

南 華 大 學

環境管理研究所

碩士論文

因應氣候變遷之二氧化碳削減策略:以半導體業為例

**Mitigation Strategy for Carbon Dioxide in Response to
Climate Change: An Example of Semiconductor Industry**

研 究 生：黃惠妙

Graduate Student: Hui-Maio Huang

指導教授：胡憲倫 博士

Adviser: Allen H. Hu, Ph.D.

中 華 民 國 九 十 七 年 二 月

南 華 大 學

環境管理研究所

碩 士 學 位 論 文

因應氣候變遷之二氧化碳削減策略：以半導體業為例

研究生：黃惠妉

經考試合格特此證明

口試委員：林盛隆

何明修

胡惠倫

指導教授：胡惠倫

系主任(所長)：陳中獎

口試日期：中華民國九十六年十二月二十六日

誌 謝

幾經波折，感謝恩師胡憲倫教授，始終沒有放棄學生，在研究的領域仍給予學生莫大的學習機會，並總是堅信著學生，給予學生莫大的信心。論文初成，滿載著眾多人的期盼，首要感謝恩師的敦敦教誨、殷殷叮嚀，因為有您的指導與指正，使得學生得以完成使命，邁向新的人生旅程。同時感謝林盛隆與何明修教授，有你們的指正及建議，使得本論文更臻完善。

在論文撰寫的過程，感謝家偉學長一路的協助與寫作上的指導，政遠、欣靜、范凱、旭玲、孟軒、景哲、聖平的鼓勵，佳如、宗瀚、宜學、思宇的幫忙，還有在研究學習期間，提供溫暖小窩收留我的懿儒，在此致上十二萬分的謝意！

最後，感謝我的父親黃來枝先生及蔡敏女士，有你們的愛護與支持，我才得以有今日之成就，感謝我的大哥為我四處奔波及時時刻刻的叮嚀，感謝我的大嫂及二嫂給予我精神上的鼓勵，我愛你們！你們是最棒的！

惠妙 謹致 01.15.2008

摘 要

2005 年 2 月京都議定書(Kyoto Protocol)正式生效。在國際現實壓力下，台灣各產業皆應重新思考發展政策，進行調整。現今，產業已經逐步研擬不同因應做法，作為削減二氧化碳的策略。針對半導體產業，本研究希冀能找出最適合該產業因應全球暖化壓力的 CO₂ 減量策略。因此，本研究主要目的為利用模糊分析層級程序法(fuzzy analytic hierarchy process, FAHP)去分析半導體產業對於執行削減二氧化碳之優先策略。首先透過文獻與國內外案例之彙整與分析，提出企業因應全球暖化之削減策略，並將策略區分為能源策略、製程管理、產品、廢棄物管理及交通運輸等五大構面。依此，建構出屬於模糊分析層級程序法(FAHP)之專家問卷，共郵寄出 120 份問卷給名列於台灣半導體產業協會(TSIA)的企業，問卷對象為負責溫室氣體削減之主管，填寫不同削減策略之相關權重值，進而分析執行削減策略之優先次序。分析樣本主要區分為已簽署與未簽署自願性減量倡議的公司兩大部分，從分析結果可知，已簽署企業(8 家)認為「交通運輸」(0.2602)是最重要的構面，依序為「廢棄物管理」(0.2129)、「能源策略」(0.2045)、「產品」(0.1766)及「製程管理」(0.1459)。反之，未簽署企業(16 家)則是認為「產品」(0.2797)是最重要的構面，其次為「廢棄物管理」(0.2081)、「交通運輸」(0.2045)、「能源策略」(0.1766)及「製程管理」(0.1459)。探究其原因，若依已簽署企業有期限減量之壓力來看，「運輸」構面如：鼓勵員工改善通勤方式等，是屬立即可實施，且立即能顯現效果的策略；而未簽署的企業，則偏向於考量減量執行難易度的策

略選擇。期望藉由分析的結果，呈現我國半導體產業對於因應全球暖化的策略，

以利後續半導體產業在低碳經濟中尋求競爭優勢。

【關鍵字】：削減策略、全球暖化、半導體產業、模糊分析層級程序法

Abstract

Kyoto Protocol has become effective in the February of 2005. Under this situation, all the Taiwanese companies need to adjust their environmental policy and practices, and well as prepare the pressure may have from the international society. Various strategies regarding electronics industry for mitigating carbon dioxide emission have been proposed in order to maintain competitive advantage. In this study, the author tries to understand how the semiconductor industry responses to the global warming and to find out the common strategies semiconductor companies currently adopt. Based on an extensive literature study, five mitigation and adaptation strategies for companies in response to global warming were identified. They are: Energy Improvement, Process Improvement, Waste Management, Transportation Management and Kyoto Mechanism. Based on this structure, an expert questionnaire of Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) was designed and mailed to the managers who are in charge of this issue of 120 companies who are members of Taiwan Semiconductor Industry Association (TSIA). FAHP technique then was applied to analyze the relative weightings of different strategies and determine the most prioritized strategies of mitigating carbon dioxide for Taiwanese semiconductor industry.

To explore the differences of strategies for mitigating carbon dioxide, the results were

analyzed based on two groups of samples, companies who signed and did not sign the Voluntary Carbon Reduction (VCS) program. Results of those companies who signed VCS (8 respondents) indicate that ‘transportation’ (0.2602) was the most important dimension followed by ‘waste management’ (0.2129), ‘energy strategy’ (0.2045) ‘product’ (0.1766), and ‘process management’ (0.1459). However, results of those who did not sign samples (16 respondents) show that ‘product’ (0.2797) was the most important dimension, followed by ‘waste management’ (0.2081), ‘transportation’ (0.2045) ‘energy strategy’ (0.1766), and ‘process management’ (0.1459). This discrepancy maybe due to that the signed companies have the deadline for reaching the reduction goal; so they tend to adopt the strategies which the results can be demonstrated apparently, such as strategies in the ‘transportation’ dimension. On the other hand, the unsigned companies seem to focus on the whether the strategies can be implemented easily or not. It is expected that the results derived from this study can help decision-makers in the semiconductor industry to identify those strategies where acceptance and improvements can be made and in prioritizing to reduce their global warming gases.

【Keywords】 : Mitigation strategy, Global warming, Semiconductor industry,

Fuzzy analytic hierarchy process

目 錄

摘 要	I
目 錄	V
表目錄	V
圖目錄	V
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	2
1.3 研究目的	3
1.4 研究方法與流程	4
第二章 文獻探討	5
2.1 企業因應全球暖化之動機	5
2.2 企業因應全球暖化之策略架構	7
2.3 因應全球暖化之策略探討	8
2.3.1 歐洲企業	9
2.3.2 美商企業	14
2.3.3 日商企業	22
2.3.4 台灣企業	28
2.4 分析層級程序法	35
2.4.1 AHP 概述	35
2.4.2 AHP 基本假設	35
2.4.3 AHP 操作步驟	36
2.5 模糊分析層級程序法	41
2.5.1 模糊理論	41
2.5.2 模糊分析層級程序法	44
第三章 研究方法	46
3.1 研究流程	46
3.1.1 研究變數	47
3.2 信度與效度分析	51
3.3 研究限制	52
第四章 結果分析與討論	54
4.1 公司基本特性	54
4.2 FAHP 因素權重之計算	54
4.3 信度效度檢驗	58
4.4 削減策略分析-五大構面	58
4.5 削減策略分析-各構面下策略	61

4.6 綜合分析	69
第五章 結論與建議	73
5.1 結論	73
5.2 建議	74
參考文獻	76
附錄	84
附錄一 二氧化碳削減策略-FAHP 問卷	84

表目錄

表 1-1 京都議定書管制六種溫室氣體之全球暖化潛勢 (GWP)	2
表 2-1 歐洲企業因應全球暖化之策略	11
表 2-2 美商企業因應全球暖化之策略	18
表 2-3 2010 年綠色管理指標 (SONY)	23
表 2-4 日商企業因應全球暖化之策略	25
表 2-5 台灣企業因應全球暖化之策略	31
表 2-6 AHP 評估尺度表	38
表 2-7 R.I. 值表	41
表 3-1 二氧化碳削減策略與相關文獻	49
表 4-1 能源策略面向之案例	55
表 4-2 能源策略面向之案例－模糊成對比較矩陣	55
表 4-3 專家在「能源策略」構面下之模糊權重	56
表 4-4 二氧化碳削減策略之成對矩陣-影響構面(已簽署自願性減量).....	59
表 4-5 二氧化碳削減策略之成對矩陣-影響構面(未簽署自願性減量).....	59
表 4-6 二氧化碳削減策略之權重-五大構面	60
表 4-7 二氧化碳削減策略之成對矩陣-「能源策略」構面(已簽署自願性減量).....	61
表 4-8 二氧化碳削減策略之成對矩陣-「能源策略」構面(未簽署自願性減量).....	61
表 4-9 二氧化碳削減策略之權重-「能源策略」構面	62
表 4-10 二氧化碳削減策略之成對矩陣-「產品」構面(已簽署自願性減量).....	62
表 4-11 二氧化碳削減策略之成對矩陣-「產品」構面(未簽署自願性減量)	63
表 4-12 二氧化碳削減策略之權重-「產品」構面	63
表 4-13 二氧化碳削減策略之成對矩陣-「製程管理」構面(已簽署自願性減量).....	64
表 4-14 二氧化碳削減策略之成對矩陣-「製程管理」構面(未簽署自願性減量).....	64

表 4-15 二氧化削減策略之權重-「製程管理」構面.....	65
表 4-16 二氧化削減策略之成對矩陣-「廢棄物管理」構面(已簽署自願性減量)...	66
表 4-17 二氧化削減策略之成對矩陣-「廢棄物管理」構面(未簽署自願性減量)...	66
表 4-18 二氧化削減策略之權重-「廢棄物管理」構面.....	66
表 4-19 二氧化削減策略之成對矩陣-「交通運輸」構面(已簽署自願性減量).....	67
表 4-20 二氧化削減策略之成對矩陣-「交通運輸」構面(未簽署自願性減量).....	67
表 4-21 二氧化削減策略之權重-「交通運輸」構面.....	68
表 4-22 已簽署及未簽署自願性減量樣本於削減策略之差異分析.....	71
表 4-23 重要性前五大之削減策略.....	72

圖目錄

圖 2-1 企業競爭力在環境因素的影響與衝擊圖.....	6
圖 2-2 企業因應全球暖化之策略架構圖.....	8
圖 2-3 AHP 操作步驟.....	37
圖 3-1 研究方法之流程圖.....	46

第一章 緒論

1.1 研究背景

人類工業革命以來大量燃燒石化燃料、農耕與土地使用等活動，使大氣中溫室氣體(greenhouse gas)的濃度快速上升，導致全球許多地區的氣候發生異常現象(van Aalst, 2006)，聯合國跨政府氣候變遷小組 (IPCC) 於 11 月 17 日在西班牙城市巴倫西亞公布第四份氣候變化評估報告，指出全球氣溫本世紀可能上升攝氏 1.1 至 6.4 度，海平面上升 18 至 59 厘米。全球溫室氣體排放量在 1970 年至 2004 年之間約已增加 70%，地球大氣層中聚集的二氧化碳氣體已超過過去 65 萬年中的自然水準 (IPCC, 2007)。

有鑑於全球氣溫上升對於地球的危​​害，聯合國氣候變化綱要公約在1993年12月21日第50個國家通過批准後，於1994年3月21日公約正式生效，目的在將大氣中溫室氣體的濃度穩定在防止氣候系統受到人為干擾的水準上。2005年2月16日京都議定書 (Kyoto Protocol)正式生效。主要管制38個(包括 OECD 24 國、13 個經濟轉型國家)工業化國家及歐洲聯盟應於2008至2012年間將該國溫室氣體排放降至1990年排放水準，平均再減5.2%。管制六種溫室氣體包括：二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、氫氟碳化物類(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)，其中CO₂、CH₄、N₂O管制基準年為1990年，而HFCs、PFCs與SF₆管制基準年為1995年，六種氣體的全球暖化潛勢 (Global Warming potential, GWP) 如表1-1所示。全球因應氣候變遷將邁入新的紀元 (呂鴻光、簡慧貞等，2003)。

表 1-1 京都議定書管制六種溫室氣體之全球暖化潛勢 (GWP)

溫室氣體	全球暖化潛勢 GWP
CO ₂	1
CH ₄	23
N ₂ O	296
HFCs	12 ~ 12,000
PFCs	5,700 ~ 11,900
SF ₆	22,200

(資料來源：IPCC, 2001)

1.2 研究動機

氣候變遷所產生種種極端現象，在人類社會、產業、環境各方面造成深遠的影響 (Michael E. Porter, Forest L. Reinhardt, 2007)，國際間為落實溫室氣體排放管制工作，許多法令 (如：京都議定書) 因應而生，未來溫室氣體排放必須付費的時代，將造成經濟的大變動 (Theodore Roosevelt IV, John Llewellyn, 2007)。而台灣向來是以外銷為導向的國家，在國際現實的壓力下，台灣各產業皆應重新思考發展政策，進行調整，並掌握趨勢發展以因應全球暖化問題，使得企業在全球化市場上爭取商機更具優勢。

台灣從複製美國矽谷經驗到移植竹科經驗至台灣各地，二十五年間，台灣已躍升為全球電子產品的研發重鎮、製造大國，同時也成為能源密集產業繼石化、鋼鐵後，國內工業部門第三大 CO₂ 排放量的來源。而隨著國際大廠，如新力(Sony)、戴

爾(Dell)等跨國公司，開始要求其全球供應商提供溫室氣體資訊，以做為供應商稽核必要資訊，在此波綠色浪潮的席捲下，必須要能妥善因應，以維持其得來不易的競爭優勢。緣此，本研究希冀能找出最適合台灣電子業之因應全球暖化壓力的 CO₂ 減量策略，進而輔助企業經理人將碳排放潛在風險所引發的危機變成轉機。

1.3 研究目的

從企業的觀點來看全球暖化議題，所有企業都希望在碳限制的環境下取得商機，大多企業藉由減少風險與成本、預測未來相關政策走向與發展新的綠色產品與策略，以開拓新的市場與同產業間相互競爭(Kolk, 2000; Reinhardt, 2000; Rugman, and Verbeke, 2000)。未來有效地降低溫室氣體散發物可能被視為組織管理的質量指標(Boiral, 2006)，前瞻性的環境行動將帶來一個永續性的競爭優勢(Hart, 1995; Sharma and Vredenburg, 1998)。因此本研究即針對文獻及國內外廠商，歐(PHILIPS, Siemens, ST Microelectronics)、美(Dell、HP、IBM、Intel)、日(Sony, FUJITSU, TOSHIBA)、台灣(聯電、台積電、華碩)電子半導體相關業，彙整其削減策略，區分為能源策略、製程管理、產品、廢棄物管理及交通運輸等五大構面，建構出專家問卷郵寄給台灣半導體產業協會(TSIA)之會員廠商。主要任務有三：

1. 透過文獻與國內外案例之彙整與分析，研擬出企業因應全球暖化之削減策略。
2. 運用模糊層級分析法(Fuzzy Analytical Hierarchy Process, FAHP)建構出專家問卷，郵寄給台灣半導體產業協會(TSIA)之會員廠商負責溫室氣體削減之主管、專員，依各主管、專員實務經驗填寫不同削減策略之相關權重值。
3. 依回收之問卷，區分成與我國環境保護署簽定「全氟化物自願排放減量合作備

忘錄」及未簽定兩部份分析，以得半導體相關產業執行削減策略之優先次序，以輔助企業選擇最佳策略。

1.4 研究方法與流程

本研究著重於企業因應全球暖化之議題，探究企業溫室氣體削減策略的優先順序。在整個研究方法上是以採用文獻分析法、個案分析法、問卷分析法，來達到本研究目的。其闡述說明分別如下：

一、文獻分析法

蒐集目前國內外與溫室氣體削減策略之相關資料，彙整分析各種因應全球暖化之策略及研擬策略之架構。

二、個案分析法

針對國內外企業（歐、美、日、台灣）因應全球暖化之策略案例，經由不同面向之策略歸納與劃分，作為問卷設計之參考基石。

三、問卷分析法

以郵寄問卷的方式，利用模糊層級分析法(Fuzzy Analytical Hierarchy Process, FAHP)所研擬之專家問卷，針對台灣半導體產業協會(TSIA)之會員廠商作調查，再將回收的問卷資料透過運算與分析，以了解企業最優先考量的削減策略，以利各企業擬定最佳因應策略之參考。

第二章 文獻探討

2.1 企業因應全球暖化之動機

企業營運大量使用能源，卻對自然環境造成了嚴重的傷害。隨著能源耗竭及環境保護議題愈來愈受到重視，世界各國皆提出法令規範及相關環保政策工具，來試圖解決環境污染問題，而社會大眾也開始要求企業需負起社會責任（Hackston and Milne, 1996）。國外學者Schultz and Willianson (2005)與Székely and Knirsch (2005)曾指出，企業執行溫室氣體減量計畫，主要目的可略分為下列三種因素。

- （一）京都議定書管制：因各國政府受到京都議定書溫室氣體排放總量的管制，因此，為了達到承諾目標各國政府將會對於國內所屬企業進行總量管制。
- （二）跨國企業影響：在全球化的趨勢下許多大型的跨國企業紛紛興起，營運範圍已經不只是侷限於單一國家中，企業需符合各國法規與各類國際規範。
- （三）環保意識高漲：隨者社會大眾環保意識的高漲，企業已不像以往只需對利害關係人與股東負責，而企業的環境績效已成為投資大眾參考依據之一。

因此，企業暴露在高度的環境壓力下，需考量企業將會遭受何種環境因素的衝擊與影響，以使得面臨全球暖化的危機，藉由新因應策略的產生轉變成商機。舉例來說，經濟因素、政策因素、社會因素與科技等議題，對於企業因應全球暖化之議題具有其影響力。可從圖2-1看出企業執行企業競爭力在環境因素的影響與衝擊下，可能造成的相關商機與威脅（Pan and Regemorter, 2004）。

