

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

低碳經濟研發特色專案計畫--低碳經濟研發特色專案計畫 (第2年)

研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 99-2632-H-216-001-MY2
執行期間：100年08月01日至101年07月31日
執行單位：中華大學科技管理學系(所)

計畫主持人：李友錚
共同主持人：吳鴻輝、李欣怡、張建彥、蘇昭銘、鄧肖琳
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：高振洋
碩士班研究生-兼任助理人員：廖挺宇
碩士班研究生-兼任助理人員：劉奕廷
碩士班研究生-兼任助理人員：沈冠志
碩士班研究生-兼任助理人員：邱俊融
碩士班研究生-兼任助理人員：陳建舜
碩士班研究生-兼任助理人員：賴怡汶
碩士班研究生-兼任助理人員：陳宇騰
碩士班研究生-兼任助理人員：鍾緯正
碩士班研究生-兼任助理人員：蔡睿之
碩士班研究生-兼任助理人員：呂柏昇
碩士班研究生-兼任助理人員：楊政明
碩士班研究生-兼任助理人員：何順生
碩士班研究生-兼任助理人員：徐梓芳
大專生-兼任助理人員：蔡侑均
大專生-兼任助理人員：何嘉祐
博士班研究生-兼任助理人員：魏智浩
博士班研究生-兼任助理人員：何文基

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公 開 資 訊 ： 本 計 畫 可 公 開 查 詢

中 華 民 國 101 年 10 月 19 日

中文摘要： 低碳經濟是人類社會因應氣候變化，實現經濟社會永續發展的一種模式。低碳，意味著經濟發展必須最大限度地減少或停止對化石燃料的依賴，實踐能源利用和經濟轉型；經濟，意味著要在能源利用轉型的基礎上和過程中繼續保持經濟增長的穩定和可持續性。

本計畫「低碳經濟研發特色專案計畫」之總體目標在結合本校各學術單位之人力資源與研究機構，針對低碳經濟之議題發展成為本校未來之研發特色。計畫於執行過程中，首先就環境保護構面，主要從現行國內外低碳經濟相關法規與規範做為切入點，並進行探討與分析，諸如能源稅制與企業社會責任等議題都將是此階段分析之重要內容。其次，就經濟發展構面，除針對產業碳標籤技術能力與綠色供應鏈管理之角度加以探討外，在考量本國溫室氣體排放上，運輸部分是僅次於工業部門的第二大排放部門，因此計畫亦將運輸系統之低碳環保駕駛研究主題納入。最後，國內低碳經濟之發展，社會公義構面亦是未來永續發展的成敗要素之一，本計畫將綠色消費之教育介入模式納入，主要針對綠色消費之認知、態度與消費行為的現狀作一探討，在瞭解影響社會大眾的綠色消費行為之前因與後果後，發展以行為科學理論為基礎之綠色消費教育教學計劃。

中文關鍵詞： 低碳經濟、能源稅、企業社會責任、碳標籤、綠色供應鏈、環保駕駛

英文摘要： Low-carbon economy is a mode response to climate change and human society to achieve economic and social sustainable development. Low-carbon, means that economic development must be to minimize or stop the dependence on fossil fuels, practice energy use and economic restructuring; economy, means the transformation of the energy use and processes on the basis of continued economic growth, stability and sustainability.

Objective of this project in the context of various academic units, human resources and research institutions, for the low-carbon economy of the topics will be with the school vision and goals, then develop into future research and development characteristics of school. Plan on the implementation of the process, mainly for the energy tax, corporate social responsibility, carbon labeling, green supply

chain, Eco-driving and other issues were discussed.

英文關鍵詞： Low-carbon economy, Energy tax, Corporate social responsibility, Carbon labeling, Green supply chain, Eco-driving

低碳經濟研發特色專案計畫

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 99-2632-H-216-001-MY2

執行期間：99年8月1日至101年7月31日

執行機構及系所：中華大學科技管理系、企業管理學系、工業管理系、運輸與
物流管理系

計畫主持人：李友錚

共同主持人：吳鴻輝、李欣怡、鄧肖琳、陳春山、張建彥、蘇昭銘

計畫參與人員：一、99年度：正職人員(博士班研究生)：何文基、謝宜芳、王雅麗；正
值人員(碩士班研究生)：葛生達、麥僑芯、何順生、黃穆容、劉佳芳許宸凡、蘇乙鳴、
田智琦、湯淑瑛、彭文則、劉奕廷、程居威、謝婷仔；臨時人員：魏智浩、蘇威安、侯
宜承、李美蘭；實驗受測人員：林陳毅、徐宏興、黃永忠、莊清芳、邱聖洪、林大傑、
嚴元亨、陳智仁、羅廷淦、王文章、陳新豪、張凱淇、陳春龍、蔡明智、陳仲豪、林正
成、李振銘、范福昌。二、100年度：正職人員(博士班研究生)：何文基、魏智浩；正
值人員(碩士班研究生)：何順生、徐梓芳、蔡睿之、楊政明、鍾緯正、呂柏昇、賴怡汶、
陳宇騰、高振洋、廖挺宇、劉奕廷；臨時人員：蔡侑均、何嘉祐；實驗受測人員：徐錦
榮、李振銘、邱國書、陳春龍、彭傳芳、李金隆、羅志偉、周文來、邱武澤、嚴元亨、
陳揚升、鄒鈺柱、王炫焜、羅廷淦、張凱淇、黃宏光、周建邦、李芷平、戴國平、張暄
碇、楊勝豐、鍾明貴、劉瑋程、莊清芳、王勝竹

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：精簡報告 完整報告

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 1 份：

移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可公開查詢

中 華 民 國 101 年 10 月 20 日

目錄

摘要	II
ABSTRACT	III
報告內容	1
子計畫一：低碳經濟時代下對企業社會責任的重新審視	1
子計畫二：國內產業因應能源稅徵收之衝擊與對策	9
子計畫三：工廠碳標籤技術能力建置與低碳管理模式之研究	28
子計畫四：綠色及低碳之新產品開發與供應鏈管理-以台灣高科技產業為例	35
子計畫五：國道客運因應低碳經濟時代環保駕駛行為機制之建立	45
子計畫六：綠色消費之教育介入	52
參考文獻	58
子計畫一：低碳經濟時代下對企業社會責任的重新審視	58
子計畫二：國內產業因應能源稅徵收之衝擊與對策	59
子計畫三：工廠碳標籤技術能力建置與低碳管理模式之研究	60
子計畫四：綠色及低碳之新產品開發與供應鏈管理-以台灣高科技產業為例	61
子計畫五：國道客運因應低碳經濟時代環保駕駛行為機制之建立	62
子計畫六：綠色消費之教育介入	65
計畫成果自評	67

摘要

低碳經濟是人類社會因應氣候變化，實現經濟社會永續發展的一種模式。低碳，意味著經濟發展必須最大限度地減少或停止對化石燃料的依賴，實踐能源利用和經濟轉型；經濟，意味著要在能源利用轉型的基礎上和過程中繼續保持經濟增長的穩定和可持續性。

本計畫「低碳經濟研發特色專案計畫」之總體目標在結合本校各學術單位之人力資源與研究機構，針對低碳經濟之議題發展成為本校未來之研發特色。計畫於執行過程中，首先就環境保護構面，主要從現行國內外低碳經濟相關法規與規範做為切入點，並進行探討與分析，諸如能源稅制與企業社會責任等議題都將是此階段分析之重要內容。其次，就經濟發展構面，除針對產業碳標籤技術能力與綠色供應鏈管理之角度加以探討外，在考量本國溫室氣體排放上，運輸部分是僅次於工業部門的第二大排放部門，因此計畫亦將運輸系統之低碳環保駕駛研究主題納入。最後，國內低碳經濟之發展，社會公義構面亦是未來永續發展的成敗要素之一，本計畫將綠色消費之教育介入模式納入，主要針對綠色消費之認知、態度與消費行為的現狀作一探討，在瞭解影響社會大眾的綠色消費行為之前因與後果後，發展以行為科學理論為基礎之綠色消費教育教學計劃。

關鍵字：低碳經濟、能源稅、企業社會責任、碳標籤、綠色供應鏈、環保駕駛

Abstract

Low-carbon economy is a mode response to climate change and human society to achieve economic and social sustainable development. Low-carbon, means that economic development must be to minimize or stop the dependence on fossil fuels, practice energy use and economic restructuring; economy, means the transformation of the energy use and processes on the basis of continued economic growth, stability and sustainability.

Objective of this project in the context of various academic units, human resources and research institutions, for the low-carbon economy of the topics will be with the school vision and goals, then develop into future research and development characteristics of school. Plan on the implementation of the process, mainly for the energy tax, corporate social responsibility, carbon labeling, green supply chain, Eco-driving and other issues were discussed.

Keywords: Low-carbon economy, Energy tax, Corporate social responsibility, Carbon labeling, Green supply chain, Eco-driving.

報告內容

子計畫一：低碳經濟時代下對企業社會責任的重新審視

Abstract—All over the world the topic of corporate social responsibility (CSR) is becoming more and more important. Currently, there are nine different sets of CSR evaluation criteria being used worldwide. As each of the different evaluation methods vary from one another, it is difficult to compare the results from two different tests in order to evaluate the CSR scores of one company against another. This research selects four sets of CSR criteria, three which have international credibility, the SA8000, the GRI, and the ISO26000, as well as the Corporate Social Responsibility Best Practice Principles for TWSE/GTSM-Listed Companies (known as the TW Principles) released in 2010. In our research, we will review the current literature on the evaluation criteria to compare and contrast the different CSR evaluation criteria, present our results and make conclusions.

Keywords—*Corporate Social Responsibility, SA8000, GRI, ISO26000*

1. Introduction

Michael Porter, considered an expert in strategic management, believes that corporate social responsibility (CSR) is the new competitive strategy of companies in the 21st century. The implementation of social responsibility strategies within the core operations of a corporate is vital when they wish to pursue sustainable development. Hence, how corporations in Taiwan respond to the social expectations and demands of their customers is crucial for their future development.

CSR is widely defined as the ethical conduct carried out by corporations towards the society they exist within. In particular, a corporation should take responsibility for all of their stakeholders, not simply their stockholders. The World Business Council for Sustainability and Development (WBCSD) defined CSR by stating that corporate must be committed to abiding by ethical standards and devoting themselves to economic development while improving the quality of life of their employees, families, local communities and the society at large.

1.1 *Research background*

To reinforce the value and execution of CSR in Taiwanese corporations, in February of 2010, the Taiwan Securities Exchange (TWSE) and Gre-Tai Securities Market (GTSM) jointly instituted the TW Principles. Article 3 of the Principles specifies that “in fulfilling corporate social responsibility initiatives, TWSE/GTSM-listed companies shall give due considerations to the social mores, rights and interests of the interested parties in its corporate management and operations. Giving due considerations to the environment, society and corporate governance while pursuing sustainable operations and profits. “The objectives of the principles are to implement four elements: (1) to promote corporate governance, (2) to develop environment sustainability, (3) to protect social benefits and (4) to reinforce disclosures on CSR.

1.2 *Research motive and purpose*

As aforementioned, CSR has become a major concern worldwide. Regardless of whether CSR forms part of the competitive strategy, management strategy or practice regulations, corporations in Taiwan must act with CSR. Because domestic corporations generally score poorly in CSR

evaluations, this research will compare the four types of CSR evaluations criteria with the aim of increasing the understanding of Taiwanese corporations of international CSR evaluations criteria.

The most widely used international CSR evaluation criteria include nine different measures, as listed below:

- (1) OECD Guidelines for Multinational Enterprises
- (2) UN Global Compact
- (3) ILO Conventions on Core Labor Criteria
- (4) ISO14000
- (5) SA8000 (Social Accountability 8000)
- (6) Global Sullivan Principles
- (7) GRI (Global Reporting Initiative)
- (8) AA1000 (AccountAbility 1000)
- (9) ISO26000

The nine sets of criteria listed above can be divided into two categories: principles and standards. Principles can be defined as the comprehensive values which are used to support general conduct codes. Standards can be defined as the benchmarks in CSR set by other organizations. Standards are further grouped into procedure, performance, foundation and authentication standards (McIntosh, Thomas & Coleman, 2003).

The nine sets of criteria do not define the scope in the same manner. For example, the Global Sullivan Principle focuses on global views; the International Labor Organization (ILO) emphasizes labor; the SA8000 focuses on the scope of work; the AA1000 emphasizes product standards; the ISO14000 emphasizes environmental criteria and the GRI is devoted to the standardization of corporate sustainability reports (Mei Shui Chen, 2009).

For our research we selected three of the above sets that we deem both convincing and well developed: the SA8000, the GRI, and the ISO26000. In addition, since our research mainly focuses on CSR evaluation criteria as applied to Taiwanese corporations, it is necessary to include the TW Principles. Thus, this research will examine and compare the above four sets of CSR evaluation criteria.

2. corporate social responsibility

2.1 the meaning of corporate social responsibility

The economic development committee of the United States first posed the idea of CSR in 1971, by likening the concept to a set of three concentric circles. The inner circle refers to the basic corporate responsibility, meaning the effective execution of economic functions. The middle circle refers to the responsibility of a corporation to execute their economic functions and to cater to changes in social values. The outer circle represents the responsibility to aggressively engage in improving the social environment.

Carroll (1999) posed a four-level model of CSR. That is, economic responsibility, legal responsibility, moral responsibility and charitable responsibility. Economic responsibility refers simply to the economic duties to be assumed by a corporation, which enables them to quality

product or service with fair values and which appeases shareholders, employees and the corporation's need to survive. Legal responsibility refers to the responsibility assumed by a corporation in accordance with the law while maintaining their rights, such as compliance with national laws and regulations and corporate governance. Moral responsibility refers to the responsibility assumed by a corporation based on the demand of social mores, such as fair competition or self-constraints on personal conduct. Charitable responsibility refers to a responsibility assumed voluntarily by a corporation, based on certain social values or expectations, such as the concerns of social minority groups, participation in social welfare or donations to charitable organizations.

It can therefore be said that corporations are composites of a modern society and while corporate power continues to grow, society demands that they assume more social responsibilities. Thus, CSR is the summation of economic, legal, moral and charitable responsibility that is in compliance with social values and expectations.

2.2 the development and current situation of CSR in Taiwan

Since 2002, the Department of Investment Services of the Ministry of Economic Affairs in the R.O.C. has assisted corporations to understand CSR and promoted the benefits of CSR in domestic and foreign investments. The Bureau of Labor Insurance and the Council of Labor Affairs of Executive Yuan announced in November 2009 that CSR would be considered while selecting stock to include in the labor insurance fund and labor pension fund. It also formally required that outsourcing businesses should include as a principle in stock selection, and consider such practices as environmental protection, labor relations, rights and interests, and their quarterly review reports. To intensify the value and execution of CSR in Taiwanese corporations, the Taiwan Securities Exchange and Gre-Tai Securities Market jointly set up the TW principles. The principles created are expected to strengthen corporate integrity and honesty, as well as aid in the established of a national policy on CSR.

In recent years, privately owned businesses have been aware that well-known corporations, such as IBM, Apple, HP, and Sony are becoming more demanding of CSR with their outsourcing partners. For example, in Nike and Levi's CSR report, a list of all their suppliers was published so they could be examined by various stakeholders. It is possible that if this trend continues, corporations which do not disclose their performance in CSR will not be able to acquire contracts and risk becoming uncompetitive.

According to statistics released in 2009 by the Taiwanese Business Council for sustainable Development, 58 corporations in Taiwan issued CSR reports. Among them, 30 companies (52%) had followed the guidelines of the GRI.

3. Four CSR criteria

As discussed, we opted to include four sets of CSR criteria: the SA8000, the GRI, the ISO26000 and the TW principles.

3.1 SA8000

SA8000 is an international standard which aims to improve work conditions. It was also the

first to authenticate international CSR with the objective of imposing humanism on market economics. The main goal of this standard is to improve the working environments and conditions of the global labor force, by requiring corporations to aggressively assume responsibilities related to the environment and social interests (SAI, 2006).

SA8000 contained the first auditable criteria for labor, developed by a non-official agency. This international authentication ensures “ethical production” by ensuring that the manufacturers of various global products or services provide basic protection to their labor forces. If a manufacturer follows these standards they are known as an “ethical manufacturer”. Because the authentication is transparent, and widely accepted by consumers and general public. For corporations, the acquisition of SA8000 authentication has become an important milestone to improve the workplace (SAI, 2006).

The criteria of the SA8000 are formulated in accordance with the ILO, the United Nations Convention on the Rights of Children, and the Universal Declaration of Human Rights. They include the following:

- (1) Child Labor
- (2) Forced Labor
- (3) Health and Safety
- (4) Freedom of Association and Right to Collect Bargaining
- (5) Discrimination
- (6) Discipline
- (7) Working Hours
- (8) Compensations
- (9) Management Systems

3.2 GRI

In 1997, the Commission of Environmental Responsible Economic Systems (CERES) and the Tellus Institute established the Global Reporting Initiative (GRI). Currently, the framework of sustainability reports provided by GRI is widely recognized as an important tool assisting organizations in improving analysis and decisions.

The sustainability reports produced on the basis of the GRI reporting framework disclose the achievement of the organizations based on their commitments, strategies and management guidelines during the report period. The reports can serve the following purpose:

- (1) To benchmark and evaluate the sustainability performance of the organization in the fields of laws, regulations, principles, performance standards and voluntary initiatives.
- (2) To demonstrate how the organization impacts the expectations from all parties on sustainable development and how the organization is impacted by these expectations.
- (3) To compare the long-term performance of the organization against the long-term performance of other organizations.

The report framework of the GRI is as follows:

Part I : Defining Report Content, Quality and Boundary

- (1) Guidance and Principles for Defining Report Content
- (2) Principle for Ensuring Report Quality
- (3) Guidance for Report Boundary Setting

Part II : Standard Disclosures

A. Strategy and Profile

- (1) Strategy and Analysis
- (2) Organizational Profile
- (3) Report Parameters
- (4) Governance, Commitments and Engagement
- (5) Management Approaches and Performance Indicators

B. Economic Concerns

C. Environmental Concerns

D. Social Concerns

- (1) Labor Practices and Decent Work
- (2) Human Rights
- (3) Society
- (4) Product Responsibility

3.3 ISO26000

According to the International Organization for Standardization, the completed version of the ISO26000 was officially released in October 30, 2010. The standard can be applied to any subject, not limited to the scale, type or location of the corporation. The contents are as follows: (Jia Guei Chen, Cyun Huei Huang et al., 2010)

- (1) To expose the concepts surrounding CSR, conditions and give precise definitions.
- (2) To expose the principles and practices regarding CSR.
- (3) To expose the core items and issues regarding CSR.
- (4) To incorporate, practice and promote the goals of CSR, by way of organizational policies and practices
- (5) To ensure relations with related parties
- (6) To expose the communications, commitments, performance measures and other related messages regarding CSR.

ISO26000 provides basic conceptions of CSR:

- (1) **Accountability:** Organizations should take responsibility for any impacted societies and environments, including the significant consequences caused by intentional or unintentional decisions and activities of the organization. They should do the same for the interested parties that are significantly impacted by the decisions and actions of the organization.
- (2) **Transparency:** Organizations should be transparent about their decisions and activities that may impact on others.

(3) Ethical behavior: Organizations should act with morality, including integrity, honesty and justice.

(4) Stakeholder: Organizations should respect and focus on the benefits of stakeholders.

(5) Rule of Law: Organizations should respect legal regulations.

(6) International norms: Organizations should respect related international norms that will contribute to the benefits of continuous development and social welfare.

(7) Human rights: Organizations should recognize the importance of human rights.

The formulation of the ISO26000 considers not only the corporate relations with society, environment, laws, cultures and politics but also the diversity of organizational policies as well as differences in economic conditions. As the ISO26000 conforms to regulations of international conduct, it is judged to be a set of reference standards for CSR that have been thoroughly considered in all aspects. However, the ISO26000 is not a management standard, nor is it a new standard especially established for corporations to obtain certification, contracts or supervision (Jia Guei Chen, Cyun Huei Huang et al., 2010). The ISO26000 is guidelines when corporations intend to engage in CSR.

3.4 TW Principles

The TW Principles provide a sample policy on management with integrity, based on the international CSR criteria for TWSE/GTSM-listed companies. They include the following:

(1) To stipulate the goals of the TW Principles to assist the listed companies in establishing a corporate culture of integrity and honesty.

(2) To stipulate company policies in regards to company rules and documentations which indicate integrity and honesty.

(3) To govern corporations in establishing precautionary measures to prevent dishonest behavior.

(4) To establish the rule that companies should avoid trading with other companies who are engaged in dishonest behavior.

(5) To stipulate the ban on bribery and offers or acceptance of inappropriate interest.

(6) To stipulate matters which directors, supervisors and managers should comply with.

(7) To stipulate that corporations should hold training sessions and promotions of CSR on a regular basis.

(8) To stipulate that corporations should intensify corporate executions of information disclosure related to integrity and honesty.

4. COmparison and Analysis of research results

Our research has made references to the literature of Sau Bin Lin, Yu Cheng Lee and Chia Yen Wu (2010), and selected the four constructs of environment, corporate governance, human rights and labor practices, and stakeholders. From the relevant literature collected, such as the SA8000, the GRI, the ISO26000 and the TW Principles, indicators related

4.1 Environment

This research has summarized the four indicators on the construct of environment. They are environmental management systems, environmental audit, environmental performance evaluation and the utility of energy as an on-going concern. From Table 1, it is noted that the GRI, the ISO26000 and the TW Principles all emphasize the importance of the indicators related to environmental criteria. The SA8000 is less concerned about this issue and does not contain environmental criteria.

