDI 則也開始計劃供貨。

雖然鋰高分子電池並不是行動裝置最為核心的零組件，所佔成本比例也非常大，但鋰高分子電池由於採用固態電解質，可以厚度 1~2mm 的金屬箔包裝，因此雖然能量密度比鋰離子電池為低，但未來仍為智慧行動終端之首選。

(二) 電腦、電子產品及光學製造業

1. 電腦、電子產品及光學製造業技術現況

台灣電腦、電子產品及光學製造業長期聚焦於代工製造之業務型態，為降低成本，廠商不斷在全球各地追求廉價的生產要素（如勞工、土地等），以擴大經濟規模。許多產品雖擁有高全球市占率，但毛利率頻創新低，產業附加價值率亦逐年下降，如何調整轉型以提升產業附加價值，為現階段當急之務。

近幾年我國製造業產值雖逐年提高，但附加價值率卻不斷降低，技術貿易逆差金額也逐年擴大，使得人均國民所得停滯不前，引發大家對產業發展前景之疑慮。從我國產業結構來觀察，金融海嘯爆發蔓延，受到歐美主要國家經濟衰退、失業率大幅攀升影響，我國出口與經濟發展嚴重衰退，其幅度比先進國家更為巨大。進一

步分析，導致我國整體經濟及製造業生產與出口活動深受國際景氣環境影響之關鍵因素，主要在於以下幾點：出口多集中於中上游產品，市場需求掌握能力較弱；企業多數聚焦於生產製造，價值活動兩端比例較低；終端產品自有品牌比例不高，出海口掌握較為不足

2. 電腦、電子產品及光學製造業轉型方向與可能障礙

經歷過金融海嘯的襲擊及各國政府的救市措施，2010 年全球經濟已逐漸恢復生機，展望 2011 年雖亦有不確定的風險，但多數研究機構認為全球經濟仍可望有平穩的發展，而資通訊產業在此基礎下亦將維持成長的力道。根據資策會 MIC 的研究顯示，2011 年全球資通訊產業發展將呈現出「低碳、智慧、平板、平台、App 市場、3D、體感、雲端、社群及 4G」等十大旋風，廠商應運用各自優勢積極掌握產業發展契機。然電腦、電子產品及光學製造業之轉型仍可能面臨障礙如下：

(1) 我國工業基礎不夠穩固，科技應用整合能力有限

過去因資訊需求市場多源自於歐美，因此標準與技術多是由歐美廠商所主導，而我國因缺乏主導性領先技術，加上科學基礎能力薄弱，難以帶動科技的健全發展。尤其，因欠缺關鍵的產業基礎技術，台灣廠商一直無法掌握價值鏈中價值分配角色，不僅供應鏈產銷無法順暢，也不易有效擴大市場影響力。

有鑒於此，應針對工業基礎技術進行前瞻性的研究，建立國家中長期產業技術前瞻規劃機制，並於政府重要施政及科專計畫予以落實。其次，應進行產業領域的篩選以聚焦深耕發展，嘗試找出電子、機械、材料、化學等領域工業發展所欠缺的關鍵基礎技術項目

以進行研發與技術深耕。最後，應配合產業整體發展之目標與方向，重新定位學術與研究機構之角色與任務，並建立相關配套與調整制度以強化產學研合作。

(2) 系統整合及服務能量薄弱，難以創造更高的附加價值

觀察全球市場發展趨勢，系統與服務已成為市場發展主力，且成為價值創造主要來源，全球企業無不集中資源，著力系統與服務能量的提升。但評估台灣產業現況，因長期代工業務為主，加上聚焦於終端產品製造，對於生活脈絡及市場需求掌握不足，且缺乏系統整合與服務能量，因此難以提供客戶完整的解決方案。

在此兩岸情勢和緩、ECFA 簽訂之際，應以台灣或大陸內需市場為試煉場域，積極輔導提升企業系統整合能量，並伺機擴大外銷至全球市場。同時，政府應協助本土業者與異業或國際大廠進行策略結盟，發展創新應用服務，以強化整體產業價值鏈，並建構具顧客價值及可獲利之營運模式，逐漸累積市場實績，以穩固國際市場行銷基礎。

從健全產業發展的角度來看，如何調整中上游產品出口比重，強化產業價值鏈活動兩端的掌握與投入，如設計、通路及品牌，以創造與提升產業整體附加價值，並防範及減低下一波海嘯來襲的衝擊，應是未來產業發展需要嚴肅思考的重要議題。

觀察未來資訊產業發展方向，將會由以往強調「設計 (Design)、效能 (Performance)、速度 (Speed)、成本 (Cost)」的「產品力」導向，轉向以訴求「裝置 (Device)、平台 (Platform)、軟體應用 (Software/Service)、內容 (Content)」的「價值力」提升。是故，

為加速台灣資訊產業價值之提升，應將該產業發展方向，提供予政府作為往後政策制訂與產業發展之參考依據。

(三) 電力設備業

1. 電力設備業技術現況

本研究定義之電力設備業，主要為新興能源產業，包括：太陽光電產業、風力發電產業、氫能與燃料電池產業等，其產業及技術現況分述如下：

(1) 太陽光電產業

台灣由於內需市場極小，太陽光電廠商外銷比例高於 90%，且台灣廠商過去並不十分瞭解各地應用市場的情況，只專注於製造產品，這樣的經營模式未來將日益艱困，目前全球各地的製造大廠紛紛往下游系統整合發展，故台灣廠商不能自外於全球的發展趨勢，需對於下游應用市場的發展更加了解。而目前台灣太陽光電產業鏈高度偏重於電池製造，極度缺乏上游矽材供應與下游系統通路的能力，於國外主要廠商相比，產業垂直整合程度較低、規模亦較小。

(2) 風力發電產業

台灣儘管風資源豐富，但因土地資源相當有限，內需市場極小，因此風力發電產業都以外銷為主，占了 90% 以上。台灣廠商以零件製造為主，因風力機相關零組件不易運輸，台灣供應市場主要在中国大陸，因此主要廠商均已至中國大陸設廠，台灣產值將近九成來自於海外產值。

(3) 氫能與燃料電池產業

台灣燃料電池廠商大多數公司規模在三十人以下，研發人員在十人以下，現階段燃料電池產業標準化程度仍低，而燃料電池有機會應用的領域甚廣，各廠商之間產品差異度相差很大，廠商主要投入項目以系統應用為大宗，包括教具開發及其產品供應商與經銷商、燃料電池性能測試設備製造商、UPS 與備用發電機組、各式用途之電動輪椅與燃料電池機車及可攜式電子產品等。

2. 電力設備業轉型方向與可能障礙

(1) 太陽光電產業

在 2009 年，因太陽光電投資的報酬遠高於原先政策所規劃，引發了搶裝潮。然而 2010 年 7 月起，歐洲太陽光電政策補助逐步緊縮，歐洲市場緊縮的空缺將由美國和亞洲新興市場填補。目前而言，太陽光電產業面臨「供大於需」的狀態，亦導致產品價格跌落。

面對全球愈來愈多大陽光電廠商的投入，國內產品技術必須不斷提升，始能於國際市場上競爭，控動太陽光電系統設置普及。台灣在矽晶電池已發展數十年，相關技術和半導體製程技術相容，具有技術發展能量優勢，但光電轉換效率與國際尚有差距。因此現階段迫切需快速導入之技術包括：開發低成本高效率矽晶太陽電池與模組技術開發、高效率矽薄膜太陽電池與模組技術開發、模組效率提升、系統效能提升與併網技術研究。

另外，如聚光型高效率化合物半導體太陽電池技術開發、染料敏化太陽電池與封裝技術開發等，尚未達量產水準的技術，適合學術基礎研究佈局未來導入。

(2) 風力發電產業

台灣過去風力發電產業以零組件為主，但東元開發出 2MW 風力機系統後，台灣產業鏈已趨完整，未來技術開發有幾個方向：

- A. 由零組件往系統發展；
- B. 由小系統往大系統發展；
- C. 由陸域往離岸發展。就發展時程而言，首先發展關鍵元件技術（控制系統、電力轉換器、齒輪箱、葉片等），其次為發展系統整合技術，最後發展離岸風力機技術。

(3) 氫能與燃料電池產業

台灣氫能與燃料電池產業仍處於萌芽期，技術開發與改進仍為現階段主要產業活動。目前 PEMFC、SOFC、DMFC 等各種技術發展趨勢不盡相同，但是主要是朝向提高產品效率、簡化設計、降低製造成本、提高耐久度等方向發展。

(四) 機械設備業

1. 機械設備業技術現況

台灣機械設備業歷經了六十年的歷史，發展迄今無論在國內市場或國際市場上已占有舉足輕重之地位，且對產業界之發展、整體製造水準之提升，重要性亦逐年加重，亦靠著技術的突破與創新，融合了電子、機械、光電、材料、物理等多方面專業科技。

此外，台灣機械設備業的發展，實與各區域之產業發展型態有著密不可分之關係，如中部在鑄鐵、機械粗精加工及零組件上形成一強大的支援供應體系，造就了工具機以台中為發展中心；而彰化、

台南紡織業的蓬勃發展亦造就了這兩個地方紡織機械之茁壯，此外尚有台南的塑膠機械、豐原的木工機械、岡山的螺絲螺帽加工機械業、高雄與桃園的化工機械、花蓮的寶石加工機械設備業等，使台灣機械工業在地理分佈上有著不同的差異產品發展及特色。

2. 機械設備業轉型方向與可能障礙

2010 年全球景氣普遍復甦造成機械設備投資需求暴增，關鍵零組件出現嚴重缺貨的現象，故大幅提高台灣機械零組件企業的國際能見度，然亦造成零組件取得成本上升，因此建構穩健的零組件供應體系對台灣而言是當前產業發展的首要重點，建議應將控制系統與驅動系統列為重點項目，透過機械關鍵零組件的科技研發補助，將研發成果予以產業化。

台灣高科技設備已逐步具備取代國外進口並進軍國際市場的能力，如印刷電路板機械鑽孔機已取代日本成為最重要的機械供應國，乘勝追擊，進一步跨入雷射鑽孔機的市場前進。以此模式，建議台灣高科技生產設備發展應採取比較優勢的策略，將重點調整到機械加工與智慧自動化的區塊發展，而電、光、化學加工受制於基礎科技的不足，是台灣發展的比較劣勢，需要比較長期的科技研發投資。

然在轉型過程中，我國機械設備業之可能面臨如下障礙：

(1) 95%以上屬中小企業經營規模

國內投入機械設備業的規模，在大廠衍生小廠，小廠又衍生小小廠的狀況下，95%的業者所僱員工人數在 100 人以下，其中 50 人

以下的業者規模更占在 95% 以上；另就營業收入分析，近 90% 的業者年營業收入在 5,000 萬元新台幣以下；再就主要業別平均員工人數統計大多在 20 人以下，顯示廠商林立數與規模不成比例，而這樣與機械工業員工流動率高、業界產品同質性高、技術不易累積相關聯。

(2) 生產型態不一，且大多以組裝為主

由於國內在機械零組件方面供應體系尚稱完整，然業界大多為中小企業經營，在財力、人力、物力及技術突破受限下，整體業界生產型態不一，有專業產製某領域之機械者、維修者，亦有兼業生產技術相關聯之多項領域之機械設備者，亦有機械設備與下游應用產業一起從事者，而分析這些業者中，大多數又以組裝為主，整體業界之生產型態不一而定，而從上游零組件至整機製造全部投入之廠商，幾乎少之又少。

(3) 欠缺資訊流通及有價觀念

國內機械工業廠商，由於大多數業界經營面的保守與封閉，再加上與機械工業相關之資訊有限下，造成資訊流通之情況相當不普遍，且由於資訊面少流通，業者少有資訊收集上成本投入之認知，造成多數業者欠缺資訊有價之觀念，如此有價觀念與訊息的流通程度相互關聯循環，造成現階段機械工業業界對產業動態訊息仍然無法有效掌握之缺點。

肆、長期產業結構趨勢預測（含 2020 年及 2025 年）

一、我國未來長期社經基線之建置

（一）我國經濟成長之貢獻因素

1. 支出面因素對我國經濟成長的貢獻

國內生產毛額依支出可分為國內需求與國外需求，其中國內需求包含消費、固定資本形成、存貨等方面；國外淨需求則是指商品及服務輸出與輸入。依據行政院主計總處按照支出類別劃分的國內生產毛額實質成長率統計顯示(詳見表 4-1)，在 2001 年與 2008-2009 年時，由於分別受到網路泡沫化與金融海嘯影響，衝擊了消費、消費、固定投資與對外貿易，使其呈現負成長，尤其是商品及服務輸出與輸入方面，衰退幅度更嚴大，2001 年時商品及服務輸出負成長 8.60%，商品及服務輸入負成長 14.75%，而 2009 年時商品及服務輸出、輸入分別成長-8.68%、-13.10%。

根據近期主計總處資料，2011 年前 3 季民間消費成長率均在 3% 以上，惟國內景氣趨緩影響消費者信心，2011 年第 4 季成長率僅 0.98%，合計 2011 全年成長 2.95%，但 2012 年隨著勞動市場情況逐漸改善，預期民間消費成長 2.72%。2011 年固定投資在 2010 年成長率達 23.99% 的情況下，轉為負成長 3.79%，其中民間投資成長率為 -2.35%，公營事業投資成長率為 -14.32%，政府投資成長率為 -5.41%，預期 2012 年民間投資負成長 1.16%，政府因無重大公共工程投資，將負成長 10.22%，合計固定投資成長率為 -2.46%。對外貿易方面，由於全球經濟成長放緩，進出口貿易量較 2011 年減弱，預測 2012

年商品與服務輸出成長 4.38%，輸入成長 0.90%。

表 4-1 國內生產毛額實質成長率—依支出分

單位：%

年度	經濟成長率	國內需求								國外淨需求		
		小計	民間消費	政府消費	固定資本形成毛額			存貨增加	小計	商品及服務輸出	商品及服務輸入	
					民間	公營	政府					
2001	-1.65	--	0.98	1.86	-17.91	-22.98	-0.06	-9.22	--	--	-8.60	-14.75
2002	5.26	--	3.26	1.55	1.12	7.12	-2.58	-13.18	--	--	11.37	6.21
2003	3.67	--	2.91	-1.23	-0.11	1.93	-4.70	-4.47	--	--	10.23	7.68
2004	6.19	--	5.17	0.57	13.96	25.62	-20.60	-9.59	--	--	15.40	17.50
2005	4.70	--	2.90	0.19	2.66	1.53	14.77	2.82	--	--	7.78	3.16
2006	5.44	--	1.49	-0.71	0.07	3.31	-8.61	-11.21	--	--	11.41	4.57
2007	5.98	--	2.08	2.09	0.55	1.36	1.57	-4.46	--	--	9.55	2.98
2008	0.73	--	-0.93	0.83	-12.36	-15.58	-1.98	1.18	--	--	0.87	-3.71
2009	-1.81	--	0.76	4.01	-11.25	-18.15	2.14	15.94	--	--	-8.68	-13.10
2010	10.72	--	3.67	0.58	23.99	33.84	8.00	-3.10	--	--	25.56	28.23
2011	4.03	--	2.97	1.86	-3.89	-2.47	-14.32	-5.40	--	--	4.53	-0.68
2012 (f)	1.66	--	1.58	0.75	-2.81	-1.03	-5.03	-10.64	--	--	0.29	-1.77
第 1 季(r)	0.40	--	1.44	2.74	-10.24	-9.03	-14.88	-17.01	--	--	-3.32	-6.86
第 2 季(p)	-0.18	--	0.76	2.41	-5.24	-2.21	-14.49	-16.11	--	--	-2.00	-3.70
第 3 季(f)	1.99	--	1.60	0.01	0.31	2.19	-8.36	-5.77	--	--	2.38	1.58
第 4 季(f)	4.23	--	2.47	-1.49	3.85	6.10	7.86	-6.24	--	--	3.88	2.13
2013 (f)	3.67	--	2.90	-0.14	1.81	3.18	-2.15	-3.79	--	--	4.27	2.59
第 1 季(r)	4.79	--	2.83	0.95	4.54	4.83	8.20	0.84	--	--	5.46	2.80
第 2 季(p)	4.09	--	3.14	-0.36	1.36	1.94	3.97	-3.23	--	--	5.24	2.57
第 3 季(f)	3.39	--	2.93	-0.20	0.79	2.18	-2.56	-5.66	--	--	3.88	1.96
第 4 季(f)	2.55	--	2.70	-0.75	0.91	3.93	-8.81	-5.13	--	--	2.73	3.04