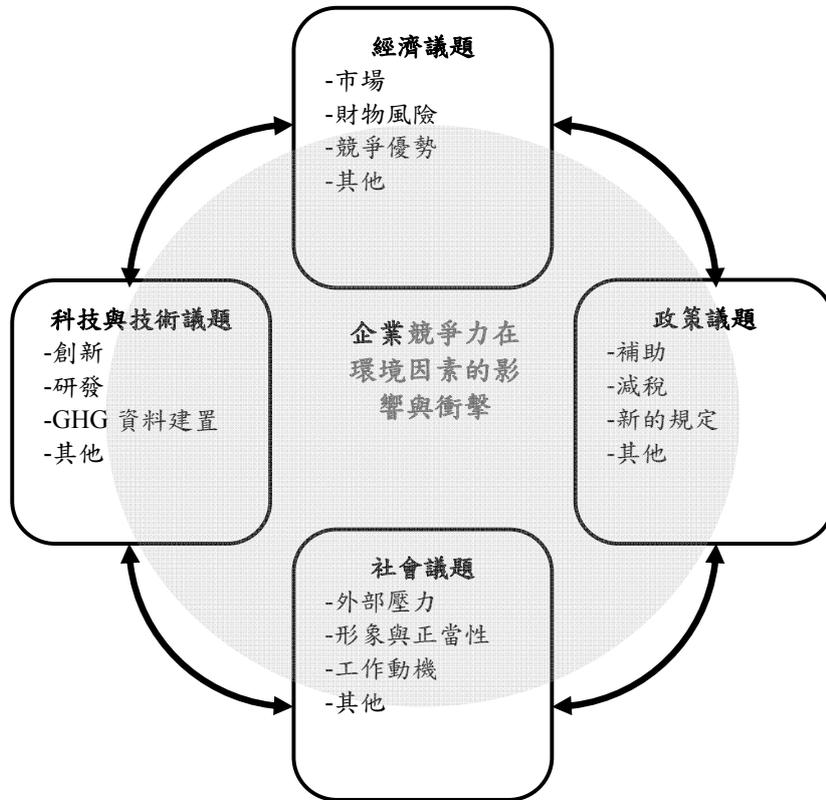


圖2-1 企業競爭力在環境因素的影響與衝擊圖
(資料來源：Boiral, 2006)

在上圖所述之經濟議題包含：需掌握與新興市場相關的環保產品或科技之動向、清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM)、共同減量 (Joint Implementation, JI) 與國際排放交易所的碳價走勢、分析所屬產業最佳的溫室氣體減量策略、從能源效率著手達到減量效果、評估溫室氣體減量對於金融市場的潛在影響、監控同產業競爭者之動向。政策議題包含：依國際相關的全球暖化之協商與決議、評估各地區政策方向、政府對於溫室氣體減量的補助、碳稅與相關政策稅收對於替代能源的優勢、鼓勵與支持研究及開發、給予溫室氣體減量投資計畫低利息與優惠貸款、加

速環境技術投資的折舊率 (Depreciation Rates)。社會議題包含：評估全球暖化對於企業名聲與形象之影響、消極符合其社會正當性 (Social Legitimacy) 或以被動的方式因應京都議定書之規範 (Defensive Position)、來自環保團體的施壓、消費者消費意識的改變、透過造林活動或當地綠色能源計畫推動社會責任、溫室氣體減量成效在於員工的工作動機。科技與技術議題包含：持續關注全球暖化相關的研究、刊物與新證據、確認新的溫室氣體減量或量測技術、把握開發新研發計畫的機會、對於生產設備朝向可再生循環的方向建構、公司內部的資料與統計數據之收集與更新以及競爭者的環境績效評估、溫室氣體排放量測標準進行其補強 (Boiral, 2006)。

2.2 企業因應全球暖化之策略架構

Schultz and Willianson (2005)針對企業因應全球暖化之策略架構訂定，分成以下步驟 (如圖 2-2)，首先企業需訂定其減量計畫，並徹底瞭解公司碳排放來源為何，將排放減量所需之成本納入其資金投資決策中，此舉將對於未來的減量效果具有重大影響，如：低碳設備的購置，找尋國內減量投資計畫或清潔發展機制等所產生之減量額度進而抵銷產品(煤、石油與交通工具)所產生之溫室氣體。

研究與發展減量技術，可以預期未來排放減量技術或零排放減量技術將會是減量策略的主流。但企業本身需具備良好的智識資本(intellectual capital)，才能有開發新的減量技術或替代能源的能力。因此在評估減量項目上，首要應對先前所執行之減量活動進行其評估，追蹤減量活動執行成效為何與制訂其改善方案，再依企業本身能力納入其他減量方案。最後，企業應將上述所做歸納為整合，做成一套屬於自己企業本身所執行的溫室氣體減量策略。

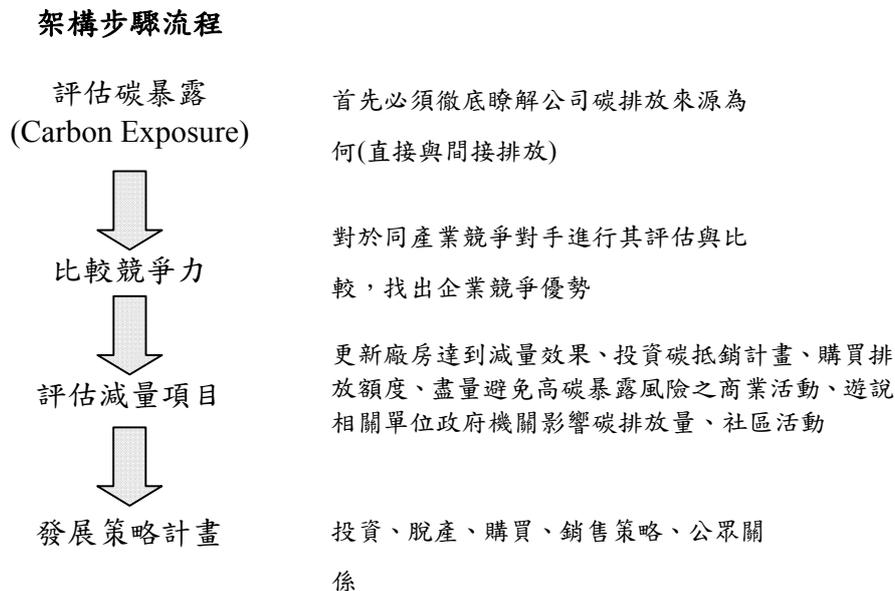


圖 2-2 企業因應全球暖化之策略架構圖

(資料來源：Schultz and Willianson, 2005)

2.3 因應全球暖化之策略探討

1998 年全球變遷中心(Pew Center for Global Climate Change)成立了企業環境領導會(Business Environmental Leadership Council, BELC)，其目的在於，提供一個可以讓企業有效解決氣候變遷問題的環境，協助企業訂定全球暖化相關因應策略與政策，以確保企業長期的競爭優勢。該協會會員來自各行各業，科技產業、製造業、石化燃料、運輸、公用事業、化學、能源等產業，各會員企業著手於能源改善、製程改善、交通運輸以及京都機制等，達成溫室氣體減量目標(BELC, 2006)。曾慶揚(2007)即將企業因應全球暖化議題所採取之減量策略，分成能源改善、製程改善、廢棄物管理、交通運輸，以及京都機制等五個面向，彙整策略與作法研擬出專家問卷，請教國內相關領域之專家，篩選出符合台灣國內現況之溫室氣體減量策略項目。

本研究即根據上述之面向，考量台灣並未簽屬京都議定書，主要受到牽制原因，主要仍是因跨國企業之要求，因而將京都機制面向去除。再者溫室氣體之排放，除企業本身之能源使用、生產製程等所產生之溫室氣體外，客戶在使用產品所消耗的能源及排放之溫室氣體也應加入考量，因此加入產品面向，則以能源策略、產品、製程管理、廢棄物管理、交通運輸，作為本研究之五個大構面。以下則為歐、美、日、台灣各企業之策略案例之彙整分析。

2.3.1 歐洲企業

在歐洲企業部份，以飛利浦（PHILIPS）、西門子（Siemens）、意法半導體（ST Microelectronics）為例，茲彙整如下：

一、飛利浦（PHILIPS, 2006）

飛利浦總公司位於荷蘭，在2006年底總計121,732位員工，2006年營業額達270億歐元，2004年及2005年連續第二年名列道瓊永續性指數週期商品和服務類第一名，2006年9月29日，飛利浦出售旗下半導體事業的80.1%給私募基金國際財團，成立獨立半導體公司NXP，僅保留19.9%的股權，使得2006年能源使用減少了48%，PFCs減少了94%。

在因應全球暖化的努力上，飛利浦在多年前即開始發展許多的專業技術，用以改善產品、製程的能源及二氧化碳排放削減等相關問題，1994年開始EcoDesign計劃，主要著重在降低產品的功耗，1998年起提出EcoVision（生態願景）計劃，建立一系列4年的行動計畫，EcoVision I（1998-2001）、EcoVision II（2002-2005）、EcoVision III（2006-2009）逐年訂定節約用水、節約能源、廢棄物減量之標的，

EcoVision II (2002-2005)的執行成果，以 2001 年為基準年，包裝材料削減了 2%，能源消耗削減 25%，廢棄物削減了 23%，並於 2005 年推出 50 項「環保旗艦」新產品，使飛利浦的環保旗艦產品總數量超過 160 項，降低了對環境的衝擊與影響。

二、西門子 (Siemens, 2006)

西門子以2005年為基年，追蹤溫室氣體 (GHG) 的排放量，在2006年的排放量總計當453萬公噸CO₂，其最大部份，246萬公噸CO₂是來自於電力的消耗及區域供熱 (District Heating)，第二大部份，126萬公噸CO₂主要來自設備和運載車輛的石油、氣體及其他燃料的燃燒產生，第三大部份45萬公噸CO₂則是商務出差 (Business Travel) 搭乘飛機、火車或租車產生。因此為因應全球暖化，西門子積極投入能源效率計劃在一大生產設備中，預計至2010年削減主要能源消耗20%，相對減少CO₂排放20%，在廢棄物方面，預計至2010年減少廢棄物15%，而2006年回收西門子在全世界所產生的廢棄物已達83%，在產品方面，推行產品環境化設計(DfE)，在產品設計階段極力考量減少自然資源的使用率。在辦公方面，則針對大樓的空調、照明及其他辦公設備使用等進行有效的管理，以減少能源消耗。

三、意法半導體 (ST Microelectronics, 2006)

意法半導體，為歐洲主要半導體大廠，其 2006 年透過大多數環境指標的改善，使得溫室氣體排放量達到削減，尤其在全氟化物(Perfluorocompounds, PFCs)削減上，減少了 10% 的排放量。其指標包含每年需減少能源消耗 5%、每年需減少化學品消耗量 5%、80% 的垃圾都可重覆使用或循環再造等。透過節能設備的安裝、設備的升級及提升再生能源使用 (如：太陽能設備的安裝) 等來達成。

表 2-1 歐洲企業因應全球暖化之策略

公 司	能源策略	產 品	製程管理	廢棄物管理	交通運輸
飛利浦 (PHILIPS)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 飛利浦從 1998 年起提出 EcoVision (生態願景)計劃，EcoVision I (1998-2001) 、EcoVision II (2002-2005) 、EcoVision III (2006-2009) ■ EcoVision II 2002-2005 計畫，大幅改善環保效能，其中最重要的包括於 2005 年推出 50 項「環保旗艦」新產品，使飛利浦的環保旗艦產品總數量超過 160 項，降低了對環境的衝擊與影響 ■ EcoVision III 環境行動計畫在 2006 年開始至 2009 年，主要仍會在能源效率、產品回收再利用、綠色產品設計等焦點。 ■ 飛利浦抽回半導體投 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1994 年開始 EcoDesign，為降低產品的功耗 ■ 使用可重複使用或者可再造的包裝材料 ■ 由於 EcoVision II 計劃，以 2001 年為基準，包裝材料削減了 2% ■ 提出新的高效率照明系統 (Efficient energy lighting)，若普及於歐洲每年約可節省 43 億 EUR 超過，相當於每年削減 2800 萬公噸 CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 更新或優化生產設備，以提升生產效率 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 與企業伙伴合作合作建立回收計劃 ■ 以 2001 年為基準年，2005 年削減了 23% 的廢棄物，超過了 EcoVision II 所訂定 20% 的目標 	

	<p>資資本，因此比較 2005 年與 2006 年，2006 年的能源使用下降了 48%，PFCs 下降了 94%</p> <p>■ 預計到 2020 年為止，預計減少能源效率 20%</p>				
西門子 (Siemens)	<p>■ 積極投入能源效率計劃在一大生產設備中，預計至 2010 年削減主要能源消耗 20%</p> <p>■ 有效管理大樓空調設備以節省能源消耗</p> <p>■ 使用節能系統提升能源效率、節省自然資源並削減溫室氣體的排放量</p> <p>■ 在 2005 年 4 月啟動加速企業發展四項計劃 (Fit4More) 計劃，其中在企業責任 (Corporate Responsibility) 項目裡，包含了氣候保護 (Climate Protection)</p>	<p>■ 推行產品環境化設計 (DfE)，在產品設計階段極力考量減少自然資源的使用率</p> <p>■ 減少產品的重量及包裝</p>	<p>■ 致力減少會對臭氧層產生影響的化學物質使用</p> <p>■ 新氣體渦輪機與新發電技術，削減了燃料消耗與排放物，並提升了效率</p>	<p>■ 2006 年回收西門子在全世界所產生的 83% 廢棄物</p> <p>■ 未來五年訂定減少廢棄物 15% 的目標</p>	<p>■ 優化運輸貨物之效率，以節省能源，並採用環境友好的運輸工具</p>

<p>意法半導體 (ST)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1994-2006 年在新加坡的 AMK(Ang Mo Kio)廠實際 100 項節能工程 ■ 新加坡使用利用天然氣所發的電，比使用石油發電產生較低的溫室氣體 ■ AMK6 廠 2007 年使用太陽能熱水系統，約可節省 136,000 kWh/year ■ 法國 Grenoble，將新餐廳的屋頂安裝太陽能設備，每年約可節省 300,000 kWh/year ■ 在法國南部建立風力發電廠，運用六座風車發電，並把電力賣給法國電力公司 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 著重於低能源消耗及環境友好之產品設計 ■ 積極主動使得產品符合環境規章 	<ul style="list-style-type: none"> ■ AMK5 廠 2006 年 6 月完成升級冷卻水幫浦(Pumps)，約節省 919,800 kWh/year 千瓦小時/每年 ■ AMK5 廠 2006 年使用洗滌廢水預先冷卻冷卻水塔水，每年約可節省 595,680kWh/year ■ AMK6 廠 2007 年 Power Planner 動能規劃裝置冷凝器水 (condenser water)幫浦(Pumps)，約可節省 421,575 kWh/year ■ AMK6 廠升級冷凝器水幫浦，約節省 788,400 kWh/year 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 訂定 80 % 的廢棄物都可以重複使用或循環再造的目標 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 與公共汽車公司協調，建立經過廠區的新路線，以提供員工搭乘 ■ 免費提供員工汽車二氧化碳排放量的檢測 ■ 提供搭乘火車票的折扣
-------------------	--	--	---	---	--

(資料來源：本研究整理)

2.3.2 美商企業

一、 戴爾股份有限公司 (Dell, 2007)

Dell 會計年度 2007 年初步估計二氧化碳總排放量 385,000 公噸，其二氧化碳排放來源主要仍是在能源的使用上。因應全球暖化，Dell 的氣候策略和京都議定書的基本要素一致，包含設計和實施氣候變遷計劃、量測排放物、提升能源使用效率、觀察氣候科學、評估衝擊、發展因應策略。其量測氣候足跡、收集溫室氣體排放數據，從電力使用、燃料、運輸燃料、產品運送、員工通勤及員工商務旅遊等溫室氣體排放數據收集，到量測客戶使用期間能源消耗所間接產生的溫室氣體排放量，並要求供應商報告溫室氣體排放資料。

Dell 在辦公室的能源削減上，透過自動化建築物管理系統有效地監測能源使用管控溫度及濕度滿足企業部門的需求，將溫度及照明設備配合營業時間調整，減少了能源的消耗及成本，美國 Dell 並在 2005 年訂立了減少電力消耗 10% 的目標，而愛爾蘭 Dell 將建立一個能源特別小組思考最大效率能源使用的問題。在近期內，Dell 預計在 2007 年會有引入一綜合氣候策略，也訂定在 2012 年額外減少 15% 碳強度(二氧化碳排放量和營收比率)的目標，在未來，Dell 將面臨 2009 年溴化阻燃劑(BFR)逐步淘汰及持續增加能源再生及再利用量的挑戰。

二、 惠普科技股份有限公司 (HP, 2006)

HP 惠普總公司位於美國加州 Palo Alto，於全球超過 170 個國家設有服務據點，擁有 156,000 名以上的員工(截至 2006 年 10 月為止)。2006 年全球營收總額逾 917 億美元，為 2006 財星雜誌(Fortune)評選 500 大企業中排名 14 之跨國性企業體，2007

年四月並為 Newsweek 雜誌評選為百大綠色企業第八。HP 於環保問題的努力，從 1987 年開始推行產品回收再利用計劃，1992 年積極投入為環境設計的產品計畫 (Design for Environment, DfE)，著重於產品的節能及可回收設計，2007 年電腦硬體及印表機相關補給品(雷射印表機的碳粉匣、噴墨印表機的墨水匣等)的回收再利用已達到十億磅。

在影響全球暖化方面，HP 主要的溫室氣體(GHG)排放來源是在設備運作的電力使用上，佔了97%，在HP的經營過程中，能源的使用是影響環境最重要的一環，為因應全球暖化及能源消耗問題，2006年，惠普發起HP工作場所轉變的倡議(HP Workplace Transformation)，其主要作法乃是將全球的營運聚集在一主要的核心廠址，並透過新技術及有效地空間利用，使得能源的消耗有效的降低了1%，避免了1.8萬公噸二氧化碳(CO₂)排放，HP在2007年的重點計畫當中，延續2006年，「綠色」仍為三大重點軸心之一，在2007年四月HP宣佈訂立目標，期在2010年前能減少環球能源使用量20%。

三、 國際商用機器公司 (IBM, 2006)