Table 1. Environmental Analysis

Indicators	SA 8000	GRI	ISO26000	TW Principles
Environmental Management Systems		✓	✓	✓
Environmental Audit		✓	✓	✓
Environmental Performance Evaluation		✓	✓	
The Utility of Sustainable Energy		✓	✓	✓

4.2 Corporate Governance

There are five corporate governance indicators, resources allocation, compliance with regulations, information disclosure, concerns of the stakeholders and anticorruption. From Table 2, it can be seen that the ISO26000 and the TW Principles possess a comprehensive evaluation criteria on the structure of corporate governance. While the GRI contains a set of more regulated criteria on corporate governance, the SA8000 focuses only on the concerns of the stakeholders.

Table 2. Analysis for Corporate Governance

Indicators	SA8000	GRI	ISO26000	TW Principles
Fair Resource Allocation			✓	
Compliance with Regulations		✓	✓	✓
Information Disclosure		✓	✓	✓
Concern on Stakeholders	✓	✓	✓	✓
Anti-corruption		✓	✓	✓

4.3 Human Rights and Labor Practices

We observed that the SA8000 and the ISO26000 both place much emphasize on human rights and labor practices. Because the rules of the GRI and the TW Principles are not in as much detail, they lack the indicators of management systems and prevention of forced labor. However, these four criteria place much emphasis on human rights and labor practices.

Table 3. Analysis of Human Rights and Labor Practices

Indicators	SA8000	GRI	ISO26000	TW Principles
Basic Work Rights	✓	✓	✓	✓
Health and Safety at Work	✓	✓	✓	✓
Management Systems	✓		✓	
Discriminations and Minority Group	✓	✓	✓	✓
Labor Relations	✓	✓	✓	✓
Human Rights	✓	✓	✓	✓
Prevention of Forced Labor	✓		✓	

4.4 The Stakeholders

As can be seen in Table 4, the four types of evaluation criteria all emphasize the importance of stakeholders. There is very little difference between the GRI, the ISO26000 and the TW Principles. Only the SA8000 emphasizes the stakeholders related to suppliers and associations.

Table 4. Analysis of the Stakeholders

Indicators	SA8000	GRI	ISO26000	TW Principles
Employees	✓	✓	✓	✓
Community		✓	✓	✓
Governmental Agency		✓	✓	✓
Consumers		✓	✓	✓
Suppliers	✓			
Trade Union	✓			

5. Conclusion

By way of comparison and analysis, our research has found that the ISO26000 comprehensively emphasizes the environment, corporate governance, human rights and stakeholders. It also considers the diversity of organizational policy as well as the differences in economic conditions. It is the only one which takes all constructs of CSR into account. The SA8000 focuses on the issue of human rights and labor. It is a set of evaluation criteria developed to protect employees' safety, freedom and rights. The GRI focuses on environment, labor and stakeholders. It is especially detailed in the evaluation criteria of the environment but less engaged in the systematic framework of corporate governance. The TW Principles have made by referencing the mainstream international criteria in CSR. Although it has met the international standards, most of the contents are only principles without detailed rules for implementation. More contents need to be complemented to become the important standard and regulation of CSR among corporations in Taiwan in the future.

子計畫二：國內產業因應能源稅徵收之衝擊與對策

Abstract

Energy is an important resource for people to survive. That is because every financial activity relies on the energy to run and it is a kind of basic power to assist the public living. Accordingly, one hand is that the energy tax becomes a new issue, which influences the development of the entire society. On the other hand, the global shortage of fossil fuel excites the other kinds of replaceable energy technology developing. Though the new energy is developing, the cost of fossil fuel is unavoidable going up dramatically so that the energy tax probably becomes an impact to public and industry nowadays when the usage of energy exits in an uncertain stage. In the stage, it is necessary to provide a system to promote industries to use energy more efficiently and it is also the main objective of the energy tax.

In the research, there are two parts. About the energy tax, the first one are for the economic basis and law basis, which research the background of economic and law. The purpose is to understand the condition of nowadays and the basis in our country. The second one are for the enforcement and industry recommendation, which research high energy consumption industries and electrical system industries assisting the enforcement of energy tax. In the end, the research result provides a reference for the energy tax.

第一章 緒論

在本研究第一年度已針對能源稅的法律與經濟意義做出基本的評析，並且藉由國外立法與執行實例來對於我國未來制定能源稅做出建議。但是第一年的研究皆是以過去的研究與報告為基礎所完成，對於現實生活中的實際狀況不免有所偏頗，因此第二年度的研究將基於第一年度的研究，另外再加入實際的廠商案例分析，希望能夠讓本研究更加的完善且全方面。

第一節 研究背景

我國的能源稅草案截至目前為止共有數種不同的版本，其中立法委員陳明真等一百三十四人於 2006 年 5 月 10 日¹、王塗發等四十六人於 2006 年 12 月 27 日²、翁重鈞等三十二人於 2007 年 5 月 2 日³分別提出各自版本的「能源稅條例草案」，然而以上草案皆因為當屆委員任期屆滿未及時審議完成而未能完成立法。此外行政院亦在 2006 年提出能源稅條例草案，但該草案最後遭行政院退回而未完成立法程序。而 2012 年 2 月 24 日行政院院長陳冲表示將推動「溫室氣體減量法」及「能源稅法」完成立法，以加強國內之溫室氣體減量計畫，並提高能源使用效率，落實節能減碳的目標。另於 2012 年 4 月 10 日表示，由於能源稅制定較為複雜，因此在能源稅正式推行上路前，不反對先行隨油徵收汽燃費。目前我國朝野尚在研擬能源稅的詳細實施辦法，然而在之前所提出的草案當中，僅有立法委員田秋

¹立法院議案關係文書院總字第 1798 號，委員提案第 6919 號，委 221 頁以下。

²立法院議案關係文書院總字第 1798 號，委員提案第 7253 號，委 35 頁以下。

³立法院議案關係文書院總字第 1798 號，委員提案第 7446 號，委 41 頁以下。

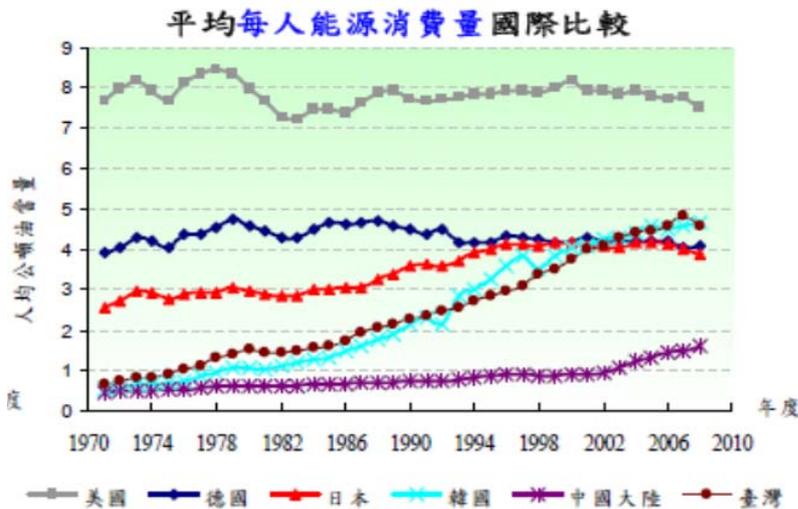
董等十八人在 2008 年 5 月 21 日所提出之「能源稅條例草案」⁴為唯一有效之草案，因此本文將會以此草案為主體評析，希望能夠作為目前立法時的參考。

第二節 能源稅之應課理由⁵

我國能源價格長期偏低，以及未正確將能源為害環境之外部成本來課徵能源相關稅費，除造成能源使用效率低落外，也導致更大污染與環境危害等外部成本之產生。如從經濟理論與實證研究方面分析，課徵能源稅可以產生「雙重紅利」效果(一方面透過綠色租稅改課徵改善環境品質，一方面藉此稅收抵減具有扭曲性的現有租稅，以增進整體之社會福利之正面效果)。此外如將徵收能源稅之收入，用於降低所得稅或增加其他的社會回饋，降低人民稅賦負擔如此可相對減少企業的勞動成本，進而降低社會失業率與人民可支配所得。

另一方面由於我國政府為求經濟成長故長期採低能源價格政策，使得我國能源使用效率較許多國家都低得多，並使得能源使用效率長期不良(如圖 1 所示)，相較於日本與德國我國平均每人能源消費量仍為偏高，此點未來尚有改善的空間，尤其對於像我國此類資源缺乏的國家來說更是如此。而且企業缺乏誘因往低耗能高附加價值之企業轉型，這有可能源於政府用於產業升級之投資不足。並且我國將應用於增進生產力之大量資金耗費於進口能源，這都已經明顯影響國家競爭力。然而合理之能源稅之稅賦手段，可以改變部分現有狀況。

圖 1 個人平均能源消費量之國際比較



Note From “Key world energy statistics2010” by International Energy Agency,
Key world energy statistics2010.

地球暖化現已嚴重威脅人類的生存環境，其中二氧化碳的排放即為造成地球暖化的主要原因，此論述已廣泛獲得科學界的支持。然而，台灣之二氧化碳排放量為全球第 18，以我國的綜合平均能力來說實已偏高，而運用稅賦手段來約束排放乃為最有效的二氧化碳減量

⁴立法院議案關係文書院總字第 1798 號，委員提案第 8140 號，委 39 頁以下。

⁵李憲佐、任少玫(2008)。能源稅是一帖經濟毒藥(上)，稅務旬刊 2049 期，頁 10；李憲佐、任少玫(2008)。能源稅是一帖經濟毒藥(下)，稅務旬刊 2050 期，頁 7-8。

手段，也因此目前世界各國皆對二氧化碳的排放定有相關的法規，像是近年來日益受矚目的碳稅徵收。並且藉由實施能源稅與碳稅之先進國家經驗顯示，開徵能源稅以及碳稅並不會影響企業競爭力。然而當實際課徵能源稅後，一併進行各項減稅措施及稅制改革將使企業降低生產成本，並且有餘力進行耗能產業結構，提高能源使用效率，增加附加價值，還可兼顧環保需求。

從油氣資源的稀有性以及其生產過程的複雜性，加上油氣煉製成本以及環保汙染等三個面相來看，能源稅的徵收有其必要性與合理性。故各方研究均贊成對能源相關稅制做出通盤檢討，並且予以整合實施。然而，歐洲國家實施能源稅時有完善的配套措施，包括降低所得稅、減免國民年金、雇主負擔保額保費、減免民生暖氣費用、天然氣車輛免稅等，政府稅收並未大幅增加，民眾之總稅賦負擔未明顯加重，而課徵能源稅，將使能源之使用受到節制，達到珍惜能源使用及環境保護之雙重目的。

因此對我國目前的能源使用與賦稅制度來說，為導正國內能源價格短期應合理反應生產成本，長期應將外部成本內部化之目標，推動開徵「能源稅」，可藉由對能源及其產品課徵一定程度的稅賦，將能源外部成本內部化，最終達成節約能源及促使廠商提高能源使用效益、兼顧環境保護與污染防治之目的，及使用者付費之公正原則。

最後反對徵收能源稅的看法中，主要即為能源稅的徵收會影響經濟發展、能源稅為累退稅等意見，在能源稅會影響經濟發展這點已可從許多研究與案例說明並非如此，另外能源稅為累退稅此點也可藉由社會福利制度來弭補此問題。綜上所述，課徵能源稅已經是各界均可認同的政策，現今理應注意的應該是在於課徵能源稅的配套政策與回饋機制規劃是否合宜，因此本研究希望藉由課徵能源稅實際影響最大的能源密集產業作為個案加以研究。

第三節 國外能源稅立法之特殊規定

在能源稅實行已久的許多國家中皆對於能源稅之課徵有特別的規定，其中主要是來自於能源密集產業。由於能源密集產業對於能源使用是較為龐大的，但是部分能源密集產業在工業體系內又扮演的非常吃重的角色，如果讓此產業依正常的能源稅規定來課徵稅賦，在實際上會對國家之工業發展有嚴重的影響，因此多半都對此種產業有些特殊的規定(如鋼鐵業)。因此在本章節之中本研究將各國對於能源密集型產業，在徵收能源稅時之特殊規定做出整理以做為參考。

1. 日本

日本因自身自產能源稀少，因此對於能源稅設計較為重視能源安全、經濟發展、環境永續性等 3E。另為鼓勵提升能源效率，並對效率能源設備投資訂有 7% 的投資成本扣抵與 30% 加速折舊提列辦法。1974 年開徵電源開發促進稅，此租稅再補助地方政府電廠的興建，並且鼓勵使用天然氣等乾淨能源來發電。日本也有對原油、石油、柴油、液化石油氣、煤、液化天然氣等能源原料課稅，然而石油及煤的稅收用途也限制再用於石油發展與儲備，以及節約能源與開發新能源方面，汽油及液化石油氣之稅收用於道路建設，航空燃油之稅收則用於支援機場建設。最後 2010 年 12 月日本為對抗全球暖化，增加燃料的稅率作為環境稅，石油與煤炭皆為課稅範圍。

2. 丹麥

丹麥於 1917 年就開始對原油課稅，1992 年為求環境生態的永續發展實施租稅改革而課徵能源稅與二氧化碳稅。丹麥實施的綠色稅制主要課稅類別有三種，分別為能源

稅、硫稅與二氧化碳稅，其中能源稅主要是按能源含量來徵收，其次是按能源用途的不同而徵收不同稅率。另外丹麥車輛登記稅幾乎為車價的三倍為全歐盟最高。然而丹麥的稅制除環境保護外野兼顧國際競爭力，因此稅收的用途主要用於：(一)調降勞動稅(二)補貼提升能源效率措施(三)特別補貼某些小型公司。此外 1996 年丹麥政府提出能源行動計畫，廢止能源相關減免措施，但對於特定的能源密集活動，或當能源稅的稅額超過其附加價值的某一個百分比之上時，廠商可以向政府申請簽訂自願減量協議書，以降低其所適用的二氧化碳稅稅率。

3. 韓國

近年韓國迅速發展其政府從重視能源供給安全擴展至環境保護，將環境與能源政策結合，其中包括能源節約與能源效率提升以及再生能源推廣。從 1997 年開始韓國石油價格完全自由化，並且對無鉛汽油課徵約為零售價 60% 的稅賦，另外柴油稅率約為零售價 50%，與許多歐洲國家相近，而且韓國之稅率甚較鄰近之日本稅率高。

4. 瑞典

瑞典為世界第一個推動綠色租稅改革之國家，並於 1988 年成立專責的綠色租稅委員會，且提出賦稅移轉的概念，主張租稅所負擔者理應移轉至污染者。經過研究後，在 1990 年代制定且開徵一系列的環境稅，其中包括對化石燃料、二氧化碳、二氧化硫、電力、肥料、電池等課稅。就能源稅之部分，為了促進能源之使用，及降低不必要之耗損，於 1991 年開始徵收二氧化碳稅，為國際中碳稅徵收的先驅。其在能源稅的徵收範圍及主體上做有差別對待，如對於能源密集產業給於能源稅退稅，且將其二氧化碳之稅率降至一般用途之四分之一。若為工業用途，則免徵能源稅，並且二氧化碳稅率只有一般用途的四分之一。只是如此之差別取稅之政策，造成工業部門的能源消耗大增，故其後對能源稅率再為調整，且對再生能源及風力發電給予補貼。

第四節 小結

需要對能源課稅已為不可阻擋之趨勢，但綜合本章節所述能源稅存在累退性以及對經濟成長的影響也是毋庸置疑的事實，因此集合各國的實行經驗與研究成果，在徵收能源稅時是需要搭配適當的條款與輔助，如此方可在徵收能源稅的同時不影響國家的經濟發展與社會公平。然而對我國來說在徵收能源稅時，最需要重視且改善的即為能源的使用效率，畢竟我國也如同日本為天然資源較為缺乏的海島型國家，能源使用效率是我們必須與予重視的要點。

因此能源稅在制定時，短期對於能源密集產業的減免；對於社會中低收入民眾的輔助等，都必須做出通盤的政策規劃與實行。在中期對於能源密集產業的產業升級；對社會各個階層的賦稅公平等，則為初期制定稅制時就必須對於稅收有針對性的稅款專用機制。在長期可以促進國內各個產業都能在能源使用方面都有所升級；對社會除了達到社會公平外，更讓節約能源以及讓能源使用更有效率的觀念都能夠深植在每個國民心中，如此方為課徵能源稅的目標，而非僅為國家為增加稅收的一種手段。

第二章 文獻探討

第一節 ISO 50001

在現今的世界中能源問題始終為重大問題之一，因此在世界中有著重要地位的國際標準組織(International Organization for Standardization, 簡稱 ISO), 便對於能源管理制定的一套標準，希望以此加強世界各個企業對於能源管理的重視。

ISO 50001 係為國際標準組織近年來為了國際能源問題，因而制定的國際能源管理標準，希望藉此標準讓全世界企業對於能源管理有所依循，也讓全世界可以此標準來衡量一個企業對於能源管理的投入程度，其目標分別有

- 1.協助企業能夠更有效率的使用現有之耗能設備。
- 2.建立企業能源管理的透明度，以及促進能源資源管理上的溝通。
- 3.建構能源管理的最佳化與加強現有的能源管理模式。
- 4.協助評估新型的節能技術與設施並且實際運用。
- 5.為企業供應鏈中的能源使用效率提升提供標準模式。
- 6.建構溫室氣體排放管理標準項目。
- 7.加強與其他組織共同建構環境、安全與健康管理系統。

ISO 50001 代表著的能源管理的世界標準，是以目前之全球標準以及各項節約能源使用之計畫為基礎而制定的，這項標準具體且明確的制定了有關能源管理標準之各項要求，讓企業能於企業發展的同時實行能源節約政策，並且藉由此管理標準找出企業中能源消耗較嚴重的部門或單位，其中更明確的制定了企業降低能源使用的目標。

ISO 50001 是在 2007 年 3 月由聯合國工業發展組織(United Nations Industrial Development Organization: UNIDO) 向國際標準組織(International Organization for Standardization: ISO)所提出的，希望能夠共同合作制定一套能源管理標準。也因近年來能源問題日愈嚴重，企業對於能源管理的重要性也隨之提高，因此國際標準組織自 2008 年起即開始積極規劃制訂國際化的能源管理標準也就是 ISO 50001，並且於 2011 年 1 月底發表了 ISO/FDIS 50001 國際標準最終草案版(Final Draft International Standard)。如同過去的 ISO 9000 與 ISO 14000 系列，ISO 50001 也是屬於自願性的國際管理標準，而在發表的同時也開始展開會員國的諮詢作業。ISO 50001 主要的管理標準在於工業設備與廠房、商業團體與政府機構和各式組織之間建立一個管理能源的系統，並且持續的進行維護以及改善個別之能源管理系統，並使組織能夠系統化的推動此系統，而達成組織之能源使用效率得以持續改善，估計此標準可能影響目前約 60%的全世界能源利用。

此外對企業而言⁶ISO 50001 結合企業管理工具連結能源管理與業務流程所產生的利益，將可符合全球客戶日益升高針對降低溫室氣體排放的要求。能源管理系統的驗證將可對組織提供一般性的協助以建立、執行或者改善能源管理系統。而全球性的運用能源管理標準將使有限的能源資源能夠獲得更有效率的使用，強化競爭力，並對氣候變遷產生正面的影響。驗證組織的能源管理系統，將可協助組織改進與提昇營運績效。

如果以鋼鐵業此類能源密集型產業的角度來看 ISO 50001 的管理標準在營運過程中的規範在於，原料的輸入如何更有效率且節能，在產品的製造過程中的能源使用效率，生產過程中所產生的廢熱運用，以及在整個生產作業流程中能源如何更有效率的使用。

⁶卓崧瑛、黃國泰(2011)。全球第一家獲得 ISO 50001 驗證製造廠房推動經驗分享；友達光電能源管理系統建置及 SGS 驗證之經驗。品質月刊，47(10)。

第二節 循環經濟

循環經濟是由 Boulding, K. E.(1966)於「即將到來的地球系統經濟學」一文中所提出的，其中指出人類、自然資源和科學技術與地球系統所應該有的新關係，從企業生產產品時之資源投入到產品生產與消費再到產品廢棄的全過程中，把傳統藉由資源消耗所達成的經濟成長，轉變為以自然生態的循環觀念來循環企業所需之資源的型態來發展經濟。循環經濟學，是在全球人口成長與資源短缺加上環境污染和生態變遷的嚴峻形勢下，人類得以重新認識自然生態圈，從尊重自然循環之中探索新的經濟規則的學說。然而，在循環經濟中認為必須導正並建立五種新觀念，

1.新的系統觀：循環主要是指在系統中之運動過程，循環經濟之系統是由人類和自然資源與科學技術等要素組成之系統。循環經濟代表著人類在從事生產和消費之時，不應該置身於此系統之外，而是將自己作為此系統中的一部份來規劃符合生態循環之經濟行為。