註：(r) 表修正數，(p) 表初步統計數，(f) 表預測數

資料來源：行政院主計總處 (101.08.17)，國民所得統計及國內經濟情勢展望。

消費、固定投資、對外貿易對經濟成長率之貢獻度如表 4-2 所示，2011-2012 年民間消費對經濟成長率之貢獻均低於 2010 年，顯示內需消費市場持續轉弱。近兩年固定投資明顯較 2010 年降溫，預期 2012 年民間投資貢獻度減少 0.15 個百分點、政府投資減少 0.27 個百分點。對外貿易方面，2010 年隨著經濟由谷底復甦商品及服務輸出、入貢獻度相當高，分別為 16.76 個百分點、14.36 個百分點，但 2012

年由於經濟前景尚未明朗，貿易成長力道減弱，預期商品及服務輸出、入對經濟成長率的貢獻僅 3.26 個百分點、0.50 個百分點。

表 4-2 對經濟成長率之貢獻

單位：百分點

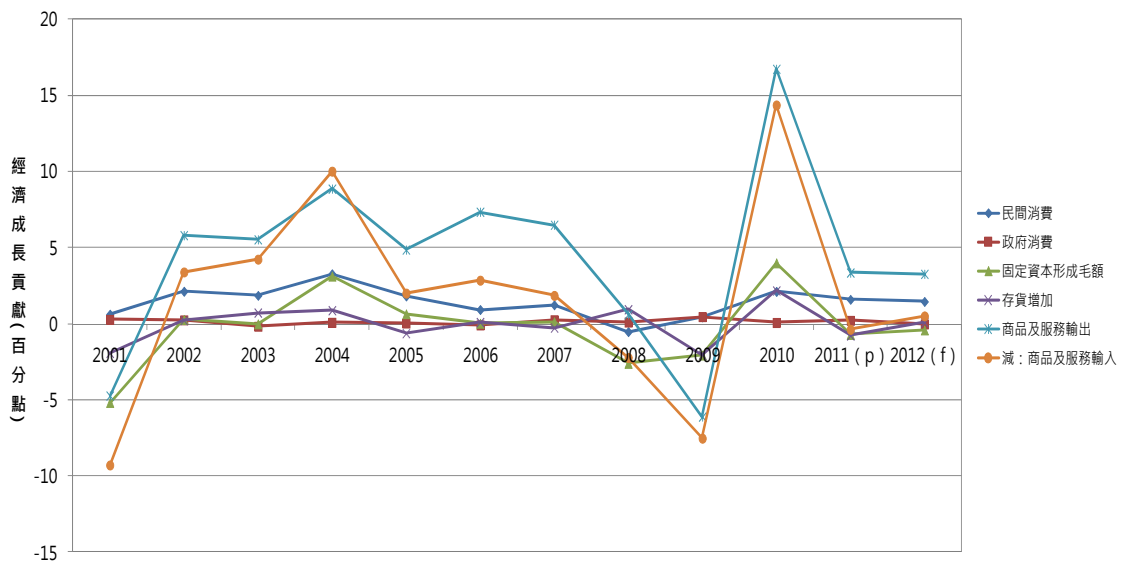
年度	經濟成長率	國內需求								國外淨需求		
		小計	民間消費	政府消費	固定資本形成毛額			存貨增加	小計	商品及服務輸出	減：商品及服務輸入	
					民間	公營	政府					
2001	-1.65	-6.21	0.62	0.27	-5.18	-4.59	0.00	-0.59	-1.93	4.56	-4.73	-9.29
2002	5.26	2.84	2.12	0.24	0.27	1.11	-0.07	-0.77	0.22	2.42	5.81	3.39
2003	3.67	2.37	1.85	-0.18	-0.02	0.31	-0.11	-0.22	0.72	1.30	5.53	4.23
2004	6.19	7.34	3.27	0.08	3.12	4.01	-0.46	-0.43	0.88	-1.15	8.86	10.01
2005	4.70	1.85	1.81	0.03	0.64	0.28	0.25	0.11	-0.63	2.86	4.86	2.00
2006	5.44	0.95	0.92	-0.09	0.02	0.59	-0.16	-0.42	0.1	4.49	7.34	2.85
2007	5.98	1.34	1.23	0.25	0.12	0.24	0.02	-0.14	-0.27	4.65	6.49	1.85
2008	0.73	-2.11	-0.53	0.10	-2.61	-2.62	-0.03	0.03	0.94	2.84	0.61	-2.23
2009	-1.81	-3.24	0.43	0.46	-2.07	-2.56	0.03	0.45	-2.05	1.42	-6.11	-7.53
2010	10.72	8.35	2.11	0.07	3.99	3.97	0.12	-0.10	2.17	2.37	16.73	14.36
2011 (p)	4.04	0.31	1.59	0.21	-0.71	-0.33	-0.21	-0.16	-0.78	3.72	3.35	-0.38
2012 (f)	3.85	1.09	1.45	-0.03	-0.42	-0.15	0.00	-0.27	0.08	2.76	3.26	0.50

註：1. (r) 表修正數，(p) 表初步統計數，(f) 表預測數

2. T 年 (季) X 項貢獻 = $(rx_T - rx_t) / rGDP_t \times 100\%$ ；其中 rx 為 "X 項實質生產毛額"； $rGDP$ 為 "實質 GDP"；T 及 t 分別代表 "本期" 及 "上年同期"

資料來源：行政院主計總處 (101)，國民所得統計及國內經濟情勢展望。

由圖 4-1 可知，歷年商品及服務輸出的成長率均較民間消費、政府消費、固定資本形成、存貨為高，商品及服務輸出與輸入兩相抵銷後對經濟成長率的貢獻度依然相當大。整體而言，自 2000 年以來台灣經濟成長率主要仰賴對外貿易支撐，消費、投資等國內需求對經濟成長率的貢獻度均低於國外淨需求，其中又以出口的貢獻度最大，因此在需求結構上相當依靠出口。



資料來源：主計處（101），國民所得統計及國內經濟情勢展望，本研究整理。

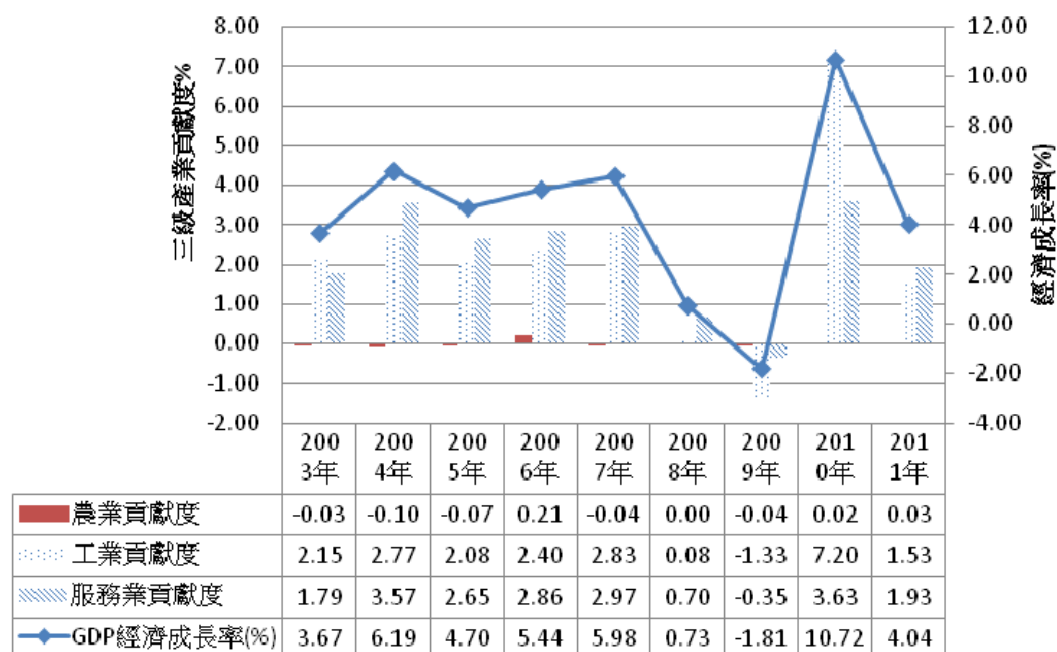
圖 4-1 各類支出對經濟成長率之貢獻

2. 三級產業對我國經濟成長的貢獻

而以三級產業對我國經濟成長的貢獻度來看，波動最大期間為 2008-09 年世界金融海嘯，早成全球生產力下降，直到 2010 年隨全球景氣復甦，國內經濟強勁反彈，全年經濟成長達 10.7%，表現優異。就三級產業對 2010 年經濟成長貢獻觀察，工業因製造業在國際科技大廠持續釋單帶動下，對經濟成長貢獻 7.2 個百分點；服務業受惠於外貿動能提升及金融市場交易活絡，對經濟成長貢獻 3.6 個百分點；農業則因生產規模逐漸式微，對經濟成長貢獻有限。2011 年全球景氣漸舒緩，三級產業貢獻度分別為 0.03%、1.5%、1.9%。

傳統的經濟發展歷程中，一國的經濟發展起點開始以農業為主，但隨著工業化程度的加深，工業部門的比重會逐漸增加，因而產生對服務業的引申需求，使得服務業部門的比重亦不斷上升，且

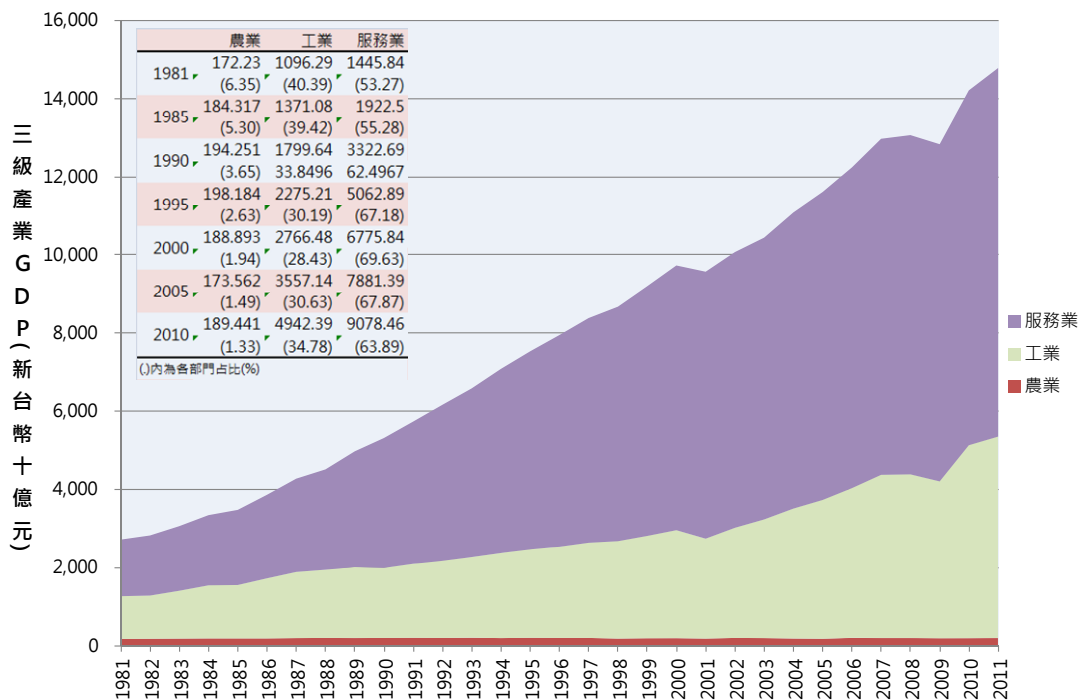
經濟發展至某一水準，製造業的成長必定會下降，最終會使服務業成為經濟發展的主力。



資料來源：主計處，本研究整理。

圖 4-2 我國三級產業貢獻度

三級產業及製造業佔實質 GDP 比重變化趨勢如圖 4-3 所示。自 1986 年至 2000 年三級產業結構明顯傾向服務業，同一時期製造業佔實質 GDP 比重則持續下跌，使得工業部門佔實質 GDP 比重亦下跌。但 2001 年起至 2007 年在政策引導及高科技產業蓬勃發展下，產生轉向製造業的情況，因而帶動整體工業部門佔實質 GDP 比重向上提升，同一時期服務業佔實質 GDP 比重則微幅下降，顯示這段期間國內製造業生產活動較其他業別更為活躍。

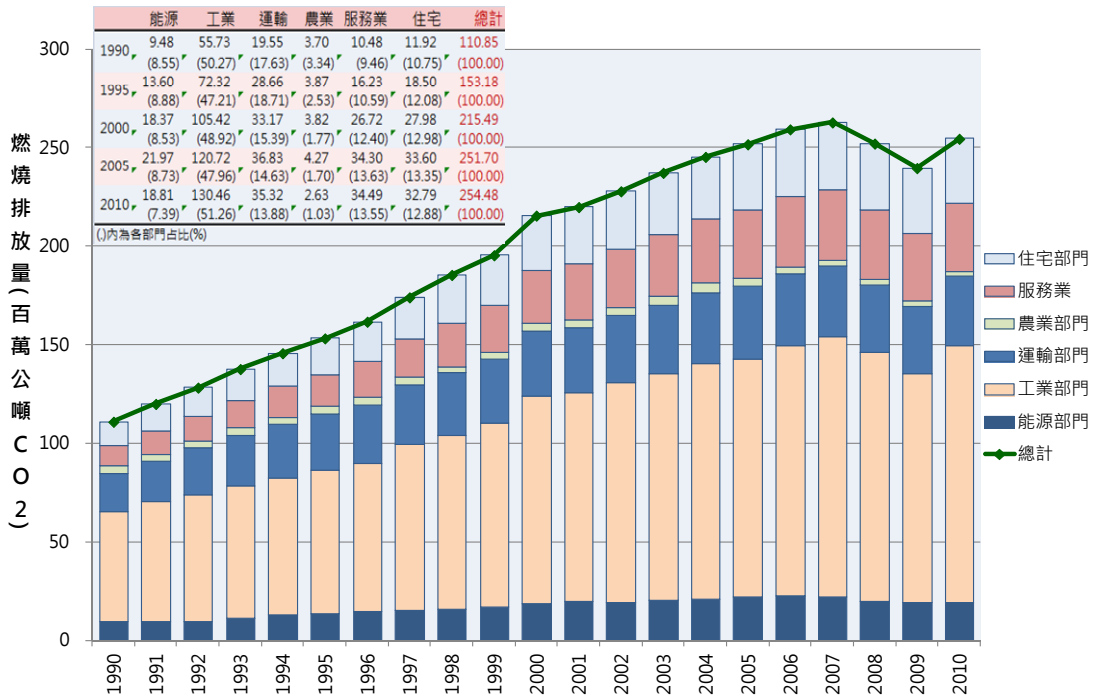


說明：三級產業結構資料採用以 2006 年為基期之產業國內生產毛額計算而得。資料來源：行政院主計總處，中華民國統計資訊網，歷年各季國內生產毛額依行業分 (<http://www.stat.gov.tw/ct.asp?xItem=14616&CtNode=3564&mp=4>)；本研究整理。