IBM 的營運上是不會產生溫室氣體(GHG)的，所以對全球暖化的影響主要是在電力的使用上間接排放的二氧化碳，因此 IBM 因應全球暖化的主要策略仍是著重在節能上。但針對 IBM 在半導體製程上釋放一些全氟化物(Perfluorocompounds, PFCs)，雖然用碳當量與間接排放的二氧化碳相比佔了非常小的比例，IBM 卻未將其忽略，在 1998 年提出了以 1995 年為基礎到 2002 年需減少全氟化物(PFCs)達百分之 40%的目標，成為當時訂定全氟化物(PFCs)減量目標的第一個半導體製造廠。

2002 年 IBM 加入美國環保署的氣候領導者計劃(EPA's Climate Leaders program)，更加致力於減量工作，透過推動節能行動，在 2000 年到 2005 年間，平均每年減少 4%的燃料及電力使用，降低二氧化碳排放量，並以 2000 年為基準，到 2005 年止訂下半導體製程釋放的全氟化物(PFCs)需消滅 10%的目標。2003 年加入芝加哥氣候變遷交易市場，承諾 2003 到 2006 分別要減少 1%、2%、3%、4%的溫室氣體(GHG)排放量。2007 年 IBM 提出「綠色工程計畫 (Project Big Green)」，的創新策略，宣布每年投入 10 億美元推動能源應用轉型，致力發展綠色產品與服務，大幅降低資料中心能源耗量的成長以及對環境的衝擊。

四、 英特爾 (Intel, 2006)

因應氣候變遷的策略焦點主要集中在三方面：溫室氣體的排放、營運能源的使用、產品的能源效益。1999 年參與世界半導體協會 PFC 自願減量計劃，設定減量目標至 2010 年需降低 1995 年排放量 10%，在 2006 年，Intel 參加美國環保署氣候領袖行動方案 (US EPA's Climate Leaders program)，透過產官夥伴關係 (industry-government partnership) 發展降低氣候變化的目標和策略計畫，並加入芝加哥氣候交易市場，致力降低溫室氣體排放，訂定至 2010 年至少減量 6%溫室氣體排放之目標。在能源方面，從 2001 年起，已投資辦公室與廠房超過 200 項不同的降低能源消耗專案，在電力的使用上節省超過 4 億 kWh。在產品方面，推行環境化設計，考量能源效率及材料回收再利用等問題，另特別成立包裝設計工作小組，致力於包裝材料之重新設計，節省了包裝材料的使用，間接也改善了裝運密度，使得更小的空間裝運相同數量的產品，減少運輸次數，低燃料消耗減少二氧化碳排放。Intel 半導體淨化室，運用廢熱預熱空氣，降低天然氣的消耗同時削減二氧化碳的排

放量超過 30%，在電子廢棄物的回收已超過 150 萬磅，2006 年固體廢棄物回收再循環已達 74%。除此之外，在員工通勤上，提供 90%的通勤員工，運輸津貼。

表2-2美商企業因應全球暖化之策略

公 司	能源策略	產 品	製程管理	廢棄物管理	交通運輸
戴爾 (Dell)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 訂定 2012 年額外減少 15%的碳強度的目標 ■ 使用自動化建築物管理系統有效地監測能源使用管控溫度及濕度配合營業時間調整，減少了能源的消耗及成本 ■ 美國 Dell 使用清潔能源，每年避免 9420 萬磅的 CO₂ 排放 ■ 愛爾蘭 Dell 建立一個能源特別小組思考最大效率能源使用的問題 ■ 2007 年將引入新的綜合氣候策略 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 參與能源之星 (Energy Start) 計畫 ■ 推行產品環境化設計(DfE)，考量環境影響因素，在整個產品的生命週期 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 2005 年宣佈以 50%為目標，積極回收全球的電腦產品。 	
惠普 (HP)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 澳洲墨爾本更換冷暖空調冷卻裝置 (HVAC chillers)，使辦公室能源使用最小化 ■ 在新加坡安裝降壓變壓照明系統，節省照明能源 25%(大約 600MWh) ■ 2007 年宣佈，2010 年前減少環球能源使用量 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 參與能源之星 (Energy Start) 計畫，目前超過 300 種的產品被此計畫認證 ■ 研發 all-in-one 功能的產品，可減少 40%的能源與原料 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在工廠安裝自動化與中央控制系統的節能裝置，並且教育員工如何節能 ■ 2005 年夏天，關掉金山灣區的鍋爐每年節約 350 萬 kWh ■ 2005 年，英國布理斯托與愛爾蘭都柏林，在鍋爐系統上安裝磁性氣體節熱氣 (magnetic gas economizers) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設計可回收產品為理念，在 16 個國家執行金屬零件的生命週期回收計畫與國際性墨水匣回收計畫，朝向 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 70%的員工完全、定期或偶爾使用電子通勤 (telecommute) ■ Bay Area 分部提供

	<p>20%的目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ■參與美國環保署全氟化物(PFCs)減量計畫，預計2010比1995減少10% ■2003年，成為首位經濟世界論壇的溫室氣體註冊企業 ■2005年11月，加入加州氣候登錄行動聯盟(CCAR) ■2006年，與世界野生動物基金會(WWF)合作，積極投入國際氣候行動 		<p>可節約130萬kWh</p> <ul style="list-style-type: none"> ■2006年，投入動態智慧型冷卻技術(Dynamic Smart Cooling)，可節省約20%-45%的冷卻能源成本 ■對前53大廠房，執行能源效率的查核與量測計畫 ■2006年，發起工作場所轉變(HP Workplace Transformation)的倡議，使得能源消耗降低了1%，避免了18,000公噸的CO₂排放 	<p>90%墨水匣回收率</p> <ul style="list-style-type: none"> ■2005年，回收14,000萬磅的墨水夾。去年增加13%的回收率，2007年，回收達到10億磅的目標 	<p>電動車充電站與通勤員工的運輸津貼</p> <ul style="list-style-type: none"> ■喬治亞分部也提供運輸津貼、每季對此問題開會討論，並商討共乘時額外汽油花費之補助
IBM	<ul style="list-style-type: none"> ■與WRI合作，致力於再生能源的發展，積極開發新市場與具有市場競爭力的綠色能源，預計2010年達到1,000MW ■2002年，再生能源使用達全球營運地區總能源消耗的5% ■2003年，全球節能約7%總能源使用，節約33,100萬kWh的電力、 	<ul style="list-style-type: none"> ■2001-2003年，所生產的電腦、螢幕、辦公室印表機等產品都通過能源之星(Energy Star)的要求標準 	<ul style="list-style-type: none"> ■2003年已削減在半導體製程中與PFC相關的6種溫室氣體(NF₃，CF₄，C₂F₆，SF₆，C₃F₈和CHF₃)排放達55.3%，比2000基準年超過10% 	<ul style="list-style-type: none"> ■2002年比2001年減少7.8%的非有害廢棄物 ■2002年，減少14.2%有害廢棄物輸出，總量減少28.5% ■過去的五個五年，減少有害廢棄物 	<ul style="list-style-type: none"> ■在美國目前有超過20,000名員工，使用電子通勤 ■倡導員工搭乘大眾運輸工具、共乘與騎腳踏車等

	<p>238 加侖的燃料、避免 181,500 噸的 CO₂，節約 1,610 萬美金</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 1990-2004 年，透過節能 159.7 億 kWh 的電力，總共避免了 835 萬噸的 CO₂ 排放 ■ 2004 年，減少 170,950 噸的 CO₂ 排放與節省 1,180 萬美金 ■ 2007 年，透過綠色工程計劃(Project Big Green) 的創新策略，宣布每年投入 10 億美元推動能源應用轉型，致力發展綠色產品與服務 ■ 加入芝加哥氣候變遷交易市場 			<p>75.7%，從 1987 年算，減少 94%</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 2002 年，回收 78% 非有害廢氣與 54% 有害廢棄物 ■ 2004 年，控制有害廢棄源，減少 33% 的有害廢棄物(2,400 噸) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 提供運輸津貼、折扣與內部共乘配對服務 (carpool ride-matching service)
英特爾(Intel)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 參與美國環保署氣候領袖行動方案 (US EPA's Climate Leaders program) 發展目標策略計劃 ■ 加入芝加哥氣候交易市場，致力降低溫室氣體排放，訂定至 2010 年至 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 推行環境化設計，考量能源效率、材料回收再利用等問題 ■ 包裝材料重覆使用，節省 110 公噸材料消耗 ■ 重新設計包裝方 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 降低生產設備的溫室氣體排放量 ■ 1999 年參與世界半導體協會 PFC 自願減量計劃，設定減量目標至 2010 年需降低 1995 年排放量 10%。 ■ 改善鍋爐效率及生產操作過程 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 回收超過 150 萬磅的電子廢棄物 ■ 2006 年固體廢棄物回收再循環達 74% 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 提供超過 90% 的通勤員工，運輸津貼

	<p>少減量 6% 溫室氣體排放之目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 透過智慧型系控制、照明效率提昇、空調系統改善等使得能源使用降低多於 1.6 億 kWh ■ 從 2002 年至 2010 年設定每年需減少能源消耗，每單位生產平均 4%，自 2002 年到 2006 年已減少 5.7% ■ 從 2001 年起，投資辦公室與廠房超過 200 項不同的降低能源消耗專案，在電力的使用上已節省超過 4 億 kWh 	<p>式，改善裝運密度及材料的總量使用，每年減少 2,650 磅的塑膠與 47,000 磅的紙，裝運密度改善 56%，可用更小的空間裝運相同數量的產品，使得運輸次數減少，低燃料消耗減少二氧化碳排放量</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 半導體廠淨化室，運用廢熱預熱空氣，降低天然氣的消耗同時削減二氧化碳的排放量超過 30% ■ 以 2002 年為基準，訂定在 2010 年需減少正常化 (Normalized) 溫室氣體排放物 50% 		
--	--	---	--	--	--

(資料來源：本研究整理)

2.3.3 日商企業

一、富士通 (FUJITSU, 2007)

在因應全球暖化議題上，擬定的目標，二氧化碳部份，以 1990 財政年為基準年，至 2010 年為止，預計降低 28% 的 CO₂ 營業排放量，溫室氣體方面則以 1995 年為基準，在 2010 年前減少 10% 的溫室氣體排放 (PFC, HFC, SF₆)。其作法在能源消耗方面，於動能設備安裝節能裝置，透過修正生產過程、適當的動力設備操作和管理的改進，以增加效率；在廢棄物方面，則擬定以 2005 財政年度為基礎，至 2009 年需減少廢棄物達 3% 的目標；在交通運輸方面，2005 年 10 月起，利用回程卡車運送零組件，每年約降低 160 公噸 CO₂ 排放量，2006 上半年，將五個配發中心，遷移合併到東京的三個配發中心，並實施將產品依公司分群組配發運送。

二、新力國際股份有限公司 (Sony, 2007)

Sony 創立於 1946 年五月，位於日本東京，員工總人數 163,000 人(至 2007 年 3 月)，2006 年總營收 829,570,000 萬日元。會計年度 2006 年統計，Sony 廠房的能源使用 35600 兆，再生能源使用 303 兆，產品使用的能源消耗 313,000 兆，廠房二氧化碳排放 202.8 萬噸，能源使用佔了 182.4 萬噸，全氟化物(Perfluorocompounds, PFCs) 佔 204,000 噸，產品使用 1783.4 萬噸，產品運輸 668,000 噸，再生能源貢獻抵銷 12,984 噸，總計 2006 年溫室氣體排放約 2053 萬噸，比 2005 提高了約 17%，其提升的主要原因有二，其一：Sony 在 2006 年重新定義了溫室氣體的指數，納入物流的二氧化碳排放；其二：在產品使用期間所產生的二氧化碳排放約提升了 16%，歸究於液晶顯示(LCD)電視的尺吋增加和銷售數量的提升。

Sony 在能源使用方面，積極引入再生能源。日本 Sony 與電力公司共同發展使

用綠色能源認證系統(Green Power Certification System)，並從 2001 年購買使用再生能源所產生的電力。最初 Sony 協定在綠色能源檢定系統下，每年產生 450 萬千瓦/小時的電力，但隨著採用該系統的公司增加，2007 年四月，Sony 決定購買 1000 萬千瓦/小時的地熱電力，直至現在，Sony 使用綠色能源檢定系統每年所購買的再生能源已達 2040 萬千瓦/小時，同時削減了約 11000 公噸的 CO₂ 排放。Sony 以 2010 年為目標，提出了綠色管理指標，並重新定義了溫室氣體指數及資源指數，如表一所示。其個別目標包括三大方向，廠房的運作、產品回收再利用及訊息傳播、合作關係、教育等，在預防全球暖化上，廠房的運作是以會計年度 2000 年為基準，實現溫室氣體削減 7%；產品回收再利用上則是削減每年的能源消耗及執行削減措施降，低在原料或產品運輸期間所排放的二氧化碳。

表2-3 2010年綠色管理指標（Sony）

指 標	計 算 公 式
溫 室 氣 體 指 數	廠房溫室氣體排放總量（依 CO ₂ 算） + 產品使用所排放的 CO ₂ 總量 + 物流所產生的 CO ₂ 排放總量 - 溫室氣體減量活動抵銷（藉由再生能源的貢獻抵銷 CO ₂ ）
資 源 指 數	廠房廢棄物掩埋 + 產品能源投入 - 再生能源及再利用能源的量 - 產品生命週期終止的回收量

三、東芝 (TOSHIBA, 2007)

東芝集團在世界各地擁有750多家公司，其產品包含數位產品（如：筆記型電腦）、家電（如：冰箱）、電子設備與零件（如：半導體、X射線管）、社會基礎設施系統（如：電力系統、電梯）等，其將環境經營定位為：「在創造所有產品豐富價值的同時，降低產品整個生命週期的環境負荷，實現與地球共生存，為地球的永續發展做出貢獻」。因此為削減溫室氣體的排放，東芝集團從產品和經營活動兩方面採取節能措施，產品方面，主要推行產品環境化設計(DfE)，考量環境影響因素，在設計、製造、使用、廢棄全周期降低產品對環境的負荷；經營活動方面，則運用製程的改善及節能設備的安裝，以減少溫室氣體的排放。而除節能措施外，針對溫室效應較高的全氟化碳(PFCs)及氫氟化物(HFCs)，採取削減其用量及用無害物質取代等措施，也引進回收/除污處理裝置，對全氟化碳(PFCs)進行處理。另在企業社會責任方面，於2006年啟動了“東芝集團150萬顆樹”計劃，為推進防止溫室效應、保護生物多樣化活動，提出到東芝創建150周年的2025年為止，在世界各地種植150萬顆樹的計劃。

表2-4 日商企業因應全球暖化之策略

公 司	能源策略	產 品	製程管理	廢棄物管理	交通運輸
富士通 (FUJITS U)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以 2000 年為基準年，在 2006 年底前，降低 15% 的 CO₂ 排放量 ■ 以 1990 財政年為基準年，至 2010 年為止，預計降低 28% 的 CO₂ 營業排放量 ■ 適當設定辦公室空調、節省照明和辦公室自動化設備的能源消耗 ■ 從 2005 年 6 月起，員工參加 “Team Minus 6%”，包含夏天把辦公室空調設定在 28°C，冬天則設在 20°C 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 在新的生產線上安裝新設備消除 PFCs ■ Aizu Wakamatsu 廠房，結合環境考量與製程創新所有方法，在 2005 年透過節能措施成功降低 CO₂ 散發物約 14,000 公噸(相當於整個製造廠 15% 的削減)。 ■ 以 1995 年為基準，在 2010 年前減少 10% 的溫室氣體排放 (PFC, HFC, SF₆) ■ 節能設備著重在動力設備上，透過修正生產過程、適當的動力設備操作和管理的改進，以增加效率 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 建立再回收再利用系統，2004 年在歐洲建立，2006 年則在北美洲及亞洲建立 ■ 2006 年，增加在日本最終棄置產品回收再利用率達 90% ■ 2006 年，在日本廢棄塑膠製品的再利用率達 20% ■ 以 2005 財會年度為基礎，至 2009 年需減少廢棄物達 3% 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2006 上半年開始，將產品依公司分群組配發運送 ■ 2006 上半年，將五個配發中心，遷移合併到東京的三個配發中心 ■ 2005 年 10 月起，利用回程卡車運送零組件，每年約降低 160 公噸 CO₂ 排放量
新力 (Sony)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以會計年度 2000 年為基準，到 2010 年需削減 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 改變包裝方法，減少能源使用， 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 以會計年度 2000 年為基 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 使用火車或海運運

	<p>7%的溫室氣體排放(以CO₂計算)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 2010年需增加能源回收再利用率，達12% ■ 2006年，需降低90%產品種類的能源消耗 	<p>2006年10月在國際的運輸上，使用可重覆使用的包裝，降低成本及CO₂排放，該策略在電視包裝上，每年約可減少255噸</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 2006年12月，使用可重覆使用摺疊式塑膠箱，運用在數位相機及數位攝影機上，使得2007年前三個月減少了紙箱的使用量約26.5公噸 		<p>準，到2010年需削減40%的廢棄物</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 2010年，在日本的製造廠房廢棄物回收再利用率需達99%，海外廠房則需達95% ■ 使用來自合法森林的紙，並提高紙的回收再利用率 	<p>輸產品，2006年統計，約運送了17,100噸產品，約比使用卡車運送減少了2,214公噸</p>
東芝 (TOSHIBA)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加強管理辦公室能源消耗問題，並投資新節能設備 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 推行產品環境化設計(DfE)，考量環境影響因素，在設計、製造、使用、廢棄全周期降低產品對環境的負荷 ■ 採用植物製成的塑料替代傳統的 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以蒸汽取代空氣冷卻氣體渦輪機的高溫，可將氣體渦輪機入口溫度從過去的1,300度提高到1,500度，大幅度提高火力發電廠的熱效率，與石油為燃料發電廠相比，每年可減少100萬公噸CO₂的排放量 ■ 針對溫室效應較高的全氟 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2005年一月啟用了綠色電力證書系統，到2008年12月止的合約期間，東芝本部大樓用電量4%以上電力，必須 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 採用的措施有：運輸手段的優化、裝載效率的提高、物流集散點的合理配置等 ■ 以卡車運