2.新的經濟觀：在傳統經濟學的各项要素中資本以及勞動力都會循環，然而僅有自然資源無法形成循環，因此循環經濟希望運用自然生態規律來規劃經濟活動。在規劃中不僅除了考量工程承載能力，同時還要考量生態承載能力。在此觀念中經濟活動超過自然承載能力之循環會導致惡性循環，甚至會造成生態系統退化。因此唯有在自然承載能力之內的經濟活動才能帶動良性循環，如此才能使自然生態系統平衡地發展。

3.新的價值觀：循環經濟在規劃經濟活動時不再有廢棄物的觀念，經濟活動下的副產品與殘留物也視為可利用的資源，藉由有效的運用副產品與殘留物來達成保持良性循環之生態系統。同時在思考並發展新技術時，不僅考慮其功能與使用效率，而且要充分考慮它是否能夠與自然生態系統共存並循環，使之成為有益於環境的技術。

4.新的生產觀：傳統經濟學的生產觀念是最大限度地開發並利用自然資源，最大限度地創造社會財富，企業也最大限度地獲取利潤。而在循環經濟的觀念中是必須考量自然生態系統的承載能力，盡可能地節約自然資源，提高自然資源的利用效率，有效率的循環使用資源。在此觀念的生產過程必須遵循 3R 原則，其中包括資源利用的減量化 (Reduce)原則，此係指在生產的投入端盡可能減少利用自然資源。其次為產品的再使用 (Reuse)原則，此係指盡可能延長產品的使用周期，並且可以在不同領域與場合中使用。最後為廢棄物的再循環(Recycle)原則，此係指最大限度地減少排放廢棄物，盡可能做到排放無害化與循環再利用。另外於生產中盡可能地利用可循環再生的資源替代不可再生資源，使生產可以成為自然生態循環的一部份。

5.新的消費觀：最後循環經濟希望打破傳統經濟學原則中，經濟是追求最大限度的生產與最大限度消費的說法，改以適度消費與層次消費的觀念替代之，同時在消費時即就考量廢棄物的資源化，建立循環生產和循環消費的觀念。最後希望通過稅收和政策等手段，限制以不可再生資源為原料的一次性產品的生產與消費。

第三節 企業社會責任

2001 年世界企業永續發展委員會(WBCSD)則對 CSR(企業社會責任)定義為，企業持續遵守道德與倫理規範，且對社會經濟發展做出貢獻等議題提出達成承諾之外，還需要進一步改善員工與其家庭環境，並且對企業所在地之當地社區與社會的生活品質負起責任。廣義而言企業除了要向股東負責外，也必須對利害關係人負責，其中又包括內部與外部的利害

關係人，內部關係人指與企業經營核心相關的利害關係人，其中包括內部的股東、董事會、經營者與員工等；外部關係人指的是消費者、供應商、通路商、合作廠商、競爭者、企業所在地之社區、利益團體等。

另外許多國際性的組織也對企業社會責任做出定義，其中包括了，

1. 聯合國全球契約：聯合國全球契約認為企業履行社會責任，應遵循「全球契約」之九項普遍原則。並強調企業社會責任的內容，希望國際上企業能與聯合國機構、勞工或民間社會團體聯合起來，共同支持人權、勞工權益與環境保護。

2. 世界經濟論壇：世界經濟論壇認為企業社會責任包括四個方面，

(1) 良好的公司治理和道德標準：其中包括遵守法律、道德準則、商業倫理等。

(2) 對人的責任：包括員工安全、平等就業、反對歧視等。

(3) 對環境的責任：包括保護環境品質，因應氣候變化和保護生物多樣性等。

(4) 對社會進步的貢獻：如參與社會公益事業、消除社會貧困等。

3. 歐洲聯盟：歐盟先後提出過四種企業社會責任之定義，其中最為廣泛應用的是 2001 年所提出的，指出企業社會責任是指企業在自願的基礎上，將企業對社會和環境的影響，一併整合到企業營運以及與利害關係人的互動過程之中。

4. 世界銀行：世界銀行認為企業社會責任是企業與關鍵利害關係人之間的關係，其中包含了價值觀、守法以及尊重人權、社區和環境有關的政策和實行的集合，是企業為改善利害關係人的生活品質而承諾永續經營發展。

綜上所述企業社會責任就是指，企業必須自發性的追求企業之合理利潤，同時也兼顧對環境以及所屬地區環境品質之維護與提升，盡力節約且充分回收並再利用各項資源，並且重視員工與其家庭的生活品質，最後必須本著取之於社會，用之於社會的公益精神來經營企業。簡單來說企業社會責任即企業不能將利潤完全私有化，成本完全社會化；在享受社會所給予之利潤的同時，也要負擔企業所應負之社會成本。

第三章 個案分析

在本章節之中主要將以能源密集型產業的鋼鐵業為主要的個案作為分析，並且會以國內重要的鋼鐵公司「中國鋼鐵公司」簡稱「中鋼」作為主要個案。另外由於資通科技的進步，未來在能源管理中資通科技可以幫助各個企業更有效的管理能源使用，因此本章節中會另外說明電訊服務業在未來能源管理中所能夠扮演的角色，在此會以國內之「中華電信」所研發的技術為主要個案。

第一節 中國鋼鐵公司

鋼鐵業是一種能源密集型產業，其濕法冶金過程必須使用大量的碳及能源消耗，故產能對於能源倚賴的比重關係相當密切。鋼鐵業的耗能項目中，耗能比重尤以高爐及電爐等的還原製程佔能源消耗量的最大宗，儘管生產線針對用電量、天然氣消耗或碳排放等方向提出許多節約能源管理措施，但終究無法改變還原鋼鐵過程所需要的大量能源消耗。

以中鋼為例，根據 2006 年世界鋼鐵協會發佈全球鋼鐵廠排名，中鋼當時的粗鋼產能雖然排名全球第 25 位，但獲利能力高居世界首位，平均每噸粗鋼鋼胚能源消耗量約 5391 百萬卡，而在 2010 年世界鋼鐵動態排名中，中鋼躍居全球第 17 名，平均能源消耗量提升至 5672 百萬卡。

台灣區鋼鐵工業同業公會資訊中心曾經公布 2003 至 2008 年間台灣粗胚產量統計資料，僅以台灣的一貫煉鋼廠在五年間平均年生產量約 1054 萬噸為基準，如果依照中鋼每噸粗胚能源消耗量作假設，則估算下將不難發現台灣鋼鐵業每年需要消耗的能源極為龐大，但此數值尚不包含台灣其它以電弧爐為煉鋼設備的鋼鐵廠。因此，基於未來鋼鐵業景氣依舊持續蓬勃發展的前提下，考慮「能源」是經濟發展的必要動力，如果不願意發生自有能源不足而使得整體產業供應鏈受阻礙的情況，政府必須盡早針對鋼鐵產業提出相關能源對策，除了以經濟及環境永續發展作為目標之外，另一個關鍵因素則是台灣大部份能源都是仰賴進口，企業必須有計畫地提升能源使用效率。

一、產業現狀

中鋼是國內第一家一貫作業煉鋼廠，從 1978 年設立「能源節省委員會」開始積極追求節能環保，每年定期召開能源節省會議檢討廠區內能源使用狀況，目標是逐漸擺脫對於石化燃料的過度倚賴，因為冶金過程無可避免需要消耗大量的碳來產生能源，但能源密集型產業結合環保資源議題及社會永續發展是世界趨勢，因此，在京都議定書生效後，如何研發脫碳煉鋼製程及如何更有效率地使用每一單位碳能源即是中鋼在 2011 年進一步成立「能源環境事務推動辦公室」的主因⁷。每年為了具體掌握能源使用情況，生產線上每單位粗鋼能源消耗量一直是中鋼觀察廠內能源運作的重要指標，查 1979 年廠內節能減碳數據顯示每公噸粗鋼能源消耗量約 6770 百萬卡⁸，至去年已經大幅降至 5672 百萬卡。

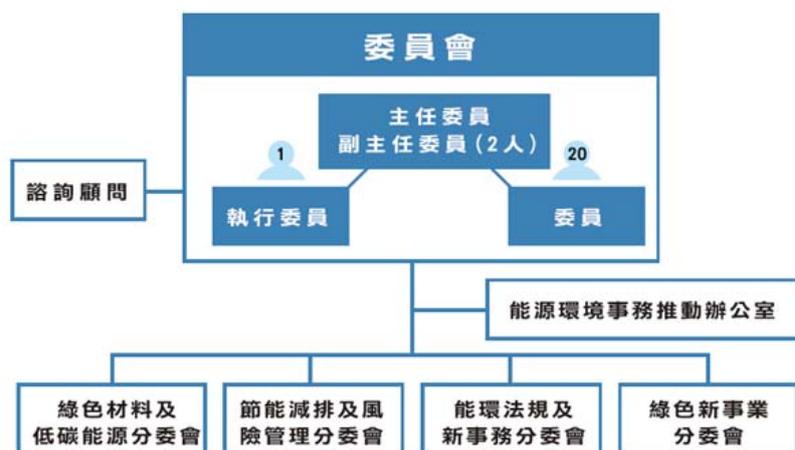
中鋼的最主要能源是碳，也是節能管理制度的標的對象之一，由於能源成本占生產總成本的百分之二十至三十，營運績效常常決定於節能成果是否能夠穩定能源供應，如果越能降低能源在生產成本上的比重，即越能夠增加競爭優勢。因此，為了使碳的使用發揮最大功效，中鋼廠區內建置有一系列汽電共生等動力工廠措施，目的是妥善利用煉鋼過程中產生之焦爐氣及廢熱等副生能源並兼顧環保與產品品質，目前廠區內自發電比例可以達到 56%，估計每年可以幫助中鋼減少大約五十多億元新台幣的電費支出。中鋼也在 2010 年企業社會責任報告書中⁹，統計數據指出每噸鋼胚能源成本從 30.3 元降至 26.3 元，估算後每噸能源成本較前一年足足節省 13%，能源管理成果堪稱傑出。

圖 2 能源與環境事務推動辦公室組織架構

⁷張西龍(2011)。後哥本哈根時代的能源管理。ABB 台灣客戶雜誌。2011(2)。

⁸葉肇樞(2008)。中鋼公司節能減碳之管理與作法，海峽兩岸碳資產管理與發展論壇，中技社，2008 年 9 月。

⁹中國鋼鐵公司(2010)。中國鋼鐵公司企業社會責任報告書 2010 年。高雄市：中國鋼鐵公司。



Note From “2010 中鋼企業社會責任報告書” by 中鋼公司

目前，能源與環境事務推動辦公室持續協助政府制定合理有效法規與能源稅制，積極蒐集歐美日先進國家完整的稅制資訊供政府相關部門參考，包括歐洲針對產業界溫室氣體的核配資料及 OECD 組織對各國能源價格的統計等等，藉由企業與政府彼此相互溝通並適時調整法規政策，台灣整體產業在經濟及環境上才能達成平衡。

二、能源與環境事務推動辦公室

民國 67 年，中鋼開始重視節能服務，為了配合政府部門的能源計畫，始成立能源節省委員會，實際進行廠內節能規劃及提出改善建議，除了統籌全公司能源管理策略外，委員會也訂定中長期能源方針與目標，每半年定期檢討能源使用情形，初期策略分別為有關廢熱回收與製程節能等的廠內節能計畫以及區域能源整合等廠外節能計畫共同進行。

近幾年在能源環境領域，由於世界各國對於經濟永續發展及環境暖化等議題日趨重視，為了順應這股國際趨勢，2005 年逐漸將環境管理系統與安全衛生系統合而為一並且在 2011 年 3 月進一步成立能源與環境事務推動辦公室，目的是協助廠內更有效率地整合整體能源管理制度，在圖一的組織架構下再設立四個分委會分別針對(1)綠色材料及低碳能源、(2)節能減排及風險管理、(3)能環法規及新事務及(4)綠色新事業等重點目標持續改善。

三、目前能源政策

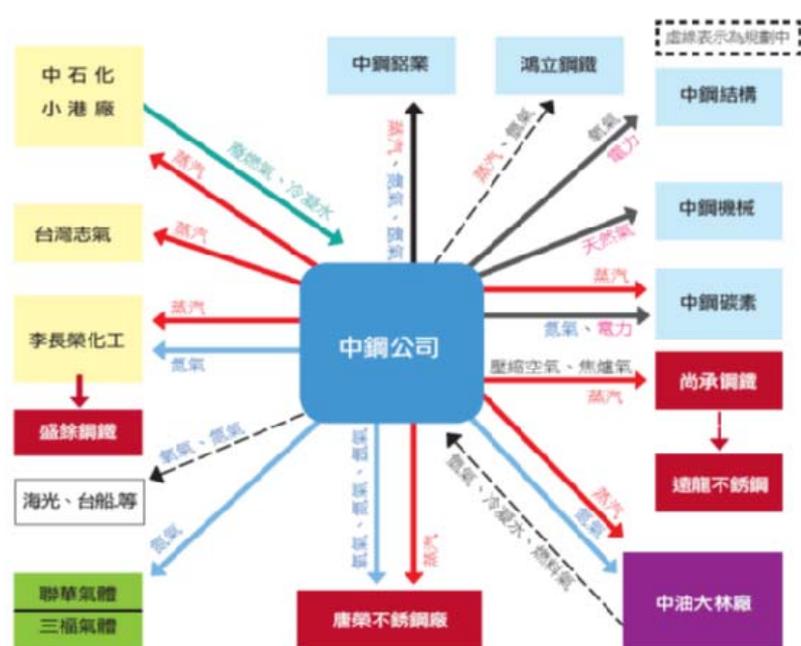
依照目前能源稅條例草案，初期課稅範圍當中煤炭的稅率相較於石油等液態能源稅率為低，但目前中鋼廠區內仍有部份設施必須仰賴外購電力、汽柴油及天然氣等直接能源，其中外購電力占整體約 8.38%，汽柴油 0.21%及天然氣 0.78%，能源稅依照油煤氣的衝擊順序，估計初期影響不大，但是爾後如果立法院決定能源稅整合碳稅課徵，基於碳稅是依照能源「碳含量」作課徵標準，由於煤炭的碳排放系數較高而且每年佔據中鋼能源消耗結構大約 75%，此將成為最嚴重衝擊中鋼的關鍵。因此，中鋼正在努力發展其他替代能源擺脫對煤炭能源的倚賴並且開始利用區域能源整合網絡換取外部碳權進行中和。

為了減輕能源稅未來可能對中鋼造成的影響，能源環境事務推動辦公室開始規劃一系列具體措施，其中，擴大區域能源整合政策及大量開發應用再生能源是中鋼對應能源稅制最具代表性兩大政策。

四、區域能源整合策略

區域能源整合計畫起始於民國 82 年大高雄地區發生枯旱危機，當時石化工業產能出現難題，中鋼公司巧妙地結合石化工廠及鋼鐵廠在能源使用上互補的特性，利用臨海工業區內各工廠之間彼此緊鄰密集的關係，開始建構管線連結至李長榮化工及中石化等鄰近企業，將廠區內可茲利用的廢熱及蒸氣等副生能源藉由管狀網絡傳輸至石化廠再利用，該網絡成功解決了臨海工業區內石化企業產能的難題，充分發揮了能源使用效率。現在，由於國際油價居高不下，為了兼具成本經濟及節能環保的目的，越來越多企業不願意再購買費用昂貴的鍋爐設施及高污染的重油燃料，紛紛主動加入中鋼區域能源整合網絡(圖 3)，99 年度中鋼藉由整合網絡外售的蒸汽收入甚至高達 23 億元，所以，區域能源整合策略在提高整體能源效率方面是最具典範者。

圖 3 中鋼區域能源整合網絡

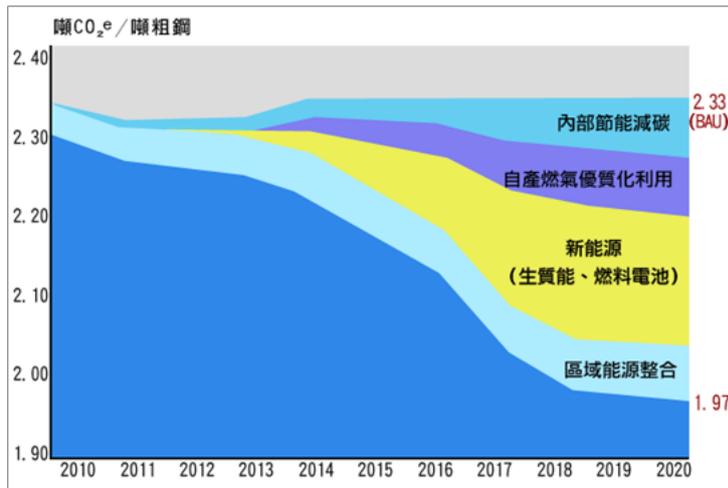


Note From “2010 中鋼企業社會責任報告書” by 中鋼公司

五、開發再生能源策略

中鋼目前正在進行一項大型碳排放減量計畫(圖 4)，目標至 2020 年以前每單位粗鋼排碳量要降低至 1.97 噸為目標，比 2010 年的 2.3 噸再進一步降低 15%，具體達成措施是逐步導入生質能及優化利用自產燃氣等方式來減少對煤炭使用量，預期新低碳能源的使用比重將會從 2012 年開始逐步增加，過程中如果有落差將研究如何外購碳權補足或利用區域能源整合政策取得外部減碳額度。

圖 4 中鋼節能與溫室氣體減量路徑圖



Note From “2010 中鋼企業社會責任報告書” by 中鋼公司

六、汽電動力工廠

為了更進一步提升能源使用效率¹⁰中鋼曾經耗資金額約 130 億元建立的大型動力工廠，目的是藉由汽電共生系統提升能源生產力滿足自身電力需求，當台電供電中斷時也能保有基本重要設施運作之電力維持產能，查每年平均能夠使中鋼減少約 50 億元電費支出，對於降低企業能源成本發揮非常大實質性幫助，其中關鍵在於中鋼公司積極在熱能管理方面發展許多廢熱回收技術，目前已經完成高爐氣頂壓回收發電、熱風爐排氣廢熱回收及加熱爐排氣廢熱回收等措施，大量減少能源損失並將焦爐氣、高爐氣及轉爐氣等副生能源妥善回收再利用，使副生能源的使用效率因此大大提升。

另一方面，汽電動力工廠也能夠整合臨海工業區域能源使用效率，以中鋼作為核心向外發展一套完整能源供應網，更有效地將熱能及廢氣充分供應給鄰近廠區利用，使共生系統中產生的蒸汽、氧氣及氮氣等能源藉由網絡送出，例如 98 年完工的中油大林廠，該輸氣管平均蒸氣供應量達到每小時 120 噸以上。未來汽電動力工廠的自產電力，倘若能夠再配合電業法修正及電業自由化，其電力區域性供需整合亦可能列為中鋼在能源稅制對策下發展的再生能源商機之一，仰賴多年來在既有節能減碳的基礎上，積極發展更多的綠色事業，充份發揮整體能源使用效率，估算未來商機回饋將以倍數成長，其經濟效益必將不容小覷。

第二節 中華電信

能源管理的範疇與領域是非常廣泛的，即便是一家企業其中對於能源管理的問題可能就橫跨了數個不同領域的知識，因此在能源管理中導入電子科技技術也是勢所難免的。然而，我國電訊服務業的代表性企業「中華電信」也於近年來積極發展關於雲端科技輔助能源管理的系統，希望能夠在其本身的通訊以及網路服務的基礎上，開發出可以幫助企業管理能源使用的雲端管理系統。

¹⁰蕭輝煌(2008)。中鋼能源管理及節約能源經驗談。新竹市：工業技術研究院能源與環境研究所。

中華電信由於過去是屬於國營事業，因此在早年除了給人濃厚的官僚氣息之外，還讓民眾有坐擁大眾、侵食百姓此等不佳之社會觀感。但是自從中華電信走向民營化之後，中華電信在數年間藉由自身的努力，逐步地將社會中之不佳觀感逐步消弭。

然而在中華電信近年所推動的雲端管理是指利用雲端運算(Cloud Computing)的技術，將各式感測器(Sensor)所獲得的資訊，並在網路端即進行整理運算，並將有效資訊即時供與使用者檢視，以作為使用者進行節能管理的參考依據。在其中最具代表性的即為中華電信所大力推行的 iEN 智慧節能系統，這項系統提供企業在八大領域(電力管理、給排水管理、太陽光電、節水、照明、環境監控、熱泵及鍋爐、空調管理)之用電設備管理以及八大系統(即時監控、需量控制、程序控制、排程管理、告警通報、電費模擬分析、系統管理、統計分析與報表)功能，除確保設備運轉品質外，並且提供企業全面性節能技術服務，希望能夠讓此系統用戶可達到最佳化能源管理環境，並再更有效率的提升系統設備運作與降低企業營運成本。

iEN 為智慧節能網路的英文縮寫，這項系統除上述之八大領域以及八大系統外，主要是提供建築物空調及各項耗能設施機器運行狀態監控管理、異常告警、設備節能自動控制服務。iEN 智慧環境服務系統可以於各個建築中的空調系統(如：冷氣主機、預冷空調箱、空調箱、送風機、水塔、幫浦)、及櫃式空調、窗型及分體式空調等安裝電腦監控裝置，並於空調環境中安裝各式環境感測器(Sensor)來對於環境中之溫度、濕度、二氧化碳、人體移動等做判讀，藉由感測器(Sensor)收集空調設備的運行及環境狀態數據，通過電訊網路傳送到 iEN 維運管理平臺，空調管理人員便可上網進行設備控制的設定，讓空調系統在使用上更具效率。因此管理者只需通過 iEN 智慧環境服務網即可實現遠端上監控、管理耗能設施，並根據監控數據可對耗能系統進行診斷與評估，這些資訊能為維護人員提供維護參考依據。因此，iEN 智慧節能服務不僅提供大型建築能源使用效率，同時也大大降低了設備長期維修保養經費和折舊損失。

