

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 電力事業污染減量與產業結構之互動分析

計畫類別： 個別型計畫      整合型計畫

計畫編號：NSC 90-2211-E-041-008

執行期間： 90年 08月 01日至 91年 07月 31日

計畫主持人：張翊峰

共同主持人：林素貞

計畫參與人員：陳貞秀、陳煜斌

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

中 華 民 國 91 年 10 月 31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

電力事業污染減量與產業結構之互動分析

## Coupling Effects of the Electricity Supply Industry's Pollutants Reduction and Industrial Structure

計畫編號：NSC 90-2211-E-041-008

執行期限：90年08月01日至91年07月31日

主持人：張翊峰 嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

共同主持人：林素貞 成功大學環境工程系

計畫參與人員：陳貞秀 嘉南藥理科技大學環工所研究生

陳煜斌 嘉南藥理科技大學環工系講師

### 一、中文摘要

電力是現代經濟發展不可或缺的原動力，由於其具有傳輸迅速、操作方便及高度精密的可控性，又加熱溫度可達一般燃料燃燒的三倍以上等優點，故逐漸取代傳統的化石能源為產業發展不可或缺的投入要素，各國政府莫不將電力開發視為國家重要政策，故二十一世紀可稱為一個電力經濟時代，故如何統籌電力事業、產業發展及環境保護為一相當值得研究的課題。

由於電力在轉換過程對環境造成相當層面的負面影響，電廠排放的CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>及NO<sub>x</sub>等引起酸雨及溫室效應環境問題的主要來源，故當產業需求電力越高時，對環境品質的影響越大。本研究主要目的為建立電力事業能源相關的決策支援系統，以及建構台灣地區電力污染減量及產業結構評估模式，以評析電力結構調整及污染減量方案，並探討與產業結構的互動性，研究期限為二年，第一年重點為電力事業能源相關之決策支援系統之建立，第二年為重要耗電產業電力乘數變動因素分析及建構電力事業減量評估模式與產業結構之互動影響，並評量不同方案之敏感度分析，研究成果期裨益相關單位決策之參考。

關鍵詞：電力事業與污染減量，電力需求與產業結構，產業、電力與環境

### Abstract

Electricity is the major power for present economical and industrial activities. Electricity activities, including stages of production, transformation, transport and end use, have important impacts on the environment such as acid precipitation and global climate. According to the current Taiwan's energy policy, the size of the electricity demand share tends to increase from 39.2% in 2000 to 47.2% in 2020. Therefore, it is important to analyze the integrative research of the electricity demand, industrial structure and environmental quality, and to achieve mutual gains in the effect of electricity, economic and environment.

This purpose of this study is to establish an integrated methodology and evaluation system for integrating electricity related industry and environment policies. The dynamic model will be further development to simulate alternative and strategies of changing the structure and pollutants reduction of the electricity sector for better economic and environmental bases. It is scheduled for a two-year research period. The effort of the first year is focused on establishing a decision-making support system to analyze the coupling effects of industrial economy, electricity demand and environmental effect in Taiwan. The aim of the second year is to analyze the structure change and pollutants reduction of the electricity sector can diversify the profile of

industrial structure, and also affect the environmental quality throughout different simulated strategies. Results of this study can be value for Taiwan to strengthen industry and electricity structure, to enhance environmental quality in the future.

Keywords: Electricity supply industry and pollutants reduction, Electricity demand and industrial structure, Industry、electricity and environment

## 二、緣由與目的

依據能委會（1998）能源政策白皮書的規劃，台灣地區電力需求將由2000年佔總能源消費的39.2%提高至2020年的47.2%，顯示電力將逐漸取代石油為國內最終能源消費主流，但在電力建設上，國內至少面臨自產能源匱乏，初級能源極大部份仰賴進口，受限於國際能源供需情勢；地狹人稠，自然環境涵容能力範圍狹小，居民環保意識高漲，電廠用地不易取得；核能發電在核廢料處理仍有疑慮，在核四機組之後，台灣地區朝向非核化國家，未來擴充將會受限等問題；此外，由於用電量需求增加迅速，夏季尖峰負載成長快速，北部地區備用容量不足，以及未來台灣電力事業將開始邁入自由化，電力事業受政府管制相對減低等因素，使電力相關研究課題益發重要。故及早整合分析電力事業環境政策與產業結構之相關性，以探討在考量環境品質及產業發展的觀點，國內電力事業的最適發展模式為相當重要的研究課題。