		<p>石油製成塑精用於住宅照明器具的外殼、遙控器等，降低石油消耗造成的CO₂排放</p> <p>■ 2006年6月，成立了工作小組，目標是到2010年，在日本國內流通的包裝材料使用量要比2005年減少10%（對生產量的比率）</p>	<p>化碳(PFCs)及氫氟化物(HFCs)，採取削減其用量及用無害物質取代等措施</p> <p>■ 引進回收/除污處理裝置，對全氟化碳(PFCs)進行處理</p> <p>■ 日本大分半導體廠的淨化室為保持一定的濕度，一般是利用蒸汽加濕，2006年將其改用滴水的方式加濕，利用廠內產生的廢熱作為熱源來對水加熱，實現了大幅度的節能</p>	<p>靠生物發電(Biomass Power)提供</p> <p>■ 2006年，在洗衣機、數位復合機等產品上使用的塑料約有1,800公噸是再生塑料</p> <p>2006年半導體及液晶元件等產量增加，但採取了諸如洗淨液再利用、製程改善等減少副產品的產生，東芝集團實際零排放生產基地已達到日本國內外所有基地總數的38%</p>	<p>輸改為鐵路運輸</p> <p>■ 2006年中國上海到日本九洲的電腦，一部份由空運改成海運，削減了564公噸CO₂的排放量</p>
--	--	---	--	---	---

(資料來源：本研究整理)

2.3.4 台灣企業

一、台灣積體電路 (TSMC, 2006)

台積公司成立於民國 76 年，總部設於新竹科學工業園區，是全球第一家也是規模最大的專業積體電路製造服務公司，產品廣泛應用於包括個人電腦、消費性電子產品、通訊產品以及車用電子設備等多樣化產品，截至民國九十五年底，台積公司員工總數為 20,202 人，並連續六年被評選為道瓊永續性指數(The Dow Jones Sustainability Index, DJSI)的組成企業。

民國九十四年，台積公司完成溫室效應氣體盤查計劃，全面盤查公司的溫室效應氣體，並取得認證機構對盤查程序及結果之認證 (ISO 14064)，主動制訂企業全氟化物排放減量政策及執行計劃，承諾於民國九十九年時，將全氟化物排放總量降至民國八十六年及八十八年平均值之90%以下。在廢棄物管理方面，民國九十年成立“廢棄物管理專責單位”，首先著重於製成減廢與污染預防，再者考慮再使用、再生利用、能源回收問題，以達到最大資源永續利用之目的，民國九十五年台積公司持續推動廢棄物減量及回收再利用，廢棄物總回收率由民國九十一年度的73.9%，提昇至民國九十五年的87.7%。

二、華碩電腦 (ASUS, 2006)

華碩成立於 1990 年，主要作業為生產流程的組裝作業及辦公室作業，主要的能源耗用則為水、電力和瓦斯，電力部分提供公司之基本運作使用(包含空調、照明以及機械動力)，瓦斯則供應員工餐廳廚房、以及提供加熱水箱所使用，因此在節能政策上，2004 年至 2008 年華碩電腦訂定一目標，要求在台灣所有工廠之消耗能量的減量，必須要達到 5%以上，其策略包含空調系統加裝變頻器、實施各樓層空調及

照明運轉時間管制、將低功率設備改為高功率設備等，使得 2005 年止，華碩電腦已減少 11%之使用電力。

華碩自 2005 年正式啟動 GreenASUS 專案，導入全面綠色設計與綠色製程的研發和執行工作，並建置台灣第一套產品易拆解、易回收綠色設計與驗證系統，2006 年，華碩電腦所收集及回收的產品數量約佔我們全球銷售量的 7.2%，更進一步 2007 年預計全球回收目標為所有回收利用及修整之產品總量，需達到相對於 2006 年的全球銷售量之 7.5%。在溫室氣體減量策略上，華碩從 2006 年開始訂定溫室氣體排放減量政策、溫室氣體排放之相關目標標的，制訂階段性之溫室氣體盤查與減量方案，承諾在製程生產及產品設計端即做到溫室氣體排放減量的工作，透過強化能量保存及提高效率的操作方式，並增進產品之能源效率，以及運輸過程能源耗損與費用之最佳化的評估來達到此目標。

三、 聯華電子 (UMC, 2005)

聯華電子1980年5月正式成立，1995年7月轉型為純晶圓專工公司，至2005年止全球員工約有12,000名，旗下有一座六吋晶圓廠、七座八吋晶圓廠，及兩座十二吋晶圓廠。聯華電子從1999年即成立「PFCs減量工作小組」推動減量計劃，致力於PFCs之減量研究及推動，包含：替代氣體之研究測試，處理削減設備的評估及選用等，2004~2005年，進行「以C₃F₈取代C₂F₆為CVD製程清潔氣體」專案，2004年Fab8AB廠完成全球第一座晶圓專工廠製程轉換之實例，2005年各廠完成取代，約降低溫室氣體年排放之總「百萬碳當量(MMTCE)」的38.56%。

在節約能、資源方面，2005年主要的節約措施為落實節約能源政策，設立能源

管理查核組織及執行辦法，針對工廠能源使用狀況及耗能每月開會檢討與追蹤分析。在溫室氣體盤查上，2006年與工業技術研究院(ITRI)進行合作，借重其量測技術求得溫室效應氣體排放量計算參數的最佳化，另委託第三驗證單位(third party)進行全公司「企業溫室效應氣體盤查及查驗」，藉以建立溫室氣體盤查標準機制以完整掌握溫室氣體使用現況，並且驗證PFCs之減量成效。



表2-5 台灣企業因應全球暖化之策略

公 司	能源策略	產 品	製程管理	廢棄物管理	交通運輸
台積電	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2005 年，完成溫室效應氣體盤查計劃，全面盤查公司的溫室效應氣體，並取得認證機構對盤查程序及結果之認證（ISO 14064） ■ 與台灣半導體產業協會、行政院環境保護署與世界半導體協會共同簽署備忘錄，主動制訂企業全氟化物排放減量政策及執行計劃，承諾於 2010 年時，將全氟化物排放總量降至民國 1997 年及 1999 年平均值之 90% 以下 ■ 評估降低溫室效應氣體的替代可行性，並逐步完成各廠氣體置換 ■ 空調、排氣及製程冷卻系統採用變頻控制，以減少電力浪費 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 進行全氟化物氣體製程使用率及尾氣處理設備之效率量測 ■ 評估有效全氟化物處理設備之功能及安全性，並已逐步開始安裝使用 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2001 年率先成立”廢棄物管理專責單位”，統籌負責廢棄物管理規劃及運作 ■ 2006 年台積公司持續推動廢棄物減量及回收再利用，廢棄物總回收率由 2002 年的 73.9%，提昇至 2006 年的 87.7% 	
華碩	<ul style="list-style-type: none"> ■ 從 2006 年開始訂定溫室氣體排放減量政策、溫室氣體排放之相關目標標的，制訂階段性之溫室氣體盤查與 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2005 年正式啟動 GreenASUS 專案，導入全 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 進行生產設備的升級以控制排放及減少能源的使用 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2006 年，華碩電腦所收集及回收的產品數量約佔我們全球銷售量 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2007 年開始推動運輸及商務交通之綠色政策 ■ 改善包裝及產品

	<p>減量方案</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 2004 年至 2008 年訂定的長程目標，要求在台灣所有工廠之消耗能量的減量，必須要達到 5% 以上 ■ 2004 之 2005 年之間，在所有在台灣之華碩電腦的工廠共減少 11% 之使用電力 ■ 研究並發掘符合經濟效益之替代性能源與可行性 ■ 空調加裝變頻器，24 小時運轉實驗室改為獨立空調系統，並實施各樓層運轉時間管制 ■ 實施樓層電力以及照明設備時間管制 ■ 實施電梯離峰時段以及假日時段之管制 ■ 桃園廠區於 2006 年實施空調節能計畫，透過工程改善（並聯使用）使機組運轉最佳化和於散熱風扇加裝溫度控制，使冷卻水塔之冷卻效率提升，節省約 2,200,000 元 ■ 桃園廠區於 2006 年度實施之排風節能，新增 30HP 排 	<p>面綠色設計與綠色製程的研發和執行工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 建置產品易拆解、易回收綠色設計與驗證系統 ■ 透過精心的材料選擇和產品易回收設計來提高產品的再利用和回收能力 ■ 綠色設計標準已經導入了「能源之星」的準則 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 每年檢討生產設備之效能或更新節能設備 ■ 將低功率設備改為高功率設備 	<p>的 7.2%</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 2007 年全球回收利用及修整之產品總量，要達到相對於在 2006 年的全球銷售量之 7.5%。 ■ 發展內控 e 化流程管控廠內電子產品進入報廢前之審查，提高報廢機台之再利用率。 ■ 與廢棄物清理廠商不斷溝通與回收技術研究，以期增加廢棄物再生利用率。 ■ 積極宣導廠內員工加強廢棄物分類，以提昇資源回收率、降低事業廢棄物產生量。 	<p>設計的輕量化，以降低運輸所需的燃料。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 選擇供應商時，也會考慮供貨處的地理位置，及相對之運輸費用 ■ 每年審核供應鏈確認貨物運輸是否更有效率及降低成本，如比較鐵路運輸與公路運輸、或使用海運或空運何者較為恰當。 ■ 在台灣，半數以上的員工搭乘大眾運輸工具通勤，公司亦提供往返於不同廠區的交通車供員工使用。 ■ 運用視訊/語音會議及網路簡報方式來替代面對面的會議。 ■ 利用即時監測介
--	---	---	---	--	--

	煙風機並裝設變頻器。每年節省電費約 160,000 元。				<p>面來管理供應商的資料，減少親訪的次數。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 為公務車尋求汽油燃料外之替代車種，如使用混何動力、生質柴油、或其他替代性能源的車輛。 ■ 修改包材堆疊方式，增加出貨數量之設計。
聯電	<ul style="list-style-type: none"> ■ 用電功率因數由 0.96 提升為 0.99，以降低電力虛功運轉 ■ 空壓機壓力設定最佳化，以降低運轉時數 ■ 室內空調溫度檢討並加強控管 ■ 廠區照明管制，關掉不必要的照明 ■ 執行全廠區節約能源教育宣導，加強人員宣導如何落實節能工作及執行成效 ■ 台灣半導體協會 (Taiwan Semiconductor Industry Association，聯華電子為其 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 1999 年即成立「PFCs 減量工作小組」推動減量計劃，致力於 PFCs 之減量研究及推動，包含：替代氣體之研究測試，處理削減設備的評估及選用等 ■ 2004 至 2005 年，進行「以 C3F8 取代 C2F6 為 CVD 製程清潔氣體」專案，約可較取代前降低全公司溫室 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 落實資源再生利用 	<ul style="list-style-type: none"> ■

	<p>中一員)對 PFCs 早即自訂減量承諾並提報給世界半導體協會 (WSC)，所訂減量目標為「2010 年時達成減量基準年 1998* (以 1997 與 1999 兩年排放量平均值計算) 10%以上之減量效果。」</p>		<p>氣體年排放之總「百萬碳當量 (MMTCE)」的 38.56%</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 12 吋廠一律採用新一代低溫室效應潛勢之 NF3 為製程清潔氣體 ■ 增設處理 PFCs 氣體設備 ■ 落實設備定期保養，確保能源使用效率 		
--	--	--	---	--	--

(資料來源：本研究整理)

2.4 分析層級程序法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)

2.4.1 AHP概述

層級分析法 (AHP) 係由美國匹茲堡大學教授Thomas L. Saaty 在1971 年 (Saaty, 1980) 為美國國防部從事應變計畫問題研究所發展的決策方法，1972 年應用於美國國家科學基金會一項分析產業對國家福利貢獻程度以決定電力配額之研究；1973 年Saaty 為蘇丹主持該國運輸系統的專案研究，使得階層分析法逐漸成熟 (鄧振源、曾國雄, 1989)。

多年來層級分析法 (AHP) 已運用於經濟規劃及許多社會管理科學的領域當中，主要是應用在解決複雜的多準則決策 (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) 或多重屬性(Multi-attribute)的決策問題 (林張群、陳可杰, 2003)。其之所以能得到廣泛的應用，其根本原因是由於它提出了一種新的決策過程，即分解、判斷、排序、綜合，從而可充分利用人的經驗及判斷，並採用一定的數量方法來解決一些半結構化決策問題 (吳唯丞, 2007)。

2.4.2 AHP基本假設

AHP基本假設如下 (Saaty, 1980)：

1. 一個系統問題可分解成許多元素或指標，並形成有方向性之層級結構。
2. 層級結構中，每一層級的要素均假設具有獨立性。
3. 每一層級內要素，可用上一層級內某些要素作為評估準則進行評估。
4. 進行評估時，可將名目尺度(nominal scale)轉換為比例尺度(ratio scale)。

5. 各層級要素進行成對比較 (Pairwise Comparison) 後，可使用正倒值矩陣 (Positive Recipocal Matrix) 處理。
6. 偏好關係滿足具遞移性 (Transitivity)，即「優劣關係」滿足遞移性 (A優於B，B優於C，則A優於C) 且「強度關係」也滿足遞移性 (A優於B三倍，B優於C五倍，則A優於C十五倍)。
7. 因完全遞移性不容易，故容許不具遞移性的情形，但需測試其一致性 (Consistency) 的程度。
8. 要素的優先程度，經由加權法則 (Weighting Principal) 而求得。
9. 任何要素只要出現在層級結構中，不論其優勢程度如何，均被認為與整個評估架構有關。

2.4.3 AHP操作步驟

AHP將錯綜複雜的問題依決策目標訂定相關的準則，再依決策問題的整體目標、次目標、準則等來建立整個決策的層級架構 (Kearns G. S., 2004)，藉由名目尺度執行各層級要素之成對比較，予以量化後建立成對比較矩陣 (Pairwise Comparison Matrix)，以求出特徵值 (EigenValue) 與特徵向量 (EigenVector)，作為評定每個成對比較矩陣之一致性強弱程度之依據，若符合一致性，則特徵向量所代表之優先率(優勢權重)，即可作為決策或評選之依據。(林振昌，2007)，AHP操作步驟如下：

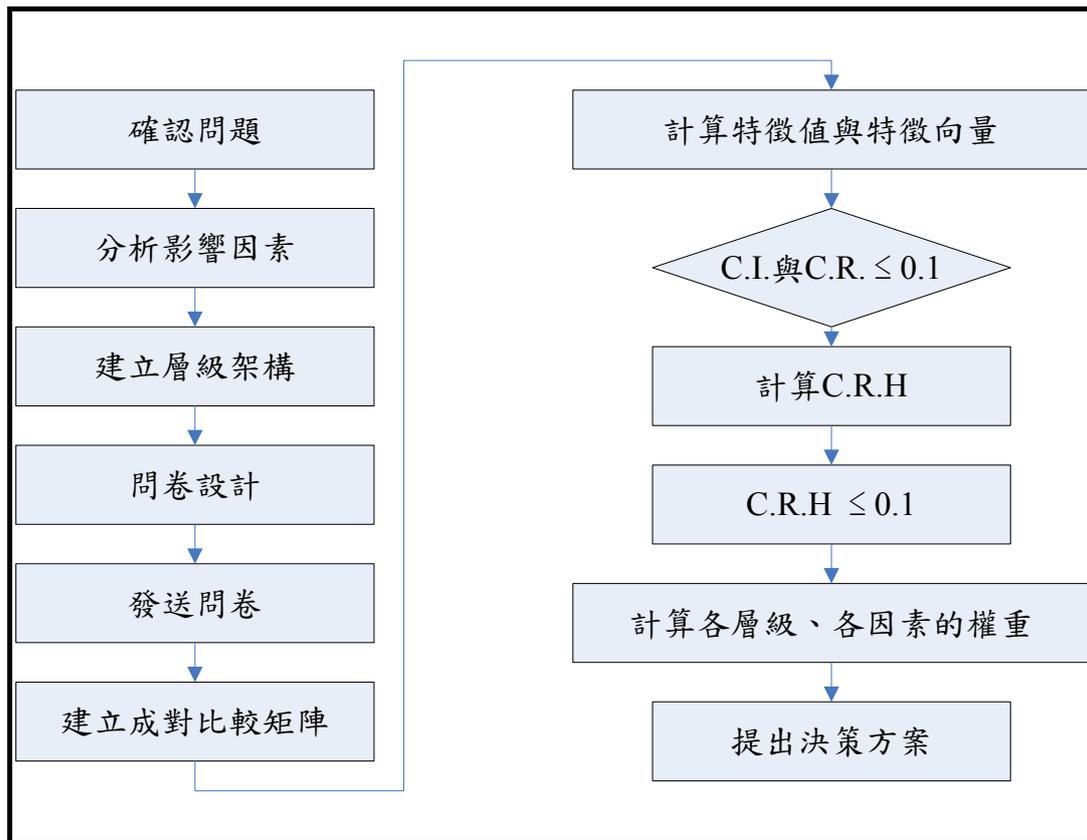


圖2-3 AHP操作步驟 (資料來源：吳唯丞，2007)

(一) 確認問題與建立層級架構

依據研究的目的，從相關資料的收集當中，確認出問題的癥結點，並進一步分析相關的影響因素，依問題的整體目標、次目標、準則等來建立研究的層級架構。接著再從所建立的層級架構，去設計問卷，並確定出所要發放問卷的對象。

(二) AHP 評量尺度

AHP 的問卷是利用成對比較的尺度，從不同的階層中去比較其相對重要性，可區分為九大評比尺度(表2-6)。

表 2-6 AHP 評估尺度表

評估尺度	定義	說明	名目尺度
1	同等重要 (Equal Importance)	比較方案的貢獻度，具有同等重要性	等強 (Equally)
2	相對尺度的中間值 (Intermediate Value)	需要折衷處理時	等強-稍強
3	稍為重要 (weak Importance)	經驗及判斷上，稍微傾向某一邊	稍強 (Moderately)
4	相對尺度的中間值 (Intermediate Value)	需要折衷處理時	稍強-頗強
5	頗重要 (Essential Importance)	經驗及判斷上，強烈傾向某一邊	頗強 (Strongly)
6	相對尺度中間值 (Intermediate Value)	需要折衷處理時	頗強-極強
7	極重要 (Very Strong Importance)	經驗及判斷上，非常強烈傾向某一邊	極強 (Very Strong)
8	相對尺度的中間值 (Intermediate Value)	需要折衷處理時	極強-決強
9	決對重要 (Absolute Importance)	有絕對的證據肯定喜好某一方邊	決強 (Extremely)

(資料來源：摘錄自曾國雄與鄧振源，1989；曾懷恩與李榮貴，1998)