中華電信的 iEN 智慧節能系統也為其帶來新的商業模式，中華電信目前已在海外設立 40 個服務台灣跨國企業，也已與全球最大的固網業者「中國電信」合作，計畫以 iEN 智慧節能系統進軍大陸市場。由此可以看到電訊服務業以自身所具備的技術與資源，開發出能夠幫助各個企業加強節能管理的服務，有可能已經是未來電訊服務業所必須努力的方向，這同時也呼應了能源問題日愈嚴重的國際現況。

第四章 立法建議

第一節 國外實例

徵收能源稅必須有其互相搭配之社會輔助的措施，這是由於能源稅由過往實施看來是帶有累退性的稅賦，以荷蘭為例說明，將全國 650 萬家戶依所得高低十等分位，如加倍徵收能源稅 34 億荷幣(DFL)，將降低所得最低等位家戶 1.9%之可支配所得，而減少最高所得家戶 0.9%之可支配所得。另外，瑞典之綠色稅制委員會(1997)亦發表對於碳稅加倍課徵之所得分配效果，如將全國人口依所得高低五等分，最低所得者須相當於其消費支出 1.24%之補貼，始能維持其原有之消費水準；而最高所得者則僅需 0.78 之補貼。Poterba(1989)對美國所作之一篇研究估算出，每噸 100 美元之碳稅占最低所得階層之所得 10%，而最高所得階層僅 1.5%；若以家庭支出計算，最低所得家庭額外付出占家庭支出 3.7%之稅負，而最

高所得家庭則為 2.3%。由上述實例可發現能源稅的累退性使得能源稅對於較低收入的人民來說會造成較重的負擔，因此在施行能源稅的同時必定要輔以社會輔助方可達到社會公平。

另外在能源稅實行已久的許多國家中皆對於能源稅之課徵有特別的規定，其中主要是來自於能源密集產業。由於能源密集產業對於能源使用是較為龐大的，但是部分能源密集產業在工業體系內又扮演的非常吃重的角色，如果讓此產業依正常的能源稅規定來課徵稅賦，在實際上會對國家之工業發展有嚴重的影響，因此多半都對此種產業有些特殊的規定或是予與免稅。

德國向來自視為氣候保護的先鋒，同時也是國際知名的工業先進國家。然而德國在京都議定書中被要求在 2008 至 2012 年間 CO₂ 之排放須減少至較 1990 年少 21%。爾後 2020 年德國將較歐洲再更進一步減少 10% 排放，亦即達到 1990 年京都議定書基準年減少 40% 的目標。但如此的目標對於能源密集產業眾多的德國來說也是很大的負擔，因此德國積極推展汽電共生(combined heat power) 技術，如此可望將能源使用效率提高至 90%，並打算在 2020 年將汽電共生設施之供電量，提高至總生產電量之 25% 約兩倍於目前的標準。另外更重要的是德國認為，提高能源效率才是最佳的能源來源。歐盟目標於 2020 年提高 20% 之能源使用效率，如此將能夠減少歐洲每年約 1000 億歐元的能源花費。

第二節 國內廠商期許

Green Tax 觀念從北歐開始席捲全球，北歐經濟發展沒有因此陷入困難，反而展現出更高的能源使用效率，如果審慎推究其原因必定有值得台灣借鏡及參酌的地方，換言之，如果北歐當時沒有完善配套，經濟發展與環境保護兩者將很難調和共存。因此，政府在思考環境與經濟永續發展的政策之下，一方面除了積極籌畫能源稅制之外，另一方面也不能忽略應當有維持國內產業在國際間公平競爭的責任，避免造成所有關聯產業在經濟成本上喪失了競爭優勢而出走他國。目前徵收能源稅與碳稅的許多國家當中，為了避免能源密集的基礎產業遭受過大的能源衝擊，該國政府都有陸續推出一系列減免稅賦的配套措施，目的即是保護國內企業不至於在國際經貿日趨發達的大環境中因為徵收能源稅而失去了競爭機會，所以在美國及澳洲等國家，各鋼鐵產業都非常願意配合政府來達成目標。

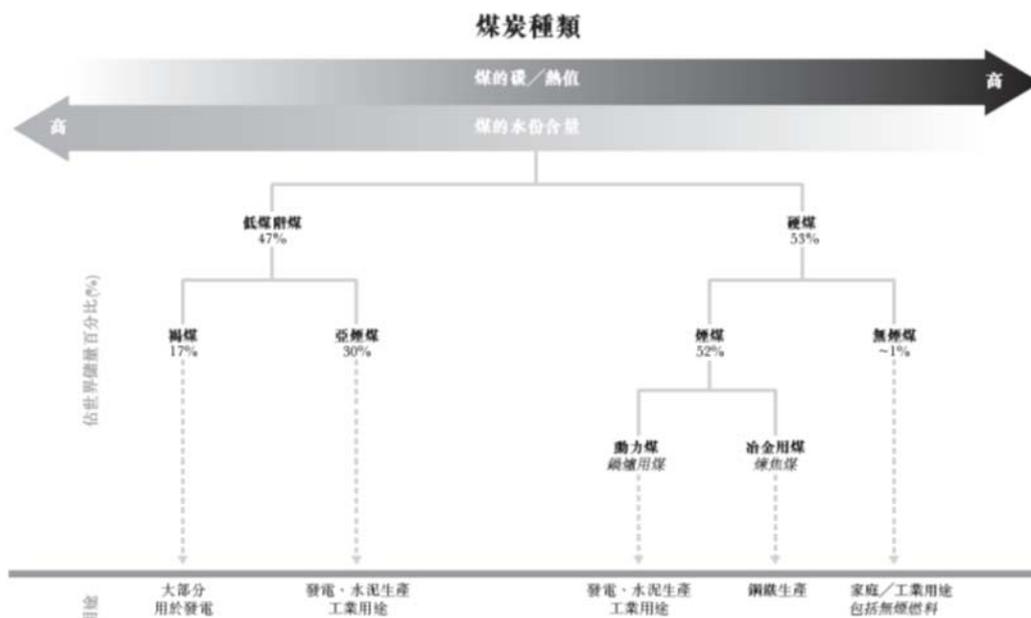
在眾多配套措施之中，由於能源稅課徵標的主要是以「產品是否作為能源使用」為判斷基準，再依據不同產品而有不同的稅率，所以各項產品作為課徵能源稅的種類及名詞必須優先界定清楚，而稅額的課徵方式世界各國都大不相同，政府應該優先參考日本、韓國及中國等鄰近國家。再者，如果台灣的企業紛紛願意投入開發新能源或使用昂貴生質能源，政府也應該比照美國、澳洲及歐盟等國家給予稅賦或價格方面補貼的優惠，適當地鼓勵企業利用漸進模式擺脫對於高污染能源的倚賴。

1. 冶金煤、燃料煤及焦炭

所有的煤碳都是一種漫長地質演變過程產生的化石燃料，而且通常碳含量較高者，其煤碳的每單位發熱值也會較高，但是煤田在不同的地質因素及變質作用之下，具有相同碳含量的煤碳可能也會有不同的化學組成及結構，此將使得煤碳進一步被分作許多個不同種類，例如同樣屬於煙煤階級的動力用煤及冶金用煤，兩者在採購成本及商業用途就有明顯差異(圖 5)。再者，早期台灣地區由於煤層開採成本逐漸變高，於民國 60 年以後幾乎不再生產煤碳，現在煤碳都是由中國大陸、印尼及澳洲等國家進口，而台灣

進口煤碳最大宗是台灣電力公司，主要供應火力發電廠作為動力能源使用，設施及規模遠超過中鋼廠區內的自發電力系統。

圖 5 煤碳種類



資料來源：世界煤炭協會：煤炭資源（2005年）

Note From 煤炭資源(2005) by 世界煤炭協會

政府預計將煤碳納入能源稅課徵標的之內，應該優先考慮避免衝擊台灣鋼鐵業的整體競爭力，除了避免各項目課徵能源稅的稅額超過亞洲鄰近國家之外，尤其是冶煉原料用的冶金煤及焦炭應該納入免稅項目。¹¹以韓國及日本為例，雖然有針對各項產品徵收能源稅及環境稅，但對於鋼鐵用冶金煤及焦炭卻是完全免稅，而歐盟也同樣地對於冶煉原料及化學還原用的能源不課徵能源稅，其中多數國家在推動能源稅徵收制度時，對願意配合政府減碳的企業都有提出許多退稅及減免稅的補貼辦法。

冶金煤是鋼鐵業重要原料，每年台灣進口的煤碳種類當中，冶金煤幾乎都是供應予一貫煉鋼廠使用，因為冶金煤經過高溫燒結後即成為焦炭，而焦炭是高爐用於還原生鐵並吹入氧氣藉以轉化成為鋼品的主要原料。另外，冶金煤也是多種民生必需品不可或缺的重要原料之一，¹²其燃燒後產生的煤灰組成物除了粒徑特殊以外，在化學及物理性質上相當優異，所以在工程材料方面應用普遍，舉凡化學製品、道路工程、紙類、水泥及金屬等產品都需要仰賴冶金煤作為添加物，因此，冶金煤在許多國家都被視為工業用重要原料而予以免稅。

在煤碳每單位發熱量方面，雖然燃料煤與冶金煤同樣屬於煙煤階級，但兩者種類及功用完全不同，如果以化學組成來說明，燃料煤的含硫成份及灰分含量普遍較高，其它可供作

¹¹劉國忠（2009）。能源稅資料蒐集分析與建議。98年度秋季環境與能源研討會-兩岸低碳經濟與社會發展，中華經濟研究院。

¹²張育成、吳國光、焦鴻文(2010)，餘爐中的資源-煤灰。能源報導，2010年2月，頁14。

化學反應的雜質元素也不相同。與冶金煤相比，燃料煤在化學組成上完全無法作為高爐的冶金還原劑，¹³因為冶金用焦炭的特性嚴重受到原料煤碳的種類及成份的影響，如果使用燃料煤作為焦炭，則高爐內的化學反應將非常不穩定，甚至會影響銑鐵產品的化學組成及機械性質，此將會威脅所有使用鋼鐵產品的重大建設及公共安全，所以在濕法冶金學上焦炭品質是否優劣與煤碳種類密不可分，此是一貫煉鋼廠不可以草率選擇煤碳種類的理由。

再者，相較於使用其它石化燃料，鐵礦的熔煉過程必須維持在 1500°C 以上的高溫才能夠進行，而焦炭是唯一最有益處的冶金還原劑，它能夠使鐵礦石中的三種主要氧化物 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 及 FeO 穩定地還原成為銑鐵 Fe ，如果用固體碳的所有直接與間接氧化還原反應來說明，則高爐內部燃燒焦炭所產生的複雜化學反應依序如下所示。



相反地，燃燒燃料煤的化學反應式 $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 94.3\text{kcal}$ 熱能，目的單純是產生最大效率的熱能來推動鍋爐發電，故過程要維持氧氣壓力的正常供應並盡量避免發生逆反應及不完全燃燒等現象，碳的熱功作用才能夠發揮最大，結果除了排放大量 CO_2 以外，幾乎沒有其它副產物產生。

第三節 小結

由於熱能是推動鍋爐的必要動力，舉凡重油或天然氣等其它能源也可以取代燃料煤作為動力來源，因此，中鋼積極推動的區域能源整合計畫及汽電共生系統目的就是妥善運用高爐產生的廢熱及 CO 等可再利用的副生能源，使鄰近石化廠不需重複消耗石化燃料也能夠獲得穩定能源供應。目前，中鋼的汽電共生系統核心鍋爐共有 11 座，同時推動鍋爐運轉的資源有混合氣、焦爐氣、燃料煤及低硫燃料油等等，其中燃料煤主要提供給 #6、#7 及 #8 三

¹³陳家祥(2004)編撰。鋼鐵冶金學。北京市：冶金工業出版社。

座鍋爐，但是汽電共生系統持續努力地使用最低限量的燃料煤來發揮整合區域能源的最大效率

另外綜合中國鋼鐵公司以及其他相關文獻後，本研究就未來能源稅制定提出下列五項建議：

- 1.區域能源整合案例廠商之能源管理模式，以及國外產業共生系統的組成架構，可以讓國內類似廠商做為最初設廠規劃之參考。
- 2.在做異質廠商資源整合時，可以先從各個廠商在生產商品時所產生的廢料或是副產品，是否可以作為其他廠商的生產資源或原料為經營策略之考量始點。
- 3.國內政府在正式課徵能源稅之後，可以規劃其稅收的一部份作為推動國內生態工業園區或產業共生系統的輔導經費，並且此經費必須以專款專用的形式來規劃，以確保此經費能夠長期輔助國內企業的生態化。
- 4.承3在規劃能源稅課稅主體時，尚可考慮將進行環境管理以及資源再利用管理經營狀況良好的廠商，列為可以使用優惠稅率的對象，以鼓勵更多廠商從事進行環境以及資源再利用的管理。
- 5.在進行生態工業園區的同時，也積極與當地區民進行交流且對當地經濟活動提供實質的幫助，加深企業社會責任的落實，並且提升企業於企業所在地當地區民的觀感與認同感。

第五章 結論

第一節 立法面向

基於本研究所收集研討的文獻，加上他國的稅制經驗，以及經過國內專家學者的研究與建議，將能源稅立法重點彙整可得

- 1.未來能源稅制定上首先必須將目前稅制中，許多不同名目與適用範圍的稅費統一整併。由於我國現行的法令中與能源稅相關的稅目，散落在許多條例與特別規定之中，如要推行能源稅此問題必須優先考量。
- 2.將課稅主體做分類，像是國外常見的分為消耗性的石化能源，以及各項能源使用時，其所排放的二氧化碳兩項主體來課稅。此種分類也就是一般所說能源稅與碳稅的分別，除此兩類以外也可以考慮將核能，此種有公共安全與廢棄物安全疑慮的特殊主體作為獨立的課稅主體。
- 3.藉由能源稅的實施對現有稅制重新做一檢視，承第一點所述目前我國除以上問題外，尚有些稅制已不符合目前狀況，也可以趁這機會對我國稅法做一整理，將一些對現今已經沒有意義的稅制或是過重的稅制做一改善，期待能簡化現有之稅制稅政。
- 4.能源稅所徵收的款項須有一定比例用於投資環境改善或技術改進，另外也建議挪用一定比例用於社會救助，以及補貼大眾運輸的建設投資。因為能源稅本質上就是將外部成本內部化，因此將其稅收回饋於社會才是課徵能源稅的本意。
- 5.對國內工業部門需要有妥善的配套措施，對國家整體來說因為能源稅的課徵，導致經濟發展受阻也是不願樂見的。然而能源稅的課徵對其產業影響較大的，還是屬於能源使用量較大的工業部門。對國家發展來說經濟發展與環境保護是相等重要的，必須對此審慎考量。

6.承第5點所述，對工業部門的配套措施可以以國外案例來做為參考，如冶金用煤及焦炭免稅。在日韓及歐美為穩定其國內工業發展與競爭力，他們還是會對特定產業的特殊使用上給予免稅的優惠。因此我國在對能源稅立法時也必須與徵詢專家意見，對工業上一些不可避免的用料，需要有一些特別的配套規定。

7.獎勵企業技術研發，地球的生態環境日益惡化，也有許多企業對自身期許要求甚高，非常積極投入技術或是製程改良，希望能夠更加節能或是降低汙染，而對於此種企業也必須要正面的鼓勵，因此也讓此種優良企業給予部分的優惠條件。

第二節 產業轉型策略

在國內政策以及外在環境的衝擊之下，國內許多的企業都在思索自身未來對於能源使用的方針。其中在實際中已有執行實例的方案如國內外皆有實例的區域能源整合計畫，或是類似中華電信的iEN節能系統等，都是各個企業面臨能源與環保問題，以及基本國家稅賦的影響推動之下逐步發展出來的，這些在未來都有可能成為各個企業對於能源管理的重要核心。然而，對於課徵能源稅最首當其衝的產業，勢必就是能源使用量龐大的能源密集產業。因此，對於像鋼鐵業此類的能源密集型產業，如要將衝擊與影響降至最小，目前最有效且有效率的對策則為「區域能源整合」，此類生態工業園區概念的整合計畫。因為在目前此種整合計畫是能夠最有效從投入到產出兩面向，皆能有效提高能源使用效率以及減少能源投入的方案。因此本研究以生態工業園區觀念為基礎，針對能源密集型產業對於能源稅徵收後，所可能執行的三項轉型策略以供參考。

1.由於能源密集產業皆屬於大規模產業，因此對於區域異業之能源整合方式較為複雜，因此廠商之能源管理模式可參考國外產業共生系統的組成架構。我國主管單位也可以此為基礎做出整合資料庫，將各個案例讓國內類似廠商做為最初設廠規劃之參考。

2.在做異業廠商之資源整合時，可以先從各個廠商在生產商品時所產生的廢料或是副產品，是否可以作為其他廠商的生產資源或原料為考量始點。

3.在進行異業整合時積極結合彼此的專業技術，找出新技術來節約能源與資源共享，並且可以以彼此所開發的技術再次投入市場讓自身企業有不同的層面的技術，讓企業的獲利來源更為廣泛。

第三節 總結

能源稅徵收的「學習效果」包括產業以及政府兩部分，對產業來說藉由能源稅徵收的外在因素條件之下，對自身技術與管理能力可預期會有相當程度的進步與調整，來維持其產業的國際競爭力。對政府而言，可藉由國外實施案例來對我國法令制度做出修正，並因地制宜的規劃適合我國的法制，也可讓我國稅法的制定以及公平性上有一定程度的提升。

鋼鐵業是一種高耗能產業，也是國家重要建設的經濟命脈，如何兼顧環境保護及經濟永續發展實乃鋼鐵等重工業必須積極掌控的平衡點，而中鋼強調與社會共榮，精進於節能環保及生產製程的理念，可以作為國內其它家鋼鐵業的表率，其中，最能夠被企業借鏡學習的是-能源環境促進委員會的成立，該組織下的環境堆動事務辦公室是系統性地規劃整合中鋼及中鋼集團在能源環境事務的執行能力，因為該辦公室不僅從國內外能源法規著手研究最適當的管理辦法，也從生產線中最基本的用電量作定期的稽核作業，以持續改善的精神來協助推動相關工作，未來如果能夠將其管理架構有效地推廣至其它製造業實施，則能源稅的立法宗旨將受到企業界更高的重視。

現今國際中各個團體對於能源問題日愈重視，類似德國主張的提高能源效率才是最好的能源來源，此種觀念在國際中也逐漸成為主流，加上各大工業先進國家也紛紛開始進行汽電共生此類循環經濟概念之發電系統，希望藉由此種低污染發電效率高的發電系統，可以由源頭就供給高效率的能源。徵收能源稅更可以促使廠商開始重視本身對於能源使用的效率，並加速廠商產業升級的速度，而在此背景之下 ISO 50001 能源管理的標準也開始備受重視，希望除了大規模的產業升級計劃之外，於廠商內部能源管理也能有標準的管理標準，如此除了能源管理與能源使用效率提升外，還可以加強廠商的企業社會責任的落實度。

此外，中鋼公司所以能夠執行如此高績效的能源管理政策，除了本身明確的能源政策藍圖之外，如果再思考背後意義，不難發現中鋼持續積極地默默運作著極重要的社會責任，理由可以分述如下：

其一，一貫作業煉鋼廠使用煤炭作為還原劑，它是自然法則之下無法不選擇的項目，而世界各國家沒有不仰賴鋼鐵或金屬而仍然能夠達成經濟發展者，因此，當台灣停止開採煤炭之後，如何取得煤炭資源成為中鋼第一大難題。台灣有太多重要基礎建設必須仰賴中鋼每天生產的鋼筋及材料，當它一旦停止運作，許多工程建設將面臨停擺，中鋼因此肩負社會發展極重要的角色，比起其它只需仰賴電力消耗的製造業，中鋼要面對的困難真的高出太多，除了要從澳洲及南美洲地區想辦法與其它競爭國家爭取煤炭採購權之外，還須將每一噸煤炭從海外妥善運輸至台灣本島供作生產單位使用，而使用過程產生的有毒廢氣、廢熱及爐渣等等都必須仔細回收來填補每單位煤炭所付出的成本。

其二，碳排放系數高的煤炭是環境維護的殺手，如果沒有妥善管控，勢必嚴重衝擊臨海工業區的生活環境，雖然中鋼已經積極投入發展其它生質能源來擺脫對煤炭的倚賴，現階段恐怕還是無法改變其主要能源消耗結構，因此，龐大的廢熱及廢氣回收系統是至關重要的措施，其中，區域能源及資源整合網絡就是此龐大系統下的一個策略，掌握臨海工業區異質性產業群聚優勢，中鋼妥善將高爐產生的廢熱及廢氣轉換成副生能源供應予鄰近工廠，一方面減少對於環境的衝擊，另一方面也能夠取回外部碳權幫助中鋼進行碳權中和，此種利用煤炭的副產物來換取碳權的方式充分達到企業互助互益，也減輕了鄰近廠區製造碳排放的社會壓力。