圖 4-3 三級產業結構變動趨勢

3. 三級產業對我國 CO₂ 排放的貢獻

1990 年至 2007 年全國燃料燃燒 CO₂ 排放量呈現穩定成長趨勢，並未明顯隨 GDP 波動而稍有抑減，直到 2008 至 2009 年間才出現明顯的下跌，隨後旋即回升，但並未回到 2008 年以前的排放水準。由歷史排放資料無法判定 CO₂ 排放量與經濟偶發事件之關聯性，但就長期趨勢而言，兩者皆呈現逐年上升而成長率逐年遞減的趨勢。



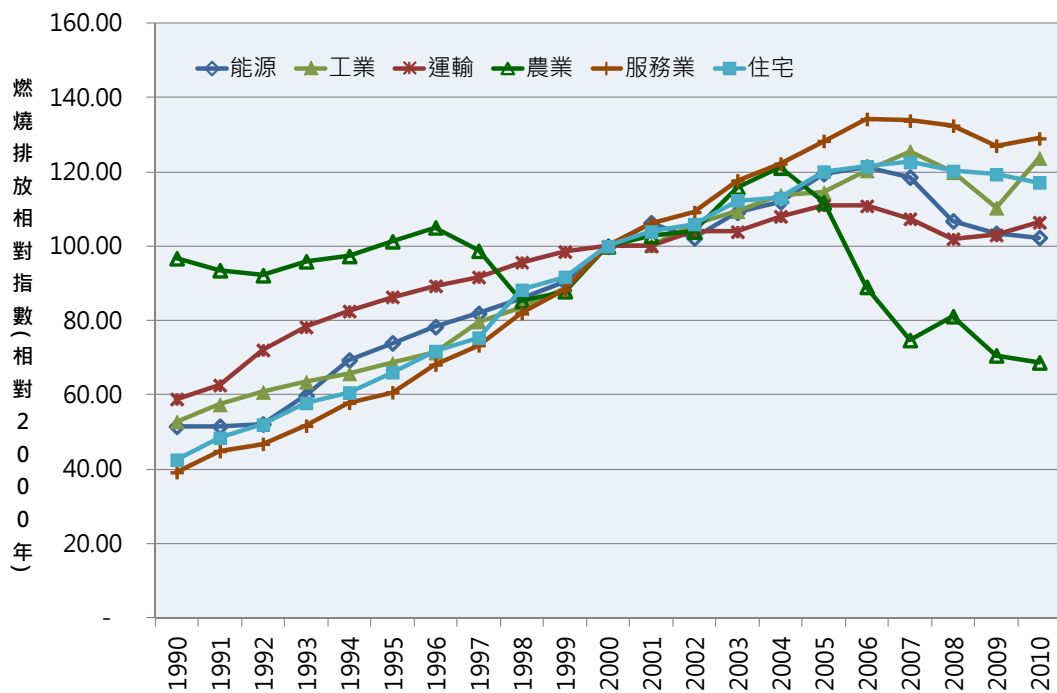
說明：原能源部門煉焦工場/煤製品業、高爐工場排放量歸屬工業部門。

資料來源：經濟部能源局，我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析。

圖 4-4 部門 CO₂ 燃燒排放量歷史趨勢

2010 年全國之 CO₂ 總排放量提升至 254 百萬公噸，較 2005 年增加 2.79 百萬公噸，較 2000 年增加 39 百萬公噸。1990 年至 2010 年間，除農業部門外，其他部門燃料燃燒 CO₂ 排放皆呈成長趨勢，其中能源部門與運輸部門成長率具逐減收斂趨勢，工業、服務業、住宅等部門則相對穩定成長（如上圖 4-4）。

若以 2000 年為比較基準，計算各部門歷年排放量與 2000 排放水準之相對指標，則可觀察部門間排放成長趨勢之差異。除了農業部門於 2004 年起逐年下降外，各部門皆呈成長趨勢。其中又以服務業排放成長速度最快，運輸部門成長速度較緩，住宅部門、工業部門與能源部門則介於兩者之間（圖 4-5）。



說明：原能源部門煉焦工場/煤製品業、高爐工場排放量歸屬工業部門。

資料來源：經濟部能源局，我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析。

圖 4-5 部門 CO₂ 燃燒排放相對指數

(二) 基準情境設定

適宜的基準情境內涵與基線校準，是評估能源永續發展政策前至為關鍵的基本工作，惟有掌握各重要變數(包括 GDP 成長率、CO₂ 排放量、能源需求結構等)之基線，方能提供政策評估適當的比較基準 (benchmark)。基準情境設定項目主要包含：(1) 總要素生產力平均每年成長 1.84%；(2) 自發性能源技術進步率每年 0.4%；(3) 經建會之人口數中推計；(4) 國際能源價格波動；(5) 汽電共生裝置容量；(6) 再生能源裝置容量。設定項目列於表 4-3，設定內容說明於下，細節則參閱附錄一。

表 4-3 基準情境設定與說明表

基準情境	說明
總要素生產力	參酌主計處推估之總要素生產力成長趨勢，設定未來總要素生產力，約平均每年成長 1.84%。
自發性能源使用效率提升	能源使用效率為能源投入與產業產出之關係，代表能源使用的技術水準，在基準情境中假設此技術水準存在自發性的進步率，為平均每年提升 0.4%。
人口數	參考經建會 2012 年公布之「2012 年至 2060 年臺灣人口推計」報告中，臺閩地區總人口數中推計值（圖 4-6）。
國際能源價格	國際能源價格採用台綜院（2012.03）年推估之燃煤、原油、天然氣價格（圖 4-7）。
汽電共生裝置容量	假設汽電共生裝置容量於 2020 年達到 10GW，2025 年達到 11GW。
再生能源裝置容量	假設再生能源裝置容量至 2020 年達 6.1GW，2025 年達 9GW。

資料來源：本研究。

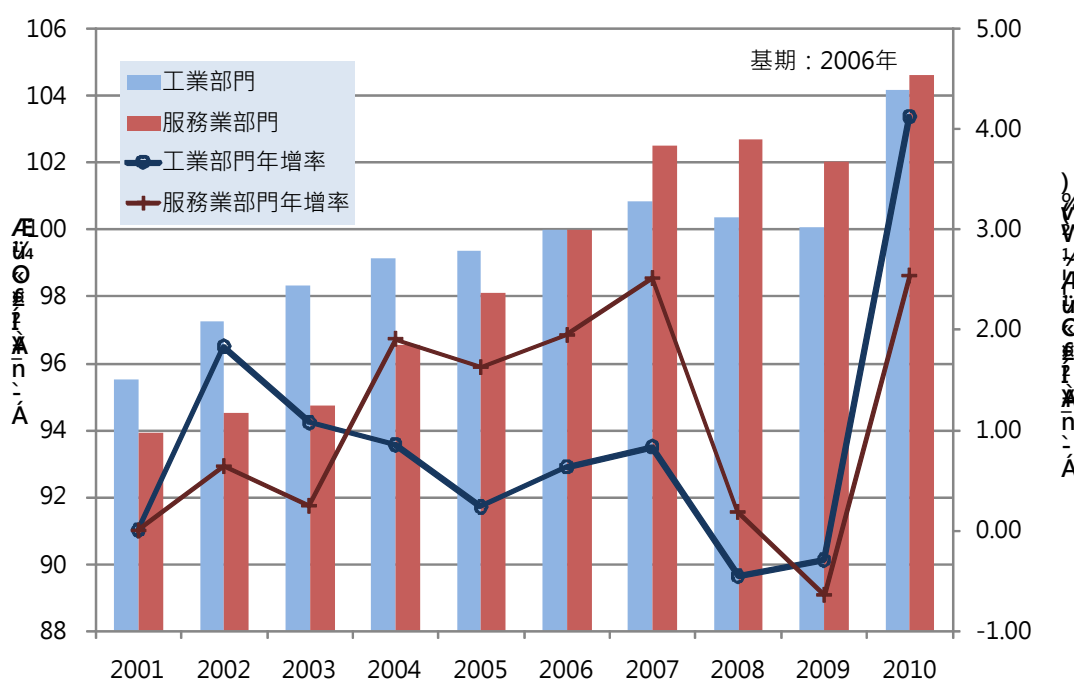
1. 總要素生產力

總要素生產力為經濟成長之重要動力來源，一般而言，總要素生產力定義為單位原始投入（包括勞動、資本）之產出，但因模型採巢式結構設定生產函數，該項參數並非可由投入與產出直接計得，是故本研究除蒐集歷史指數資料參考，還必須以校準方式，修正此項參數，以確保模型能掌握實際的重要經濟數據。

整體而言，本研究係以依據主計總處多因素生產力統計之各部門總要素生產力資料，設定本案總要素生產力長期成長趨勢。

就工業及服務業大分類趨勢觀察（下圖 4-6），除了 2008 至 2010

年因國際經濟與金融市場造成景氣巨幅變化外，工業部門總要素生產力年增率呈現逐漸遞減現象；服務業部門則在 2007 年以前快速成長，2007 年之後因前述國際情勢影響，成長率驟降，但整體而言服務業仍處於總要素生產力快速成長階段。



資料來源：行政院主計總處，多因素生產力統計。

圖 4-6 我國多因素生產力統計

整體而言，服務業總要素生產力成長趨勢仍高於工業部門。工業部門 2001 至 2010 年指數年均增加率約為 0.97%，2001 至 2007 年指數年均增加率約為 0.90%。服務業部門 2001 至 2010 年指數年均增加率約 1.20%，2001 至 2007 年指數年均增加率約 1.47%。

基準情境假設在延續過去產業結構發展趨勢，同時考慮成熟經

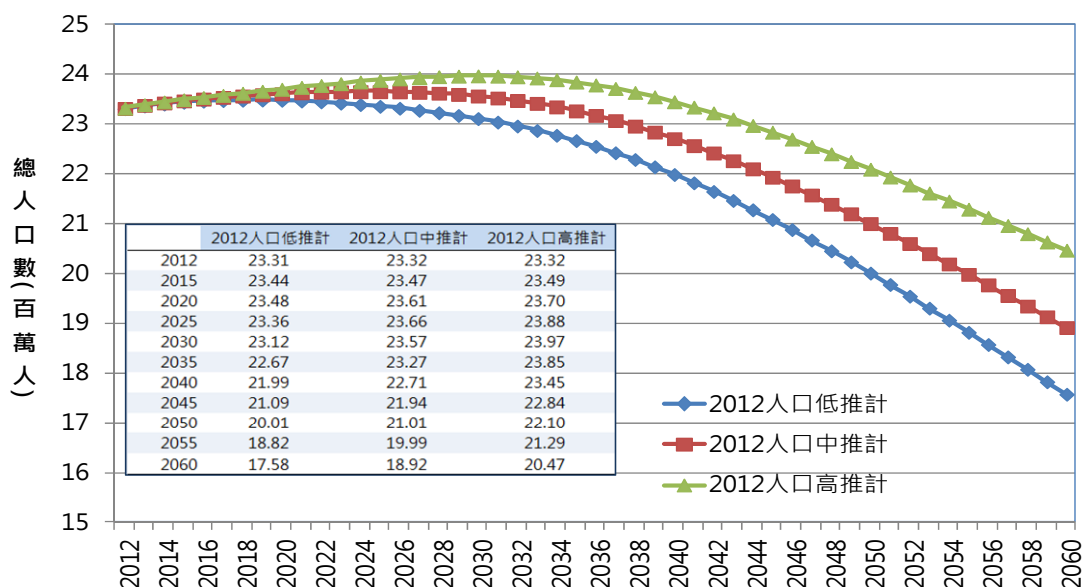
濟體經濟成長將逐漸趨緩的情況下，假設未來工業部門總要素生產力年增率將逐年遞減，設定成長幅度則在 1.2%~0.8%之間；服務業總要素生產力年增率同樣逐年遞減，但成長幅度約為工業部門年增率之 1.2 至 1.7 倍之間。故整體產業的總要素生產力平均年成長率為 1.84%。

2. 自發性能源使用效率提升

模型中定義為能源之偏向技術參數，代表能源使用技術水準，技術水準的不同，影響能源投入與生產產出之關係。模型在基準情境中假設能源技術存在自發性技術進步，即在沒有外力干擾下（如政策誘導、市場驅動等因素）因為經驗、訊息散播與知識的累積所自發產生的技術提升，進步幅度假設為平均每年提升約 0.4%。

3. 人口數

本研究之全國人口數採用經建會 2012 年推估之「2012 年至 2060 年臺灣人口推計」報告，並彙整於圖 4-7。低、中、高推估結果，人口數分別於 2019 年（23.49 百萬人）、2024 年（23.66 百萬人）、2030 年（23.97 百萬人）達到高峰，其後持續減少，至 2060 年分別降為 17.58 百萬人、18.92 百萬人、20.47 百萬人。鑒於經建會高、中、低人口推計差異主要來自生育率假設，而我國我國生育率目前正處於面臨上升、回穩或持續低落之轉型關鍵，為求模型之穩健與合理估計，本案採取中推計之人口數。



資料來源：經建會（2012），2012年至2060年臺灣人口推計報告。

圖 4-7 人口數推估值

4. 國際能源價格

由於模型採小國假設，故對於國外部門之處理，特別是國際市場均衡價格，多以外生給定，因此必須蒐集其他研究所做預測，做為輸入模型之基礎資料。目前模型採用的國際能源價格預測資料為台綜院（2012.03）推估結果，推計 2011 至 2030 年每年之原油、燃料煤、原料煤、與天然氣資料。計算結果如表 4-4 所示，原油價格於 2016 年以前呈現快速成長，2016 年之後轉為平穩成長趨勢，燃料煤、原料煤與天然氣價格則逐年上漲，而天然氣上漲速度又高於原油。

表 4-4 國際能源價格預測值

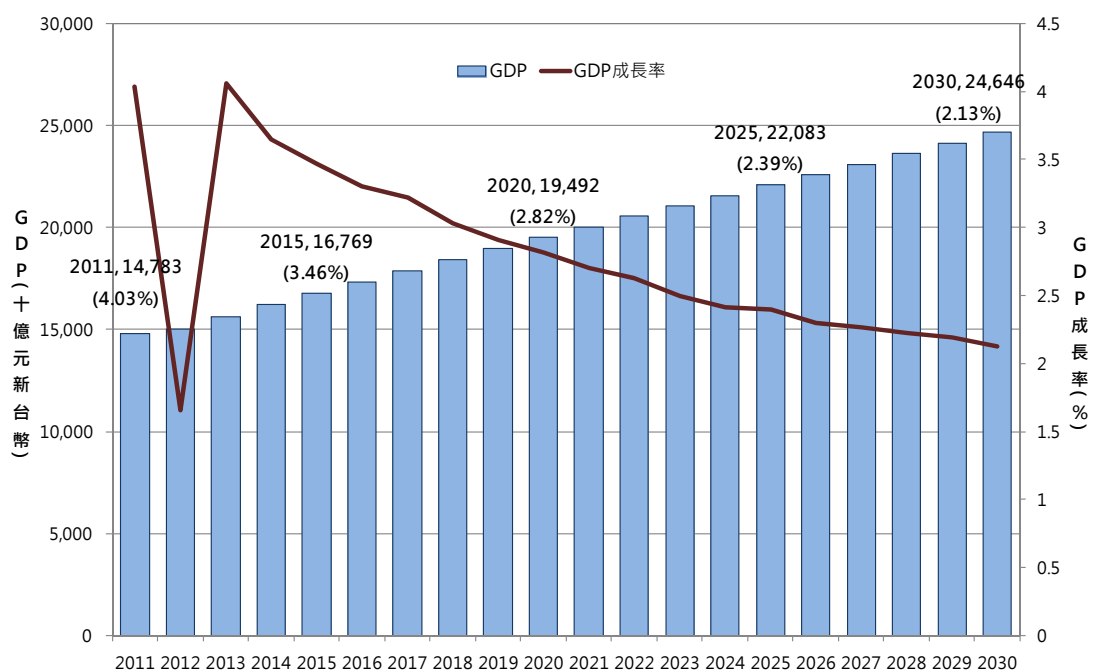
	原油 (7D3B)	煤炭	液化天然氣
	USD/bbl	USD/MT	USD/millionBtu
2011	98.95	111.08	9.17
2012	101.26	116.05	8.37
2013	109.95	117.39	9.57
2014	117.50	123.84	9.68
2015	124.00	126.74	9.94
2016	127.22	126.93	9.99
2017	130.63	128.19	10.29
2018	131.96	129.01	10.67
2019	133.31	130.52	10.99
2020	134.67	138.19	11.16
2021	135.91	136.28	11.63
2022	137.22	140.59	12.31
2023	138.47	144.36	12.76
2024	139.73	147.02	13.11
2025	140.97	147.67	13.39
2026	142.22	149.10	13.92
2027	143.47	150.08	14.36
2028	144.66	150.97	14.37
2029	145.95	151.45	14.25
2030	147.37	152.36	14.41