(三)建立成對比較矩陣

從問卷設計的層級架構中，建立起成對比較矩陣(pair-wise comparison matrix)，而成對比較的數目是由某一階層中的因素來決定，如果有N 個因素，就必須要有N(N-1)/2 組的成對比較，如公式2-9。在建立成對比較矩陣前，先要以幾何平均數來算取所有決策者之評量結果的平均值，因為當某一決策者判斷兩因素的比值為a 時，另一位決策者的判斷值則為1/a(林晉祺，2003)。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & 1/a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \dots & w_1/w_h \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \dots & w_2/w_h \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & w_3/w_3 & \dots & w_3/w_h \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_h/w_1 & w_h/w_2 & w_h/w_3 & \dots & w_h/w_h \end{bmatrix} \dots(\text{式 2-1})$$

w_i =各因素 i 的權重(i=1、2、3、4.....n)

a_{ij} =兩因素間的比值(i, j=1、2、3、4.....n)

A 為成對比較矩陣，並有下列四點之特性(吳克清，1999)：

1. 同一因素與自身相比之比值為1($a_{11}=a_{22}=a_{nn}=1$)，所以矩陣左上至右下對角線各元素為1。
2. 矩陣中元素 a_{ij} 為因素 F_i 相對於 F_j 之重要性， a_{ij} 值越大，表示 F_i 相對於 F_j 之重要性越高。
3. 矩陣中對角線兩邊元素互為倒數，稱為正倒矩陣(Positive Reciprocal Matrix)。
4. 若所有比對合乎遞移律(Transitivity)，即 $a_{ij}=a_{ik} a_{kj}$ ，則a為一致性矩陣。

(四)計算特徵向量與特徵值

特徵向量(Eigen Vector)是由n個決策因素相對於所屬上一層因素之權重，一般有四種計算方式，其中以矩陣列向量幾何平均數標準化的NGM(Normalization of the geometric mean of the rows)法，最為精確(林晉祺，2003)。其計算方式如下列公式2-2：

在 λ_{max} 的計算上，先將成對比較矩陣A與特徵向量W相乘(公式2-3)，將會得出一新的向量Wi'，之後將相對應的Wi'除以Wi，最後再計算其算數平均數，即為特徵值公式2-4(許家偉，2004；李聖平，2005)。

$$W_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^n \left[\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \right]} \quad (\text{式 2-2})$$

$$AW = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1' \\ w_2' \\ w_3' \\ w_4' \\ \vdots \\ w_n' \end{bmatrix} \quad (\text{式 2-3})$$

$$\lambda_{max} = \left(\frac{1}{n} \right) \times \left(\frac{w_1'}{w_1} \right) + \left(\frac{w_2'}{w_2} \right) + \left(\frac{w_3'}{w_3} \right) + \cdots + \left(\frac{w_n'}{w_n} \right) \quad (\text{式 2-4})$$

(五)一致性檢定

在AHP的運用上，主要是以一致性指標(Consistence Index, CI)、一致性比率(Consistence Ratio, CR)與整體階層一致性比率(Consistence Ratio the Hierarchy, C.R.H)，來表達實際結果符合的一致性，也就是問卷的信度。由於，在進行成對

比較矩陣的正倒值矩陣時，決策者在其成對比較時並不能達到完全的一致性，但前後情形如差距甚大，將會導致決策錯誤。

因此，Saaty(1980)表示當 $CI \leq 0.1$ (公式2-5)，其一致性是在可接受的範圍內，而CR 與C.R.H.亦同。而在C.R.的計算上(公式2-6)，是利用C.I.去除以隨機指標(Random Index, R.I.)，其數據則如表2 所示。計算各階層的一致性後，必須再去求整體階層的一致性(公式2-7)，確認其值在小於0.1 的範圍之內。

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (\text{式 2-5})$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (\text{式 2-6})$$

表 2-7 R.I.值表

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C.R.	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

(資料來源: Saaty, 1980)

$$C.R.H = \frac{C.I.H}{R.I.H} \quad (\text{式 2-7})$$

2.5 模糊分析層級程序法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)

2.5.1 模糊理論

模糊理論是為解決真實世界中普遍存在的模糊現象而發展的一門學問，偏重應用於人類的經驗及對問題特性的掌握程度，而不主張用繁雜的數學分析及數學模式來解決問題(凌于右, 2006)。Kosko(1993)在Fuzzy Thinking - the New Science

of Fuzzy Logics 一書中提到模糊概念之原理即為「凡事皆是程度問題(Everything is a matter of degree.)」。

模糊集合理論(Fuzzy Set Theory)為加利佛尼亞大學柏克萊分校(Zadeh, L.A.)教授於1965年首先提出，(Zadeh, L.A., 1965)認為人類主觀的思維、推理以及對週遭事物的認知，具有相當程度的模糊性。因此必須以模糊數學分析法來描述事物的優劣情況，以彌補傳統的二值邏輯(非0即1觀念)描述事物的缺點(吳唯丞，2007)。其操作程序如下：

- (1) 建立模糊集合隸屬函數。
- (2) 利用模糊推論篩選評估準則。
- (3) 進行解模糊化評選方案優先順序。

所謂模糊集合，意即該集合元素屬於該集合的程度，指用來表示界限或邊界不分明具有特定性質事物的集合，它以隸屬函數值(Membership Function)來描述某個元素屬於某個集合的程度，並由0至1之間的數值加以表示其隸屬程度，而隸屬函數型式又可分為三角模糊數、梯形模糊數及其他，其中三角模糊數 $A = (l, m, u)$ 表示且 $l \leq m \leq u$ 。當 $l > 0$ 時，稱 A 為正三角模糊數(positive triangular fuzzy number, PTFN)。而建立模糊正倒值矩陣(fuzzy positive reciprocal matrix)如公式 2-8 所示(Buckley, 1985)：

$$\tilde{A}^k = [\tilde{A}_{ij}^k] \quad (\text{式2-8})$$

\tilde{A}^k ：模糊正倒值矩陣評估人員總數 k ；

\tilde{A}_{ij}^k : 整合k位評估人員看法後，第 i個準則到第 j個準則的重要性比較值；

A : 模糊正倒值矩陣；

$$\tilde{A}_{ij}^k = 1, \quad \forall i = j, \quad \tilde{A}_{ij}^k = 1/A_{ij}^k, \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, n。$$

而模糊權重之計算，運用Csutora and Buckley (2001)所提出的Lambda-Max方法，計算模糊分析層級程序法各構面的模糊權重值，計算權重方式如下(郭英峰、陳邦誠，2006)：

■ 令 $\alpha=1$ ，利用 α -截集可求得正倒值矩陣 $\tilde{A}_m^k = [a_{ijm}^k]_{n \times n}$ ，利用層級分析法計算權重的方式即可求得權重矩陣 W_m^k ， $W_m^k = [w_{im}^k]$ ， $i = 1, 2, \dots, n$ 。

■ 令 $\alpha=0$ ，利用 α -截集可求得下限正倒矩陣 $\tilde{A}_l^k = [a_{ijl}^k]_{n \times n}$ 與上限正倒矩陣 $\tilde{A}_u^k = [a_{iju}^k]_{n \times n}$ 。再利用層級分析計算權重的方式即可求得權重矩陣 W_l 與 W_u ，其 $W_l^k = [w_{il}^k]$ ， $W_u^k = [w_{iu}^k]$ ， $i = 1, 2, \dots, n$ 。

為確保所計算的權重值，為一模糊數，乃利用下是求取調整係數：

$$S_l^k = \min \left\{ \frac{w_{im}^k}{w_{il}^k} \mid 1 \leq i \leq n \right\} \quad (式2-9)$$

$$S_u^k = \min \left\{ \frac{w_{im}^k}{w_{iu}^k} \mid 1 \leq i \leq n \right\} \quad (式2-10)$$

使用調整係數後，計算每個準則之權重的下限與上限為：

$$W_l^{k*} = [w_{il}^{k*}], \quad w_{il}^{k*} = S_l^k w_{il}^k, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (式2-11)$$

$$W_u^{k*} = [w_{iu}^{k*}], \quad w_{iu}^{k*} = S_u^k w_{iu}^k, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (式2-12)$$

結合 W_l^{k*} ， W_m^{k*} and W_u^{k*} 可得出正三角模糊權重矩陣(式2-13)，其中(式2-14)

即為每個準則的模糊權重值。

$$\tilde{W}_i^k = (w_{il}^{k*}, w_{im}^{k*}, w_{iu}^{k*}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{式2-13})$$

$$\tilde{\bar{W}}_i = 1/k (\tilde{W}_i^1 \otimes \tilde{W}_i^2 \otimes \dots \otimes \tilde{W}_i^n) \quad (\text{式2-14})$$

2.5.2 模糊分析層級程序法

模糊分析層級程序法 (FAHP)，結合「模糊理論」及「分析層級程式法」(AHP) 而產生 (張美娟, 2003)，有鑑於傳統AHP 法是以明確值來處理評估方式，並未考慮人們於主觀意識下做決策時所存在的模糊性問題，Laarhoved and Pedrycz (1983) 將Saaty (1980) 之傳統層級分析法加以演化，利用模糊集合理論 (Fuzzy Sets Theory) 及模糊運算 (Fuzzy Arithmetic)，將三角模糊數 (Triangular Fuzzy Number, TFN) 直接帶入成對比較矩陣中，以處理在準則衡量、判斷等過程中所產生之模糊性問題 (林立宜, 2001；呂東壕, 2006)。

由於Laarhoved and Pedrycz (1983) 所提出之模糊層級分析方具有下列缺失 (賴義方, 2004)：

1. 所求得之解不一定是唯一。
2. 採用三角形模糊數進行權重的代數運算時，所獲得的結果並非是一組三角形模糊數，而必須在使用近似的方法，使其成為三角形模糊數。
3. 並未考慮群體決策的問題等缺失。

因此Buckley (1985) 以梯形模糊數 (Flat or Trapezoidal Fuzzy Number)，轉換

專家意見將之形成模糊正倒值矩陣，再利用幾何平均數方法（Geometric Mean Method）求算模糊權重，然後以各替代方案模糊權重的特徵函數圖形來排列各替代方案的優先順序，改善Laarhoved and Pedrycz（1983）所提出模糊層級分析之缺失，但此作法的缺失則是各替代方案模糊權重之隸屬函數計算過於複雜（林立宜，2001；呂東壕，2006）。

Mon, Cheng and Lin（1994）提出以熵值權重法（Entropy Weight Method）為基礎之模糊AHP 決策模式，並應用在國防武器系統之評估上。此模式雖簡單易懂，但由於各準則權重決定仍是由決策者主觀決定，並未考慮到群體決策問題。Chang（1992），以三角隸屬函數表示各個準則間的評比值，再利用範圍分析法（Extent Analysis Method），根據假設範圍值的相互比較後取最小值，求出模糊綜合評點來計算出模糊權重；Chang（1996）再將之加以改善，將求出之假設範圍值最小值標準化，不但改善原有的缺點，且也比之前的對數最小平方法還不複雜，更可以做群體決策（林立宜，2001；賴義方，2004）。

第三章 研究方法

3.1 研究流程

本研究經由整理彙整國內外文獻及歐、美、日、台灣電子、半導體相關產業案例，研擬出二氧化碳削減策略之策略因子，主要以能源策略、製程管理、產品、廢棄物管理及交通運輸等五大構面為主軸，作為二氧化碳削減之優先策略的層級架構。再利用模糊層級分析法(Fuzzy Analytical Hierarchy Process, FAHP)，以上述五大構面，針對國內電子業之半導體協會會員120間公司進行問卷調查，計算出不同因素在二氧化碳削減策略影響的相對權重，進而研擬二氧化碳削減的優先策略，研究流程如圖3-1。

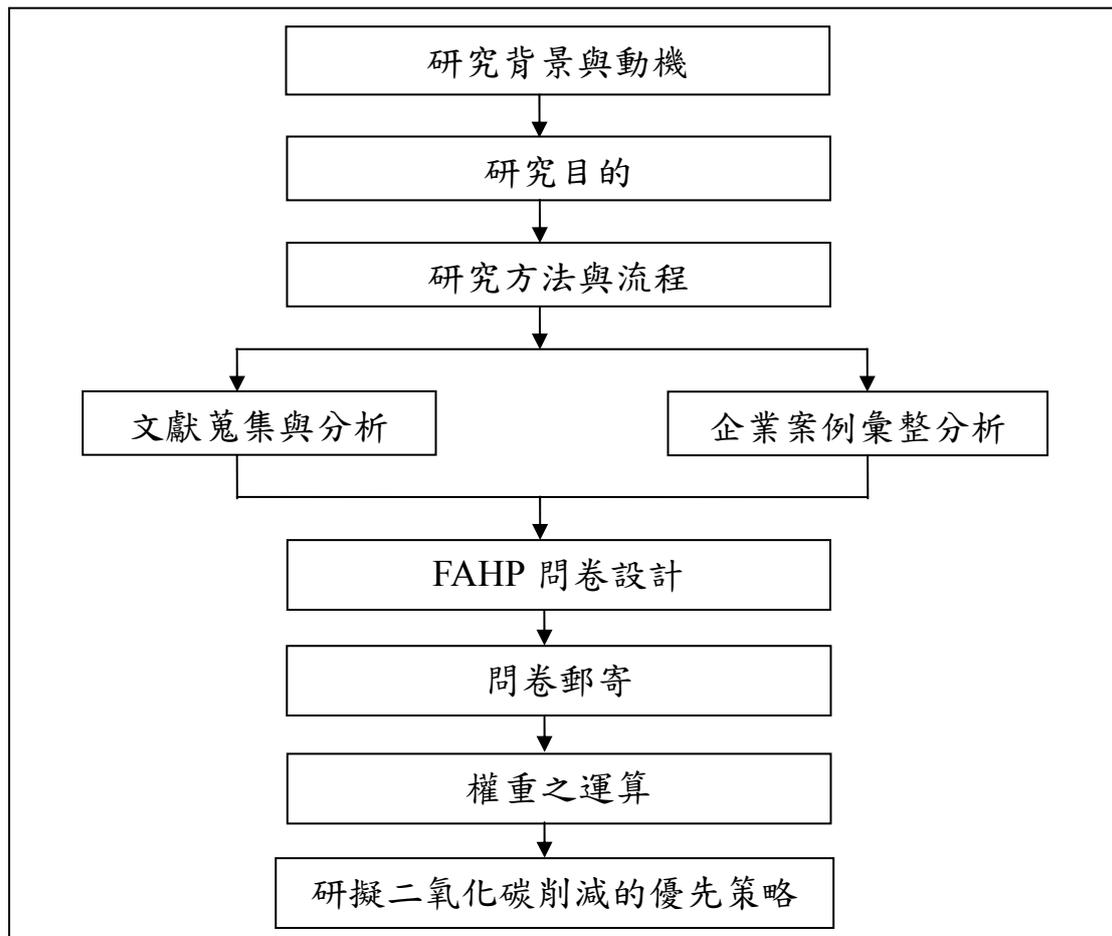


圖3-1 研究方法之流程圖

3.1.1 研究變數

本研究在問卷的研究變數資料蒐集上，採用次級資料收集法，資料來源主要為電子業案例及國內外期刊、研究報告等文獻之蒐集。利用次級資料收集法主要目的在於建立起二氧化碳削減策略層級架構，以下即針對五大架構予以說明(表 2-1)：

(一) 能源策略

在能源策略方面，分成研發低碳科技 (Hsieh and Jou, 2007；Keppo et al., 2007)、提升再生能源使用率 (Lehr et al., 2007)、落實辦公室能源使用 (FUJITSU, 2007；台積電，2006) 等三項細目，落實辦公室能源使用，如載爾 (2007)，使用自動化建築物管理系統，監測能源使用，管控溫度及濕度配合營業時間調整，減少能源的消耗。

(二) 產品

在產品的考量上，主要是考慮產品在生命週期對溫室氣體排放影響因素，從產品設計階段即就能源效率之提昇、材料可回收再利用等問題著手，並以符合各環保規章為目標，同時在產品運輸所使用的包裝上，使用可重覆使用之包裝材料或減少包裝材料之使用等，細目分為執行產品環境化設計 (Dell, 2007；HP, 2006)、更換包裝材料 (Sony, 2007；Intel, 2006)、取得環保標章 (IBM, 2006；Sony, 2007)。

(三) 製程管理

製程管理主要是在提升能源效率及減少生產製程中溫室氣體的直接排放，透過削減溫室氣體及節能設備之安裝，及機台的定期維修、修正操作方式、集中產線以提升生產設備之能源效率等方式達成。細目區分為安裝削減溫室氣體設備

(FUJITSU, 2007；聯電，2005；台積電，2006)、安裝節能設備 (Keppo et al., 2007)、提昇生產設備能源效率 (Vadas et al., 2007；Keppo et al., 2007)、集中生產廠房 (HP, 2006)、使用替換性化學品 (聯電，2005)。

(四) 廢棄物管理

廢棄物管理，透過回收再利用，可減少能源消耗，同時可削減溫室氣體之排放，如利用廢熱加溫，使用在半導體廠淨化室，可減少天然氣之使用等，細目區分為強化廢棄物減量 (FUJITSU, 2007；IBM, 2006)、提升產品回收再利用率 (FUJITSU, 2007；Sony, 2007)、加強員工教育宣導 (FUJITSU, 2007；聯電，2005)。

(五) 交通運輸

對二氧化碳排放的貢獻上，使用交通運輸工具所產生的二氧化碳排放仍是有一定程度的影響，因此針對物流運輸、員工通勤、商務出差等策略，分為執行物流運輸最佳化 (Lu, I.J. et al., 2007)、鼓勵員工改善通勤方式 (Vadas, et al., 2007)、運用高科技設備，減少商務出差 (華碩，2006)