其三，全球石化燃料價格逐漸高漲，中鋼要維持國內鋼價的平衡，每年都必須對生產製造單位提出節能策略，目的是減少能源成本佔製造成本的比率，如果鋼價隨著能源價格水漲船高或起伏漲跌過大，國內經濟秩序恐怕會面臨嚴重失衡情況，例如：中鋼 2011 年的每單位粗鋼能源成本佔製造成本的比率為 29.3%，較 2010 年即增加 3%，明顯就是肇因於能源價格調漲，再者，中鋼如果要繼續維持未來國內鋼價穩定，廠區內自發電力勢必要再提高，而自發電力仰賴高爐的可燃性廢氣及廢熱的回收效率，所以中鋼廠區內的工程師們近年來投入許多專利研發的工作，希望強化或改良更高效率的熱電轉換裝置及節能裝置，試圖藉由提高研發資源的方式找出可再回收利用的管道。

其四，中鋼是帶動綠色供應鏈的重要環節，因為它是用鋼產業的最上游製造廠商，如果能夠協助進行能源管理及產品輕量化，國內鋼鐵業者們將不止能夠擴大綠色鋼品與副產物再利用的供應，還能夠使供應鏈整體的能源使用效率逐步提升，例如：輕量化汽車、輕型鋼材及電磁鋼片等等，尤其是電磁鋼片的減碳能力，其開發成果堪稱卓著。因此，目前中鋼

總共籌備有六個產學研的研發聯盟正積極投入如何讓用鋼產業升級的計畫，其中，有以用鋼量及產值作為指標，團隊們期待開發節能減碳鋼材以擴大鋼鐵製品的外部減碳績效，此種以最上游廠商帶領業者們一起投入綠色新事業來推行減碳及能源管理的方式獲得許多鋼鐵業中下游廠商們的響應，在中鋼的領導之下可以促使更多法人企業投入減碳及能源管理的行列。

總而言之，無論能源稅實施與否，企業至少要擁有明確的能源政策藍圖，使全體員工對於節約能源的目標有理念可以依循，上上下下努力朝向該目標前進。當能源稅正式實施之後，企業更應該盡早安排規畫，效法中鋼成立能源環境推動事務辦公室等組織，採取有組織性地積極作為，使能源稅制的真正意義被突顯，企業才能夠因此獲有利益。以中鋼集團在此辦公室的運作之下真實發生了許多改變為例，廠區內不僅是能源使用結構開始趨向對環境有益，週遭的整合網絡系統甚至賦予中鋼更多的附加價值，再者，能源政策藍圖營運之下也幫助中鋼發展出更多的新穎專利及具有減碳潛力的優質商品。

子計畫三：工廠碳標籤技術能力建置與低碳管理模式之研究

一、前言與研究目的

在面對全球暖化與氣候變遷的壓力下，節能減碳已是全球人類共同認同的唯一能永續生存方法，因此世界各國政府近年來已針對此議題實施多項措施，來減緩人為溫室氣體或二氧化碳(CO₂)之排放^[1]。基本上，各國CO₂排放量的來源可概分為個人用戶及營業用戶，其中營業用戶(即各大小企業)是最主要的CO₂排放量來源^[2]，而營業用戶最關心的是其客戶或投資人的觀感，因此唯有讓其客戶或投資人感受到其在CO₂減量的努力與表現，才會讓營業法人用戶正視其CO₂減量的影響與重要，因而碳標籤(Carbon Footprint Label 或Carbon Label, CFL) 及碳揭露研究(Carbon Disclosure Project, CDP)，是目前最能讓其客戶或投資人感受到企業努力於減少其產品(服務)或是營運活動所產生CO₂排放量的方式。

產品的碳標籤為一套可以反應產品生命週期 CO₂ 排放量的制度，包含原料、製造、運送、銷售、使用到回收等過程所產生的 CO₂ 排放量^{[3][15]}，其中佔有極為關鍵的比重是「製造」的部份，其 CO₂ 排放量的現有計算標準並非合理之方法，例如英國的「PAS2050」，只考慮了直接 CO₂ 排放量，而忽略了佔有工廠 CO₂ 排放量更大的間接 CO₂ 排放量^[4]。接著另外一項能表現企業責任之行動是執行碳揭露，所謂的碳揭露是由全球 385 個投資機構所發起的環保組織，其目的即在要求參與之企業盤查並公開他們的溫室氣體排放量，以及應對氣候變遷的策略^[5]。此組織提供一個公開的管道，公佈參與企業於其營運過程中所產生之 CO₂ 排放量。企業的某一項活動或產品的整個生命週期過程中所直接與間接產生的二氧化碳可稱為碳足跡^[6]，而如何計量碳足跡則尚未有明確的方式，國外的計量方式未考量企業的整體性^[7]，本研究認為企業內所有會產生 CO₂ 排放量的活動皆應納入考量。

因此，本研究之目的即為 CO₂ 排放量的計量，其所重視的部分以及衡量的範圍不同^[9]，為上述之需求提供可行解決方法，以強化政府在推動碳標籤或是提供企業衡量整體碳足跡之不足，因而提出了工廠碳標籤技術能力建置與碳足跡計量模式建構之研究，本研究之研究成果包含了產品碳標籤計算標準的合理化與計量整體碳足跡模式，將有助於實務界的推廣應用與學術界對此技術進一步之研究。

二、文獻探討

溫室氣體當中排放的CO₂對人類的生活影響甚大，而產生CO₂排放量的來源，可以大致分類為個人居家私人用戶以及營業的法人用戶，而營業的法人用戶所排放的數量較多，尤其是以出口為導向的國家，其工業用戶所排放的CO₂所佔比例更為大數。以台灣為例，發電與工業所排放的CO₂佔了總排放量的70%以上，若再加上煉製業，則能源與工業部門的CO₂排放約佔總量的80%^[8]。因此各國或環保組織如何讓營業的法人用戶重視其CO₂減量的重要性，是該國以至於全球減碳政策能否落實的關鍵之一。

企業以工廠製造產品販售予全世界之客戶，而可提供產品製造過程產生的CO₂排放量的系統是碳標籤，所謂碳標籤，又稱為碳標章或碳標，是指貼在商品上的一種標籤，用來標示該產品在整個生命週期，包含原料、製造、運送、銷售、使用到回收等過程中，所產生之二氧化碳排放量。其主要目的是要廠商在產品包裝上面標示該產品生命週期產生的二氧化碳排放量，供消費者選購時參考，以鼓勵消費者採購二氧化碳排放量低的產品，達節能減碳之目的^[16]。

碳標籤足以表達整個生命週期產生之CO₂排放量，可顯示其具有相當之重要性，為了減少CO₂排放量，可能必須因此改變整個企業的營運模式，然而空氣中所排放之CO₂排放量日益增加，為減緩溫室氣體對環境的破壞，已有多項研究^[3,9,16,17,18]顯示未來政府及企業發展碳標籤的必要性，因此，如何真實且正確的衡量產品CO₂排放量是相當重要的，目前之碳標籤僅考量與生產有直接相關的排放量，尚缺乏一致性的標準，故藉由現有之方法發展至包含間接排放量的衡量方式，本研究可繼續進一步的深入評估與分析。

另外，為有效降低企業每年所排放的溫室氣體，國際間推行的活動為碳揭露專案，所謂CDP^[5]是由全球385個投資機構於2003年共同發起的環保組織，其目的即在要求參與之企業盤查並公開他們的溫室氣體排放量，及應對氣候變遷的策略^[10]。例如2008年，受邀企業共有1550家回覆，美國企業的回覆率為82%，歐洲為83%，台灣則為44%，在亞洲國家中僅次於日本。由於CDP對於拒絕或未能配合碳揭露的企業並沒有很大的嚇阻及處罰效果，其次，就大眾而言，這些企業公不公佈或作了多大的減碳改善，也沒什麼好壞之感覺，因此CDP主要還只停留在道德勸說或社會責任的模式。若是政府能有效推廣與建立明確的制度，使參與碳揭露成為企業獲得國際認可之標準，或是有明確的賞罰，如提供獎勵予降低CO₂排放量的公司，以及針對未能進行改善的企業給予壓力，使各企業願意主動加入碳揭露計畫，處於誘因及威脅的情況下，企業必定會盡力於改善所排放之CO₂排放量^[19]。

企業為了製造產品所耗費的資源是以碳標籤作為衡量標準，而日常為了維持正常的營運，企業整體所有會耗用的CO₂排放量也需要進行管理，由於國際間推行之碳揭露並未有明確的標準計算方法，因此，本研究嘗試使用企業現有的資訊系統軟體ERP，以及運用目前的會計制度設計出一套碳會計衡量方法，藉由企業每日的活動記錄，搭配企業內建的資訊系統，使企業進出的CO₂排放量明確的記錄與分析，提供一個衡量方法給予企業做參考的依據。國外之碳會計包含的範圍有一部分提及企業的CO₂排放量，但是計量與衡量方式並沒有一致性之標準，因此其內容的計量對象與範圍可提供本研究參考以及發展整體性衡量方式的基礎。

三、研究方法與成果

依據研究之目的，本研究將探討方向分為兩個主題，其一為介紹產品面之碳標籤，現有的計量是以整個生命週期，但是衡量對象只包含與生產有直接相關之CO₂排放量，故本研究認為碳標籤的製造部份是極為關鍵的部分，其計算的範圍尚應包含與生產間接相關的CO₂排放量，因此，針對製造階段以及核算範圍，本研究提供一套計算方法給予企業作為參考；另一個則是象徵整體性之碳揭露計畫，由於其缺乏計量方式，因此，本研究提供企業衡量整體排放碳足跡的方法之依據，以下依照不同年度之主題進行說明。

第一年度:工廠碳標籤技術之研究

3.1 產品面-碳標籤

各類型人為製造的產品均包含其生產的CO₂排放量，若可明確的標出排放CO₂的數值，則可使消費者選擇較為低碳之產品，也可使製造商於產品生命週期的不同階段致力於減低碳排放量。因此，如何較合理與精確的計算出產品的CO₂排放量，為節能減碳之第一步。產品於生命週期知各階段碳排放量，一般稱為碳足跡。所謂產品碳足跡又稱為產品碳標籤，將碳足跡以圖形識別方式列印於產品外包裝上，是用來標示該產品在整個生命週期，包含

原料、製造、運送、銷售到回收等階段中，所產生之二氧化碳排放量。其主要目的是要廠商在產品包裝上標示該產品生命週期所產生的二氧化碳排放量，供消費者選購時參考，以達節能減碳目的，因此目前產品碳足跡為各國推動節能減碳之重要活動之一。世界先進國家如英國、美國、加拿大、日本，目前正積極推行產品之碳標籤識別^[6]。

目前推行產品碳標籤之認證之方式，類似於 ISO 認證，委託公信查驗機構(如 SGS、BSI)對資料取得之流程先做一查驗，以利於碳標籤之申請。但若每一個產品均進行查驗之動作，則會耗費許多的人力與時間。且所有相關資訊之取得，若均獨立於企業作業流程與資料流程，會使得為通過碳標籤認證會曠日廢時與成效不彰。若可整合於企業內部之資訊系統，按照企業流程自然取得相關資訊。再加上碳足跡所需之特定功能，即可計算出所製造之產品之碳足跡。

然而，於產品於製造階段，一般在公司內部均有管理之資訊系統，一般稱為「企業資源管理」系統，用於管理企業內部之活動與帳務(物料帳與會計帳)。ERP 包含許多製造相關資訊，如物料主資料、物料表與製造狀態紀錄等資訊。若可將 ERP 中擁有之資訊，直接用於碳足跡之計算，則可達到資訊整合的目的。此外，ERP 之流程已被驗證為一合理且符合會計準則之流程，所得的資料可信度也較高。但 ERP 中的單位為數量與金額之控管；而碳足跡之計算主要的單位為碳排放之重量(可用公克或公斤為單位)。因此，如何做一個合理的轉換為一個重點議題。

另外，碳足跡的計算方式也是一個重要課題。由於產品之碳足跡值於製造階段不只僅有原物料會耗損碳，所使用機台、人員與相關之資源均會耗損碳^[13,18]。此種計算方式與 ERP 中之成本結算架構十分類似。因此，若能依照成本結算之理念計算碳足跡值，則可算出每一產品於每一個月生產時所耗費之碳足跡值。由於成本結算架構於成本會計已被大家接受。因此，以類似架構結算之碳足跡資料應具相當之可信度。基於以上之需求，本文提出了一個整合現有 ERP 之製造階段碳足跡計算之架構。

3.2 例子驗證

本文以「整合 ERP 之碳足跡建構模式研究」文中之個案作為舉例，詳細內容請閱[20]。

表 1 為製造一片視訊擷取卡之碳足跡值表列。因 A01 與 B03 均為製造工單料所以不列於此表中，要經由結算而得。所謂之「單位碳足跡值」是指一個單位的物料之碳足跡值，如 B01 包裝袋假設為 15 克，亦即一個 B01 於其生命週期之耗費之溫室氣體排放為 15 克。其餘物料均同樣方式計算或取得，若僅計算物料成品 A01 之碳足跡值為 1722.2 克。意即於製造階段之 A01 每生產一個僅物料部分則耗費相當於 1.7222 公斤之 CO₂，還不包含使用其他資源(如水、電、人力、外包等)所耗費之 CO₂；也未含運送、使用與回收階段之消耗 CO₂。然而，碳足跡值之來源為供應商提供或由公信單位之資料庫運算而得，物料碳足跡值取得之正確性至為重要，否則所計算之值將不具可信度。但目前供應商不太有能力提供此類資訊，有待日後政府或國際機構要求才會普及。

表 1. 影音擷取卡之物料碳足跡值

BOM 碳足跡值

料號	品名	數量	單位碳足跡 值(g)	總碳足跡值(g)
B01	包裝袋	1	15	15
B02	Cable	1	200	200
C01	影音擷取(IC)	4	150	600
C02	PCI	1	200	200
C03	PCB	1	400	400
C04	電阻	78	0.5	39
C05	排針	3	30	90
C06	振盪 IC	2	60	120
C07	電容	97	0.6	58.2
1 PC 小計：				1722.2

在此，將開立兩張工單，一張工單為生產 B03 數量為 1000 片(PCS)，另一張工單為待 B03 回貨後做檢驗與包裝 A01 數量同為 1000 片。因此，B03 工單為 A01 之子工單，於計算上應先計算完 B03 才可計算 A01。在此，亦不考慮重工與良率之問題。B03 為備好 C01~C07 的料，外包送至 SMT 廠將相關電子零件組裝置 C04 之 PCB 上，C04 為特定規格之訂製料，在此當作一般外購用料。待 SMT 完成後，B03 半成品送回來，經由檢驗通過，再與訊號線 B02 放至包裝袋 B01 封口完工裝箱後，即為 A01 成品入庫。

表 2 為結算非直接用料所耗費之碳足跡值，主要的方式是透過所開立之工單費用傳票，利用比值轉換方式，得到其所耗費之碳足跡值。B03 由於為外包至 SMT 廠加工將 C01、C02、C04~C07 電子零件組立於 C03 之 PCB 上，因此產生了一筆生產 1000 片之外包加工費用。此加工費用若以切轉了傳票，則會有相對應之會計科目，透過事先定義好之換算比值，則可算出其耗費之碳足跡值。另外，人工費用與其他費用科目亦同。其比值定義在此先以假設方式加以設定，各會計科目之比值會按照其不同之特性加以定義，目前提出之架構僅與會計科目有關，而與其他條件(如產品、生產地等)無關。比值之計算正確合理性，為關鍵資訊之一。

表 2. 影音擷取卡之會計科目比值

會計科目	借貸淨值 (元)	比值	碳足跡值 (g)
B03 監控卡之外包加工費用	100000	0.05	5000
A01 直接人工費用科目	21500	0.02	430
A01 其他費用科目	123000	0.01	1230

從上述所列之資訊，我們可經由第三節所提結算步驟^[20]，計算出 A01 物料之碳足跡值。步驟 1 將上月結算之資料當成本月之期初。步驟 2 將定義之碳足跡值，當成物料之碳足跡值。步驟 3 找出工單與其階次，生產 B03 工單為第一階，而製造 A01 為第二階工單。步驟 4 先結算 B03 工單之料工費外包，B03 為外包，在此無工費，僅用料與外包，由表 1 得到

製造一張 B03 卡片需要耗費碳足跡值為 $C01+...+C07+(每片卡外包費用轉換碳足跡)$
 $=1507.2+(5000/1000)=1512.2$ (g)。步驟 5 為按照入庫數將在製之碳足跡值轉為庫存之碳足跡值，因全部入庫所以將步驟 4 所算出之值 1512.8 公克全部轉入庫。步驟 6 則更新設定檔之 B03 碳足跡值。同樣方式，接下來計算 A01 之值，由與上階算出 B03 值與表 1 可得用料之碳足跡值為 $B01+B02+B03 =15+200+1512.2=1727.2$ (g)。加上費用之碳足跡值為 $1727.2+(430+1230)/1000=1728.86$ (g)。

第二年度:碳會計建構模式

3.3 企業整體面-工廠碳會計模式之研究

企業或是工廠排放的溫室氣體，其中以二氧化碳佔有最大之比例，為減緩二氧化碳之排放，國際間推行碳揭露之專案，其目的為鼓勵企業揭露碳足跡的數據以及碳管理制度等資訊^[6]，但是尚未有明確的計量方式，因此，本研究針對企業營運過程中產生的碳足跡數值，沿用目前會計制的運作模式^{[8][11]}，企業於營業過程中會產生相當數量的碳足跡，而會計是企業當中不可或缺的資訊系統，因此，碳足跡的計算應將經濟活動置入會計的核算規範，建構低碳會計的計算模式^[12]，可協助決策者做審慎的判斷與決策。會計包含相當廣泛的涵義與定義，而其財務報表則是企業傳遞財務狀況與績效的重要工具，因此，碳足跡管理也可運用同樣的觀念，使用碳損益表及碳資產負債表兩個具代表性的管理報表，表達企業或是工廠碳足跡進出的數量變化。

企業營運過程中會有眾多活動事項，單以人力紀錄碳足跡則顯得繁瑣又耗時，若可整合於企業內部之資訊系統，按照平時企業之流程取得相關資訊，再加上碳足跡所需之特定功能，即可計算出企業或是工廠於其營業期間產生的碳足跡數量。一般企業內部均有一套管理的資訊系統，如 ERP 是資訊整合軟體系統，其為以會計為導向的資訊整合系統^[13,21]，可記錄每日活動交易並提供正確且即時的資訊，此系統可整合所有資源及立即回應以便有效控制整個企業的營運活動^[13,22]。此外，ERP 的流程已被驗證為一合理且符合會計準則之流程，所得之資料亦有高可信度。ERP 是一個本研究整合現有 ERP 架構的碳足跡計算模式^[14]，本研究除了說明本模式與結算方法外，並以個案說明所提出的架構與應用，以驗證本文所提架構之可行性。透過本研究模式，將有助於企業衡量以及管理其整體產生的碳足跡。

3.4 例子驗證

延續^[20]之監控卡生產驗證例來說明碳足跡衡量方式，以碳足跡管理報表闡述與驗證所提之架構。視訊監控卡 (編號: B03) 於製造所產生之碳足跡值，於^[20]已算出本期每片成品為 1.72886 公斤，在此碳會計之紀錄將以公斤(kg)為單位。B03 其標準碳足跡依據以往碳足跡認證之值為 2.04 kg。其計算方式是將生產所用之原料耗費碳之步驟，以類似成本予以計算各產品之材料碳足跡值^[20]。

假設現有 1000 片 B03 成品於 2012 年 3 月底前存於倉庫中，於 2012 年 4 月初其 B03 總碳足跡值為 $1.72886 * 1000 = 1728.86\text{kg}$ 。2012 年 4 月 20 日 B03 將出貨至美國西岸某監控批發商客戶 300 片，4 月 22 日將以空運快遞方式運送至美國，其碳足跡值分別為台灣陸運運送碳足跡 5.125kg、空運運送碳足跡 80.279kg 以及機場至客戶陸運 7.603kg，總共 93.007kg。4 月 29 日至美國後將商品包裝外箱，數值為 3.254kg。

經由 ERP 系統於月底執行管理步驟，即可產生一些相關的管理報表，表 3 為碳損益表，由銷貨碳移轉扣除碳總費用值而得，其中碳移轉值為 612 KG，碳成本為 521.912 KG，碳費用為 93.007 KG。因此，總損益值為 $612-521.912-93.007=-2.919$ (KG)。由於碳淨值為負值，故可以說轉嫁予消費者之 CO₂ 排放量少於工廠實際之 CO₂ 排放量。

表 3. B03 碳足跡損益表

B03 碳足跡損益表	
2012 年 04 月 01 日至 2012 年 4 月 30 日 單位:g(公克)	
碳轉移	612.000
碳成本	521.912
碳費用	93.007
本期碳淨值	-2.919

表 4 為 B03 之碳資產負債表，左邊為資產類科目，表右邊為負債類與股東權益類科目。使用 1728.86-518.658 扣除計算得 B03 碳資產至 4 月 30 日剩餘 1210.202 (KG)，負債科目為其他管銷之碳足跡值 96.261 (KG)，在此僅計算空運與包裝箱之碳足跡值。由於本研究假定沒有碳負債之存在，因此，碳的使用額度無限制，碳資產等同於碳權益之值為 1725.941kg。