由於電力為產業生產過程中一項投入要素，其需求與產業發展具有相當大的關聯性，而電力轉換過程所排放的污染物（如CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>及NO<sub>x</sub>）對環境品質亦有不利的影響，另一方面，因應國際環保公約的要求或發電設施取得不易等諸多因素，亦會促使相關政策主管機關以經濟手段（如污染稅及碳稅等）提高用電價格抑制用電需求，從而增加耗電產業的生產成本，就產業關聯觀點將使產業結構發生變化而改變經濟情勢，故電力需求、環境品質與產業經濟三者之間有密切的關係。本研究主要目的為建立電力事業能源相關的決策支

援系統，調查現有各電廠（以火力機組及核能電廠為主要研究對象）的基本資料，包括鍋爐形式、廠熱耗率、燃料耗量及環保措施等基本資料。並針對各電廠（包括規劃中的新設電廠等）特性建立各電廠電力產出量、容量因素、污染排放係數及污染排放量等資料庫。進一步蒐集並評析未來電力供給及需求模式等相關文獻資料，與能源主管單位所規劃的電力政策作比對分析，以研議未來台灣地區電力供需結構。最後綜整上述所搜集之資料，建立台灣地區電力事業能源耗用、污染與溫升排放決策支援系統，作為未來提供電力事業決策支援資料（第二年計畫-電力事業之環境與產業經濟關連效應及發展策略研究 NSC-91-2211-E-041-010-），作規劃減量評估模式之基礎。

## 三、結果與討論

本研究目前所獲致研究成果可分為兩部分，第一部份為以決策支援系統探討台灣地區電力事業二氧化碳排放預測及敏感度分析，第二部份初步結合電力燃料選擇及產業關連分析探討電力事業燃料選擇對台灣地區產業經濟、能源耗用與溫升控制之影響分析。所得結論包括：

- 一、本研究推估台灣地區電力業於2005、2010及2020年之二氧化碳排放量，並探討核四停建改以火力發電以及提高新增機組發電效率對CO<sub>2</sub>排放之敏感度分析，研究可獲致以下兩點結論：
  1. 台灣地區未來火力發電燃料朝向供給穩定的燃煤機組及相對環保的燃氣為主，且在分散能源風險考量下，仍持續擴充核能發電，若未來部分電源建設或運轉受阻（如核四停建或限制高CO<sub>2</sub>排放的燃煤發電），可考量提升發電成本較高的燃氣機組發電時數彌補未來停建核能機組的電量損失。
  2. 本研究結果亦得知，提高新增燃氣機組容量因素於2010年為0.70，2020年為0.79，代表即使在未來不興建核能發電機組，在供氣來源穩定情形下，僅需將燃氣發電廠的發電時數分別提高到全運載

時數的 70% 及 79% 即可替代停建的缺電量，如此除可消弭民意對核能電廠的抗爭，且採用先進複循環機組亦可達到減少 CO<sub>2</sub> 排放的目標。其結果如表 1 所示。

二、本研究進一步以投入產出模糊目標規劃模型，模擬台灣地區於 2005 年時，電力事業燃料選擇對產業經濟、能源使用與二氧化碳的衝擊分析，本研究產業資料歸納為 34 個產業作為分析的基礎，產業附加價值率為依據產業關聯表獲得，國產品投入係數(D)以 RAS 法推估 2005 年的產業投入係數矩陣(D)，代入模糊目標模型中進行模擬。各產業的能源投入係數依能源平衡表，綜合歸併為煤品、油品、天然氣、電力等四項，再除以產業關聯表得到的各產業的生產總值，即可得模式求算各產業的能源投入係數，各產業各種能源的 CO<sub>2</sub> 排放量遵循 IPCC 準則予以估算。其中，2005 年各產業電力排放係數為將電力事業的 CO<sub>2</sub> 排放量按產業用電比例平均分散給各產業，故電力排放係數(單位熱值的 CO<sub>2</sub> 排放量)的改變將會對產業結構產生影響，電力排放係數越高，則在 CO<sub>2</sub> 排放限制下，將不利高耗電產業的發展，而高耗電產業在未來持續擴張，以台灣地區目前水力發電漸趨飽和、核能發電飽受爭議及新能源開發緩慢情形下，將促使火力發電機組擴增而使 CO<sub>2</sub> 排放量增加，故以溫室效應觀點而言，產業發展及電力供需間存有甚高的互動影響關係。