表 3-2 二氧化碳削減策略與相關文獻

面 向	策 略	參考文獻
能源策略	■研發低碳科技(如氫、天然氣等)	【1】、【9】、【15】、【16】、【20】
	■提升再生能源使用率(如風力、太陽能、地熱與生質能源等)	【4】、【9】、【12】、【13】、【18】、【19】
	■落實辦公室能源使用(如適當設定空調和照明、使用資訊系統傳簽文件減少紙張浪費等)	【2】、【8】、【11】、【12】、【13】、【15】、【18】
產品	■執行產品環境化設計(DfE)	【1】、【3】、【5】、【16】
	■更換包裝材料(如可重覆使用的包裝)	【5】、【7】、【12】
	■取得環保標章(如能源之星、節能標章等)	【1】、【3】、【4】、【6】、【7】
製程管理	■安裝削減溫室氣體設備(如全氟化物處理設備等)	【2】、【8】、【9】、【10】、【11】、【13】
	■安裝節能設備	【2】、【3】、【16】、【10】
	■提昇生產設備能源效率(如升級動力設備、冷卻塔、電鍍等)	【2】、【3】、【11】、【12】、【13】、【14】、【16】、【18】
	■集中生產廠房	【3】
	■使用替換性化學品	【13】、【14】
廢棄物管理	■強化廢棄物減量	【2】、【4】、【8】、【10】、【15】
	■提升產品回收再利用率	【2】、【7】、【8】
	■加強員工教育宣導(溫室效應)	【2】、【13】
交通運輸	■執行物流運輸最佳化(如最佳配送路線規劃及運輸工具選擇等)	【2】、【12】、【17】
	■鼓勵員工改善通勤方式(如提供公務車、提供津貼補助鼓勵搭乘大眾運輸公具等)	【3】、【4】、【9】、【12】、【18】
	■運用高科技設備,減少商務出差(如視訊會議等)	【9】

相關文獻：

1. Dell (2007)
2. FUJITSU(2007)
3. HP(2006)
4. IBM (2006)
5. Intel(2007)
6. PHILIPS (2006)
7. Sony (2007)
8. Siemens(2006)
9. ST Microelectronics(2006)
10. TOSHIBA(2007)
11. 台積電(2006)
12. 華碩(2006)
13. 聯電(2005)
14. EIA(2004)
15. EIA(2005)
16. Keppo, et al. (2007)
17. Lu, I.J. et al.(2007).
18. Vadas, et al. (2007)
19. Lehr, et al. (2007)
20. Hsieh, et al. (2007)

(資料來源：本研究整理)

3.2 信度與效度分析

一、信度 (Reliability)

「信度」 (Reliability)，表示一種量測工具的可靠程度，換句話說，在測驗結果的穩定性上，受測者在相同的測驗上測驗多次的結果必須具備一致性 (陳順宇，2005)。信度並不涉及測量所得是否正確，它只關心測量的本身是否穩定，所得結果是否可靠，也就是幾次的結果是否都一致的問題，信度並不是效度的保證，但是信度高卻是一份有效度測驗的基本條件。因此，一份測驗若要有較高信度，就必須有較高的一致性或穩定性。

信度的種類主要分為以下三類 (林進田，1993)：

1. 再測信度 (test-retest reliability)：係指同一種測量工具，在不同的時間對同一群受測者重複測量的相關係數，又稱穩定係數。
2. 複本信度 (alternative form reliability)：同一測量工具，建立兩個盡量相似的複本，以兩個複本測試同一群受測者的得分之相關係數。
3. 折半信度 (Split-half Reliability)：在複本難求的情況下，通常採用折半法以估計測量的信度。折半法只要施測一次，然後將量表中的項目分成兩半，通常按項目的編號的單、雙數分成兩半，計算受測者在兩半測驗上的分數相關係數。

二、效度 (Validity)

效度指所使用的衡量工具，是否真能量測出研究人員所想量測之事物之程度 (Cooper and Emory, 1995)，一般而言，效度可以分為內容效度(Content Validity)、效標效度(Criterion Validity)、建構效度(Construct Validity)等三類。

■ 內容效度：內容效度是一種定性的效度，反映測量工具內容廣度的適切程

度，強調測量內容的廣度、涵蓋性與豐富性針對測量工具的目標和內容，以系統的邏輯方法來詳細分析，又稱為邏輯效度(Logical Validity)

■ 效標效度：以測驗分數和特定效標 (criterion) 之間的相關係數，表示測量工具有效性之高低。依照獲得效標的時間不同，可將效標相關效度分為同時效度和預測效度。

■ 建構效度：指測量工具能測出所欲研究的概念或特質的程度而言，透過發展分析、因素分析、內部一致性、聚合效度和區辨效度、實驗介入等驗證。

3.3 研究限制

(一)研究變數過於主觀

本研究以能源策略、產品、製程管理、廢棄物管理、交通運輸等五大構面為主軸。在二氧化碳削減策略的選擇，以歐、美、日、台灣各電子業案例及文獻彙整出來，但在各層級架構的選擇上，可能處在較主觀。

(二)填答者的主觀性

本研究是以各公司負責溫室氣體削減之單位主管、專員，作為研究的問卷對象。但填答者對於溫室氣體削減策略的認知，及其填答過程的用心程度，皆處於無法掌握的未知情況。

(三) 研究樣本的代表性不足

本研究主要是以台灣半導體產業協會(TSIA)會員公司為問卷調查對象，扣除代理商、軟體資訊、其他等行業類別，發放簽定「全氟化物自願排放減量合作備忘錄」之企業 10 間及未簽署之企業 110 間，共發出 120 份問卷。在簽署自願性

減量企業回收有 8 份 (80%)，未簽署自願性減量企業回收則僅有 16 份 (14.55%)

，因此在未簽署自願性減量企業上代表性較無法涵蓋所有情形。

第四章 結果分析與討論

針對二氧化碳削減策略分析上，主要是以台灣半導體產業協會(TSIA)會員公司為問卷調查對象，且該產業協會對於二氧化碳自願性減量議題上，曾於94年7月與我國環境保護署簽定「全氟化物自願排放減量合作備忘錄」。除此之外，經濟部工業局為推動產業自願性節約能源與二氧化碳排放減量，有鑑於電機電子業亦屬國內工業重要一環，分別與電電公會、台灣半導體產業協會及中華民國台灣薄膜電晶體、液晶顯示器產業協會(TTLA)等三個公會在96年3月簽署排放減量協議，其中台灣半導體產業協會則著重於製程全氟碳化物(PFCs) 排放減量工作之落實，其簽署家數共有10家。因此，本研究針對分析樣本上區分為已簽署自願性減量企業與未簽署自願性減量企業兩大類，探討兩者在二氧化碳削減策略之差異點。

分析內容區分為四大部分：(一)公司基本特性；(二)FAHP因素權重之計算；(三)削減策略分析-五大構面；(四)削減策略分析-各構面下策略；(五)綜合分析。

4.1 公司基本特性

公司的基本特性，將依台灣半導體產業協會(TSIA)會員分為已簽屬「全氟化物自願排放減量合作備忘錄」及未簽屬兩部份去分析兩者間的差異，在已簽屬部份一共有10間廠商，回收份數有8間（80%），未簽屬部份扣除代理、資訊軟體業、其他行業類別，則有110間，回收份數有16份（14.55%）。

4.2 FAHP 因素權重之計算

本研究FAHP因素權重之計算，係利用FAHP問卷方式，調查專家對本研究FAHP架構中之評估準則重要性之評價。採用的計算工具為Microsoft Office Excel 2003，運用內建Visual Basic編輯器（Visual BASIC for Application）撰寫運算程

式巨集，以計算各因素之權重。而實際之運算步驟茲說明如下：

步驟一：建立模糊成對比較矩陣

某專家於「能源策略」面向的考量相對重要性如表4-1，則模糊成對比較矩陣如表4-2所示。

表4-1 能源策略面向之案例

	超重要	8	7	6	5	4	3	2	同重要	2	3	4	5	6	7	8	9	
研發低碳科技							V											提升再生能源使用率
研發低碳科技								V										落實辦公室能源使用
提升再生能源使用率									V									落實辦公室能源使用

(資料來源：本研究整理)

表 4-2 能源策略面向之案例－模糊成對比較矩陣

削減策略	成對比較矩陣								
E ₁ ：研發低碳科技 E ₂ ：提升再生能源使用率 E ₃ ：落實辦公室能源使用	$ \begin{matrix} & \begin{matrix} E_1 & E_2 & E_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1/3 & 1/2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} $								

(資料來源：本研究整理)

步驟二：FAHP 模糊權重及模糊最大特徵值之計算

以 α -截集概念分別取 $\alpha = 0$ 及 $\alpha = 1$ 的截集，可將表 4-2 拆解成為左端值、中間值、右端值三個矩陣，如下：

$$A1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad A2 = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad A3 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1 \\ 4 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

接者以中間矩陣值A2為例，說明如何求解模糊權重值與模糊最大特徵值

(一) 以「列向量幾何平均法」計算模糊權重：

將中間值矩陣A2代入權重運算公式（式2-2），求算其模糊權重值。

其中「能源策略」構面下E1、E2、E3 三項因素之中值模糊權重計算如下：

$$E1 = (1 * 0.33 * 0.5)^{1/3} = 0.5485$$

$$E2 = (3 * 1 * 1)^{1/3} = 1.4422$$

$$E3 = (2 * 1 * 1)^{1/3} = 1.2599$$

$$W1 = 0.5485 / (0.5485 + 1.4422 + 1.2599) = 0.169$$

$$W2 = 1.4422 / (0.5485 + 1.4422 + 1.2599) = 0.443$$

$$W3 = 1.2599 / (0.5485 + 1.4422 + 1.2599) = 0.387$$

故W1、W2、W3 即為因素E1、E2、E3 中值之權重，依此方法B1、B2、B3 左端值與右端值之權重分別為：(0.162, 0.467, 0.371) 與 (0.208, 0.415, 0.377)。

換句話說，專家在「能源策略」構面下之模糊權重如表4-3 所示

表4-3：專家在「能源策略」構面下之模糊權重

削減策略	權重		
E ₁ ：研發低碳科技	0.162	0.169	0.208
E ₂ ：提升再生能源使用率	0.467	0.443	0.415
E ₃ ：落實辦公室能源使用	0.371	0.387	0.377

(二) 模糊最大持徵值 λ_{\max} 計算：

λ_{\max} 的計算方式如運算公式(式4-1)所示，先將成對比較矩陣A與特徵向量W相乘(式2-3)，再將求得一新的向量W'除以W，最後再計算其算數平均數(式2-4)，即可得出。

$$A \cdot W = \lambda \cdot W \quad (\text{式4-1})$$

接續上例，其 λ_{\max} 運算實例如下所示。

$$\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0.169 \\ 0.443 \\ 0.387 \end{bmatrix} = \lambda \cdot \begin{bmatrix} 0.169 \\ 0.443 \\ 0.387 \end{bmatrix}$$

上述等式左邊

$$\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0.169 \\ 0.443 \\ 0.387 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5102 \\ 1.337 \\ 1.168 \end{bmatrix}$$

因此可得

$$\lambda = \begin{bmatrix} 0.5102 & / & 0.169 \\ 1.337 & / & 0.443 \\ 1.168 & / & 0.387 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.0187 \\ 3.0181 \\ 3.0181 \end{bmatrix}$$

則模糊最大持徵值 λ_{\max} 如下

$$\lambda_{\max} = \frac{(3.0187 + 3.0181 + 3.0181)}{3} = 3.0183$$

步驟三：一致性檢定

一致性指標 (C.I.) 值的運算如式2-5所示，將上述範例代入公式

$$C.I. = \frac{3.0183 - 3}{3 - 1} = 0.0091$$

一致性比率 (C.R.) 值的運算如式 2-6 所示，R.I.表則如表 2-7 所示，本範例經查表得 R.I.值為 0.58，代入公式

$$C.I. = \frac{30183.}{0.58} = 0.0158$$

4.3 信效度檢驗

信度，強調量測工具的可靠程度，也就是需有高的一致性與穩定性，在本研究結果計算出C.I.及C.R.值皆<0.1因此，具有一致性，因此有合理的信度。在效度方面，本研究架構皆來自文獻及相關企業案例之彙整，因此，本研究應有相當的內容效度。

4.4 削減策略分析-五大構面

針對削減策略之五大構面，包括「能源策略」(D₁)、「產品」(D₂)、「製程管理」(D₃)、「廢棄物管理」(D₄)及「交通運輸」(D₅)。由表4- 內容可了解已簽署自願性減量企業認為二氧化碳削減策略之最重要的構面為「交通運輸」(0.2602)，接著為「廢棄物管理」(0.2129)、「能源策略」(0.2045)、「產品」(0.1766)、「製程管理」(0.1459)。而未簽署自願性減量企業則是認為「產品」(0.2797)為最重要的構面，次之為「廢棄物管理」(0.2081)，再次之則是「交通運輸」(0.1962)，

最後則是「能源策略」(0.1737)及「製程管理」(0.1424)。

上述兩者對於二氧化碳削減策略的構面重要性上，對於「廢棄物管理」、「能源策略」及「製程管理」的看法較無差異；反之，對於「產品」及「交通運輸」兩者則呈現較分歧的看法。

表 4-4 二氧化碳削減策略之成對矩陣－影響構面(已簽署自願性減量)

影響構面	成對比較矩陣															λ_{\max}
D ₁ ：能源策略	D ₁	D ₁		D ₂			D ₃			D ₄			D ₅		5.1065	
D ₂ ：產品	1	1	1	0.604	0.758	1.037	0.929	1.235	1.654	0.799	1.000	1.311	1.075	1.251		1.451
D ₃ ：製程管理	0.965	1.319	1.655	1	1	1	0.885	1.147	1.442	0.558	0.725	0.922	0.418	0.550		0.771
D ₄ ：廢棄物管理	0.605	0.810	1.076	0.694	0.872	1.130	1	1	1	0.517	0.641	0.777	0.419	0.498		0.599
D ₅ ：交通運輸	0.763	1.000	1.251	1.085	1.380	1.793	1.286	1.560	1.934	1	1	1	0.565	0.693		0.865
	D ₅	0.689	0.799	0.930	1.297	1.819	2.394	1.668	2.008	2.385	1.156	1.443	1.769	1	1	

(資料來源：本研究整理)

表 4-5 二氧化碳削減策略之成對矩陣－影響構面(未簽署自願性減量)

影響構面	成對比較矩陣															λ_{\max}
D ₁ ：能源策略	D ₁	D ₁		D ₂			D ₃			D ₄			D ₅		5.0459	
D ₂ ：產品	1	1	1	0.445	0.548	0.672	1.059	1.255	1.477	0.590	0.712	0.869	1.008	1.147		1.376
D ₃ ：製程管理	1.489	1.826	2.246	1	1	1	1.895	2.248	2.602	1.104	1.374	1.706	0.980	1.079		1.282
D ₄ ：廢棄物管理	0.663	0.797	0.964	0.371	0.445	0.547	1	1	1	0.618	0.784	0.964	0.602	0.768		0.956
D ₅ ：交通運輸	1.301	1.405	1.781	0.586	0.728	0.906	1.037	1.275	1.618	1	1	1	0.799	1.024		1.281
	D ₅	0.562	0.872	1.127	0.861	0.927	1.219	1.077	1.301	1.614	0.797	0.976	1.227	1	1	

(資料來源：本研究整理)

表 4-6 二氧化碳削減策略之權重-五大構面

影響構面	已簽署自願性減量之樣本數 (N=8)		未簽署自願性減量之樣本數(N=16)	
	權重	排序	權重	排序
D ₁ ：能源策略	0.2045	3	0.1737	4
D ₂ ：產品	0.1766	4	0.2797	1
D ₃ ：製程管理	0.1459	5	0.1424	5
D ₄ ：廢棄物管理	0.2129	2	0.2081	2
D ₅ ：交通運輸	0.2602	1	0.1962	3
C.I.	0.0266		0.0115	
C.R.	0.0238		0.0103	

(資料來源：本研究整理)



4.5 削減策略分析-各構面下策略

(一) 「能源策略」構面下之各策略的重要性分析

「能源策略」構面下的削減策略，分別為：「研發低碳科技」(D₁₁)、「提升再生能源使用率」(D₁₂)及「落實辦公室能源使用」(D₁₃)。根據表 4- 分析結果得知，無論是已簽署自願性減量企業或未簽署自願性減量企業，對於能源策略構面下各削減策略重要性的看法皆一致。他們認為最重要的策略為「研發低碳科技」，其次為「提升再生能源使用率」與「落實辦公室能源使用」。由此可知，直接從科技與技術進行提升，開創屬於低碳的生產科技，對於削減二氧化碳具有相當大的影響力。

表 4-7 二氧化碳削減策略之成對矩陣－「能源策略」構面(已簽署自願性減量)

削減策略	成對比較矩陣	λ_{\max}
D ₁₁ ：研發低碳科技 D ₁₂ ：提升再生能源使用率 D ₁₃ ：落實辦公室能源使用	$\begin{bmatrix} & \text{D}_{11} & & \text{D}_{12} & & \text{D}_{13} \\ \text{D}_{11} & 1 & & 0.611 & 0.859 & 1.187 & 1.886 & 2.602 & 3.407 \\ \text{D}_{12} & 0.843 & 1.164 & 1.636 & 1 & 1 & 1.403 & 1.729 & 2.053 \\ \text{D}_{13} & 0.294 & 0.384 & 0.530 & 0.487 & 0.578 & 0.713 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	3.0347

(資料來源：本研究整理)

表 4-8 二氧化碳削減策略之成對矩陣－「能源策略」構面(未簽署自願性減量)

削減策略	成對比較矩陣	λ_{\max}
D ₁₁ ：研發低碳科技 D ₁₂ ：提升再生能源使用率 D ₁₃ ：落實辦公室能源使用	$\begin{bmatrix} & \text{D}_{11} & & \text{D}_{12} & & \text{D}_{13} \\ \text{D}_{11} & 1 & & 1.184 & 1.425 & 1.718 & 2.416 & 2.898 & 3.469 \\ \text{D}_{12} & 0.582 & 0.702 & 0.844 & 1 & 1 & 0.777 & 0.920 & 1.111 \\ \text{D}_{13} & 0.288 & 0.345 & 0.414 & 0.900 & 1.087 & 1.352 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	3.0704

(資料來源：本研究整理)

表 4-3 二氧化碳削減策略之成對矩陣—「產品」構面(未簽署自願性減量)

影響構面	成對比較矩陣	λ_{max}
D ₂₁ ：執行產品環境化設計 D ₂₂ ：更換包裝材料 D ₂₃ ：取得環保標章	$D_2 \begin{bmatrix} 1 & D_{21} & D_{22} & D_{23} \\ 1.399 & 1 & 0.461 & 0.564 & 0.715 & 0.659 & 0.807 & 1.011 \\ 1.772 & 2.172 & 1 & 1 & 1 & 0.737 & 0.715 & 0.935 \\ 1.486 & 1.239 & 1.594 & 1.160 & 1.398 & 1.812 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	3.0545