表 4. 碳足跡資產負債表

碳足跡資產負債表			
2012 年 4 月 30 日			
<u>碳資產</u>		<u>碳負債</u>	
存貨	1210.202	碳負債	0
應收碳足跡	612	<u>碳權益</u>	1725.941
預存碳足跡	96.261		
碳資產	1725.941	碳負債及碳權益總額	1725.941

四、結論與建議

本研究之目的是針對工廠碳標籤技術以及低碳管理的研究，分別是由產品面的角度以碳標籤表達工廠製造時產生的 CO₂ 排放量；以及企業整體面的角度以類似現有的會計制度為運作模式。目前計算碳標籤之方式，計量的範圍為製造商品產生的直接 CO₂ 排放量，現有的 CO₂ 排放量計算標準未能考量全面性，由於產品之碳足跡值於製造階段不只僅有原物料會耗損碳，連同所使用機台、人員與相關之資源均會耗損碳資源，因而本研究基於合理性將間接 CO₂ 排放量也納入碳標籤之計算，因此，依照具有可信度之成本結算碳足跡，能有效計算每一個產品於不同月份生產時耗費的碳足跡值，故本研究整合現有 ERP 之製造階段碳足跡計算之架構是可行的做法。

另外，企業除了製造產品會排放 CO₂，其日常營運的過程亦會產生 CO₂ 排放量，但是目前尚未有一套計量的標準，而計算 CO₂ 排放量應以整體為主，CO₂ 排放量的時機點應大致

與企業內部發生活動的時間相同，所有會產生 CO₂ 排放量的活動皆應納入其中。企業時常以會計當中的管理報表表達財務狀況或是經營績效，而本研究沿用會計的概念而產生的計量方法稱之為「碳會計衡量方法」，目前國外研究之碳會計涵蓋的範圍很廣泛，而排放大量溫室氣體的來源是企業，因此，本研究針對企業營運過程中產生的碳足跡數值，沿用目前會計制的運作模式，整合 ERP 軟體系統的碳足跡模式，以碳損益表以及碳資產負債表等碳足跡之管理報表來表達碳足跡的變化，ERP 記錄、提供正確且即時的資訊，並且整合所有資源及立即回應以便有效控制整個企業的營運活動，故整合 ERP 軟體的碳足跡模式是具有可行性的方法。

本研究之研究成果包含了商品碳標籤計算標準的合理化與計量企業整體碳足跡模式，將有助於實務界的推廣應用與學術界對此技術進一步之研究。至於未來發展方面，「碳標籤的計量與落實」與「企業衡量以及控管整體 CO₂ 排放量」為重要的兩大研究方向，而本研究的成果可作為這兩大系統發展的基礎。

子計畫四：綠色及低碳之新產品開發與供應鏈管理-以台灣高科技產業為例

摘要

綠色環境保護有許多須著重與努力，企業組織不應僅是單純符合現行規範，應以更高標準作為其他企業標竿學習之目標，以符合社會對於企業之社會責任與期待，故本子計畫第一年著重綠色及低碳之新產品開發與避免產品失效等問題進行多目標決策，在進行專家群體與文獻蒐集相關準則後，將運用之詮釋結構模式分析(Fuzzy Interpretive Structural Modeling, FISM) 探討準則間相互依存之關聯性，並運用品質機能展開(Quality Function Deployment, QFD)之品質屋(House of Quality, HOQ)進行展開，並結合模糊分析網路程序法(Fuzzy Analytic Network Process, FANP)分析顧客對於綠色及低碳之新產品所考量之需求為何。然而單從顧客需求進行綠色新產品開發分析顯然不夠周延，故增加研發成本、製造可行性、研發時間、技術提升與風險控管能力共六大構面運用啟發是演算法進行多目標決策(Goal Programming, GP)分析，同時為降低未來綠色及低碳新產品開發過程失效等問題，將運用失效模式分析(Failure Mode And Effects Analysis, FMEA)對準則做深入之探討與分析。

一個企業應該要能了解在整個供應鏈當中，傳統供應商與綠色供應商須擁有不同的技術與能力。故為使新產品於生產過程失效降至最低，如何選擇既符合成本、品質等基本要求且兼具綠色及低碳之供應商為本子計畫第二年之主軸。研究先探討綠色及低碳供應商應具備之條件，並利用所獲得的準則與模糊分析網路程序法(FANP)結合，建立一綠色及低碳供應商之評估模式，以了解關鍵準則之相對重要性及供應商之績效。本模型除了能有效提供企業在新產品開發時，迅速找到最合適之優良綠色低碳供應商，更能協助其他供應商了解其需改善之方向，以達到企業與供應商之雙贏局面。

關鍵字：新產品開發、TFT-LCD、品質機能展開、模糊德爾菲、模糊網路分析程序法、多目標決策、失效模式分析、綠色供應商選擇。

Abstract

Green supply chain has become an important topic these days due to pollution, global warming, extreme climatic events, etc. In the first year of the project, a systematic model based on quality function deployment (QFD) is constructed for developing green and low-carbon products. Literature review and interviews with experts are done first to collect the factors for developing green and low-carbon products. Fuzzy Delphi method (FDM) is applied next to extract the important factors, and fuzzy interpretive structural modeling (FISM) is used to understand the relationships among factors. The house of quality (HOQ) for product planning is built, and the fuzzy analytic network process (FANP) is applied to calculate the importance of the engineering characteristics. Fuzzy failure mode and effects analysis (FFMEA) is then applied to understand the potential failures of the ECs and to determine the importance of ECs with respect to risk control. Finally, a goal programming (GP) model is constructed to consider the outcome from the FANP-QFD, FFMEA and other additional goals and constraints to select the most important ECs for NPD.

To reduce the failure rate of a new product, a firm needs to select the right suppliers that not only can satisfy the basic requirements, such as cost and quality, but also can provide green and

low-carbon materials. The goal of the second year, thus, is to construct a green and low-carbon supplier evaluation model. The attributes that a green and low-carbon supplier should have are analyzed first. A FANP model is constructed next to evaluate various aspects of suppliers. By applying the model, the manufacturer can find the most suitable supplier for cooperation and can provide recommendations to other suppliers that need improvements.

Keywords: New product development, TFT-LCD, quality function deployment (QFD), Fuzzy Delphi method (FDM), Fuzzy analytic network process (FANP), Goal programming (GP), Green supplier selection

前言

企業組織除了生產製造符合顧客需求、品質優良與符合基本法令規範之產品外，更應以高標準對於環境保護盡一份社會責任(Fowler, 2009)，本計畫著重於顧客對於綠色及低碳之 TFT-LCD 新產品開發之需求進行探討，在研究過程當中發現，雖許多跨國企業為將產品行銷全球，勢必需符合該國之環境保護規範(如 WEEE、RoHs 與 EuP)，然而企業因各種考量皆僅符合法令規範之最低門檻標準，且研究中發現許多企業表面雖然符合歐盟之要求，但實際在產品生命週期中，造成的環境汙染更為可觀，其中包含了生產製造、運輸與最終的產品廢棄等問題。而在全世界人類迫切關切的二氧化碳(CO₂)排放之議題卻鮮少關注，其歸根究底為綠色與低碳投入成本過高且期初成效不彰，再者為企業對於顧客所要求之道德標準並無確切指標可供遵循。雖然有許多專家學者對於綠色及低碳產品開發進行相關之研究，但許多研究僅停留於大方向之市場與顧客需求進行研究，故本計畫結合綠色織概念，從規劃設計、生產製造、消費者使用至最後產品廢棄回收做全盤性考量，並運用品質機能展開(QFD)進行 TFT-LCD 綠色新產品開發之顧客需求轉換為可付諸實際行動之準則。同時，以 FANP 建立綠色供應商選擇之評選模型，期盼能有效協助組織真正落實成為綠色企業。

隨著政府推動兩兆雙星產業政策下，台灣半導體在全球已達到相當頂尖之技術。也因此帶動了 TFT-LCD 技術，使 TFT-LCD 產業成為目前台灣最輝煌的產業之一。台灣之 TFT-LCD 出口量在全球市場上占有舉足輕重之地位，以 2008 年為例，台灣大型面板在全球市占率仍維持第一。然而，在全球 TFT-LCD 產業漸漸邁入成熟階段，未來將面臨劇烈之市場競爭及價格割喉戰(林俊宇，2009)。台灣 TFT-LCD 製造之競爭優勢源於低成本、高品質、具彈性、相關產業之專業技術與完整的群聚供應鏈等。而 TFT-LCD 製程步驟相當繁瑣，雖然製造商已有許多綠色的因應措施，但造成之二氧化碳排放亦不容小覷。故在日益激烈之全球競爭環境下，企業生存與成功之關鍵在於如何因應綠色環保之風潮，同時又能達到節能減碳之目標。故綠色、低碳之新產品開發與供應鏈管理將可提升企業內部之核心價值，對企業永續經營極為重要。而在 TFT-LCD 顯示器的產業供應鏈中，可區分為上、中及下游，上游為設備及原物料供應廠商，中游為 TFT-LCD 組裝製造商，下游為各式 TFT-LCD 產品製造商；由於歐盟的環保規定使得一些化學原料的限用或是少用，對製程造成成本或是外銷的衝擊，尤其主要材料玻璃基板所含的原物料及其製程中會使用到歐盟所管制之材料，在這樣的情況下廠商更應該與供應商密切合作解決問題，本計畫以台灣 TFT-LCD 產業為研究對象，將對於新產品開發及綠色供應鏈管理結合碳足跡追蹤，使產品達到低碳且更綠色之產品，本計畫以宏觀的角度思考未來市場發展趨勢，不論對於企業或國家而言，都將成

為市場先驅者，更將環境保護之社會責任落實在每一個人身上。

研究方法與步驟

本計畫為期二年，研究其目的在於運用專家的經驗與知識找出綠色新產品投入生產時，對於綠色及低碳供應商評選所需考量之關鍵準則為何，並發展一系列評估模式，使潛在之風險降至最低。然而，品質機能展開(QFD)與分析網路程序法(ANP)之應用近年來已有許多專家學者進行探討，但對於專家進行評比階段所產生的主觀與不確定性卻時有所聞，這對於一項新產品開發的研究實顯不足。故本計畫以了解綠色及低碳之新產品在開發階段關鍵因素為何，且運用模糊理論為研究基礎，以消彌人類在進行語意表達之不確定性。另外，產品之開發與生產過程資源有限，且人類在進行準則判斷時，往往無法處理過多因子，故將以模糊德爾非法(FDM)進行準則篩選，並透過模糊詮釋結構模式分析(FISM)找出準則間之關聯性，當準則關聯性建構完成後，將 Fuzzy QFD 與 Fuzzy ANP 結合建立一系統化架構，並分析關鍵準則為何，同時，為避免綠色新產品於開發過程中產生失效等問題，故加入失效模式與效應分析(FMEA)與多目標決策(GP)分析來強化未來發展之效應，以利提供企業在新產品研發階段的參考工具，達到有系統、有效率的控制產品研發的品質，使新產品開發過程將失效降至最低，以利協助高科技產業管理者以更科學且客觀方法解決新產品開發各階段所需考量之重要準則。同時，本計畫除了考量在進行產品開發時應著重之低碳及綠色供應鏈因子外，運用 FANP 發展一套專案管理模式，以協助台灣某高科技廠商建立供應商評鑑與篩選機制，其目的是使製造商在進行綠色及低碳產品之原物料採購時將失效降至最低，操作步驟如下：

步驟一：定義問題

針對高科技產業製造商於綠色及低碳供應鏈管理下進行深入探討，其中包含產品研發、製造規劃、原料、採購、運輸、行銷、消費者購買與廢棄物回收等，並進行文獻蒐集與分析目前綠色及低碳之新產品開發與綠色供應商評選研究情形，以了解新產品於開發前所需考量之範疇與原物料採購需注重之項目及供應商評估過程與方式為何。

步驟二：成立專家委員會

以 TFT-LCD 產業製造商為研究目標，透與專家訪談、問卷與資料蒐集，進一步分析以綠色及低碳為訴求之新產品於開發時所面臨之挑戰、現階段解決方案與未來目標等。並將碳足跡、二氧化碳排放與歐盟環保規範納入新產品開發之重要考量因素。

步驟三：準則之篩選

將所蒐集之因子設計模糊德爾菲問卷(FDM)問卷，並給予專家進行評選，透過 FDM 計算相關權重，篩選出評比權重較高者，列為重要評估之準則。然而，專家於分數評定為 1 至 10，於區間數值之最小值代表該評估項目量化之最保守認知值；然而，最大值即表示該評估項目量化之最樂觀認知值，並藉由雙三角模糊數中所產生的灰色地帶來檢驗是否達到收斂狀態(Ishikawa, 1993；徐村和，1998；Chang & Wang, 2006)。

步驟四：找出準則間之回饋與相關性

當決策者在進行決策時，會因空間與時間性，往往無法理性判斷準則(criteria)間之相互關聯性，故運用模糊詮釋結構模式分析(FISM)之專家問卷設計，找出準則內的相互依存關係 (Warfield, 1974a; Warfield, 1974b；Warfield, 1976；Sage, 1977)。

步驟五：品質機能展開(QFD)之建立

運用品質機能展開之概念建立第一階段之品質屋(HOQ)，探討新產品開發時顧客需求與技術需求為何(水野滋, 1985)，將步驟四所得之 CAs 與 ECs 間之關聯性建置於品質屋內(Lee & Lin, 2011)，如圖 1。

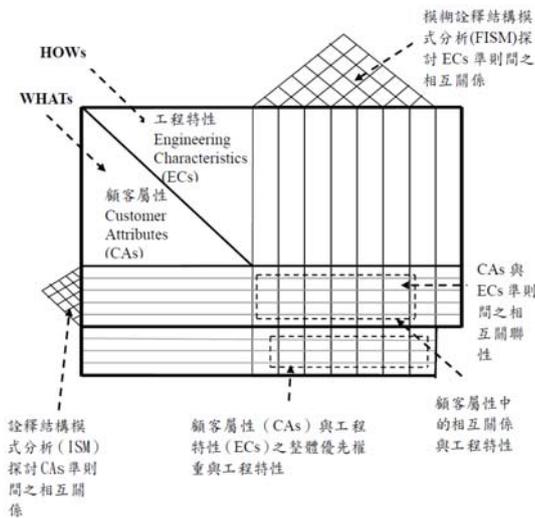


圖 1 本計畫之品質屋

步驟六：建立新產品開發策略之評估架構

在運用 FDM 與 FISM 於新產品開發策略評估上，篩選出關鍵因子與其關聯性後，再運用模糊分析網路程序法(FANP)分析 ECs 之重要性，同時採用 Saaty (1980)所提出的九點尺度量表進行成對比較。邀請高科技廠商之專業高階決策者，進行 FANP 問卷之評比。

步驟七：一致性檢定

當問卷評比完成後則進行一致性檢定，確保問卷符合一致性，如未符合一致性則需修改問卷部分內容。

步驟八：整合問卷內容及指標重要性計算

將模糊語意變數，採用幾何平均方式進行專家問卷之整合；並利用重心法(Center of Gravity Method)解模糊化，同時建立超矩陣(如圖 2 所示)，計算綠色及低碳供應商評估指標之權重。

$$W = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} [w_{11}] & [w_{12}] & \dots & [w_{1n}] \\ [w_{21}] & [w_{22}] & \dots & [w_{2n}] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [w_{n1}] & [w_{n2}] & \dots & [w_{nn}] \end{bmatrix} \end{matrix}$$

圖 2 超矩陣 (Supermatrix) (Saaty, 1996)

步驟九：確認系統實施之對象

專家群組成立後需對於現況或過去產品製造經驗中，明確擬訂專案所需著重之目標、任務與期望改善方向為何。同時，經由專家群組討論後將欲執行之目標列出相關重要之準則。

步驟十：列出潛在失效之問題並建立 FMEA 分析表

運用 FMEA 群組會議將研發、製程、生產、品管等相關領域之專家進行關鍵準則之討論與分析，進一步找出準則可能潛在發生失效之問題、原因與該準則可能失效對於目標所造

成之影響，並將其記錄於分析表中。

步驟十一：計算風險優先指數(RPN)並決定矯正方向

透過專家評估，可進一步分析該準則潛在失效模式所誘發之機率(Occurrence)為何，與失效所造成之影響可能帶來的嚴重性(Severity)以及現階段對於該準則之查偵能力(Detection)高低與否，該項準則整合所獲得之分數即成為 RPN 值(如公式 8)，其分數以 1-10 分為基礎。RPN 值經過計算後最高總分為 1000 分，當整體(RPN)分數越高，即代表風險管控能力越差，未來發生失效機率越高，應立即針對該準則著手進行改善(Almannai, *et al.*, 2008)。

步驟十二：矯正方案之擬定與施行

透過步驟五將 RPN 值較高之準則經由相關領域專家群組討論後，進行預防及改善方案擬訂，並落實方案之執行。

步驟十三：建構高科技產業綠色及低碳供應鏈之數學模式

目標規劃法(GP)是由 Charnes 和 Cooper 在 1961 年提出，亦是多目標規劃法中應用最廣的方法。原是用來求解多目標線性規劃問題，隨後即為各方廣為使用，其基本觀念是針對每個目標建立一目標值，尋求整體滿意解以滿足每個目標與目標值，使得偏差總和為最小，本研究以目標規劃法來進行 TFT-LCD 綠色及低碳新產品開發之準則條件分析。

步驟十四：建立綠色及低碳供應商評鑑架構

對 TFT-LCD 產業製造商於綠色及低碳新產品生產階段所需之原物料供應商進行評鑑，首先需了解綠色新產品之關鍵原物料為何，及其目前環保及碳排放之相關資訊。蒐集評估綠色及低碳供應商之因子，利用模糊德爾菲(FDM)問卷，篩選出重要之評估準則。同時邀請國內 TFT-LCD 廠商之專業高階決策者，進行 FANP 問卷之評比，並進行一致性檢定。

步驟十五：整合綠色供應商模糊內容及指標重要性計算

將模糊語意變數，採用幾何平均方式進行專家問卷之整合；並利用重心法(Center of Gravity Method)解模糊化，同時建立超矩陣，計算綠色及低碳供應商評估指標之權重。

步驟十六：整合研究結果並提出建議

將研究結果回饋予高科技製造商，亦可提供改善方案予其供應商。本計畫以綠色及低碳新產品開發與綠色供應商評選為計畫目標，主要目的除了了解綠色新產品開發之關鍵需求外，更進一步對於製造商在進行供應商評選時，應如何將綠色供應鏈納入管理範疇，使得上游供應商所產生之碳排放納入本研究計畫，深入探討供應商對於原物料生產製造時，所產生碳排放的多寡，並找出綠色供應商應具備之能力，除了可有效改善成員之績效，更能達到整個供應鏈之利益最大化。

案例成果與分析

本案例著重於顧客對於綠色及低碳之 TFT-LCD 新產品開發之需求進行探討，並建立綠色低碳供應商評估模式。經由文獻蒐集與專家群組討論後將顧客需求(CAs)準則區分為不危及人類健康(Not harmful to human health)、降低能源耗損(Energy consumption reduction)、不破壞環境生態(Low environmental impact)、材料之減量(Raw materials reduction)、無污染且無毒生產(Non-polluting and non-toxic manufacture)、面板使用後之處理(Disposal after product use)、延長產品使用壽命(Useful life of product)、降低二氧化碳之排放(CO₂ emissions reduction)與碳標籤之紀錄(Carbon footprint record)共九項準則；且為有效達到 CAs 之需求，經由專家晤談後將以設計規劃、採購、生產、運籌、服務與產品再生共等六大構面發展出

十三項工程特性(ECs)準則，其中包含開發環保技術與材料(Develop environmental technologies and materials)、綠色之產品設計觀念(Incorporate eco-design concept)、產品維護性提高(Improve product maintainability)、落實綠色供應鏈管理(Enhance green supply chain management)、生產製造程序改變(Develop new processes with low environmental impacts)、生產過程節能減廢(Achieve energy saving and waste reduction in production process)、使用環保包材(Use environment-friendly packaging materials)、運輸效能最大化(Increase logistics efficiency)、建立全球運輸與物流系統(Practice global green logistics system)、提供供應夥伴綠色策略與知識(Provide eco-energy know-how/ strategy to business partners)、建立綠色節能平台(Provide energy saving platform to business partners)、產品使用後材料拆解回收率(Increase material recycling ratio after product use)與廢棄物資源化(Increase waste recovery rate)。

準則與準則之間往往存在相依存之關聯性，故運用 FISM 找尋顧客需求(CAs)與工程特性(ECs)各準則間關聯性，並進一步分析 CAs 對應 ECs 之關聯性，由於 FISM 方法應用已於前章節說明，故不再贅述其應用內容，其相關關聯請檢視本計劃投稿期刊。透過 FISM 之應用，可進一步建立 CAs 與 ECs 間之網路層級架構(如圖 3)，並可建構出品質屋(HOQ)之準則關聯性，如圖 4 所示。