註：為 2006 年價格

資料來源：台灣綜合研究院（2012）。

（三）基線預測結果

故本研究依據上述基準情境之參數設定，運用 TaiSEND 模型所推估之 GDP 基線結果如圖 4-8 所示。2011 年成長率為 4.03%，2012 年成長率下調為 1.66%，長期而言，經濟成長率收斂至 2030 年為 2.13%，年均成長 2.72%。



資料來源：本研究推估（2012.08）。

圖 4-8 GDP 基線預測

三級產業結構變化如表 4-5 所示，在不考慮未來產業調整政策情況下，依循產業結構歷史趨勢所推估之三級產業結構發展，將逐漸偏重服務業，至 2020、2025 及 2030 年服務業附加價值占比預估分別達 70.54%、70.90% 及 71.70%。

此外，本研究依據上述基準情境之參數設定，運用 TaiSEND 模型所 CO₂ 排放基線則繪製於圖 4-9，至 2020 年排放量約為 3.47 億噸，2025 年約 4.02 億噸，並於 2030 年達 4.79 億噸。年均成長 3.24%。

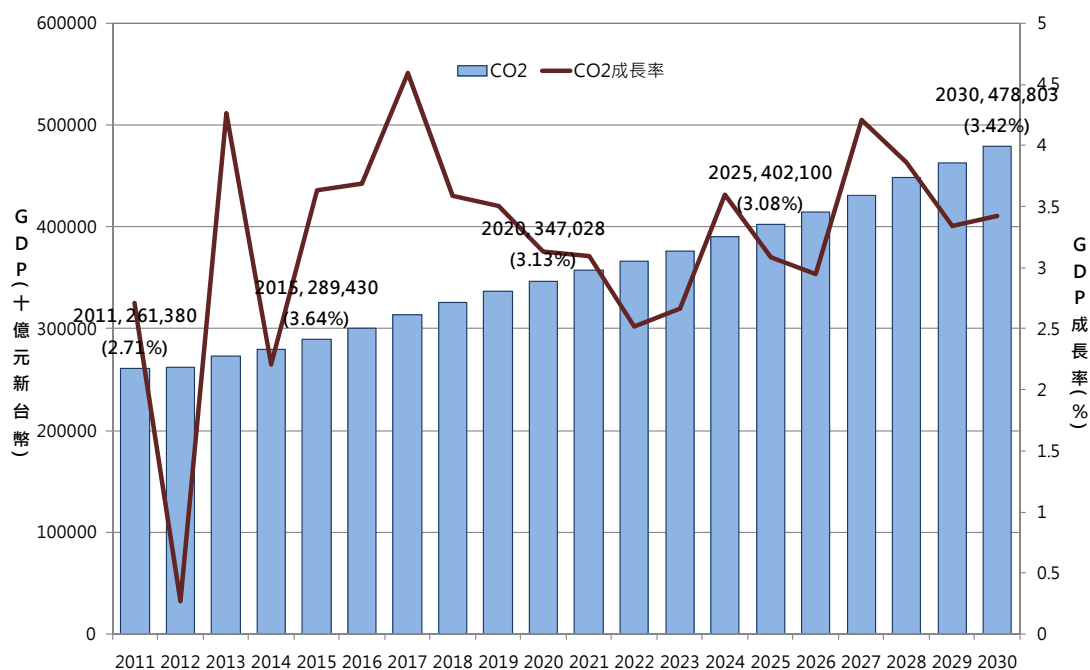
表 4-5 三級產業產業結構基線預測

單位：%

	農業	工業	服務業
1981	6.35	40.39	53.27
1985	5.30	39.42	55.28
1990	3.65	33.85	62.50
1995	2.63	30.19	67.18
2000	1.94	28.43	69.63
2005	1.49	30.63	67.87
2010	1.33	34.78	63.89
2015	1.46	28.98	69.57
2020	1.49	27.97	70.54
2025	1.42	27.68	70.90
2030	1.30	27.00	71.70

註：2011 年之後為預測值。

資料來源：本研究推估（2012.08）。



資料來源：本研究推估（2012.08）。

圖 4-9 CO₂ 基線預測

二、模擬情境設定

經濟結構調整是指國家運用經濟的、法律的和必要的行政的手段,改變現有的經濟結構狀況,使之合理化、完善化,進一步適應生產力發展的過程。其中,經濟結構指國民經濟的組成和構造。此表示從國民經濟各部門和社會再生產的各個方面的組成和構造考察,則包括產業結構(如一、二、三次產業的構成,農業、輕工業、重工業的構成等)、分配結構(如積累與消費的比例及其內部的結構等)、交換結構(如價格結構、進出口結構等)、消費結構、技術結構、勞動力結構等。

IMF 及 ADB 的研究指出,不同的經濟結構再平衡策略對一國經濟成長與就業的影響效果不同。例如:「貿易順差縮減,同時增加國內支出」的再平衡方案,一方面會使 GDP 的結構產生變化,另一方面產業結構亦會隨著需求結構的轉變而進行調整。此外,生產資源的移轉也會影響總就業量(包括全職型就業與非典型就業)、就業結構及工資水準。因此,若本國採經濟結構再平衡策略,致貿易順差減少,國內支出增加,不僅需求與產業面皆發生結構變化,就業人數亦將由出口導向之製造業流向服務業,進而改變製造業與服務業之工資結構。

金融海嘯造成全球性的經濟衰退,使台灣產業面臨嚴峻挑戰,卻也帶來產業轉型與重組的契機,以及發展優勢關鍵技術的機會。針對台灣產業發展的結構問題,如面對東亞區域整合之競爭條件、追求規模經濟造成資源耗用、產業附加價值創造能力低等關注議題,透過傳統產業全面升級、新興產業加速推動、製造業服務化等

因應措施，以優化產業結構，達成布局全球等願景，期能在景氣復甦時讓台灣產業更具競爭優勢。

面對國際經濟情勢變化與區域整合競爭態勢，我國有必要透過產業結構優化，進行產業結構調整並創造下一波經濟成長動能，以整體提升國家競爭力。以三業四化為重點策略，方向正確，有助我國製造業、服務業與傳產業三大優勢產業發展，也將進一步帶動就業與改善所得分配。

依據行政院 100 年 5 月 9 日核定之產業發展綱領，以經濟部 2020 年產業發展策略產業創新優化轉型為主要策略，將以「創新經濟、樂活台灣」作為願景，朝「傳統產業全面升級」、「新興產業加速推動」及「製造業服務化、服務業國際化科技化」等三大主軸，推動產業發展政策，促進我國產業結構調整與優化。其發展策略與發展目標詳見下表 4-6。

表 4-6 產業創新優化策略發展方向

發展策略
■ 厚植產業軟實力，優化產業結構
■ 面對全球區域經濟整合，提升台灣國際競爭優勢
■ 因應節能減碳潮流，促進產業綠色成長
■ 全面強化製造產業競爭要素，提升附加價值
■ 提升商業創新力，創造服務產業競爭力
■ 擴大經營國際化，開創服務新視野
■ 調整產業人力結構，並兼顧就業
發展目標
2020 年前達成「台灣整體製造業附加價值率」由 2008 年 21% 提升至 28%；「台灣整體產業無形資產占固定資本形成比重」由 2008 年 7% 提升至 15%；「台灣綠能等新興產業占整體製造業實質產值」由 2008 年 4% 提升至 30% 等目標。

資料來源：經濟部網站，經本研究整理。

在短期內，考量具體產業發展政策與措施，模擬情境以愛台 12 建設便捷交通網、桃園國際航空城、智慧台灣、都市及工業區更新等分項計畫為主要評估標的，由於前揭計畫目前皆處於執行階段，2008 年至 2011 年之投資項目所產生之當期帶動效果皆已反映於當期經濟表現，故模擬時僅納入 2013 年~2016 年後續推動投資項目，各分項計畫投資金額見表 4-7。

表 4-7 「愛台 12 建設」分項計畫分年經費需求總表

計畫項目	經費來源	單位：億元						
		2008年以前	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年~2016年	合計
1.便捷交通網	政府部門	6,421.02	1,606.66	1,684.80	1,948.20	1,536.78	4,447.05	17,644.51
	民間投資	598.92	55.43	62.66	167.89	132.96	514.81	1,532.67
	合計	7,019.94	1,662.09	1,747.46	2,116.10	1,669.74	4,961.85	19,177.18
2.高雄港市再造方案	政府部門	211.70	25.12	27.05	48.22	46.10	80.65	438.83
	民間投資	32.46	37.65	55.86	16.62	20.41	30.23	193.23
	合計	244.16	62.77	82.91	64.84	66.51	110.87	632.05
3.中部高科技產業新聚落	政府部門	18.21	19.46	61.08	145.05	120.46	584.36	948.62
	民間投資	103.41	16.48	129.60	190.19	278.79	1,684.14	2,402.61
	合計	121.62	35.94	190.68	335.23	399.25	2,268.50	3,351.23
4.桃園國際航空城	政府部門	274.99	91.48	227.82	249.88	316.01	1,405.87	2,568.04
	民間投資	-	1.20	9.00	14.00	12.00	608.00	644.20
	合計	274.99	94.68	236.82	263.88	328.01	2,013.87	3,212.25
5.智慧台灣	政府部門	297.62	945.04	624.56	607.91	625.36	1,373.19	4,473.68
	民間投資	386.54	207.92	588.42	521.52	526.62	1,731.72	3,962.74
	合計	684.16	1,152.96	1,212.98	1,129.43	1,151.98	3,104.91	8,436.42
6.產業創新走廊	政府部門	1,195.21	75.08	64.61	105.61	123.76	344.65	1,908.91
	民間投資	305.10	123.78	130.31	112.24	126.30	268.30	1,066.01
	合計	1,500.30	198.86	194.92	217.84	250.05	612.95	2,974.92
7.都市及工業區更新	政府部門	756.06	94.05	116.66	232.91	208.61	196.56	1,604.85
	民間投資	477.00	193.78	366.41	519.16	655.54	1,998.30	4,210.19
	合計	1,233.06	287.83	483.07	752.07	864.15	2,194.86	5,815.04
8.農村再生	政府部門	83.32	63.97	53.11	132.31	161.61	1,570.73	2,065.05
	民間投資	1.93	5.07	13.25	23.01	28.98	32.15	104.39
	合計	85.25	69.04	66.36	155.32	190.59	1,602.88	2,169.44
9.海岸新生	政府部門	59.03	40.36	45.31	45.86	45.78	199.17	435.71
	民間投資	-	-	1.41	2.18	2.41	11.53	17.53
	合計	59.03	40.46	46.82	48.04	48.19	210.70	453.24
10.綠色造林	政府部門	18.89	57.30	58.29	83.58	86.99	305.86	610.90
	民間投資	-	-	0.60	0.40	1.10	3.60	5.70
	合計	18.89	57.30	58.89	83.98	88.09	309.46	616.60
11.防洪治水	政府部門	407.26	565.44	548.65	474.77	453.14	416.67	2,865.93
	民間投資	-	-	-	69.56	72.33	129.65	271.54
	合計	407.26	565.44	548.65	544.33	525.47	546.32	3,137.47
12.下水道建設	政府部門	-	215.96	219.46	249.82	236.92	630.14	1,552.30
	民間投資	-	8.99	11.80	19.37	15.51	21.42	77.09
	合計	-	224.95	231.26	269.19	252.43	651.56	1,629.39

資料來源：行政院經濟建設委員會（2009），「愛台 12 建設」總體計畫，本研究整理。

長期產業結構趨勢隨著黃金十年、產業有家家有產業各項產業推動方案之施行，在六大新興產業、四大新興智慧型產業、以及十大重點服務業帶動下，將引領臺灣產業結構逐步朝向高值化之服務產業前進。各項推動方案之投資金額、預估就業人數與創造產值分年內容，彙整於表 4-8。各項方案投資與經費運用狀況目前僅規劃至 2016 年，因此假設 2017 年之後新增投資金額至少維持 2016 年水準。

發展項目與投資標的則參酌六大新興產業規劃目標與十大重點服務業趨勢，產業類別以觀光旅遊、醫療服務、文化創意、數位與資訊服務為主；其次尚包括綠能產業、生物科技、雲端運算等，黃金十年產業推動方案項目及各方案主要對映之產業類別，茲整理於表 4-9。其中觀光旅遊、醫療服務、文化創意、數位與資訊服務等，皆屬附加價值率較高之產業，將成為未來帶動經濟成長之主要動力，各業別 2006 年附加價值率如圖 4-10 示。

IMF (2006) 強調創新對經濟成長的重要性，故本研究除考慮各項計畫之投入金額外，同時假設這些高附加價值產業之總要素生產力將隨投資擴增而提升。但由於國內總要素生產力之實證分析目前仍付之闕如，仍有待未來進一步研究發展資本存量、知識函數 (knowledge function) 與總要素生產力成長的影響途徑與總體效益。在有限資訊下，本研究參考林慈芳 (2009) 之設定，該文在考慮愛台 12 建設下 (高估計方案)，假設總要素生產力成長率將較基準方案提升 0.79 百分點。緣此，本研究考量 2001 至 2010 年我國服務業總要素生產力成長趨勢高於工業，因此在黃金十年情境假定服務業總要素生產力年增率平均每年較基線提升 1.0 至 1.6 個百分點；工業則每年較基線提升 0.4 至 0.6 個百分點 (詳見附錄二)。