(資料來源：本研究整理)

表 4-4 二氧化碳削減策略之權重-「產品」構面

削減策略	已簽署自願性減量之樣本數 (N=8)		未簽署自願性減量之樣本數 (N=16)	
	權重	排序	權重	排序
D ₂₁ ：執行產品環境化設計	0.3621	2	0.2451	3
D ₂₂ ：更換包裝材料	0.3746	1	0.3527	2
D ₂₃ ：取得環保標章	0.2632	3	0.4022	1
C.I.	0.0002		0.0273	
C.R.	0.0003		0.0470	

(資料來源：本研究整理)

(三) 「製程管理」構面下之各策略的重要性分析

在「製程管理」構面的削減策略，分別為「安裝削減溫室氣體設備」(D₃₁)、「安裝節能設備」(D₃₂)、「提昇生產設備能效率」(D₃₃)、「集中生產廠房」(D₃₄)及「使用替換性化學品」(D₃₅)。依據表 4-7 分析結果可知，「製程管理」構面下各削減策略的重要性，較為顯著差異。「安裝削減溫室氣體設備」及「集中生產廠房」兩者被視為最重要的削減策略，由此也許可以看出在製程當中直接安裝溫室氣體設備，將二氧化碳予以處置或是封存，可謂是最有顯著效益的方法。而「集中生產廠房」則可以降低溫室氣體產生源，有效削減溫室氣體。接續則為「安裝節能設備」及「使用替換性化學品」，而「提昇生產設備能源效率」則是被認為

表 4-7 二氧化碳削減策略之權重-「製程管理」構面

削減策略	已簽署自願性減量之樣本數 (N=8)		未簽署自願性減量之樣本數 (N=16)	
	權重	排序	權重	排序
D ₃₁ ：安裝削減溫室氣體設備	0.3152	1	0.2943	1
D ₃₂ ：安裝節能設備	0.1843	3	0.1782	4
D ₃₃ ：提昇生產設備能源效率	0.1202	5	0.1029	5
D ₃₄ ：集中生產廠房	0.2523	2	0.2242	2
D ₃₅ ：使用替換性化學品	0.1281	4	0.2003	3
C.I.	0.0358		0.0147	
C.R.	0.0319		0.0131	

(資料來源：本研究整理)

(四) 「廢棄物管理」構面下之各策略的重要性分析

在「廢棄物管理」構面的削減策略，分別為「強化廢棄物減量」(D₄₁)、「提升產品回收再利用率」(D₄₂)及「加強員工教育宣導」(D₄₃)。根據表 4-10 分析結果可知，已簽署自願性減量之企業認為「加強員工教育宣導」(0.4681)是最重要的削減策略、其次為「強化廢棄物減量」(0.3441)及「提升產品回收再利用率」(0.1879)。而未簽署自願性減量之企業則是認為「強化廢棄物減量」(0.3662)最為重要、其次為「提升產品回收再利用率」(0.3383)及「加強員工教育宣導」(0.2955)。上述兩者對於廢棄物管理構面的削減策略，其差異性頗大，已簽署自願性減量之企業是以「加強員工教育宣導」視為最優先，反之，未簽署自願性減量之企業則是將「強化廢棄物減量」策略是為最重要。

表 4-8 二氧化碳削減策略之成對矩陣－「廢棄物管理」構面(已簽署自願性減量)

影響構面	成對比較矩陣	λ_{\max}
D ₄₁ ：強化廢棄物減量 D ₄₂ ：提升產品回收再利用率 D ₄₃ ：加強員工教育宣導	$\begin{bmatrix} & D_{41} & & & D_{42} & & & & D_{42} \\ D_{41} & 1 & 1 & 1.819 & 2.128 & 2.374 & 0.552 & 0.628 & 0.739 \\ D_{42} & 0.421 & 0.470 & 0.550 & 1 & 1 & 1 & 0.410 & 0.450 & 0.504 \\ D_{43} & 1.353 & 1.591 & 1.813 & 1.622 & 2.225 & 2.662 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	3.0203

(資料來源：本研究整理)

表 4-9 二氧化碳削減策略之成對矩陣－「廢棄物管理」構面(未簽署自願性減量)

影響構面	成對比較矩陣	λ_{\max}
D ₄₁ ：強化廢棄物減量 D ₄₂ ：提升產品回收再利用率 D ₄₃ ：加強員工教育宣導	$\begin{bmatrix} & D_{41} & & & D_{42} & & & & D_{42} \\ D_{41} & 1 & 1 & 1 & 0.680 & 0.859 & 1.096 & 1.253 & 1.542 & 1.910 \\ D_{42} & 0.913 & 1.164 & 1.470 & 1 & 1 & 1 & 0.757 & 0.901 & 1.087 \\ D_{43} & 0.524 & 0.649 & 0.798 & 0.781 & 1.110 & 1.458 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	3.0532

(資料來源：本研究整理)

表 4-10 二氧化碳削減策略之權重-「廢棄物管理」構面

削減策略	已簽署自願性減量之樣本數 (N=8)		未簽署自願性減量之樣本數 (N=16)	
	權重	排序	權重	排序
D ₄₁ ：強化廢棄物減量	0.3441	2	0.3662	1
D ₄₂ ：提升產品回收再利用率	0.1879	3	0.3383	2
D ₄₃ ：加強員工教育宣導	0.4681	1	0.2955	3
C.I.	0.0101		0.0267	
C.R.	0.0175		0.0459	

(資料來源：本研究整理)

(五)、「交通運輸」構面下之各策略的重要性分析

在「交通運輸」構面的削減策略，分別為「執行物流運輸最佳化」(D₅₁)、「鼓勵員工改善通勤方式」(D₅₂)及「運用高科技設備減少商務出差」(D₅₃)。根據表 4-12 分析結果得知，無論是已簽署自願性減量企業或未簽署自願性減量企業，

對於交通運輸構面下各削減策略重要性的看法皆一致。他們認為最重要的策略為「鼓勵員工改善通勤方式」，其次為「執行物流運輸最佳化」與「運用高科技設備減少商務出差」。由此也許可以推論出，「鼓勵員工改善通勤方式」是過去企業在執行溫室氣體削減上較少著墨的做法，但是由於龐大的員工人數，致使其為削減溫室氣體顯著性最高之處，而「執行物流運輸最佳化」及「運用高科技設備減少商務出差」，過去在以成本為導向的考量基礎下，大部分皆以採行這兩種做法，使得其削減重要性較低。

表 4-11 二氧化碳削減策略之成對矩陣－「交通運輸」構面(已簽署自願性減量)

影響構面	成對比較矩陣	λ_{\max}
D ₅₁ ：執行物流運輸最佳化 D ₅₂ ：鼓勵員工改善通勤方式 D ₅₃ ：運用高科技設備減少商務出差	$ \begin{bmatrix} & & D_{51} & & & & & & & & \\ D_{51} & 1 & 1 & 1 & 0.777 & 1.052 & 1.454 & 0.848 & 1.076 & 1.327 & \\ D_{52} & 0.688 & 0.951 & 1.286 & 1 & 1 & 1 & 1.769 & 2.334 & 2.870 & \\ D_{53} & 0.754 & 0.929 & 1.180 & 0.348 & 0.428 & 0.565 & 1 & 1 & 1 & \end{bmatrix} $	3.0760

(資料來源：本研究整理)

表 4-20 二氧化碳削減策略之成對矩陣－「交通運輸」構面(未簽署自願性減量)

影響構面	成對比較矩陣	λ_{\max}
D ₅₁ ：執行物流運輸最佳化 D ₅₂ ：鼓勵員工改善通勤方式 D ₅₃ ：運用高科技設備減少商務出差	$ \begin{bmatrix} & & D_{51} & & & & & & & & \\ D_{51} & 1 & 1 & 1 & 0.296 & 0.362 & 0.419 & 1.071 & 1.388 & 1.791 & \\ D_{52} & 2.076 & 2.763 & 3.546 & 1 & 1 & 1 & 1.330 & 1.741 & 2.206 & \\ D_{53} & 0.491 & 0.720 & 0.981 & 0.453 & 0.574 & 0.752 & 1 & 1 & 1 & \end{bmatrix} $	3.0585

(資料來源：本研究整理)

表 4-12 二氧化碳削減策略之權重-「交通運輸」構面

削減策略	已簽署自願性減量之樣本數 (N=8)		未簽署自願性減量之樣本數 (N=16)	
	權重	排序	權重	排序
D ₅₁ ：執行物流運輸最佳化	0.3385	2	0.2463	2
D ₅₂ ：鼓勵員工改善通勤方式	0.4197	1	0.5224	1
D ₅₃ ：運用高科技設備減少商務出差	0.2418	3	0.2313	3
C.I.	0.0380		0.0347	
C.R.	0.0655		0.0597	

(資料來源：本研究整理)

4.6 綜合分析與討論

針對整體樣本下的五大構面及十七個二氧化碳削減策略的分析，從各構面下的影響因素經由標準化之特徵向量的程序，計算出各影響因素不同的權重值，進而再計算出全部影響因素的綜合權重值。從表 4-13 可知，二氧化碳削減策略之五大構面的權重值所呈現的分析結果，不論是已簽署或尚未簽署自願性減量企業，皆認為「製程管理」構面的重要性最低，推究其原因，大多數企業的設備更新，主要都落在新廠建立時，因此，節能設備與削減設備的安裝、化學品替換的考量，皆以新廠為優先考量，舊廠則大多著重在設備的保養，以提升生產效率。

此外，在「能源策略」及「廢棄物管理」的重要性分析結果，不論簽署與否的企業，其看法皆相當一致。但在「能源策略」構面下的三個削減策略，其重要性程度除「研發低碳科技」及「落實辦公室能源使用率」有一致看法外，在「提升再生能源使用率」上，仍是有些微差異。而「廢棄物管理」構面下的除「強化廢棄物減量」，兩者有一致看法外，「提升產品回收再利用率」及「加強員工教育宣導」重要性權重與該構面進行加權之後，則呈現蠻大的差異。「加強員工教育宣導」被已簽署自願性減量之企業認為是相當重要的策略，在所有策略當中排序為第一重要。「提升產品回收再利用率」則被未簽署自願性減量之企業認為其重要性的排序為第六。

最後針對「產品」及「交通運輸」構面上，則有較大的差異，在「產品」構面下，三個削減策略中，已簽署自願性減量企業與未簽署自願性減量企業皆對於「執行產品環境化設計」有較一致的看法，而在「更換包裝材料」及「取得環保標章」二個削減策略上，已簽署自願性減量企業認為「更換包裝材料」的重要性高過於其他兩者；而未簽署自願性減量企業則是認為「取得環保標章」及「更換

包裝材料」的重要性高過於「執行產品環境化設計」。而在「交通運輸」構面上，「鼓勵員工改善通勤方式」策略皆被已簽署和未簽署自願性減量企業視為是執行削減二氧化碳最重要的策略，探究其原因應可以了解龐大的員工數因改變交通方式，被企業視為可削減大量的二氧化碳。然而，已簽署和未簽署自願性減量企業對於「執行物流運輸最佳化」及「運用高科技設備，減少商務出差」兩策略則呈現較大的差異。

就構面選擇來討論，已簽署企業(8家)認為「交通運輸」(0.2602)是最重要的構面，依序為「廢棄物管理」(0.2129)、「能源策略」(0.2045)、「產品」(0.1766)及「製程管理」(0.1459)。反之，未簽署企業(16家)則是認為「產品」(0.2797)是最重要的構面，其次為「廢棄物管理」(0.2081)、「交通運輸」(0.2045)、「能源策略」(0.1766)及「製程管理」(0.1459)。推究其原因，可能是已簽署企業有期限減量之壓力，因此已簽署企業考量的效益較屬於執行減量的立即執行性與成效，如「運輸」構面：鼓勵員工改善通勤方式等，是屬立即可實施，且立即能顯現效果的策略，而未簽署的企業，則偏向於僅考量減量之執行難易度的策略選擇。

就各構面之考量策略來討論，已簽署企業認為，「加強員工教育宣導」、「鼓勵員工改善通勤方式」、「研發低碳科技策略」是前三大減量策略，可推估已簽署企業應是著重在員工宣導及創新減量策略上的發展；而未簽署企業認為，取得「環保標章」、「鼓勵員工改善通勤方式」、「更換包裝材料」是前三大減量策略，可推估未簽署企業應仍是著重在產品本身的減量策略發展。

表 4-13 已簽署及未簽署自願性減量樣本於削減策略之差異分析

考量構面		已簽署自願性減量 之樣本數 (N=8)		未簽署自願性減量 之樣本數(N=16)	
		權重	排序	權重	排序
D ₁ ：能源策略		0.2045	3	0.1737	4
D ₂ ：產品		0.1766	4	0.2797	1
D ₃ ：製程管理		0.1459	5	0.1424	5
D ₄ ：廢棄物管理		0.2129	2	0.2081	2
D ₅ ：交通運輸		0.2602	1	0.1962	3
考量策略					
D ₁	D ₁₁ ：研發低碳科技	0.0867	3	0.0903	4
	D ₁₂ ：提升再生能源使用率	0.0842	4	0.0488	11
	D ₁₃ ：落實辦公室能源使用率	0.0409	13	0.0408	13
D ₂	D ₂₁ ：執行產品環境化設計	0.0662	8	0.0710	7
	D ₂₂ ：更換包裝材料	0.0685	7	0.1022	3
	D ₂₃ ：取得環保標章	0.0482	10	0.1165	1
D ₃	D ₃₁ ：安裝削減溫室氣體設備	0.0476	11	0.0434	12
	D ₃₂ ：安裝節能設備	0.0278	15	0.0263	16
	D ₃₃ ：提昇生產設備能源效率	0.0182	17	0.0152	17
	D ₃₄ ：集中生產廠房	0.0381	14	0.0331	14
	D ₃₅ ：使用替換性化學品	0.0194	16	0.0295	15
D ₄	D ₄₁ ：強化廢棄物減量	0.0759	5	0.0789	5
	D ₄₂ ：提升產品回收再利用率	0.0414	12	0.0729	6
	D ₄₃ ：加強員工教育宣導	0.1032	1	0.0637	8
D ₅	D ₅₁ ：執行物流運輸最佳化	0.0746	6	0.0531	9
	D ₅₂ ：鼓勵員工改善通勤方式	0.0925	2	0.1126	2
	D ₅₃ ：運用高科技設備，減少商務出差	0.0533	9	0.0499	10

(資料來源：本研究整理)

歸納分析結果彙整出已簽署及未簽署自願性減量企業認為在執行二氧化碳削減最重要的前五大削減策略，從表 4- 14 當中可知，半導體產業認為削減二氧化碳的著重層面，可從員工交通、低碳科技、產品設計三大方向進行努力。

表 4- 14 重要性前五大之削減策略

已簽署自願性減量之樣本			未簽署自願性減量之樣本		
削減策略	權重	排序	削減策略	權重	排序
D ₄₃ ：加強員工教育宣導	0.1031	1	D ₂₃ ：取得環保標章	0.1165	1
D ₅₂ ：鼓勵員工改善通勤方式	0.0925	2	D ₅₂ ：鼓勵員工改善通勤方式	0.1126	2
D ₁₁ ：研發低碳科技	0.0867	3	D ₂₂ ：更換包裝材料	0.1022	3
D ₁₂ ：提升再生能源使用率	0.0842	4	D ₁₁ ：研發低碳科技	0.0903	4
D ₄₁ ：強化廢棄物減量	0.0759	5	D ₄₁ ：強化廢棄物減量	0.0789	5

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究依據第四章的結果分析與討論，得到的結論如下闡述：

- ◆ 針對五大影響構面，已簽屬自願性減量企業認為「交通運輸」最為重要，其次是「廢棄物管理」、「能源策略」、「產品」、「製程管理」，而未簽屬自願性減量企業則認為「產品」最為重要，其次是「廢棄物管理」、「交通運輸」、「能源策略」、「製程管理」。
- ◆ 在「能源策略」構面下之策略分析，已簽屬自願性減量企業與未簽屬自願性減量企業皆認為「研發低碳科技」最為重要，其次是「提升再生能源使用率」、「落實辦公室能源使用」。
- ◆ 在「產品」構面下之策略分析，已簽屬自願性減量企業認為「更換包裝材料」最為重要，其次是「執行產品環境化設計」、「取得環保標章」，未簽屬自願性減量企業則認為「取得環保標章」最為重要，其次是「更換包裝材料」、「執行產品環境化設計」。
- ◆ 在「製程管理」構面下之策略分析，已簽屬自願性減量企業與未簽屬自願性減量企業皆認為「安裝削減溫室氣體設備」最為重要，其次是「集中生產廠房」，在「安裝節能設備」及「使用替換性化學品」上，已簽屬自願性減量企業認為「安裝節能設備」比「使用替換性化學品」重要，未簽屬自願性減量企業則反之，而「提昇生產設備能源效率」則被認為在製程管理構面下重要性最低之策略。
- ◆ 在「廢棄物管理」構面下之策略分析，已簽屬自願性減量企業認為「加強員工教育宣導」最為重要，其次是「強化廢棄物減量」、「提升產品回收再

利用率」，未簽屬自願性減量企業則認為「強化廢棄物減量」最為重要，其次是「提升產品回收再利用率」、「加強員工教育宣導」

- ◆ 在「交通運輸」構面下之策略分析，已簽屬自願性減量企業與未簽屬自願性減量企業皆認為「鼓勵員工改善通勤方式」最為重要，其次是「執行物流運輸最佳化」、「運用高科技設備減少商務出差」。
- ◆ 在重要性前五大之削減策略，已簽屬自願性減量企業認為「加強員工教育宣導」最為重要，其次是「鼓勵員工改善通勤方式」、「研發低碳科技」、「提升再生能源使用率」、「強化廢棄物減量」，而未簽屬自願性減量企業則認為「取得環保標章」最為重要，其次是「鼓勵員工改善通勤方式」、「更換包裝材料」、「研發低碳科技」、「強化廢棄物減量」。由此可見，半導體產業認為削減二氧化碳的著重層面，可從員工交通、研發低碳科技、產品設計等三大方向進行努力。
- ◆ 本研究針對二氧化碳削減策略經由文獻及企業個案的彙整，研擬出五大影響構面（能源策略、製程管理、產品、廢棄物管理、交通運輸）及 17 項影響因素，並建立其層級架構（見表 3-1）。經由本研究分析結果，該問卷具有合理的內容效度及信度因此該層級架構可以作為企業在執行二氧化碳削減策略之參考依據，以掌握優先策略。

5.2 建議

在本研究最後，提出下列幾點建議方向：

- (一) 在後續研究部份，由於本研究之問卷發放僅以台灣半導體產業協會(TSIA)之會員廠商為對象，未來可以納入其他如：光電業等電子相關產業。

(二) 在FAHP問卷方面，本研究系以Buckley所發展之理論為主，在量表建立方面，則採用三角模糊數取代Buckley的梯形模糊數，使得計劃過程較簡潔方便，且受訪者較易填寫問卷，模糊權重值計算：則採用Buckley所提出之「列向量幾合平均法」，對三角模糊正倒值矩陣進行權重計算。但事實上亦有其他不同學者的理論與方法，因此後續研究者可針對相同一主題採用不同方法整合專家意見，作一比較分析。

參考文獻

英文部分

1. Boiral, O. (2006), "Global warming: should companies adopt a proactive strategy?", *Long Range Planning*, 39, pp. 315-330.
2. Buckley, J.J. (1985), "Fuzzy hierarchical analysis," *Fuzzy Sets and Systems*, 17, pp. 233-247.
3. Chang, D.Y. (1992), "Extent analysis and synthetic decision," *Optimization Techniques and Applications*, World Scientific, 17, p352
4. Chang, D.Y. (1995), "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP," *European Journal of Operational Research*, 85, pp.229-243.
5. Cooper, D. R. and C. W. Emory (1995), "Business research method", Chicago: Richard D. Irwin
6. Csutora, R., and Buckley, J.J. (2001), "Fuzzy hierarchical analysis: the Lambda-Max method ", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 120, pp. 181-195.
7. Dell (2007), "Dell Sustainability Report".
8. EIA(2004), "Voluntary Reporting of Greenhouse Gases 2004" , Energy Information Administration -Official Energy Statistics from the US Government
9. EIA(2005), "Voluntary Reporting of Greenhouse Gases 2005 Summary", Energy Information Administration -Official Energy Statistics from the US Government.