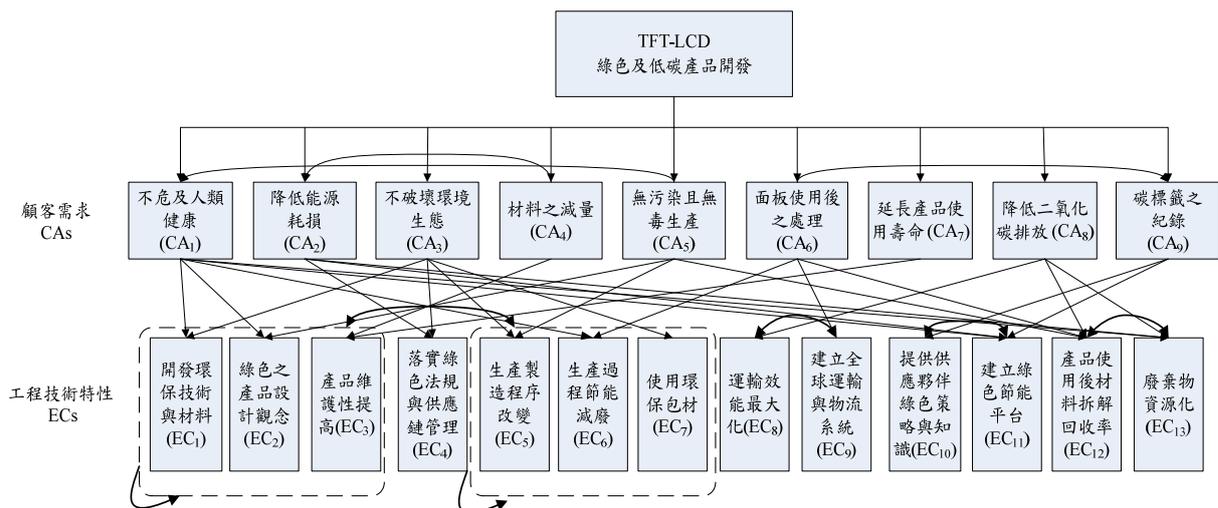


圖 3 網路層級架構

Engineering characteristics (EC)	設計			採購	生產製造			運籌	服務		產品再生		
	開發環保技術與材料	綠色之產品設計觀念	產品維護性提高	鏈管理 落實綠色法規與供應	生產製造程序改變	生產過程節能減廢	使用環保包材	運輸效能最大化	系統 建立全球運輸與物流	提供供應夥伴綠色策略與知識	建立綠色節能平台	回收率 產品使用後材料拆解	廢棄物資源化
不危及人類健康	✓	✓				✓					✓		✓
降低能源耗損				✓							✓		✓
不破壞環境生態	✓			✓	✓		✓						
材料之減量			✓										
無汙染且無毒生產		✓			✓								✓
面板使用後之處理						✓			✓			✓	
延長產品使用壽命			✓										
降低二氧化碳之排放								✓				✓	✓
碳標籤之紀錄										✓	✓		
Fuzzy QFD & Fuzzy ANP	0.079	0.080	0.080	0.078	0.080	0.079	0.082	0.027	0.027	0.092	0.093	0.101	0.103
Fuzzy NPD Cost	0.103	0.094	0.104	0.069	0.075	0.069	0.070	0.081	0.073	0.064	0.065	0.071	0.062
Fuzzy Manufacturability	0.113	0.086	0.086	0.083	0.086	0.08	0.072	0.072	0.075	0.072	0.061	0.055	0.06
Fuzzy NPD Time	0.103	0.092	0.086	0.079	0.086	0.088	0.066	0.072	0.074	0.064	0.066	0.065	0.057
Fuzzy Technological advances	0.101	0.081	0.088	0.083	0.087	0.068	0.070	0.08	0.072	0.076	0.066	0.067	0.061
Fuzzy FMEA	0.083	0.077	0.081	0.095	0.08	0.075	0.078	0.063	0.06	0.062	0.087	0.077	0.081
Multi-goal programming				✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓

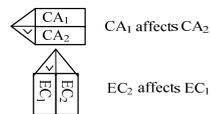


圖 4 綠色及低碳之品質屋

當準則關聯性與層級架構建立完成後，需進一步分析工程特性(ECs)之準則相對權重為何，故運用 FANP 進行權重之計算，透過圖 3 結果設計專家問卷並邀請七位專家進行問卷之評比，並將其問卷結果轉為成對比較矩陣並做一致性檢定，當發生不一致現象時則需再與專家進行修訂討論或是將其問卷剔除，以避免無效問卷影響評比結果，其 CAs 評比結果之模糊成對比較矩陣如下所示。

	CA_1	CA_2	CA_3	CA_4	CA_5	CA_6	CA_7	CA_8	CA_9
CA_1	(1.000,1.000,1.000)	(0.743,1.042,1.368)	(0.827,1.122,1.486)	(1.291,1.609,1.981)	(0.968,1.399,1.919)	(1.085,1.583,2.283)	(0.9057,1.1041,1.2917)	(1.169,2.000,2.967)	(1.426,1.807,2.166)
CA_2		1	(0.641,0.892,1.219)	(0.930,1.219,1.472)	(1.000,1.219,1.369)	(0.589,0.869,1.426)	(0.599,0.944,1.450)	(0.635,0.914,1.280)	(0.581,0.724,1.000)
CA_3			1	(1.170,1.598,2.015)	(0.464,0.679,1.017)	(1.292,1.739,2.100)	(0.774,0.974,1.292)	(0.855,1.219,1.723)	(1.919,2.643,3.380)
CA_4				1	(0.836,1.311,1.815)	(1.042,1.694,2.603)	(0.807,1.104,1.450)	(1.060,1.304,1.520)	(3.221,3.927,4.608)
CA_5					1	(1.575,1.835,2.188)	(2.521,3.324,4.054)	(1.000,1.420,2.034)	(1.825,2.166,2.549)
CA_6						1	(0.731,0.960,1.346)	(1.015,1.511,2.203)	(1.219,1.694,2.225)
CA_7							1	(1.150,1.795,2.521)	(1.575,1.944,2.340)
CA_8								1	(2.034,3.120,4.161)
CA_9									1

將模糊成對比較矩陣運用重心法(COG)來進行解模糊化作業。透過解模糊化後之成對比較矩陣計算其特徵向量值，並分析是否符合一致性檢定：

$$w_{21} = \begin{bmatrix} CA_1 \\ CA_2 \\ CA_3 \\ CA_4 \\ CA_5 \\ CA_6 \\ CA_7 \\ CA_8 \\ CA_9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.142 \\ 0.105 \\ 0.126 \\ 0.124 \\ 0.147 \\ 0.093 \\ 0.107 \\ 0.095 \\ 0.061 \end{bmatrix}$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{9.762 - 9}{9-1} = 0.095$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.095}{1.45} = 0.066$$

當 CAs 與 ECs 透過 FANP 計算所得各別之權重後，透過未加權超矩陣進行運算並經由極限化達到收斂狀態，即可分析於綠色及低碳新產品開發架構下，所需考量之工程特性之相對權重為何。

$$w_{QFD} = \begin{bmatrix} EC_1 \\ EC_2 \\ EC_3 \\ EC_4 \\ EC_5 \\ EC_6 \\ EC_7 \\ EC_8 \\ EC_9 \\ EC_{10} \\ EC_{11} \\ EC_{12} \\ EC_{13} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1 \\ 0.079 \\ 0.080 \\ 0.080 \\ 0.078 \\ 0.080 \\ 0.079 \\ 0.082 \\ 0.027 \\ 0.027 \\ 0.092 \\ 0.093 \\ 0.101 \\ 0.103 \end{bmatrix}$$

從顧客需求角度進行 FANP-QFD 分析，本研究可獲得廢棄物資源化(EC_{13})是為最關鍵之準則(10.3%)；其次優先考量之準則分別為產品使用後材料拆解回收率(EC_{12})與建立綠色節能平台(EC_{11})，權重值為 10.1%與 9.3%。

本計劃運用品質機能展開之概念發展出 FANP-QFD 之模型，不僅從顧客需求進行分析，為求謹慎且避免未來於投入綠色及低碳之新產品開發過程失效，同時將研發成本(NPD

Cost)、製造可行性(Manufacturability)、研發時間(NPD Time)與製造技術提升(Technological advances)對工程特性(ECs)運用模糊層級分析法(Fuzzy AHP)進行全面性之比較,其結果如圖4所示。無論從上述任何角度進行分析,皆僅能表示準則間之重要性,但對於未來企業需針對關鍵準則進行投入時,應如何降低風險與提高效益更為重要,故本研究加入失效模式與效應分析(FMEA)法來進行風險管控並做為其中一項決策標準。

供應商評選模式之建構與分析,以決策者所期望的方式去研究整個問題程序,並從問題中找出構面與準則之間的相互影響,再推導出各方案之優先順序,不同於分析層級程序法假設準則之間彼此獨立,模糊分析網路程序法(FANP)以更貼近實務考量的方式進行供應商評選,能改善以往過度簡化之問題,致使評估結果可能產生偏差的情形,有助於企業以更周延的方式,挑選適任之供應商,圖5為本計畫所提出之綠色供應商評選層級架構。

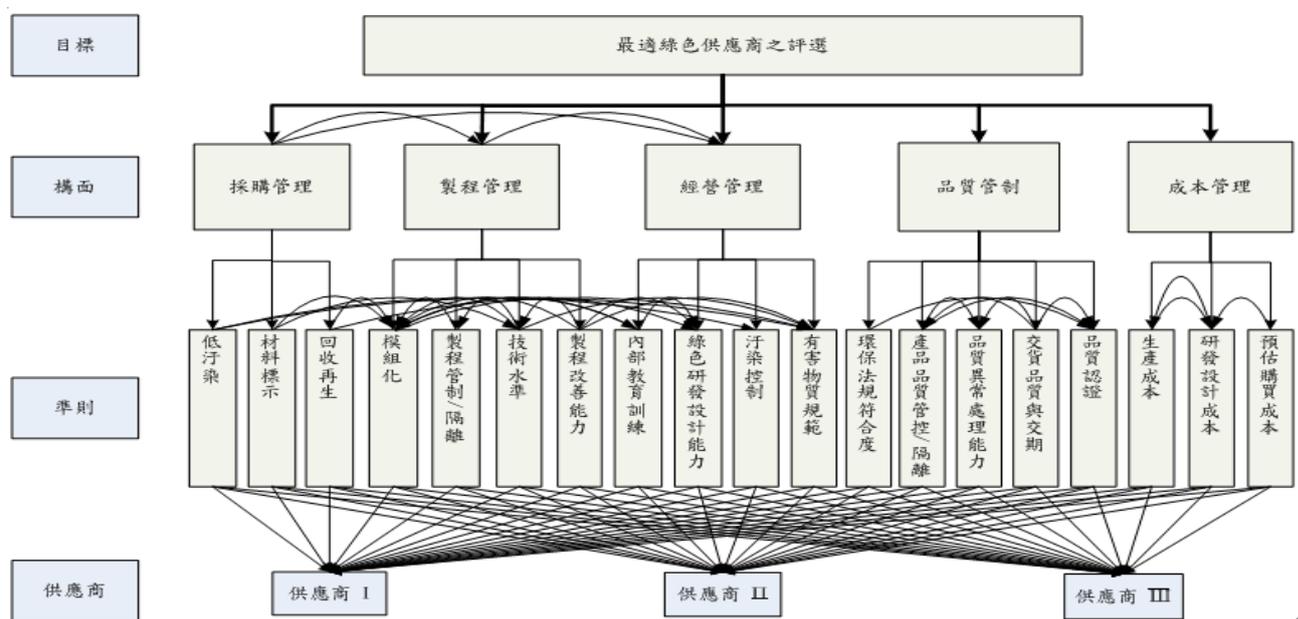


圖 5 綠色供應商選擇之層級架構圖

針對建構最適綠色供應商評選模式中的三家供應商,以「供應商 II」最符合業者需求,其權重占 49.15%,其次為「供應商 I」與「供應商 III」,權重分別為 36.63%以及 14.22%。由計算過程得之,「供應商 II」不只为最佳綠色供應商,在各方面之權重幾乎都優於其餘兩者;而「供應商 I」在材料標示、技術水準與預估購買成本之評估準則項皆有優異的表現,但其他方面略遜「供應商 II」;最後為「供應商 III」在各方面皆維持一般水平,但相較於前兩家供應商則須加強。

本階段研究評選出最高之供應商評選準則前五項分別為「低汙染」、「材料標示」、「交貨品質與交期」、「回收再生」與「製程改善能力」,權重值分別為 0.247、0.2321、0.15、0.1013 與 0.0805。透過本研究模型可供目前已在市場上之環保供應商及欲加入之潛在環保供應商最為參考的依據。

結論

在全球競爭市場趨使下,新產品開發所考量之需求與限制不再僅是過往的技術導向再行銷市場,而應以顧客需求為目標,後續再進行產品研發與創新,方能使產品推出市場後消

費者接受度提高，同時將失效風險降至最低，以達到企業永續經營之目標。TFT-LCD 對於現今人類生活而言，是一項不可或缺之產品且因科技不斷快速發展下，使得面板需求瞬息萬變。然而，TFT-LCD 於新產品開發過程所投入與耗費之成本及為可觀，當決策者所做之決策發生錯誤，很可能對於企業組織影響甚鉅，故如何使 TFT-LCD 新產品開發過程當中，能有效且快速推出市場並降低新產品失效之風險，即顯得相當重要。

本計畫以如何進行綠色及低碳新產品開發與綠色供應商選擇為研究目標。本研究以模糊理論(Fuzzy set)之概念結合模糊品質機能展開(FQFD)、模糊德爾菲(FDM)、模糊詮釋結構模式分析(FISM)、模糊分析網路程序(FANP)、失效模式分析(FMEA)等方法發展一系列多目標決策之模型。由於環境之汙染造成全球暖化之現象不斷發生，且人類對於綠色環保意識抬頭，許多過往之生產方式已不敷使用，故綠色管理已成為一重要之課題，然而研究中發現綠色及低碳對於 TFT-LCD 新產品開發之關鍵準則皆停留在符合現行環保法規下，而未有更進一步綠色環保之推動，主要原因為投入與產出結果入不敷出，且並無明確之準則可供企業遵循，但基於企業對於環境保護須更進一步發揮其社會責任，故本階段研究目標是將 TFT-LCD 綠色及低碳新產品開發之顧客需求，發展出可供企業執行之工程特性準則，該階段運用 FANP-QFD 發展一系列之模型外，因新產開發過程單從顧客需求角度進行分析稍嫌不足，故本計畫加入研發成本、研發時間、製造可行性、技術提升與風險控制等多角化分析，並將所得權重進行線性規劃之多目標決策分析；同時，為避免關鍵準則於未來施行上發生失效風險，故加入失效模式與效應分析(FMEA)法找出潛在發生失效之原因，並與專家討論後給予可能改善之方案。

然而再供應商選擇階段之研究中發現，近年來有許多專家學者針對供應商選擇亦提出以 FANP 中的超矩陣(Supermatrix)運算模型，但並未將低綠色低碳之因子納入供應商評選規範中，且許多研究對於模型中假設條件過多且過於簡化，其需考量之準則因子亦不夠周詳。本計畫第二年對於綠色供應商評選機制與方法更加深入探討，同時將供應商選擇中所許考量之複雜因子，透過專家訪談與文獻蒐集，經過反覆訪談與評估確認所需評估之準則，並以專家評比與相關權重計算。本計畫模型將有效提供決策者未來於 TFT-LCD 新產品開發與供應商選擇過程當中一項重要之依據。

子計畫五：國道客運因應低碳經濟時代環保駕駛行為機制之建立

摘要

有鑒於全球氣候變遷對地球環境的影響愈來愈明顯，加上能源日益短缺的衝擊，提倡節能減碳早已成為國際重要的潮流與趨勢，而運輸部門是我國各部門溫室氣體排放之第二大排放部門，其中又以公路運輸為最大宗，因此針對公路運輸系統的運作，提出有效的節能減碳方案或策略，實屬當前重要的課題。在公路運輸系統中，大客車因屬長時間使用之職業用車輛，對於能源損耗與空氣污染之影響甚為可觀，不論政府或業者均必須針對低碳經濟時代的來臨提出因應之道，而建立職業駕駛人之環保駕駛行為則是有效的發展方向。本研究以國道客運業為對象，透過數位式行車紀錄器與業者實車營運資料之蒐集，建立一套以資料探勘為分析基礎的環保駕駛行為分析管理模式；而依據駕駛者訓練機制之需要，則利用固定式基底之大客車駕駛模擬器，開發虛擬實境場景，作為業者提升非環保駕駛者之駕駛績效的訓練與評估工具。本研究最後設計數項大客車駕駛模擬實驗，招募職業大客車駕駛者進行實驗，確立線上環保駕駛監控系統之效果，作為未來系統雛型發展之基礎。

關鍵字：環保駕駛、國道客運業、行車紀錄器、資料探勘、駕駛模擬。

Abstract

Energy saving and carbon reduction has become an important international campaign due to the significant influences of global weather change on the environment and the impacts of fuel shortages. In the greenhouse gases (GHGs) emission in Taiwan, the transportation sector is the second largest source which is only inferior to the industry sector. Highway transportation is the largest emission source in the transportation sector. It shows the importance of energy saving and carbon reduction in the highway transportation sector. In the fuel consumption and GHGs emission of the highway transportation, bus is one of the major sources due to its long-term driving on highways. Therefore, the government and bus service operators should develop effective policies or strategies for the coming of low-carbon economic age. Developing eco-driving behavior for professional drivers is one effective strategy. This study develops an eco-driving behavior analysis and management model based on data mining for freeway bus companies in Taiwan through the applications of digital tachographs and the collection of real bus operating data. According to the needs of bus drivers' training mechanism, virtual reality (VR) scenarios are developed based on a fixed-base bus driving simulator to be the training and evaluation tools for bus company operators to improve the driving performance of non-eco-driving drivers. Finally, the study designs several bus driving simulation experiments, recruits professional bus drivers, and conducts the experiments to verify the effects of on-line eco-driving monitoring systems. The experimental results will be a helpful base for the future development of system prototypes.

Keywords: Eco-driving, Freeway Bus Company, Tachograph, Data Mining, Driving Simulation.

一、研究背景與目的

有鑒於全球氣候變遷對地球環境的影響愈來愈明顯，加上能源日益短缺的衝擊，提倡節

能減碳早已成為國際重要的潮流與趨勢；而自 2005 年 2 月 16 日「京都議定書」生效後，全球各國在該國際公約的要求共識下，莫不積極提出重要的因應對策，以管制溫室氣體排放。2007 年聯合國氣候變化綱要公約委員會在印尼峇里島所舉行的 COP13 會議中，更通過包括峇里島行動計畫等決議文，規劃在 2009 年完成後京都談判工作，討論未納入公約附件一之其他國家的溫室氣體減量責任。因此，節省能源並減少溫室氣體排放，已成為地球村所有成員所需面對的重要課題。在我國各部門溫室氣體排放上，運輸部門是僅次於工業部門之第二大排放部門，約佔 14~15%，主要是來自石化能源燃燒所致，其中又以公路運輸為最大宗，以 2007 年為例，公路運輸系統能源使用量約佔運輸部門總能源使用量之 95.2% [1]，遠遠超過同期的其他運輸系統能源使用量，顯見公路運輸系統節能減碳的重要性。

在公路運輸系統之能源使用與溫室氣體排放中，除了小客車與機車主要是因為數量龐大（至 2012 年 7 月底止，我國的機動車輛登記數已有超過 600 萬輛的小客車及 1,500 萬輛的機車[2]）導致能源使用量與溫室氣體排放量大之外，大客車、大貨車及聯結車等大型車則是由於多屬長時間使用之職業用車輛，對於能源損耗與空氣污染之影響亦甚為可觀。因此，政府節能減碳政策的發展，除了一方面要儘量發展大眾運輸系統以抑制私人運具之小客車與機車成長外，另一方面也要積極改善大客車等公路大眾運輸系統及大貨車、聯結車之能源使用。

基本上，近年來各國政府在推動車輛使用之節能政策方面，主要可區分為兩大類：第一類為鼓勵替代能源車輛之開發與使用，以台灣為例：目前已有台北市及新北市補助客運業者購買油電混合大客車，而部分公司亦已開發出純電動之大客車；另一類則為降低行駛在道路上車輛之能源損耗與空氣污染，如積極汰換老舊車輛、提倡環保駕駛(Eco-driving)觀念。另依據 Zarkadoula et al. [3]之研究發現駕駛人透過環保駕駛的訓練，將可大幅減少車輛之油耗支出。大型車環保駕駛對國家與社會之整體層面而言，除可節省能源，亦可降低空氣污染；對經營業者而言，更可大幅降低油耗成本，並減少車輛零件之損耗，因此許多客運公司或貨運公司均設有「節油獎金」，鼓勵駕駛員儘量避免怠速、超速、急加速與急減速等較易耗油之行為發生。