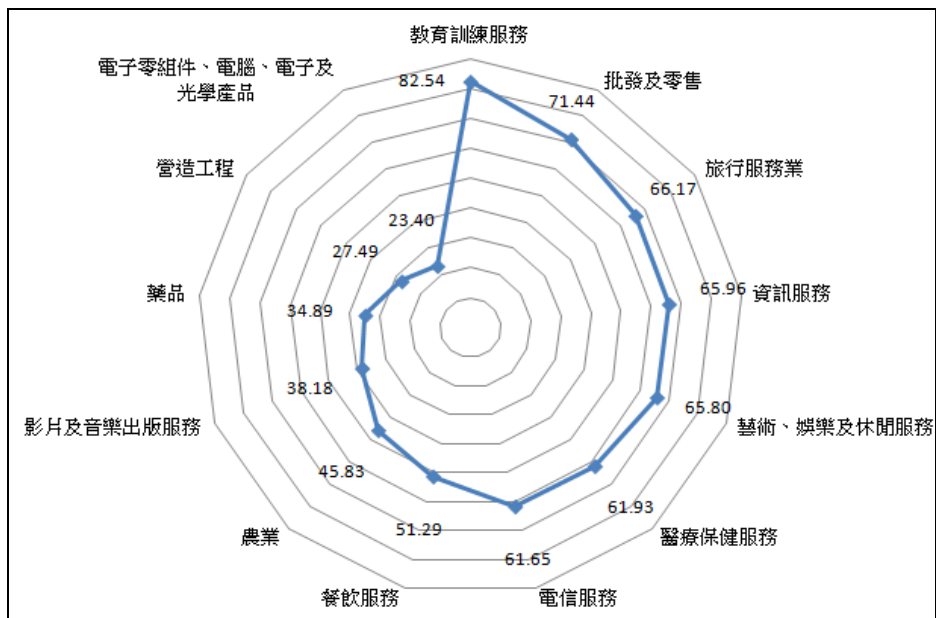
表 4-8 黃金十年政府產業推動方案的投入金額、預期產能與就業人數對照表

	方案名稱	執行期間	投入金額(億元) 按年別							總計	預期就業人口(人) 按年別							合計	預期產值(億元) 按年別							總計			
			98	99	100	101	102	103	104		105	98	99	100	101	102	103		104	105	98	99	100	101	102		103	104	105
六項新興產業	綠色能源產業旭升方案	98~102年	47.1	72.8	127	127				373.89億	8828	10453	11648	12933					2015年達115800人									2015年達1兆1,580億	
	文化創意產業發展方案	98~102年		36.7	72.4	63.5	64.9			262.65億	8828	10453	11648	12933					2013年底共43862人	7763	8732	9734	10946					2013年達10945.74億	
	台灣生技起飛鑽石行動方案	98~102年	32.9	42.3	108	103	99.4			385.45億										1300				2600				2013年達2,600億	
	精緻農業健康卓越方案	98~101年	34.1	55.4	82.5	70.5				242.48億	10170	10381	14663	17509					2012年底共52723人	983.9	1069	1186	1348.6					2012年達4587.85億	
	觀光拔尖領航方案	98~101年	30	90	90	90				300億									2012年底共40萬人									2012年達5,500億	
	「健康照護提升白金方案行動計畫」	98~101年								864億									2012年共31萬人									2012年底共3,464億	
十大重點服務業	數位內容產業發展行動計畫	99~102年		25.7	24.1	29.4	23.5			102.54億		6500	7250	8250	9500				2013年底共31500人		5200	6000	6800	7800				2013年底共25800億	
	流行音樂發展行動計畫	99~103年		4.08	24	26.7	27.1	27.4		109.29億		200	250	300	300	350			2014年達1400人		74.85	82.34	94.69	113.6	134.5			2014年底共500億	
	台灣美食國際化行動方案	99~102年		3.27	3.72	1.94	2.09			約11.02億		2000	2500	2500	3000				2013年底達10000人										
	台灣醫療服務國際化行動計畫	99~102年		0.43	0.39	0.38	0.38			約1.58億									2013年底達3860人									2013年達109.9億	
	台灣會展產業行動計畫	99~101年		6.86	7.57	7.48				約21.91億		42519	45389	48259					2012年底達136167人		751	847	959					2012年底達2557億	
	國際物流服務業發展行動計劃	99~102年		256	266	243	244			約1008.66億		355	597	359	421				2013年底達1732人										
	高科技及創新產業籌資平台行動計畫	99~102年										457	463	469	475				2013年底達1864人		1E+05	2E+05	160340	2E+05				2013年市值達620230億	
	都市更新產業行動計畫	100~103年			44.2	49.2	46.8	44.4		約184.61億									2014年為止增加40000人										
	WiMAX產業發展行動計畫	99~102年			132																288								2013年預估達1,300億
	華文電子商務行動計畫	99~104年		0.56	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	約4.51億		10000	25000	35000	48000	67000	82000		2015年底達267000人		4250	5489	6680	7730	8900	10000		2015年達43049億元。	
高等教育輸出行動計畫	100~03年			13.5	13.9	14.4	14.9		約56.8億			53776	68724	80941	95617			2014年為止境外學生人數達95217人						257			2014年將可創造約257億		
四大新興智慧型服務產業	智慧電動車發展策略與行動方案	99~105年		9.36	19.9	26.8	25.3	5.31	5.5	5.5	約96.73億						####	2016年達24000人		7.2	7.2	27	41	274.6	603	###	2016年達2472億		
	雲端運算產業發展方案	99~103年		24.3	50.8	69.1	54.8	143		約240億								2014年為止新增5萬人									2014年達1兆		
	發明專利產業化推動方案	99~104年		18	18	20	20	21	21	約118億		6000	6000	6500	6500	7000	7000		2015年底達39000人		100	100	150	200	250	330		2015年達1130億	
	智慧綠建築推動方案	99~104年		2.59	2.65	7.26	7.46	5.88	6.55	約32.39億元		39586	39898	40632	40943	41333	40635		2015年抵達243027人		1182	1198	1238.3	1271	1309	1331		2015年達7,529.21億	

表 4-9 黃金十年推動產業類別

產業別	產業推動方案名稱
教育訓練服務	高等教育輸出行動計畫
批發及零售	國際物流服務業發展行動計畫
旅行服務業	觀光拔尖領航方案
資訊服務	數位內容產業發展行動計畫
藝術、娛樂及休閒服務	文化創意產業發展方案
醫療保健服務	台灣醫療服務國際化行動計畫 健康照護升值白金方案行動計畫
電信服務	WiMax 產業發展行動計畫
餐飲服務	台灣美食國際化行動方案
農業	精緻農業健康卓越方案
影片及音樂出版服務	流行音樂發展行動計畫
藥品	台灣生技起飛鑽石行動方案
營造工程	都市更新產業行動計畫
電子零組件、電腦、電子及光學產品	高科技及創新產業籌資平台行動計畫

資料來源：經濟部網站，經本研究整理。



資料來源：本研究繪製；原始資料來源為主計總處 2006 年產業關聯表。

圖 4-10 黃金十年重點產業附加價值率 (2006 年)

下表 4-10 為本研究從附錄一與附錄二中，整理的基線情境及黃金十年政策情境之參數設定比較：

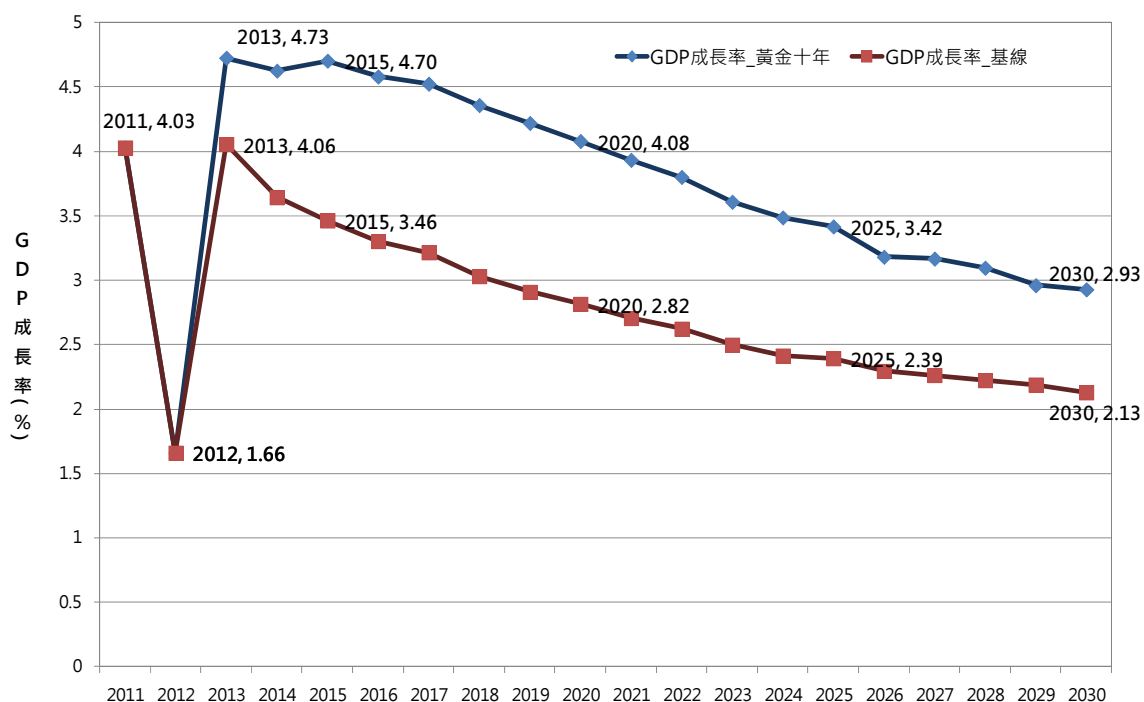
表 4-10 黃金十年情境與基線情境之參數比較

案別	黃金十年	基線
人口數	採用經建會「2012 年至 2060 年人口推計」之台灣地區人口數中推計之數據。	
總要素生產力	參酌主計總處推估之總要素生產力設定長期成長趨勢；在考慮 2011 年景氣調整狀態，及當前（2012 年 8 月）國際經濟展望普遍保守情況下，修正短期總要素生產力設定。	
	基準情境假設在延續過去產業結構發展趨勢下，未來工業部門總要素生產力年增率在 1.2%~0.8% 之間，服務業總要素生產力年增率在工業部門年增率之 1.2 至 1.7 倍之間。	黃金十年情境假定服務業總要素生產力年增率平均每年較基線提升 1 至 1.6 個百分點；工業則每年較基線提升 0.4 至 0.6 個百分點。
核能	核四 2 部機組於 2016 年前穩定商轉，核一、二、三如期除役。	
國際能源價格	鑒於美國能源部能源資訊署（Energy Information Administration, EIA）每年上半年公布之年度能源展望（Annual Energy Outlook, AEO）資訊具公信力、公開透明、公布頻率穩定、且資料完整，故依據 <u>AEO</u> 預測之 <u>燃煤、原油、天然氣國際價格成長率</u> 進行設定。	
經濟成長動力	<ol style="list-style-type: none"> 在黃金十年與各項產業推動方案帶動下，未來經濟成長動力由<u>高附加價值服務業推動</u>，則經濟體系在服務業支撐下，將呈現較高的成長動能。 假定服務業生產力年增率平均每年較低案提升 <u>1 至 1.6 個百分點</u>，則未來服務業附加價值佔比提升幅度高於低案。 	<ol style="list-style-type: none"> 經濟體系依循過去歷史軌跡所可能發展的最低狀態，一般成熟經濟體系之經濟成長將逐漸縮減並趨於穩定，參酌目前多數已開發國家之經濟成長狀態，預估至 2030 年經濟成長率將收斂至 2.13% 上下。 依循長期產業結構發展趨勢，未來服務業附加價值佔比緩步提升。

三、我國長期產業結構趨勢預測結果與校準

(一) TaiSEND 預測結果

在考慮愛台 12 建設與黃金十年之產業發展規劃後，對 GDP 之影響如圖 4-11 所示，對三級產業附加價值占比之影響則如表 4-10 所示。在各項發展計畫帶動下，2013 年至 2030 年 GDP 成長率約可較基線提升 0.67 至 1.26 個百分點。由於 2013 年至 2016 年間所考慮之產業發展項目與黃金十年政策對長期產業規劃方向存在部分差異，因此雖然同樣帶動 GDP 成長，但其驅動來源各不相同。



資料來源：本研究評估。

圖 4-11 黃金十年對 GDP 成長率之影響

在 2013 年~2016 年期間，愛台 12 建設之便捷交通網、桃園國際航空城、智慧台灣、都市及工業區更新等分項計畫投資，以基礎建設及高科技產業發展為主，故此期間工業附加價值佔比（約 29.42%）較基線（約 28.98%）稍高。（見表 4-11）

之後，隨著黃金十年、產業家家有產業等各項產業推動方案施行，在六大新興產業、四大新興智慧型產業、以及十大重點服務業帶動下，將朝向圖 4-10 之高值化之服務產業前進，因此至 2025 年為止，服務業附加價值占比（約 71.21%）將較基線（約 70.90%）增加 0.31 個百分點。（見表 4-11）

表 4-11 黃金十年對三級產業產業結構之影響

	單位：%					
	農業		工業		服務業	
	基線	黃金十年	基線	黃金十年	基線	黃金十年
2012	1.43	1.43	30.14	30.43	68.44	68.14
2015	1.46	1.46	28.98	29.42	69.57	69.12
2020	1.49	1.49	27.97	27.82	70.54	70.68
2025	1.42	1.42	27.68	27.37	70.90	71.21
2030	1.30	1.30	27.00	26.44	71.70	72.26

資料來源：本研究評估。

(二) 3E 多目標規劃模型耦合校準

本研究除以上利用 TaiSEND 模型推估黃金十年之產業發展政策對我國三級產業之發展情境外，另外運用 3E 多目標規劃模型，參酌國家重點製造業發展政策之內容（包括基礎產業高值化、傳統產業全面升級、新興產業加速推動以及製造業服務化、高值化四大措施），進行 2020 年及 2025 年之製造業產業結構之細部求解。其中，部份重點製造業政策情境如下：

1. 經濟部 2020 年產業發展策略

為促進產業創新發展，因應國際及兩岸產業發展趨勢與挑戰，並重視國內區域產業發展平衡，行政院依據「產業創新條例」第 4 條規定，於 100 年 5 月 9 日訂定「產業發展綱領」。而經濟部依據上述綱領所定之政策方向，整合歷次重要產業會議之結論與建議，於 101 年 4 月 19 日研擬完竣「經濟部 2020 年產業發展策略」。

該產業發展策略之主要產業範疇，包括製造業、製造業相關技術服務業及經濟部主管之服務業（例如批發、零售、餐飲、物流、電子商務、廣告）。其總體目標總括如表 4-12 所列。

而該產業發展策略中所規劃之四大製造業名目產值占製造業比重整理如表 4-13。而為達成該名目產值占比目標，政府的相關主要作法整理如下：

- (1) 調整中間財及高耗能產業占比：整體結構由於下游高附加價值的新興產業將成為發展重點，因此 2020 目標將向下調整中間財及高耗能產業占製造業之比重。

- (2) 朝高附加價值產品轉型：石化與電子零組件業的產值比重向下調整，但所創造的附加價值仍須穩健成長，此代表產品結構必須朝高附加價值產品轉型，且必須在技術上提升效能。
- (3) 產業高值化與低碳化：中間財產業及高耗能產業結構優化策略方向，將以「產業高值化與低碳化」為主軸，提升最終產品比重，著重發展下游產品所需關鍵材料與零組件，逐步淘汰舊世代製程，達到排碳量成長減緩及創造整體附加價值成長的目標。

表 4-12 經濟部 2020 年產業發展策略總體目標

項目	2009	2015	2020
製造業附加價值率（註 1）	23%	25%	28%
整體產業無形資產占固定資本形成比重	8%	12%	15%
新興產業占整體製造業實質產值（註 2）	4%	14%	30%
六項服務業相關產業出口倍增（單位：百萬美元）（註 3,4）	6,680	--	14,800

註：1.韓國（2007）21.86%、美國（2006）32.6%、日本（2007）31.38%。

2.智慧生活產業、綠能產業、生技產業、電動車、車輛電子、寬頻通訊等。

3.六項服務業包含國際物流產業、文創產業之數位內容及設計產業、會展產業、臺灣美食、無線寬頻應用服務、華文電子商務

4.六項服務業相關產業計算來自央行國際收支帳中的：貨運、商務旅行、通訊、電腦與資訊、個人文化與休閒服務等項目的計算加總

資料來源：經濟部

表 4-13 四大製造業名目產值占製造業比重規劃

	2009 產值結構實績 (%)	2020 產值結構目標 (%)
金屬機械工業	22.21	28.20
資訊電子工業	36.55	33.31
化學工業	27.32	28.20
民生工業	13.92	10.30

資料來源：經濟部

2. 石化原料業

根據目前我國「石化政策環評」資料，我國目前乙烯年設計產能規模為 402 萬噸，需求缺口 23 萬噸，中油三輕更新於 2013 年完工後增加乙烯產能 49 萬噸，中油五輕於 2015 年關廠後減少乙烯產能 50 萬噸，2016 年以後石化產業發展以維持現狀（401 萬噸）為規劃原則（詳見表 4-14 及表 4-15），未來乙烯需求缺口將以進口補足。