10. FUJITSU(2007),”FUJITSU GROUP SUSTAINABILITY REPORT”
11. Hackston, D. and Milne, M.J. (1996), “Some determinants of social and environmental disclosures in New Zealand companies”, *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, 9(1), pp. 77-108.
12. Hart, S.L. (1995), “A natural-resource-based view of the firm,” *Academy of Management Review*, Vol. 20 No. 4, pp. 986-1014
13. HP, (2006),”HP Global Citizenship Report”.
14. Hsieh, S.C. and Jou C.J. (2007), ”Reduction of greenhouse gas emission on a medium-pressure boiler using hydrogen-rich fuel control”, *Applied Thermal Engineering*, pp. 2924–2928.
15. IBM, (2006), ”IBM Corporate Responsibility & Environmental Report”.
16. Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007), ”Fourth Assessment Report, Climate Change 2007:Synthesis Report”
17. Intel(2006), “Intel 2006 Corporate Responsibility Report”
18. Kearns, G.S. (2004), “A multi-objective, multi-criteria approach for evaluating IT investments: results from two case studies”, *Information Resources Management Journal*, 17, pp. 37-62.
19. Keppo, I. Brian, O'Neillb, C. and K. Riahi, (2007), “Probabilistic temperature change projections and energy system implications of greenhouse gas emission

- scenarios”, *Technological Forecasting and Social Change*, 74, pp. 936–961.
20. Kolk, A. (2000), “Economics of environmental management”, *Financial Times*, Prentice Hall, Harlow
 21. Kosko, Bart (1993). “Fuzzing thinking: the new science of fuzzy logic.”, New York:Hyperion
 22. Laarhoven, P.J.M. and Pedrycs, W. (1983), “A fuzzy extension of Satty’s priority theory”, *Fuzzy Sets and Systems*, 11, pp. 279-302.
 23. Lehr, U. Nitsch, J. Kratzat, M. Lutz, C. and Edler, D. (2007), “Renewable energy and employment in Germany”, *Energy Policy*, 36, pp. 108-117.
 24. Lu, I.J., Lin, S.J., and Charles, L, (2007),” Decomposition and decoupling effects of carbon dioxide emission from highway transportation in Taiwan, Germany, Japan and South Korea, *Energy Policy*, 35, pp. 3226–3235.
 25. Microelectronics (2006),“Corporate Responsibility Report A Culture of Sustainable Excellence”
 26. Mon, D.L., Cheng, C.H. and Lin, J.C. (1994), “Evaluating weapon system using fuzzy analytic hierarchy process based on entropy weight”, *Fuzzy Sets and Systems*, 62, pp.127-134.
 27. Pan, H. and D. V. Regemorter, “The costs and benefits of early action before Kyoto compliance”, *Energy Policy*, vol. 32, 2004, pp. 1477–1486

28. PHILIPS, (2006),” Sustainability-Annual-Report-2006-hires-16114”
29. Pinkse, J. (2004), ”Multinationals’ strategic responses to climate change”, Oikos PhD Summer Academy, pp.1-13.
30. Porter, M.E. and Reinhardt, F.L. (2007), “A strategic approach to climate”, *Harvard Business Review*, 14, pp. 22-27.
31. Reinhardt, F.L. (2000), “Down to Earth. Applying business principles to environmental management”, *Harvard Business School Press*, Boston, MA.,
32. Rugman, A.M. and Verbeke, A.(2000), “Six cases of corporate strategic responses to environmental regulation”, *European Management Journal*, 18(4), pp. 377–385.
33. Saaty, T.L. (1980), “The analytic hierarchy process”, McGraw-Hill, New York.
34. Saaty, T.L. (1990) ,“The analytic hierarchy process: Planning, Priority Setting,” McGraw-Hill, New York.
35. Sharma, S. and Vredenburg, H. (1998), “Proactive corporate environmental strategy and the development of competitively valuable organizational capabilities,” *Strategy Management Journal*, Vol. 19 No. 8, pp. 729-753.
36. Schultz, K. and Willianson, P. (2005), “Gaining competitive advantage in a carbon constrained world: strategies for European Business”, European

- Management Journal, 23, pp. 383-391.
37. Siemens(2006), “Annual report 2006”
 38. Sony (2007), ”Sony Corporate Social Responsibility”
 39. Székely, F. and Knirsch, M.(2005) “Responsible leadership and corporate social responsibility: metrics for sustainable performance”, *European Management Journal*, 23, pp. 628–647
 40. Theodore Roosevelt IV and John Llewellyn(2007), “Investors Hunger for Clean Energy”, *Harvard Business Review*, Vol 14, pp. 38-40.
 41. TOSHIBA, (2007),”Corporate Social Responsibility Report 2007”.
 42. Vadas, T.M. Fahey, T.J. Sherman, R.E. Demers, J.D. Grossman, J.M. Maul, J.E. Melvin, A.M. O’Neill, B. Raciti, S.M. Rochon, E.T. Sugar, D.J. Tonitto, C. Turner, C.B. Walsh, M.J. and Xue, K. (2007), ”Approaches for analyzing local carbon mitigation strategies: Tompkins County, New York, USA”, *International Journal of Greenhouse Gas control*, Vol. 1, Issue 3, pp.360-373.
 43. van Aalst, M.K. (2006), “The impacts of climate change on the risk of natural disasters”, Vol. 30, pp. 5-18
 44. Zadeh, L.A. (1975), “Fuzzy Sets”, *Information and Control*, 8, pp. 338-353.

中文部份

1. 台積電 (2006), 「年報」。
2. 李聖平 (2005), 「生命週期管理之應用研究-以廢光碟管理及 TFT-LCD 產業為例」, 南華大學環境管理研究所碩士論文。
3. 呂鴻光、簡慧貞、黃偉鳴、石信智 (2003), 「我國溫室氣體減量政策及措施」, 工業污染防治第 88 期。
4. 林立宜、鄭博文 (2002), 「運用模糊層級分析法(FAHP)建立護理之家服務品質指標」, 國立雲林科技大學工業工程與管理研究所碩士論文。
5. 林振昌 (2007), 「營造業多角化經營關鍵因素之探討」, 中華大學營建管理研究所碩士論文。
6. 林張群、陳可杰譯 (2003), 「作業研究」, 第九版, 滄海書局, 第 638-651 頁。
7. 林晉祺 (2003), 「以分析程序法衡量圖書出版業導入顧客關係管理系統之關鍵因素研究」, 南華大學出版學研究所碩士論文。
8. 吳克清 (1999), 「桃園縣分縣治理之可行性研究—分析層級程序法(AHP)之運用分析」, 元智大學管理研究所碩士論文。
9. 吳唯丞 (2007), 「綠色物料風險評估架構之研究—以電子產業為例」, 國立臺科技大學環境規劃與管理研究所碩士論文。
10. 凌于右 (2006), 「以模糊層級分析法建構港濱觀光開發評估模式」, 國立

- 高雄大學都市發展與建築研究所碩士論文。
11. 陳宗文 (2000), 「灰色分析階層程序法之建構與應用」, 國立台北大學資源管理研究所碩士論文。
 12. 許家偉 (2004), 「產品環境化設計策略與決策支援系統之研究」, 南華大學環境管理研究所碩士論文。
 13. 郭英峰、陳邦誠 (2006), 「應用模糊層級分析法分析消費者對行動增值服務之偏好」, 電子商務學報, 第八卷, 第一期。
 14. 張美娟、趙寧 (2003), 「國內有線電視發展數位電視服務經營策略之研究」, 國立臺灣師範大學國文傳播系碩士論文。
 15. 曾慶揚 (2007), 「企業因應全球暖化之策略研究—以石化、電子及金融保險業為例」, 台北科技大學環境規劃與管理研究所碩士論文。
 16. 曾懷恩、李榮貴 (1998), 「以 AHP 模式作為評估設計案的決策方案」, 設計學報, 第三卷, 第一期, pp. 43-54。
 17. 華碩 (2006), 「企業永續發展報告書」。
 18. 鄧振源、曾國雄 (1989), 「階層分析法(AHP)的內涵特性與應用」, 中國統計學報, 第27卷, 第7期, 13707-13724 頁。
 19. 鄭書季 (2005), 多目標模糊偏好規劃法求解 AHP 及 ANP 優先權重, 國立暨南國際大學資訊管理研究所碩士論文。
 20. 劉勝傑 (2002), 「運用階層分析法之產品生態效益評估-以桌上型顯示器

- 為例」，國立成功大學資源工程學系碩士論文。
21. 劉露霞(2006),「與世界同在一起：惠普的企業社會責任信念與行動方案」，
應用倫理研究通訊，第40期，第2-10頁。
 22. 賴義方(2004)，「綠色供應鏈中綠色供應商之評估－以PCB供應商為例」，
國立成功大學資源工程學系碩士論文。
 23. 謝孟芳(2004)，「模糊層級分析法應用於重金屬污泥資源化技術適用性潛力
綜合評估之研究」，國立成功大學資源工程學系碩士論文。
 24. 聯電(2005)，「企業社會責任年報」。

附 錄

附錄一 二氧化碳削減策略-FAHP 問卷

模糊層級分析法(FAHP)於電子產業溫室氣體削減策略之研究的專家問卷

諸位企業先進您好：

感謝您撥冗協助填答本問卷！這是南華大學環境管理研究所研究生 黃惠妙所做的學術問卷，本研究乃是針對「電子產業溫室氣體削減策略之研究分析」所設計出來的專家問卷，利用 FAHP 法從能源策略、產品、製程管理、廢棄物管理、交通運輸等五大構面為主軸，計算出不同因素在電子產業溫室氣體削減策略影響的相對權重，進而研擬電子產業溫室氣體削減策略的優先策略。提供業者在削減溫室氣體時的決策參考，懇請溫室氣體削減之主管、專員撥冗填答。

本問卷僅供學術研究之用，絕不對外披露，敬請放心填答。在京都議定書(Kyoto Protocol)正式生效後，未來溫室氣體排放必須付費的時代，將造成經濟的大變動，台灣各產業皆應重新思考發展政策，進行調整，因此您所提供的資料對本研究有極重要的貢獻程度。若您有需要參考本研究之成果，請於問卷末填寫註明，待本研究完成後，將寄上完整論文，以利貴公司參考。最後，再次懇請惠於襄助，深致謝忱。

敬祝

事業隆盛

指導教授

國立台北科技大學環境規劃與管理研究所副教授 胡憲倫 博士
南華大學環境管理研究所研究生 黃惠妙 敬上

E-Mail:d56126@mail2000.com.tw

TEL:0933-618591 FAX:(02)27764702

問卷說明：

本問卷採取互動的方式來圈選，進一步來了解FAHP 權重，請就各個表格依其在整體階層中之位置，進行兩兩相對之評比，並給訂一模糊權重。請完全依照個人主觀進行評分。

問卷填寫範例：

對於工作態度與工作能力這兩個要素相對重要性比較，某甲認為工作態度比工作能力重要多了，依據自己的感覺給於6 分，也就是工作態度是工作能力的6 倍重要；對於學歷與工作經驗這兩個要素相對重要性比較，則認為工作經驗比學

歷重要，給於6分，也就是工作經驗是學歷的6倍重要。則表示為：

尺度	超重要		很重要		重要		稍重要		同重要		稍重要		重要		很重要		超重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
工作態度				V													工作能力
學歷														V			工作經驗

問卷內容：

面 向	策 略
能源策略	■ 研發低碳科技（如氫、天然氣等）
	■ 提升再生能源使用率（如風力、太陽能、地熱與生質能源等）
	■ 落實辦公室能源使用（如適當設定空調和照明、使用資訊系統傳簽文件減少紙張浪費等）
	■ 參與自願減量計劃
產品	■ 執行產品環境化設計（DfE）
	■ 更換包裝材料(如可重覆使用的包裝)
	■ 取得環保標章（如能源之星、節能標章等）
製程管理	■ 安裝削減溫室氣體設備（如全氟化物處理設備等）
	■ 安裝節能設備
	■ 提昇生產設備能源效率（如升級動力設備、冷卻塔、電鍍等）
	■ 集中生產廠房
	■ 使用替換性化學品
廢棄物管理	■ 強化廢棄物減量
	■ 提升產品回收再利用率
	■ 加強員工教育宣導（溫室效應）
交通運輸	■ 執行物流運輸最佳化(如最佳配送路線規劃及運輸工具選擇等)
	■ 鼓勵員工改善通勤方式（如提供公務車、提供津貼補助鼓勵搭乘大眾運輸公具等）
	■ 運用高科技設備，減少商務出差（如視訊會議等）

問卷開始：

請判斷公司在進行溫室氣體削減行動時，各策略運用的相對重要性：

1. 您認為下列的策略面向，對「溫室氣體削減策略」而言，其相對重要性如何？

	超重要		很重要		重要		稍重要		同重要		稍重要		重要		很重要		超重要	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
能源策略																		產品
能源策略																		製程管理
能源策略																		廢棄物管理
能源策略																		交通運輸
產品																		製程管理
產品																		廢棄物管理
產品																		交通運輸
製程管理																		廢棄物管理
製程管理																		交通運輸
廢棄物管理																		交通運輸

2. 您認為下列的策略項目，對「能源策略」面向的考量而言，其相對重要性如何？

	超重要		很重要		重要		稍重要		同重要		稍重要		重要		很重要		超重要	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
研發低碳科技																		提升再生能源使用率
研發低碳科技																		落實辦公室能源使用
提升再生能源使用率																		落實辦公室能源使用

3. 您認為下列的策略項目，對「產品」面向的考量而言，其相對重要性如何？

尺度	超重要		很重要		重要		稍重要		同重要		稍重要		重要		很重要		超重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
執行產品環境化設計(DfE)																	更換包裝材料
執行產品環境化設計(DfE)																	取得環保標章
更換包裝材料																	取得環保標章

4. 您認為下列的策略項目，對「製程管理」面向的考量而言，其相對重要性如何？

尺度	超重要		很重要		重要		稍重要		同重要		稍重要		重要		很重要		超重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
安裝削減溫室氣體設備																	安節能設備
安裝削減溫室氣體設備																	提昇生產設備能源效率
安裝削減溫室氣體設備																	集中生產廠房
安裝削減溫室氣體設備																	使用替換性化學品
安節能設備																	提昇生產設備能源效率
安節能設備																	集中生產廠房
安節能設備																	使用替換性化學品
提昇生產設備能源效率																	集中生產廠房
提昇生產設備能源效率																	使用替換性化學品
集中生產廠房																	使用替換性化學品

5. 您認為下列的策略項目，對「廢棄物管理」面向的考量而言，其相對重要性如何？

尺度	超重要		很重要		重要		稍重要		同重要		稍重要		重要		很重要		超重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
強化廢棄物減量																	提升產品回收再利用率
強化廢棄物減量																	強化員工資源回收概念
提升產品回收再利用率																	強化員工資源回收概念

6. 您認為下列的策略項目，對「交通運輸」面向的考量而言，其相對重要性如何？

尺度	超重要		很重要		重要		稍重要		同重要		稍重要		重要		很重要		超重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
評估最佳物流中心設置處																	鼓勵員工改善通勤方式
評估最佳物流中心設置處																	運用高科設備，減少商務出差
鼓勵員工改善通勤方式																	運用高科設備，減少商務出差

本問卷至此全部結束，感謝您撥冗填答，如您對本研究有興趣，煩請留下您的聯絡方式，俾論文完成後，將寄上一份完整成果。再次感謝您的合作。

公司名稱：		姓名：	
職稱：		E-Mail:	
聯絡地址：			
聯絡電話：			

****感謝您百忙之中撥冗填答。也請您於完成填答之後直接投郵寄回，謝謝。**

106

台北市忠孝東路三段一號 環境所 (胡憲倫博士研究室)

黃惠妙 收

STAMP
郵票

本問卷負責人：

黃惠妙

台北市忠孝東路三段一號

電話：0933618591

傳真：(02)27764702

電子郵件：d56126@mail2000.com.tw