本研究針對電力業所模擬的情境包括：

方案 A：將 2000 2005 年規劃興建的燃煤機組共 3,650 千瓩，改以燃氣發電

方案 B：為方案 A 搭配考量評估核四廠共 2,600 千瓩機組停建，以燃煤電廠替代同樣容量之核能機組，本方案電價不調整。

此外，上述的模擬除可進行交叉分析外，方案 A 並計算由於燃料替代造成發電成本的變動而所需調升電力價格的上漲幅度，電力價格變動對其他要素需求(資本、勞力、物料)的影響及能

源需求的變化為引用梁啟源(1987)利用二次對數生產函數法所估計的各產業投入模型的交叉彈性係數計算而得。

A 方案模擬將 2000 2005 年規劃興建的燃煤機組共 3,650 千瓩，改以燃氣發電，探討降低電力排放係數(單位熱值的 CO<sub>2</sub> 排放量)對能源耗用、CO<sub>2</sub> 排放及產業經濟的影響，結果顯示由於電力排放係數下降且電力價格因燃料成本上升而增加 9.92% 的漲幅，因電價上揚抑減電力使用，而轉由其他能源所替代，替代以煤品用量最大，顯示台灣地區產業能源使用結構以煤取代電力替代性最高，如此亦造成整能源使用量上升，總能源需求增量為 2.8%，也使生產毛額年平均成長率相較基本方案 5.7% 略增至 5.77%，但由於電力排放係數下降，使電力的 CO<sub>2</sub> 排放量降幅達 9.1%，大於電力消費量減幅的 2.2%，本方案 CO<sub>2</sub> 排放量共抑減 1.0%。請參閱表 2。

方案 B 分析將 2000 2005 年規劃興建的燃煤機組，改以燃氣發電(方案 A)，並評估核四廠共 2,600 千瓩機組停建，以燃煤電廠替代同樣容量之核能機組，採用燃煤替代核能為考量燃氣供應設施供氣量之限制，方案中電價考量不予以調整，僅探討排放係數調整對三 E 的機制，結果顯示本方案由於電價不調整，故並無明顯替代電力效應，能源使用量下降約 1%，相對生產毛額年平均成長率為 5.48%，亦較基本方案略微衰退，但因受到電力排放係數上升，故整體 CO<sub>2</sub> 排放量略比基本方案增加 0.7%，此項結果顯示核能機組停建以火力機組替代，若有適當的電源開發方案搭配，可大幅降低對 CO<sub>2</sub> 增量的衝擊。請參閱表 3。

#### 四、自評

本計畫完成之工作包括調查台灣地區現有及規劃中各電廠的能源及環境的基本資料。並蒐集相關政府政策及文獻資料，探討未來電力供給與需求結構。並完成建立台灣地區電力事業能源耗用、污染與溫升排放資料庫系統以及電力事業能源相關之

決策支援系統介面的撰寫。建立產業電力、污染及產值資料庫。奠下91年度所需進行之電力事業之環境與產業經濟關連效應及發展策略研究之基礎。所獲致結果包括電力業業能源相關之決策支援系統建立，有助於國內相關能源單位擬定電力事業能源結構規劃及污染減量時之參考。評估電力事業污染削減方案之可行性與策略探討，可提供國內相關單位政策研擬因應溫升等國際環保公約時的參考。此外評估電力事業結構調整與污染減量規劃與產業結構之互動影響，對國內電力事業及產業升級規劃具有參考價值。而對於參與之工作人員可訓練其獨立思考與群體合作之能力，並有助於培養能源與環境規劃人才之養成。