表 4-14 我國乙烯規模現況

		設計產能 (萬噸/年)	備註
中油	三輕更新	23	更新後為 72 萬噸/年
	四輕	35	
	五輕	50	2015 年關廠
中油體系總計		108	
六輕 1~4 期	烯烴一廠	70	
	烯烴二廠	104	
	烯烴三廠	120	
台塑體系總計		294	

資料來源：石化政策環評，2010.12

表 4-15 石化業重大投資案

項目	投產時間	預計 關廠時間	乙烯設計產能	CO ₂ 排放量
三輕	1978 年	—	23 萬噸	255 萬噸
三輕更新	2013 年	—	72 萬噸	352 萬噸
四輕	1984 年	—	35 萬噸	105 萬噸
五輕	1994 年	預計 2015 年	50 萬噸	93 萬噸(含高煉 廠為 370 萬噸)
六輕 1 至 4 期	1998 年	—	烯烴一廠 70 萬噸 烯烴二廠 104 萬噸 烯烴三廠 120 萬噸 小計 294 萬噸	不含電廠及煉 油為 1,607 萬噸 (含電廠及煉 油為 6,757 萬 噸)

資料來源：石化政策環評，2010.12

3. 鋼鐵業

我國 2007 年粗鋼年產量 2,089 萬噸，中龍鋼鐵於 2010 年及 2012 年投產後增加產能 500 萬噸，東和及羅東鋼鐵於 2011 年完成擴建後增加產能 110 萬噸，東和於 2021 年汰舊更新 100 萬噸。

爰此，本研究以「鋼鐵政策環評」之方案二為參考情境，鋼鐵產業發展以「汰舊換新」為規劃原則，未來之粗鋼缺口以進口補足。
(詳見表 4-16)

表 4-16 鋼鐵業重大投資案

		2007 實績值	基本 方案	Case 1		Case 2	
				粗鋼供需缺口		粗鋼供需缺口	
				部分自產部分進口		完全進口	
				2015	2025	2015	2025
一貫煉鋼 (萬噸)	既有	1,088	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080
	新增		500	500	500	500	500
電爐 (萬噸)	既有	1,001	820	620	305	620	305
	新增		160	480	1,135	480	775
合計 (萬噸)		2,089	2,560	2,680	3,020	2,680	2,660
集塵灰處理量 (萬噸)		13.3	20.9	17.7	22.6	16.0	17.5

資料來源：鋼鐵政策環評，2010.3

4. 新興產業

如前節所述，發展綠能、生技、智慧電動車、智慧生活、車輛電子、寬頻通訊等新興產業，新興產業占整體製造業實質產值由 2008 年的 4% 提升至 2020 年的 30%。

5. 求解結果

(1) 基線情境

根據模型耦合後的求解結果，基線情境下 2020 年的整體產業之實質附加價值為 19.47 兆元，2025 年的整體產業之實質附加價值則成長到 22.05 兆元。

針對製造業部份，2020 年製造業的實質附加價值為 4.73 兆元，占整體產業之比率為 24.30%，2025 年製造業實質附加價值雖提升為 5.35 兆元，然其占整體產業之比率則微幅降低至 24.28%。（詳見表 4-17）

而四大製造業來看，電子資訊業之 2020 年與 2025 年之實質附加價值分別為 2.78 兆元及 3.15 兆元，其占整體產業之比率則分別為 14.28% 及 14.27%（詳見表 4-17），仍為我國製造業的主要力量。除此之外，金屬機械業的 2020 年與 2025 年實質附加價值占比為 4.55% 及 4.54%、化學工業的 2020 年與 2025 年實質附加價值占比則均為 2.90%、民生工業的 2020 年與 2025 年實質附加價值占比為 2.58%。

部份值得注意的產業如石化原料業之 2020 年實質附加價值為 2,321 億元，占整體產業實質附加價值之比重為 1.19%，而於 2025 年石化原料業之占比規模大體不變，實質附加價值小幅增加至 2,627 億元。至於鋼鐵業亦與石化原料業之發展雷同，2020 年與 2025 年實質附加價值分別為 2,521 億元及 2,853 億元（占製造業的 1.29%）。

表 4-17 2020、2025 年我國整體產業之產業結構（基線情境）

部門	2010年	2020年		2025年	
	能源消費結構	實質GDP	產業結構	實質GDP	產業結構
	%	億元	%	億元	%
農業	1.16	2,895	1.49	3,128	1.42
工業	83.32	54,447	27.97	61,039	27.68
礦業	0.19	419	0.22	495	0.22
製造業	76.04	47,311	24.30	53,542	24.28
電子資訊業	11.08	27,800	14.28	31,461	14.27
電腦、電子產品及光學製品業	3.96	4,685	2.41	5,302	2.40
電子零組件製造業	7.12	22,041	11.32	24,944	11.31
電力設備製造業	-	1,074	0.55	1,216	0.55
民生工業	8.59	5,018	2.58	5,679	2.58
食品製造業	1.48	959	0.49	1,086	0.49
飲料及菸草製造業		889	0.46	1,006	0.46
紡織業	2.60	866	0.45	980	0.44
成衣、服飾品及其他紡織製品業		232	0.12	262	0.12
木竹製品業	0.13	97	0.05	109	0.05
家具及裝設品業		182	0.09	206	0.09
非金屬礦物製造業	3.96	895	0.46	1,013	0.46
其他製造業	2.15	898	0.46	1,017	0.46
化學工業	44.69	5,645	2.90	6,388	2.90
化學材料製造業	39.41	2,660	1.37	3,010	1.36
石化業	7.85	2,321	1.19	2,627	1.19
化學製品製造業	1.19	599	0.31	678	0.31
藥品製造業		359	0.18	406	0.18
塑膠製品製造業	1.81	668	0.34	756	0.34
橡膠製品製造業	0.44	360	0.18	407	0.18
紙漿、紙及紙製品製造業	1.57	453	0.23	513	0.23
皮革毛製品及其製品	0.11	130	0.07	147	0.07
印刷及資料儲存媒體複製業	0.16	416	0.21	471	0.21
金屬機械業	11.68	8,848	4.55	10,014	4.54
基本金屬製造業	8.15	2,846	1.46	3,221	1.46
鋼鐵基本工業	7.70	2,521	1.29	2,853	1.29
金屬製品製造業	1.99	2,220	1.14	2,513	1.14
機械設備製造修配業	0.58	2,042	1.05	2,311	1.05
汽車及其零件製造業	0.97	1,167	0.60	1,320	0.60

部門	2010 年	2020 年		2025 年	
	能源消費結構	實質 GDP	產業結構	實質 GDP	產業結構
	%	億元	%	億元	%
其他運輸工具製造業		573	0.29	649	0.29
石油與煤製品業	4.72	1,888	0.97	1,733	0.79
營造業	0.24	3,058	1.57	3,055	1.39
水電燃氣業	2.14	3,659	1.88	4,009	1.82
服務業	15.52	137,327	70.54	156,376	70.90
整體產業	100.00	194,668	100.00	220,543	100.00

資料來源：本研究、2010 年能源消費量來自經濟部能源局能源平衡表

註：石油與煤製品業之能源消費量包括煉焦工場/煤製品業、煉油廠；石油化工原料製造業之能源消費量不包括石化原料用；鋼鐵基本工業或基本金屬製造業之能源消費量包括高爐工場。

(2) 黃金十年情境

相較基線情境，黃金十年政策情境下 2020 年的整體產業之實質附加價值為 21.31 兆元，2025 年的整體產業之實質附加價值則成長到 25.49 兆元。

針對製造業部份，2020 年製造業的實質附加價值為 5.15 兆元，占整體產業之比率為 24.18%。相較於基線情境，雖然實質附加價值有所增長，但其占比則小幅萎縮 0.12 個百分點；2025 年製造業實質附加價值雖提升為 6.12 兆元，然其占整體產業之比率則微幅降低至 24.01%，占比則萎縮幅度更擴大到 0.26 個百分點。（詳見表 4-17 及表 4-18）

而四大製造業來看，電子資訊業之 2020 年與 2025 年之實質附加價值分別成長到 2.92 兆元及 3.52 兆元，但於此同時，其電子資訊業占整體產業之比率則相較於基準情境分別降低 0.6 百分點及 0.47 百分點（詳見上表 4-17 及表 4-18），雖然有實質與名目及附加價值

與產值之差別，但其精神與前述由經濟部所提出之 2020 年產業發展策略的主要方向大體一致（降低電子零組件業之名目產值結構占比）。

除此之外，在金屬機械業亦為 2020 年產業發展策略的主要發展目標下，其實質附加價值占比在 2020 年與 2025 年分別提升到 5.62% 及 5.60%，實質附加價值將提前於 2020 年破兆元大關，達到 1.20 兆元，而 2025 年則將達到 1.43 兆元。於此同時，化學工業的 2020 年與 2025 年實質附加價值占比為 2.90%、民生工業的 2020 年與 2025 年實質附加價值占比為 2.58%。

最後，在產業朝向低能源密集方向轉型的條件下，石化原料業之 2020 年實質附加價值為 1,921 億元，占整體產業實質附加價值之比重為 0.90%，均低於基準情境不少，甚至較 2010 年之規模還有所萎縮。而於 2025 年石化原料業之實質附加價值亦僅小幅增加至 2,005 億元，規模占比更萎縮至 0.79%，符合政策環評中，2016 年以後石化產業發展以維持現狀（乙烯 401 萬噸生產規模）而需求缺口以進口補足的規劃原則（詳見前表 4-14 及表 4-15）。

至於鋼鐵業亦與石化原料業之發展雷同，相較 2020 年與 2025 年基線情境的實質附加價值 2,521 億元及 2,853 億元，鋼鐵業在黃金十年情境中實質附加價值 2020 年與 2025 年更降低到 2,235 億元及 2,336 億元（分別占整體產業實質附加價值占比的 1.05% 及 0.92%）。滿足「鋼鐵政策環評」之方案二，鋼鐵產業發展以「汰舊換新」取代「擴增產能」，未來粗鋼缺口改以進口補足的規劃原則。（詳見表 4-16）整體而言，製造業朝向較低能源密集、較高值方向轉型。

表 4-18 2020、2025 年我國整體產業之產業結構（黃金十年情境）

部門	2010 年	2020 年		2025 年	
	能源消費結構	實質 GDP	產業結構	實質 GDP	產業結構
	%	億元	%	億元	%
農業	1.16	3,031	1.42	3,626	1.42
工業	83.32	59,287	27.82	69,759	27.37
礦業	0.19	456	0.21	495	0.19
製造業	76.04	51,516	24.18	61,191	24.01
電子資訊業	11.08	29,158	13.68	35,165	13.80
電腦、電子產品及光學製品業	3.96	7,012	3.29	8,393	3.29
電子零組件製造業	7.12	20,786	9.76	25,038	9.82
電力設備製造業	-	1,359	0.64	1,734	0.68
民生工業	8.59	4,831	2.27	5,639	2.21
食品製造業	1.48	885	0.42	1,120	0.44
飲料及菸草製造業		1,010	0.47	1,294	0.51
紡織業	2.60	921	0.43	1,042	0.41
成衣、服飾品及其他紡織製品業		307	0.14	332	0.13
木竹製品業	0.13	53	0.02	46	0.02
家具及裝設品業		104	0.05	91	0.04
非金屬礦物製造業	3.96	662	0.31	693	0.27
其他製造業	2.15	889	0.42	1,023	0.40
化學工業	44.69	5,558	2.61	6,116	2.40
化學材料製造業	39.41	2,207	1.04	2,303	0.90
石化業	7.85	1,921	0.90	2,005	0.79
化學製品製造業	1.19	447	0.21	511	0.20
藥品製造業		281	0.13	320	0.13
塑膠製品製造業	1.81	683	0.32	745	0.29
橡膠製品製造業	0.44	259	0.12	270	0.11
紙漿、紙及紙製品製造業	1.57	260	0.12	238	0.09
皮革毛製品及其製品	0.11	91	0.04	90	0.04
印刷及資料儲存媒體複製業	0.16	322	0.15	305	0.12
金屬機械業	11.68	11,969	5.62	14,271	5.60
基本金屬製造業	8.15	2,515	1.18	2,637	1.03
鋼鐵基本工業	7.70	2,235	1.05	2,336	0.92
金屬製品製造業	1.99	2,216	1.04	2,563	1.01
機械設備製造修配業	0.58	4,648	2.18	6,067	2.38

部門	2010 年	2020 年		2025 年	
	能源消費結構	實質 GDP	產業結構	實質 GDP	產業結構
	%	億元	%	億元	%
汽車及其零件製造業	0.97	1,746	0.82	2,022	0.79
其他運輸工具製造業		843	0.40	982	0.39
石油與煤製品業	4.72	1,926	0.90	1,785	0.70
營造業	0.24	3,330	1.56	3,492	1.37
水電燃氣業	2.14	3,984	1.87	4,581	1.80
服務業	15.52	150,609	70.68	181,516	71.21
整體產業	100.00	213,076	100.00	254,902	100.00

資料來源：本研究、2010 年能源消費量來自經濟部能源局能源平衡表

註：石油與煤製品業之能源消費量包括煉焦工場/煤製品業、煉油廠；石油化工原料製造業之能源消費量不包括石化原料用；鋼鐵基本工業或基本金屬製造業之能源消費量包括高爐工場。

伍、產業結構調整對國內能源消費量及二氧化碳排放與國內總產值、GDP 及就業人口等經濟活動的影響

一、產業結構調整對總產值、GDP 及就業人口等經濟活動的影響

本研究分別以基準情境與黃金十年政策情境，作為政府多項政策引導下產業結構調整前後之中長期總產值、GDP 及就業人口等經濟活動的比較對象。

以基準情境而言，由於我國經濟體系將依循過去歷史軌跡所可能發展的最低狀態，經濟活動所帶來的成長將逐漸縮減並趨於穩定 (Balanced Growth Path)。以實質總產值而言，將會由 2011 年的 32.70 兆元，以 2.30% 的年均成長率，增加至 2025 年的 46.83 兆元。至於實質國內生產毛額則會以 2.72% 的年均成長率，由 2011 年的 14.78 兆元增加到 2025 年的 22.05 兆元。並且帶來約略 0.83% 的年均就業需求增長。(詳見表 5-1)

然而，在黃金十年與各項產業推動方案帶動下，未來經濟成長動力由高附加價值服務業推動，則經濟體系在服務業支撐下，將呈現較高的成長動能。

故以實質總產值而言，2011 年-2030 年之平均成長率可望增加 0.74 個百分點，故在 2024 年即可望突破 50 兆元大關。至於實質國內生產毛額，由高附加價值導向的服務業領銜，2011 年-2030 年之平均成長率將達 3.73%，2025 年可達 25.50 兆元。至於就業需求年均成長率則相較基線來說，微幅增加到 0.86%，在 2025 年帶來約 1,223 萬個就業機會。(詳見表 5-1)

表 5-1 總產值、GDP 及就業需求在不同情境之預測

	總產值		GDP		就業需求	
	基準情境	黃金十年	基準情境	黃金十年	基準情境	黃金十年
	億元		億元		千人	
2011	326,963	326,963	147,824	147,824	10,667	10,667
2012	338,978	338,978	150,085	150,086	10,840	10,840
2013	342,757	342,757	156,174	157,180	10,962	11,029
2014	355,201	355,545	161,865	164,453	11,085	11,179
2015	366,640	368,400	167,473	172,188	11,201	11,311
2016	377,790	382,316	173,005	180,077	11,315	11,433
2017	388,673	396,624	178,570	188,226	11,426	11,549
2018	399,533	411,541	183,983	196,432	11,531	11,653
2019	409,959	426,921	189,335	204,723	11,633	11,753
2020	420,160	441,954	194,668	213,076	11,727	11,843
2021	430,226	457,091	199,934	221,459	11,818	11,931
2022	440,058	471,813	205,180	229,878	11,902	12,005
2023	449,756	487,158	210,309	238,174	11,988	12,084
2024	459,111	501,649	215,386	246,480	12,070	12,152
2025	468,272	515,915	220,543	254,902	12,147	12,223
2026	477,520	531,811	225,605	263,011	12,221	12,294
2027	486,484	542,924	230,711	271,341	12,293	12,365
2028	495,458	555,656	235,841	279,743	12,356	12,425
2029	504,402	571,467	241,005	288,025	12,418	12,485
2030	513,338	583,873	246,137	296,461	12,477	12,542
年均變化	2.30%	3.04%	2.72%	3.73%	0.83%	0.86%

資料來源：本研究

二、產業結構調整對能源消費量及二氧化碳排放的影響

此外，在本節中將另外探討在基準情境與黃金十年政策情境下，產業結構調整對能源消費量及二氧化碳排放的影響。

在不考慮未來產業調整政策情況下，全國之能源總消費量及 CO₂ 總排放量將分別以 0.96% 及 3.24% 的年均成長率增加。能源總消費量於 2020 年、2025 年及 2030 年分別達到 123,954 千公秉油當量、129,533 千公秉油當量及 134,248 千公秉油當量。而 CO₂ 總排放量更於 2020 年、2025 年及 2030 年分別達到 347,028 千噸、402,100 千噸及 478,803 千噸。(詳見表 5-2)

另外，在黃金十年的政策情境下，雖然產業結構有所優化，但因為更高的經濟成長因子的影響，相較於基準情境，全國之能源總消費量及 CO₂ 總排放量的年均成長率均有所增加，分別是 1.62% 及 3.58%。故在經濟成長的驅動之下，能源總消費量於 2020 年、2025 年及 2030 年分別達到 130,267 千公秉油當量、141,018 千公秉油當量及 151,798 千公秉油當量。而 CO₂ 總排放量更於 2020 年、2025 年及 2030 年分別達到 356,294 千噸、420,266 千噸及 509,567 千噸。(詳見表 5-2)

值得注意的是，雖然整體電力排放係數因核一、二、三如期除役(核四 2 部機組於 2016 年前穩定商轉)，而導致惡化(天然氣與再生能源供應規劃以新能源政策為主)，但分別比較基準情境與黃金十年政策情境，2030 年之單位能源 CO₂ 排放，黃金十年政策情境以 3.36 (噸/公秉油當量) 低於基準情境之 3.57 (噸/公秉油當量)，代表

產業結構的改變有助於抑低了高碳能源的使用。

表 5-2 能源消費量及二氧化碳排放在不同情境之預測

	能源消費量		二氧化碳	
	基準情境	黃金十年	基準情境	黃金十年
	千公秉油當量		千噸	
2011	111,918	111,918	261,380	261,380
2012	109,852	109,852	262,082	262,082
2013	113,140	114,258	273,255	274,535
2014	114,913	116,811	279,277	281,778
2015	116,519	119,170	289,430	292,884
2016	118,098	121,565	300,090	304,765
2017	119,650	123,856	313,858	319,525
2018	121,193	126,039	325,111	331,870
2019	122,630	128,202	336,510	344,799
2020	123,954	130,267	347,028	356,294
2021	125,285	132,421	357,768	368,698
2022	126,499	134,630	366,771	379,543
2023	127,580	136,669	376,539	390,056
2024	128,582	139,083	390,072	406,938
2025	129,533	141,018	402,100	420,266
2026	130,406	142,820	413,962	434,773
2027	131,311	145,086	431,379	459,200
2028	132,284	147,364	448,019	482,840
2029	133,262	149,833	462,967	491,109
2030	134,248	151,798	478,803	509,567
年均變化	0.96%	1.62%	3.24%	3.58%
2030	基準情境		黃金十年	
單位能源 CO ₂ 排放	3.57		3.36	

資料來源：本研究。

而若比較表 5-1 及表 5-2，可發現相較於實質國內生產毛額呈現一穩定平衡成長趨勢，CO₂ 排放成長預測呈現一變動較大的狀況，此係肇因於台灣永續能源發展模型所引入之發電技術有不同的裝置容量與成本計算，故其電力供給非呈直線趨勢；且因我國核能政策（核四商轉及核一、核二及核三除役）將會直接影響電力排放係數，故導致 CO₂ 排放成長預測呈現較大的震盪。

除以上所述之外，本研究為了評估產業結構調整對我國節能減碳目標之達成的貢獻，採用本報告第 21 頁所介紹之 Divisia 因素分解法將產業結構調整前後之能源消費量與 CO₂ 排放量進行因素分解。

以整體產業的 CO₂ 排放量為例，經因素分解後，CO₂ 排放量變動率為加權平均後的實質國民生產毛額變動率，加上加權平均後單位實質附加價值計算之 CO₂ 排放密集度變動率，再加上加權平均後產業結構變動率（加權平均所用的權數為 t 及 t-1 期間 i 產業佔整體產業 CO₂ 排放量比率之平均數）。

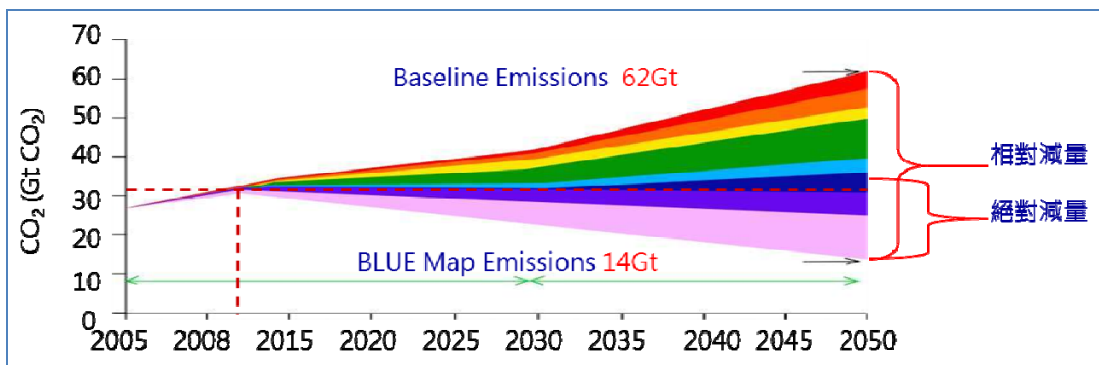
換言之，根據上式可將整體產業之 CO₂ 排放量具體量化為下列四種因素之影響：(1) 景氣效果 (2) 單位實質產值 CO₂ 密集度變動效果 (效率變化效果) (3) 價值提升效果及 (4) 產業結構調整效果。

然而，評估產業結構調整帶來的節能減碳效果可分以下兩方面（其概念可見圖 5-1）：

1. 「絕對」節能減碳效果：係指目標年（2020 年、2025 年）之能源消費量或 CO₂ 排放量與基準年之能源消費量或 CO₂ 排放量相比的絕對變

動量。

2. 「相對」節能減碳效果：係指目標年（2020年、2025年）之能源消費量或 CO₂ 排放量目標年（2020年、2025年）之基準情境下能源消費量或 CO₂ 排放量相比的相對變動量。



資料來源：IEA，本研究修改。

圖 5-1 節能減碳效果概念圖

故以本研究而言，係探討產業結構調整帶來的「相對」節能減碳效果。然即使如此，本研究依然發現產業結構轉型仍難以帶來顯著的節能減碳效果。

若將基準情境與黃金十年政策情境下的能源消費量與 CO₂ 排放量進行比較，可以發現黃金十年政策情境在 2020 年與 2025 年皆較基準情境消費了更多的能源與排放更多的 CO₂，分別為 114,657 (KKLOE) 及 123,943 (KKLOE) 及 8,155 (千噸 CO₂) 及 15,966 (千噸 CO₂)。(詳見表 5-3、表 5-4)

此係肇因於黃金十年政策情境下巨大的景氣效果，所帶來的能源消費增量與 CO₂ 排放增量，此景氣效果在 2020 年與 2025 年分別

造成了 16,139 (KKLOE) 及 33,455 (KKLOE) 及 23,688 (千噸 CO₂) 及 52,911 (千噸 CO₂) 的相對增量。(詳見表 5-3、表 5-4)

表 5-3 產業結構調整對節能的「相對」貢獻-黃金十年情境

單位：KKLOE

	2010	2020	2025
基線情境(不含住宅部門)	102,819	109,101	113,848
黃金十年情境(不含住宅部門)	-	114,657	123,943
相對減量效果	-	-5,556	-10,095
景氣效果	-	16,139	33,455
效率變化效果	-	-3,189	-8,280
價值提升效果	-	-5,320	-8,574
結構調整效果	-	-2,074	-6,506

資料來源：本研究。

表 5-4 產業結構調整對減碳的「相對」貢獻-黃金十年情境

單位：千噸 CO₂

	2010	2020	2025
基線情境(不含住宅部門)	221,696	305,445	353,411
黃金十年情境(不含住宅部門)	-	313,600	369,377
相對減量效果	-	-8,155	-15,966
景氣效果	-	23,688	52,911
效率變化效果	-	-4,681	-13,095
價值提升效果	-	-7,808	-13,560
結構調整效果	-	-3,044	-10,290

資料來源：本研究。

而於此同時，效率提升效果、價值提升效果與產業結構調整效

果，在節能部分，僅能分別於 2020 年帶來 3,189 (KKLOE)、5,320 (KKLOE) 及 2,074 (KKLOE) 的相對減量效果，並僅於 2025 年帶來 8,280 (KKLOE)、8,574 (KKLOE) 及 6,506 (KKLOE) 的相對減量效果；在減碳部分，僅能分別於 2020 年帶來 4,681 (千噸 CO₂)、7,808 (千噸 CO₂) 及 3,044 (千噸 CO₂) 的相對減量效果，並僅於 2025 年帶來 13,095 (千噸 CO₂)、13,560 (千噸 CO₂) 及 10,290 (千噸 CO₂) 的相對減量效果。無法完全抵銷其經濟成長所造成之排放增量。

而此等產業結構是否已經是我國經濟成長的極限了呢？本研究以日本為例，假設我國於 2025 年達到 2009 年日本的產業結構水準，並據此評估。(日本 2009 年的產業結構水準及實質附加價值率請詳見表 5-5 及表 5-6)

本研究發現假設我國於 2025 年達到 2009 年日本的產業結構水準，2025 年 CO₂ 排放量將可較基準情境排放相對減量 43,023 千噸 CO₂。雖然仍有景氣效果帶來的 43,368 千噸 CO₂ 的排放增量，但因效率提升效果、價值提升效果可分別於 2025 年帶來 42,230 千噸 CO₂ 及 51,269 千噸 CO₂。但是，亦可見到若台灣達成日本的結構配比，將會帶來 7,109 千噸 CO₂ 的相對增量效果。但整體而言，仍可抵銷其經濟成長所造成之相對排放增量。(詳見表 5-7)

然將黃金十年政策情境與 2009 年日本情境相比 (詳見表 5-3 及表 5-6)，可發現絕大多數的減量仍來自於效率的改善與價值的提升，純粹由產業結構占比的調整並無法帶來相對減量。

表 5-5 日本產業的產業結構

	2005	2006	2007	2008	2009
農業	1.22%	1.18%	1.22%	1.31%	1.30%
工業	28.13%	28.65%	29.06%	29.20%	26.59%
礦業	0.08%	0.08%	0.07%	0.06%	0.04%
製造業	18.90%	19.42%	20.27%	20.62%	17.80%
電子資訊業	4.45%	4.88%	5.55%	5.81%	5.21%
民生工業	3.87%	3.82%	3.87%	3.73%	3.42%
化學工業	3.17%	3.10%	3.00%	3.03%	2.95%
金屬機械業	7.41%	7.62%	7.85%	8.06%	6.21%
營造業	5.80%	5.77%	5.52%	5.18%	5.40%
能源部門	3.35%	3.39%	3.20%	3.34%	3.35%
服務業	70.65%	70.17%	69.72%	69.50%	72.11%
整體產業	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

註 1：能源部門包括水電燃氣業及石油與煤製品業

註 2：以 2005 年日幣計價。

資料來源：日本內閣府，National Account For 2010，

http://www.esri.cao.go.jp/en/sna/data/kakuhou/files/2010/24annual_report_e.html，本研究整理。

表 5-6 日本產業的實質附加價值率

	2005	2006	2007	2008	2009	台灣 2010
農業	49.16%	49.46%	51.46%	54.37%	52.06%	43.98%
工業	36.16%	36.74%	37.05%	37.72%	38.20%	26.13%
礦業	40.00%	42.43%	41.58%	39.99%	27.47%	39.91%
製造業	33.24%	33.68%	34.52%	35.18%	35.43%	26.20%
電子資訊業	37.19%	39.65%	42.49%	43.84%	45.54%	32.77%
民生工業	39.67%	39.94%	41.23%	41.35%	39.17%	26.59%
化學工業	30.86%	30.68%	29.87%	30.46%	30.76%	16.18%
金屬機械業	28.81%	28.85%	29.05%	29.74%	29.94%	21.09%
營造業	46.00%	46.97%	46.85%	46.79%	48.86%	28.39%
能源部門	41.25%	43.07%	41.22%	44.10%	41.01%	22.95%
服務業	64.69%	65.09%	65.40%	65.08%	65.34%	67.34%
整體產業	52.78%	53.14%	53.36%	53.60%	54.81%	42.81%

註 1：能源部門包括水電燃氣業及石油與煤製品業

註 2：日本資料以 2005 年日幣計價。

註 3：台灣資料以 2006 年新台幣計價。

資料來源：日本內閣府，National Account For 2010，本研究整理。

表 5-7 產業結構調整對減碳的「相對」貢獻-日本情境

單位：千噸 CO₂

	2010	2020	2025
基線情境(不含住宅部門)	221,696	305,445	353,411
2009 日本情境(不含住宅部門)	-	-	310,389
相對減量效果	-	-	43,023
景氣效果	-	-	43,368
效率變化效果	-	-	-42,230
價值提升效果	-	-	-51,269
結構調整效果	-	-	7,109

資料來源：本研究。

陸、結論與建議

1. 本研究除採用台灣永續能源發展模型之外，並採用數學規劃模型。而兩個模型間的整合，本研究是以循序的方式，分階段進行求解。亦即表示由台灣永續能源發展模型產生的基線情境及黃金十年政策情境，預測我國中長期經濟成長率水準及產業結構變化趨勢，再透過目標規劃模型拆解出細產業結構。據以減少 CGE 模型因經濟個體最適化之行為與資源稟賦限制或國家政策目標產生矛盾之問題。
2. 本研究發現，在基線情境下，我國經濟成長將逐漸縮減並趨於穩定，預計實質 GDP 將在 2025 達到 22.05 兆元，2013 至 2030 平均 GDP 成長率則為 2.72%。三級產業結構則依循產業結構歷史趨勢，逐漸偏重服務業（2025 農業、工業及服務業實質附加價值占比分別為 1.42%、27.68% 及 70.90%）。此外，2025 實質總產值將增加至 46.83 兆元，並帶來約 0.83% 的年均就業需求增長。
3. 在考慮黃金十年國家願景等產業發展規劃後，未來我國的經濟引擎將由高附加價值服務業推動，呈現較高的成長動能。本研究發現，相較於基線情境，2013 年至 2030 年我國實質國民生產毛額成長率約可提升 0.67 至 1.33 個百分點，並在 2025 年達到 25.49 兆元。至 2025 年為止，農業、工業及服務業附加價值占比分別為 1.42%、27.37% 及 71.21%。故在黃金十年政策情境下，整體三級產業結構相較基線情境更偏重於服務業。此外，相較基線，2011 年-2030 年實質總產值之平均成長率可望增加 0.74 個百分點，並於 2025 年帶來約 1,223 萬個就業機會（年均就業需求增