## 五、參考文獻

1. Burgess, J.C., 1990, "The Contribution of Efficient Energy Pricing to Reducing Carbon Dioxide Emissions", *Energy Policy* 18(5), pp.449-455.
2. Earl-Juei Wang, 2001, "Application of linear programming to environmental mitigation alternatives for utility development under aggregate emission control", *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers* 26(1), pp.5-12.
3. Herzog, H., Golomb D., and Zemba S., 1991, "Feasibility, modeling, and economics of sequestering power plant CO<sub>2</sub> emissions in the deep ocean", *Environmental Progress* 10, pp.64-67.
4. Romeo Pacudan, Elaine de Guzman, 2002, "Impact of energy efficiency policy to productive efficiency of electricity distribution industry in the Philippines", *Energy Economics* 24, pp.41-54.
5. Valchou, A. and Vassos, S., 1997, "Evaluating the impact of carbon taxes on the electricity supply industry", *The Journal of Energy and Development* 21, pp.189-215.
6. Vassos, S. and Vlachou, A., 1997, "Investigating strategies to reduce CO<sub>2</sub> emissions from the electricity sector: the case of Greece", *Energy Policy* 25, pp.327-336.
7. Yih F. Chang, Sue J. Lin, 1998, "Structural Decomposition of Industrial CO<sub>2</sub> Emission in Taiwan: An Input-Output Approach", *Energy Policy*, v26, no.1, pp.5-12.
8. 林素貞，張翊峰，1993，「由酸雨及溫室效應探討臺灣地區火力發電廠燃料污染量及削減方案」，中國環境工程學刊，第三卷，第一期，pp.53-64。
9. 張翊峰，林素貞，2001，「電力事業燃料選擇對台灣地區產業經濟、能源耗用與溫升控制之影響分析」，第七屆海峽兩岸環境保護學術研討會。
10. 許志義，江世賢，1997，「抑制CO<sub>2</sub>排放之台灣地區電力經濟多目標規劃研究」，因應溫室效應之經濟工具及其經濟影響論文集，pp.207-232。
11. 經濟部能源委員會，1998，「臺灣地區能源政策白皮書」，經濟部能源委源會。
12. 賴正文，許哲強，陳家榮，2000，「整合性電力事業電力供給規劃」，台電工程月刊，第 626 期，pp.73-97。

表1 2010及2020年台灣地區燃氣電廠新增容量因素模擬替代方案分析表

年代	方案：增加燃氣電廠容量因素						
	停建缺電量 (百萬度)	原燃氣 發電量 (百萬度)	燃氣電廠 裝置容量 (千瓩)	新設容 量因素	複循環電廠 廠熱耗率 (千卡/度)	CO <sub>2</sub> 增量 (千公噸)	增量 百分比 (%)
2010	41,958	42,500	13,860	0.70	2,000	19,510	13.9%
2020	74,808	50,550	18,170	0.79	2,000	34,786	19.7%

表2 方案 A 之能源及 CO<sub>2</sub> 排放量結果分析

全國合計	煤品	油品	天然氣	電力	總量
能源消費量(10 <sup>7</sup> Kcal)	11,526,757	41,442,172	3,856,035	14,239,338	71,064,302
配比(%)	16.2%	58.3%	5.4%	20.0%	100.0%
增加幅度(%)*	81.8%	103.3%	174.3%	107.7%	103.1%
與基本方案比較	5.8%	3.7%	3.3%	-2.2%	2.8%
CO <sub>2</sub> 排放量(公噸)	42,199,102	97,464,462	10,232,481	81,216,185	231,112,231
配比(%)	18.3%	42.2%	4.4%	35.1%	100.0%
增加幅度(%)*	82.0%	86.6%	231.0%	125.2%	101.7%
與基本方案比較	5.8%	3.3%	3.8%	-9.1%	-1.0%

註：住宅部門的能源消費及 CO<sub>2</sub> 排放量年平均成長率為 5.77%

表3 方案 B 之能源及 CO<sub>2</sub> 排放量結果分析

全國合計	煤品	油品	天然氣	電力	總量
能源消費量(10 <sup>7</sup> Kcal)	10,839,121	39,592,070	3,682,296	14,358,472	68,471,959
配比(%)	15.8%	57.8%	5.4%	21.0%	100.0%
增加幅度(%)*	71.0%	94.2%	161.9%	109.4%	95.7%
與基本方案比較	-0.5%	-0.9%	-1.3%	-1.4%	-1.0%
CO <sub>2</sub> 排放量(公噸)	39,690,174	93,492,841	9,718,496	92,345,939	235,247,450
配比(%)	16.9%	39.7%	4.1%	39.3%	100.0%
增加幅度(%)*	71.2%	79.0%	214.4%	156.1%	105.3%
與基本方案比較	-0.5%	-0.9%	-1.4%	3.3%	0.7%

註：住宅部門的能源消費及 CO<sub>2</sub> 排放量年平均成長率為 5.48%