長 0.86%)。

4. 本研究另外參酌與經濟部 2020 年產業發展策略（包括基礎產業高值化、傳統產業全面升級、新興產業加速推動及製造業服務化、高值化）及石化及鋼鐵政策環評等重點製造業之發展政策規劃之內容，進行 2020 年及 2025 年之製造業產業結構之細部求解。

發現相較於基線情境，2025 年製造業實質附加價值雖提升到 6.12 兆元，然其占整體產業之比率則微幅降低至 24.01%。因政府寄望降低中間財產業在製造業的比重，故四大製造業的電子資訊業之 2025 年之實質附加價值成長到 3.52 兆元，但其占整體產業之比率卻相較於基準情境降低 0.47 百分點。而於此同時，金屬機械業之實質附加價值占比在 2025 年則提升到 5.60%，不但提前於 2020 年達到 1.20 兆元，而 2025 年更將達到 1.43 兆元。

另外，在產業朝向低能源密集方向轉型的條件下，石化原料業與鋼鐵業未來將以進口作為滿足需求缺口的作法，故其規模皆將受限。2025 年石化原料業之實質附加價值僅有 2,005 億元，規模占比更萎縮至 0.79%，均低於基準情境不少，甚至較 2010 年之規模還有所萎縮；鋼鐵業之發展亦同，2025 年實質附加價值 2,336 億元、占比 0.92%。整體而言，製造業朝向較低能源密集、較高值方向轉型。

5. 然即使如此，本研究發現產業結構轉型仍難帶來顯著的節能減碳效果。在其他條件不變之假設下，2025 年黃金十年政策僅能帶來 23,360KKLOE 及 3,694.5 萬噸 CO₂ 的相對減量效果（含效率提升效果、附加價值提升效果與結構調整效果），無法抵銷經濟

成長造成之排放增量，故能源消費量與 CO₂ 排放量較基線仍分別增加 10,095 KKLOE 及 1,597 萬噸。故節能減碳目標仍須倚靠如能源效率提升、能源價格合理化或低碳能源應用等其他措施才能達成。

柒、參考文獻

一、中文部份

1. 劉致峻 (2010), 「我國再生能源躉購之社會成本效益評估」, 中華民國能源經濟學會民國 99 年論文集。
2. 吳再益、黃宗煌、劉致峻、曾禹傑等 (2009), 「我國 2010-2050 年工業、運輸及住商部門能源服務需求推估」, 行政院原子能委員會核能研究所委辦研究計畫。
3. 林唐裕、陳玟如、劉致峻等 (2009), 「政府經濟、能源與環保政策下未來國內產業發展及結構預測」, 台電工程月刊第 736 期, 台灣電力公司合作研究計畫。
4. 吳中書、林金龍、陳建福等 (2009), 「台灣總體經濟季模型與政策分析」, 行政院經濟建設委員會委辦研究計畫。
5. 梁啟源、吳再益、劉致峻、李涵茵、陳玟如等 (2006) 「國際燃料價格變動對我國電價及產業之影響分析」, 經濟部能源局委辦研究計畫。
6. 林建甫 (2007), 「總體計量模型：台灣經濟體的運用」, 網頁資料：
<http://bioagri.agec.ntu.edu.tw/Web-try/news/960504/960504pm/200703.pdf>
7. 張四立 (2006), 「住商部門能源服務需求長期預測模型建構與應用研究」, 工研院能資所委辦研究計畫

8. 張四立 (2005), 「因應溫室氣體減量與產業永續發展之最適再生能源發展策略研究」, 行政院國家科學委員會委辦研究計畫。
9. 林師模 (2005), 「資源利用模型建置及產業關聯表推估」, 行政院經建會委辦研究計畫。
10. 林慈芳 (2009), 「2012 年台灣經濟成長潛力及政策模擬分析」, 行政院經建會綜合規劃研究-96 及 97 年。
11. 楊奕農 (2005), 「時間序列分析: 經濟與財務上之應用」, 初版, 台北市, 雙葉書廊。
12. 梁啟源 (2005), 「矯正外部性及市場扭曲之能源價格政策對經濟影響之評估」, 行政院國家科學委員會/經濟部能源委員會民國 92 年度能源科技學術合作研究計畫。
13. 梁啟源、吳再益、郭博堯、劉致峻等 (2004), 「再生能源發展方案之社會成本效益分析」, 台灣經濟論衡, 第 2 卷第 10 期, 行政院經濟建設委員會。
14. 黃啟峰、盧誌銘等 (2004), 「我國能源供需預測之分析」, 經濟部能源局委辦研究計畫。
15. 彭素玲、周濟等 (2001), 「台灣總體經濟即期季模型之建立與應用」, 台灣經濟預測與政策, 第 32 卷, 頁 77-176。
16. 張帆 (2000), 「環境與自然資源經濟學」, 初版, 台北市, 五南圖書出版公司。
17. 李秉正、徐世勳、黃宗煌等 (1998), 「溫室氣體減量對台灣地

- 區之經濟影響：TAIGEM 的評估結果」，溫室氣體減量之經濟影響評估研討會論文集，頁 117-136。
18. 吳中書 (1995)，「中研院經研所總體經濟年模型」，台灣經濟預測與政策，第 26 卷，頁 41-76。
 19. 楊任徵、朱育華等 (1994)，「抑制二氧化碳排放之能源策略研究—能源模型 MARKAL 運作原理」，經濟部能源委員會委辦研究計畫。
 20. 梁啟源 (1987)，「台灣能源經濟模型之研究」，現代經濟探討叢書第七種，中央研究院經濟研究所。

二、英文部份

1. Chi-Yuan Liang, Po-Yao Kuo, Chih-Chun Liu (2004), "Social Cost-Benefit Analysis on Renewable Energy Promotion Schemes in Taiwan (2003-2020)", Taiwan Development Perspective 2004, National Policy Foundation.
2. Chi-Yuan Liang and Dale W. Jorgenson (2004), "Effect of Energy Tax on CO2 Emission and Economic Development of Taiwan, 1999-2020", Robert Mendelsohn, Daigee Shaw and Ching-Cheng Chang (eds.), Global Warming in the Asian Pacific, Edward Edgar Publishing Co.
3. Ford, Andrew (1997), "System Dynamics and the Electric Power Industry", System Dynamics Review 13 (1) : 57-85.
4. IMF (2006), Japan: Selected Issues, *IMF Country Report*, No.

06/276.

5. Jorgenson, D.W. and Wilcoxon P. J. (1993) , "Reducing US carbon emissions: An econometric general equilibrium", *Resource and Energy Economics*, Vol. 15, No. 1, pp. 7-25.
6. Coyle, R. G. and Juan C. Rego (1983) , "Scenario and Policy Evaluation in Electrical Supply Decisions: The Argentine Case", pp. 702-715, In: John D. W. Morecroft, David F. Andersen and John D. Sterman, eds. *Proceedings of the 1983 International Conference of the System Dynamics Society*, Chestnut Hill, Massachusetts.
7. Dixon, P.B., B.R. Parmenter, J. Sutton, and D.P. Vincent (1982) , "ORANI: A Multisectoral Model of the Australian Economy", North-Holland, Amsterdam.
8. Granger, C.W.J and P. Newbold (1974) , "Spurious Regressions in Econometrics", *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.

附錄一、基準情境設定與參數說明

適宜的基準情境內涵與基線校準，是評估能源永續發展政策前至為關鍵的基本工作，惟有掌握各重要變數（包括 GDP 成長率、CO₂ 排放量、能源需求結構等）之基線，方能提供政策評估適當的比較基準（benchmark）。

基準情境設定項目主要包含：（1）總要素生產力平均每年成長 1.84%；（2）自發性能源技術進步率每年 0.4%；（3）經建會之人口數中推計；（4）國際能源價格波動；（5）汽電共生裝置容量；（6）再生能源裝置容量。以下茲逐項說明其設定。

1. 總要素生產力

總要素生產力為經濟成長之重要動力來源，一般而言，總要素生產力定義為單位原始投入（包括勞動、資本）之產出，但因模型採巢式結構設定生產函數，該項參數並非可由投入與產出直接計得，是故本研究除蒐集歷史指數資料參考，還必須以校準方式，修正此項參數，以確保模型能掌握實際的重要經濟數據。

國內定期推算總要素生產力資料者，唯有主計總處公布之多因素生產力統計，在該統計中共區分有礦業及土石採取業、製造業、電力及燃氣供應業、用水供應及污染整治業、營造業、批發及零售業、運輸及倉儲業、住宿及餐飲業、資訊及通訊傳播業、金融及保險業、不動產業、專業科學及技術服務業、支援服務業、醫療保健服務業、藝術娛樂及休閒服務業、其他服務業等 16 業別之總要素生產力。模型設定時則參考各業別總要素生產力之「年增率」。

依據多因素生產力統計之資料，工業及服務業大分類之總要素生產力變化趨勢如報告中圖 4-6 所示，除了 2008 至 2010 年因國際經濟與

金融市場造成景氣巨幅變化外，工業部門總要素生產力年增率呈現逐漸遞減現象；服務業部門則在 2007 年以前快速成長，2007 年之後因前述國際情勢影響，成長率驟降，但整體而言服務業仍處於總要素生產力快速成長階段。工業部門 2001 至 2010 年指數年均增加率約為 0.97%，2001 至 2007 年指數年均增加率約為 0.90%。服務業部門 2001 至 2010 年指數年均增加率約 1.20%，2001 至 2007 年指數年均增加率約 1.47%。

彙整上述資訊，整體而言，服務業總要素生產力成長趨勢仍高於工業部門，且無論工業或服務業部門，總要素生產力成長率皆逐年趨緩，此即為本研究設定總要素生產力之原則。其次總要素生產力在模型中實際上代表技術水準，其年增率即為中性技術進步率，無論由理論或實務觀點，技術的進步不應出現幅度過大的上下震盪現象，因此本研究設定總要素生產力時，僅設定其趨勢，排除干擾總要素生產力之非系統性因素。

基準情境假設在延續過去產業結構發展趨勢，同時考慮成熟經濟體經濟成長將逐漸趨緩的情況下，假設未來工業部門總要素生產力年增率將逐年遞減，設定成長幅度則在 1.2%~0.8%之間；服務業總要素生產力年增率同樣逐年遞減，但成長幅度約為工業部門年增率之 1.2 至 1.7 倍之間，約在 2.04%~0.96%之間。故整體產業的總要素生產力平均年成長率為 1.84%。

2. 自發性能源使用效率提升

相對於總要素生產力，自發性能源使用效率在模型中定義為能源之偏向技術參數，代表能源使用技術水準，技術水準的不同，影響能源投入與生產產出之關係。模型在基準情境中假設能源技術存在自發性技術進步，即在沒有外力干擾下（如政策誘導、市場驅動等因素）因

為經驗、訊息散播與知識的累積所自發產生的技術提升，進步幅度假設為平均每年提升約 0.4%。

TaiSEND 中「能源使用效率」與「能源密集度」定義不同，前者為設定參數，其意義如前文所述；後者為求解結果，為能源消費量除上 GDP 之結果。影響能源密集度之因素相當多，包括產業結構、能源使用結構、能源技術、所得結構等，因此若設定能源密集度目標，則其背後所隱含之結構變化，並不宜以單一參數代表之。

3. 人口數

本研究之全國人口數採用經建會 2012 年推估之「2012 年至 2060 年臺灣人口推計」報告，並彙整於報告本文圖 4-7。低、中、高推估結果，人口數分別於 2019 年（23.49 百萬人）、2024 年（23.66 百萬人）、2030 年（23.97 百萬人）達到高峰，其後持續減少，至 2060 年分別降為 17.58 百萬人、18.92 百萬人、20.47 百萬人。鑒於經建會高、中、低人口推計差異主要來自生育率假設，而我國我國生育率目前正處於面臨上升、回穩或持續低落之轉型關鍵，為求模型之穩健與合理估計，本案採取中推計之人口數。

4. 國際能源價格

由於模型採小國假設，故對於國外部門之處理，特別是國際市場均衡價格，多以外生給定，因此必須蒐集其他研究所做預測，做為輸入模型之基礎資料。目前模型採用的國際能源價格預測資料為台綜院（2012.03）推估結果，推計 2011 至 2030 年每年之原油、燃料煤、原料煤、與天然氣資料。計算結果如報告本文表 4-4 所示，原油價格於 2016 年以前呈現快速成長，2016 年之後轉為平穩成長趨勢，燃料煤、原料煤與天然氣價格則逐年上漲，而天然氣上漲速度又高於原油。

5. 汽電共生裝置容量

LNG 與 COGEN 之 2020 年與 2025 年設定值，係參考能源局研議中之能源發展綱領調整設定，惟因綱領目前仍在研議中，並不適宜直接提供引用，故模型逕自假設如表。

6. 再生能源裝置容量

再生能源裝置容量之目標年設定值，其參考來源與汽電共生相同。無論天然氣、汽電共生、或再生能源，TaiSEND 並不直接將其裝置容量設定為外生，而是以補貼方式達成該目標。由於 TaiSEND 並未在基準情境中考量能源技術更高幅度的進步空間，為達目標裝置容量所需要之補貼仍需逐年擴增，此時所求得之經濟成長，其意涵為在當前技術水準下，若要達到再生能源裝置容量目標所須反映之經濟狀態。

附錄二、黃金十年情境設定與參數說明

黃金十年政策包含六項新興產業、十大重點服務業與四大新興智慧型服務業，項目眾多且內容繁雜，茲將本報告的研究範疇與設定參數說明於下。

一、政策範疇

本研究考量之政策項目包括：

- 愛台 12 建設 2013-2016 年分項計畫
- 六大新興產業之各項方案
- 四大新興智慧型產業之各項方案
- 十大重點服務業之各項方案
- 產業創新優化轉型策略

二、投資規劃與期程

所有政策項目中，除「產業創新優化轉型策略」外，其他分項計畫與方案內容皆已規劃各年期之預估投資金額（見本文表 4-7 與表 4-8），因此模擬情境將考慮表 4-7 與表 4-8 中之投資金額及各項投資對映之產業類別。至於就業與產值則由模型內生產出。

三、產業類別對映

愛台 12 建設之內容以「公共工程」及「其他營造工程」兩業別為主，六大新興產業、四大新興智慧型產業與十大重點服務業，則依據各項方案內容，將其投資金額歸併如報告本文表 4-9 所呈現之產業類別。產業類別歸併完成後，模型便可假設各分項計畫與方案之投資金額，即為對映產業分年投資金額較基線之增額。

四、總要素生產力提升

模擬情境中，除考慮投資金額增加外，同時假設這些基礎建設投資的增加，具有促進產業總要素生產力提升的能力，然而如同報告第 81 所提，雖然大家都認同投資對技術創新與生產力提升具有影響力，但能夠支撐此項論點並提供具體數據之實證分析委實相當有限，因此本研究只能參考林慈芳(2009)之設定，據以假設在納入愛台 12 建設、黃金十年與產業創新優化策略後之總要素生產力。

林慈芳(2009)係在考慮愛台 12 建設下(高估計方案)，假設總要素生產力成長率將較基準方案提升 0.79 百分點。由於黃金十年對於服務業之推升方案比重較工業部門更為豐富，例如高等教育輸出行動計畫、國際物流服務業發展行動計畫、觀光拔尖領航方案、數位內容產業發展行動計畫、文化創意產業發展方案、台灣醫療服務國際化行動計畫、健康照護升值白金方案行動計畫、WiMax 產業發展行動計畫、台灣美食國際化行動方案、流行音樂發展行動計畫等，因此總要素生產力設定的前提為服務業提升幅度高於工業部門。

其次由於各項方案規劃期程最長為 2010 年至 2016 年，在尚未有更新產業發展方案出爐前，本研究假設 2016 年之後之投資金額維持在 2016 年水位，因此總要素生產力增加幅度亦將於 2016 年之後逐年下降。最終，本研究在黃金十年情境假定服務業總要素生產力年增率平均每年較基線提升 1.0 至 1.6 個百分點；工業則每年較基線提升 0.4 至 0.6 個百分點。