近兩年由於油價的高漲，台灣地區汽車運輸業者對於如何節省燃油成本均十分重視，大部分業者均透過駕駛規章，提供駕駛員各項節能技巧，再利用每部車之燃油支出與實際行駛里程數，計算各駕駛員所駕駛單位里程之油耗量，並依此加以獎懲；另有部分業者則透過數位式行車紀錄器紀錄駕駛員行駛過程中之各項操控行為，如：每個時間點之行車速率、引擎轉速、檔位資料、加速率及減速率等數值，並依據經驗訂定相關門檻值，作為考核駕駛員之依據，其中各項門檻值之訂定則涵蓋油耗、操控平穩度、安全性等層面之考量，如蔡宗憲[4]、潘偉南[5]、高啟涵[6]、張季倫[7]等利用客運業者所裝置之數位行車紀錄器資料進行各項駕駛行為之分析，亦將行車紀錄器資料運用於油耗之分析。然目前對於駕駛員之駕駛行為監控已逐漸由傳統之被動式資料蒐集提升到主動式之警告，如超速警示系統、防撞警示系統、疲勞警示系統等先進安全設備，而環保駕駛行為是否能像先進之安全系統一樣，主動提供駕駛人適當之環保駕駛資訊，將目前被動式之監控方式提升到主動式的即時監控層面即為一重要之研究課題。

綜上所述，不論就永續發展的節能減碳全球化趨勢而言，或是永續經營的燃油成本節省角度而言，台灣運輸服務業勢必針對低碳經濟時代的來臨提出因應之道，而透過先進技術

之研發與應用，建立職業駕駛人之環保駕駛行為，則是有效的發展方向。因此本研究以國道客運業為對象，透過數位式行車紀錄器與業者實車營運資料之蒐集，建立一套以資料探勘為分析基礎的環保駕駛行為分析管理模式；而依據駕駛者訓練機制之需要，則利用固定式基底之大客車駕駛模擬器，開發虛擬實境場景，作為業者提升非環保駕駛者之駕駛績效的訓練與評估工具。本研究最後並設計數項大客車駕駛模擬實驗，招募職業大客車駕駛者進行實驗，確立線上環保駕駛監控系統之效果，作為未來系統離型發展之基礎。

本研究具體目的包括如下：

- (1) 透過文獻回顧整理，探討以數位式行車紀錄器資料進行環保駕駛分析之適宜性。
- (2) 分析影響油耗之主要駕駛行為因素及該行為對油耗之影響程度。
- (3) 建立車速與油耗、二氧化碳排放關係式。
- (4) 蒐集實際駕駛行為與油耗數據，建立環保駕駛行為分析管理模式，以作為客運業者進行司機駕駛管理與改善的依據。
- (5) 利用中華大學大客車駕駛模擬器，設計各項實驗場景，以作為駕駛訓練的工具。
- (6) 開發線上環保駕駛監控系統之核心模組，並進行駕駛模擬實驗，以確認系統之效果。

二、文獻探討

溫室氣體 CO₂ 之排放與行車耗油狀況息息相關，而一般影響行車耗油之因素，大致可歸納為車輛、交通、道路、天候與駕駛等因素[8, 9]。然而在實際應用時，耗油量之計算通常只能以數項較重要的因素來加以考量，本研究整理國外及國內有關行車耗油與溫室氣體排放之計算公式或方法[9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16]後發現，行車耗油率可由車速來加以推估，因此蘇昭銘等人[17]在整理國內運輸部門與環保部門在運輸工具能源使用與溫室氣體排放之相關研究[8, 18-24]後，建議能源消耗之分析公式，可以車速為主要影響變數，再建立相關的公式來加以推估耗油率，及依各車種行車速率與里程，計算總耗油量；至於溫室氣體 CO₂ 之推估，可採用車行里程排放係數法與單位燃料消耗排放係數法，惟其排放係數值之應用，尚缺乏一致標準，有必要進一步深入評估分析。

另外，在利用客運業者所裝置之數位式行車紀錄器資料進行各項駕駛行為與油耗之分析部分，國內已有多項研究[4, 5, 6, 28]確認其可行性。基本上，數位式行車記錄器可擷取之資料包括：駕駛員交通違規資料、駕駛員肇事資料、駕駛員基本資料、駕駛員駕駛資料等，其中駕駛資料中的旅次時間、車輛累積里程數、車輛最高行駛時速、超速時間、超速次數、引擎最大轉數、超轉數時間、超轉數次數、最大煞車速率、緊急煞車時間、緊急煞車次數、經濟駕駛區域外時間、怠速過久時間、怠速過久次數、怠速時間、準備時間、最大加速率、急加、減速時間、急加、減速次數更是衡量油耗的重要指標。因此，數位式行車紀錄器可用來作為蒐集環保駕駛行為資料之有利工具。

在駕駛行為訓練與先進式系統開發評估部分，駕駛模擬器則是相當有效的技術。國內有關大客車駕駛模擬器研究之相關發展，張建彥等人曾應用大客車駕駛模擬器與即時臉部和凝視追蹤系統(faceLAB)，從事大客車縱向防撞警示系統、跟車駕駛行為反應、駕駛者視覺能力、路口之大客車與行人防撞警示系統等相關研究[25-37]。顯示大客車駕駛模擬器確實可提供作為大客車駕駛者行為分析之有效工具。

環保駕駛為近年來相當重要的課題，由於運輸系統是主要的移動污染源，因此許多研究

均提供如何有效地節能駕駛或環保駕駛[38, 39]，也提出其未來發展的重要方向與系統技術[40]。這些相關文獻的環保駕駛概念，雖以小客車為主，但仍可作為本研究發展大客車環保駕駛監控系統之核心模組的基礎。

三、研究方法與成果

依據研究目的，本研究所完成之主要項目包括車速與油耗、二氧化碳排放關係式、環保駕駛行為分析管理模式、大客車駕駛模擬場景及線上環保駕駛監控系統模組之實驗設計，其採用之方法與成果，分述如下：

(一)車速與油耗、二氧化碳排放關係式

依據以往相關文獻之回顧整理可以發現，車速為能源消耗與溫室氣體排放公式之主要影響變數，而交通部運輸研究所完成之研究計畫「車輛動態能源消耗與溫室氣體排放特性之研究—以大客車為例(1/2)」[41]中，已有相關的實車測試資料。因此，本研究乃應用該資料，透過多項式迴歸法，建立車速與油耗、車速與二氧化碳排放之關係式，如表 3.1 所示。其中，最佳速率為 67(公里/小時)，在該速率下，平均耗油率約 0.126 ~ 0.139(公升/公里)，平均二氧化碳排放率約 334.70 ~ 361.71(公克/公里)。

表 3.1 車速與油耗及二氧化碳排放之關係式

速限 (公里/小時)	推估項目	樣本數	公式	R ²
100 或 110	油耗	100	Fuel=1.83-0.05V+0.000372V ²	0.44
	CO ₂	100	CO ₂ =4830.86-132.53V+0.98V ²	0.44
90	油耗	100	Fuel=1.58-0.0435V+0.000325V ²	0.54
	CO ₂	100	CO ₂ =4181.50-114.99V+0.86V ²	0.54
公式中各變數之定義				
Fuel：耗油率(公升/公里)。				
CO ₂ ：二氧化碳排放率(公克/公里)。				
V：大客車車速(公里/小時)。				

(二)環保駕駛行為分析管理模式

本研究蒐集業者之實車營運資料，利用數位式行車紀錄器及資料探勘分析方法，建立環保駕駛行為分析管理模式，如圖 3-1 所示，詳細分析過程與實例應用可參考 Chang et al. [42]。而從實例應用之結果發現，相對較不節油的族群，其明顯的共同特色為轉速標準差約大於等於 556，且高轉低速比例介於 0.06 與 0.82 間；而相對較節油的族群，其高轉低速比例小於 0.06，且轉速標準差介於 430 與 468 間。因此，減少高轉低速比例與維持穩定轉速為客運公司節省油耗的首要管理目標或司機環保駕駛訓練的目標。

(三)大客車駕駛模擬場景及線上環保駕駛監控系統模組之實驗設計

本研究整合大客車駕駛模擬器與即時臉部和凝視追蹤系統(faceLAB)(如圖 3-2 所示)，設計相關的場景並進行實驗設計，其中線上環保駕駛監控系統模組的功能，包括市區號誌化路口燈號轉換即時警示功能設計、高速公路跟車駕駛警示功能設計、以 WAVE/DSRC 為基礎的高速公路前方車速顯示功能設計，透過這三項功能之設計，改善駕駛者之急加速、急減速行為，其駕駛模擬實驗設計與結果分別說明如下。

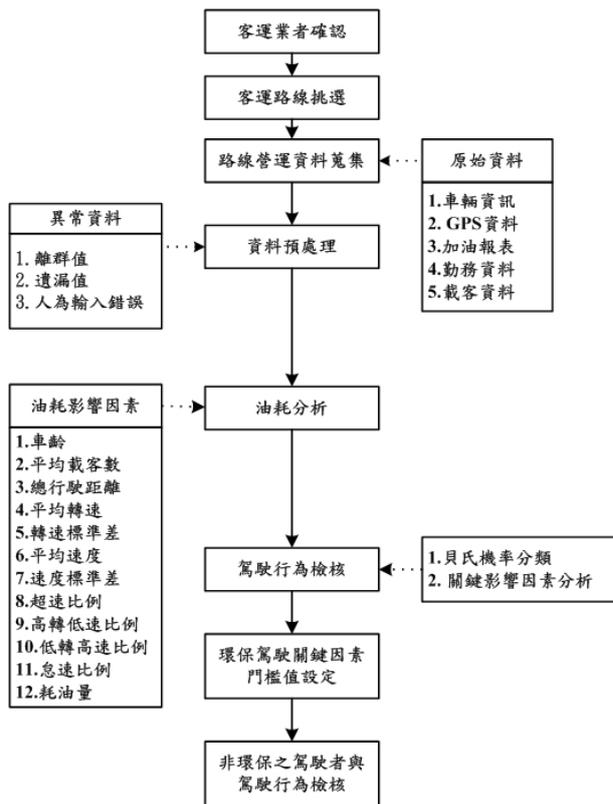


圖 3-1 環保駕駛行為分析管理模式



圖 3-2 大客車駕駛模擬器與 faceLAB 整合之硬體配置圖

1. 市區號誌化路口燈號轉換即時警示

本實驗設計之主要目的在於了解大客車駕駛者於市區道路號誌化路口時，因號誌轉換紅燈時相時，提供預先警示，對於駕駛者之反應與減速效果，場景如圖 3-3 所示，至於詳細的實驗設計與結果，可參考 Chang and Wei [43, 44]。大致上，提供警示功能後，駕駛者之感知反應時間與減速率均可有效降低，對於安全與節能效果之改善，有所助益。從實驗中也發現，最佳之警示時機為臨近路段距路口停止線前 80 公尺處。



圖 3-3 市區號誌化路口燈號轉換即時警示實驗之場景圖

2. 高速公路跟車駕駛警示

本實驗設計之主要目的在於了解高速公路大客車駕駛者因應前車減、加速狀況下，有無提供警示功能之環保駕駛改善效果。實驗場景如圖 3-4 所示。實驗結果顯示，提供警示功能後，可有效降低駕駛者之感知反應時間與減速率，具有安全與節能之效果。



圖 3-4 高速公路跟車警示實驗場景圖

3. 高速公路前方車速顯示

先進車載資通訊技術的迅速發展，使得車輛間的即時交通資訊蒐集、傳送、處理、發布等功能更為提升。國內工業技術研究院所開發之車載資通訊平台 WAVE/DSRC 即是一套專門設計用於建置智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)的整合無線通訊平台[45]。其中 WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments)是專供車輛環境之無線通訊存取，至於 DSRC (Dedicated Short Range Communication)則是短距通訊，故 WAVE/DSRC 包括兩部分之通訊端：車載端與路側端，車載端係由車輛安裝車上單元(On-Board Unit, OBU)進行訊號之收發；路側端則是以裝設在路側信號桿之路側單元(Road Side Unit, RSU)與 OBU 進行通訊。WAVE/DSRC 通訊平台可以支援許多不同的通訊應用，包括車內、車間(V2V)、車路(V2R)和車輛與運輸設施(V2I)之通訊等。因此透過 WAVE/DSRC 之應用，可發展前車車速即時顯示之車載平台(即車機)系統。本實驗設計之主要目的即在於評估此系統對於高速公路大客車駕駛者因應前車車速之加、減速節能效果。實驗場景如圖 3-5 所示。實驗結果顯示，此系統可有效降低駕駛者之感知反應時間與減速率，具有安全與節能之效果。



圖 3-5 高速公路前方車速顯示實驗場景圖

四、結論與建議

本研究透過數位式行車紀錄器、大客車駕駛模擬器、WAVE/DSRC 等先進技術，以及統計分析、資料探勘、虛擬實境等相關理論與軟體之整合應用，建立一套符合國道客運環保駕駛行為分析管理模式，以及具有市區號誌化路口燈號轉換即時警示、高速公路跟車駕駛警示、高速公路前方車速顯示等功能概念之線上環保駕駛監控系統的駕駛模擬評估場景，而實驗設計的結果顯示這些功能設計對於改善大客車駕駛者之急減速反應，從而減少油耗與二氧化碳排放，均有正面之效益。其中，各項模擬實驗場景即可作為駕駛訓練的工具。

至於未來發展方面，開發「環保駕駛行為管理系統」與「線上環保駕駛監控系統」為重要的兩大研究方向，而本研究之成果可作為這兩大系統發展的基礎。

子計畫六：綠色消費之教育介入

一、研究背景

隨著生活品質與經濟的快速成長，人們進行消費及使用自然資源的方式，已使自然環境受到破壞並且無法跟上環境自我復原的速度。近年來，人們體驗到因過去恣意的消費所帶來的噩夢，許多研究者投入了綠色消費相關領域之研究，重點不一，例如：生態行銷(Fisk, 1974; Henion & Kinnear, 1976)；綠色消費(Smith, 1998)；綠色行銷(Charter, 1992)；環境消費(Coddington, 1992; Peattie, 1995)，商品之可回收以及可再利用(Van Dam & Apeldoorn, 1996; Fuller, 1999)等。而其中，最熱門的探討議題為綠色消費相關議題，早期的研究多為美籍學者如：Kassarjian, 1971; Zikmund and Stanton, 1971; Henion, 1972; Fisk, 1974; Kangun, 1974; Kinnear, 1974; Henion and Kinnear, 1976; Perry, 1976；在 80 年代末和 90 年代初更擴大了研究熱潮，蔓延到亞洲以及歐洲大陸(Peattie, 1992; Coddington, 1992; Mintu Winsatt & Lozada, 1996)，均致力於探討綠色消費對於環境所能帶來的好處。在此同時，隨著生態反撲與生態危機的案例日益增多，各國的環保學者也相繼投入綠色消費行為之研究(Atasu, Sarvary & Van Wassenhove, 2008)，成為各國政府最重要的環境功課之一，希望藉由消費者選擇綠色商品，進而影響產品的生產、製造過程及銷售方式，以減少地球污染的負荷。

在高人口密度，以及自然資源缺乏的不良環境下，如何進行有效的宣導引發國人對環境的覺知，落實綠色消費行動，最重要的就是從最根本的教育下手。到目前為止綠色消費及環保意識仍未成台灣高等教育中通識課程的必要內容，多是以融入各課程的方式教學，雖然看起來好像無所不在，但實際上卻沒有真正且最確切的教育以及討論，綠色消費行為是無法用法令強制規定，只有靠自覺自發的方式進行，所以教育大專院校學生綠色消費的理念並實踐亦是刻不容緩的課題。本研究主要是希望能夠系統地來探討綠色消費的行為，認知與態度，透過模式建立以了解研究對象對綠色消費行為的前因後果，並利用教育介入深入其中探討，並依照實際執行的結果提供意見，使其綠色消費的觀念能夠更加融入在生活中。希望透過教育，讓大專院校學生關懷環境議題，建立環境保護的正確觀念及環保行為的養成，進而影響家人，遏止環境的持續惡化。目前國內對於綠色消費的研究，多針對學生、教師或是社區居民等進行(呂正成, 1994; 吳瓊斌, 1997; 黃齡儀, 2000; 李淑清, 2002; 李志敏, 2003; 賴月雲, 2006; 趙琳輝, 2006; 李偲華, 2007; 林齊誠, 2008; 林美如, 2009; 李雅儒, 2010)。為了因應現代商業消費活動之多元化，有關綠色消費之相關定義與範圍須與時並進，並考量大專院校學生為將來消費之主力與代表，故本計畫希望藉由跨理論模式了解大專院校學生目前所處之綠色消費行為階段，並整合健康信念模式與自我效能提出綠色消費行為模式，探討對於綠色消費認知、態度及行為之表現現況與關聯。並透過教育介入，了解研究對象經綠色消費教育計畫介入前後之行為改變，探討其中影響效果，並將研究結果提供國內實施綠色消費教育推廣工作之參考。

二、文獻探討

跨理論模式(Transtheoretical Model; TTM)是由 Prochaska & DiClement 二人(1982)所發展出來的，整合了主要心理學的行為改變的理論，是自 1990 年代發展的主要的健康促進理論之一。此模式用來探索在沒有專家介入的自然情境下，個案如何成功的自我改變

。目前此理論模式多使用於修正負向的問題行為或成癮性行為，並未有綠色環保相關議題與跨理論模式結合的實證研究。而健康信念模式 (Health Belief Models, HBM)是以期待

價值理論為基礎，運用動機與認知的角度來預測、解釋人們相關的健康行為的理論模式（Rosenstock,1974）。「健康信念模式」被國內外多位學者認為是最能預測並解釋個人的健康行為，在許多疾病行為及預防性健康行為的研究領域裡，常見以健康信念模式為研究理論基礎來進行探討（李守義、周碧瑟、晏涵文，1989；Becker, 1974；Janz & Becker, 1984）。另外，自我效能(self-efficacy)是源自於 Bandura 社會學習理論(social learning theory)的重要觀念之一（A. Bandura, 1986）。因其預測力極佳，故近年來已被國內外學者成功廣泛應用於許多健康行為的領域上，研究顯示自我效能可用來預測及解釋行為，亦是行為改變與維持的重要變項（Vries, 1988）。目前在國內已有針對環境教育的研究，但多從節能著手，至今也仍未有綠色消費的信念、行為與教育介入相互整合之實證研究。

三、研究方法

本研究採用準實驗之「實驗組對照組前後測設計」之方式進行。在活動介入前，實驗組和對照組分別接受前測，以做為評量實驗結果的基礎；綠色消費計畫介入後進行後測，以觀察活動介入的效果。實驗組於四個月後再進行後後測，以觀察其延宕效果。

1.研究對象

本研究研究對象是以立意取樣的方式選取某大專院校不同學院不同系所的二年級同學為樣本，實驗組共計 143 人、對照組共計 121 人，參與研究人數合計 264 人，追蹤其綠色消費行為階段的變化，並探討其相關影響因素。

2.研究工具

本研究所使用之工具分為二部份：問卷、教育活動及教案。

研究者參考 Becker 等人的健康信念模式（Health Beliefs Model）（Becker, Drachman & Kirscht, 1974）、跨理論模式(Transtheoretical Model；TTM)、Bandura 社會學習理論(social learning theory)中的自我效能(self-efficacy)觀念及 Koulaidis & Christidou(1999)等國內外與綠色消費相關的研究文獻，提出研究目的與理論架構，並編製了「大專生對綠色消費知識、態度與行為之調查問卷」，經專家內容效度評定與預試處理後，最後完成問卷設計，作為前、後測與後後測評量工具。並以 SPSS 進行描述性統計、T 檢定、單因子變異數分析，再用以 AMOS 統計軟體進行模式分析。

教育介入課程計畫包括進行綠色消費知識的傳授、媒體教學、討論、資訊融入教學、角色扮演、實作；使用之教學工具為媒體影片，學習單，綠色消費行為紀錄表，環保署綠色消費生活網站、角色扮演等道具，希望學生能在學習中，達到行為改變的目的。

表 1 各構面量表信度分析表

量表	分量表	Cronbach's α 值	整體信度
綠色消費認知	4R	0.708	0.760
	環保認知	0.503	
綠色消費態度	個人責任	0.793	0.854
	政府與企業責任	0.721	
	消費表態	0.654	
綠色消費行為	個人行為	0.777	0.870
	購買選擇	0.753	
	消費信念	0.573	
		總體信度	0.927

3.活動程序：

教育介入前：

實驗組與對照組分別實施問卷調查前測，就其目前的認知與行為予以填答。

教育介入：

本研究對於實驗組的學生給予教學，對照組則不處理。課程介入時間為期五週，每週實施兩節課，每節課50分鐘。研究者自編綠色消費教案進行教學，利用影片觀賞、互動式媒體教學等，讓大專生瞭解到綠色消費行為的重要，經由討論喚醒其意識與情感，檢視自己與家人平時從事綠色消費活動的程度，並利用給予紀錄表及加分，增強其綠色消費行為的持續出現。

介入後：

完成五週課程介入後，進行後測並填寫教育介入活動評量表，給予教學者回饋，並做為資料分析的內容。另進行後後測，分析實驗組與對照組之延宕效果。

4.實例

以某大專院校不同學院不同系所的二年級同學為研究對象。以SPSS 18.0 for Windows進行資料分析

教育介入前

實驗組與對照組分別實施問卷調查前測，就其目前的綠色消費認知與行為，予以填答。

教育介入

研究發現改變階段和改變方法的整合，可提供有效的介入指引(Marcus et al., 1992)。實驗組分為兩組，綠色消費行為階段在無意圖期與意圖期者編為A組，綠色消費行為階段在準備期、行動期、持續期者為B組，分A、B組由兩位老師於同時分兩間教室上課。本研究教育介入時間為五週，每週兩節共十節，實驗組的學生接受介入教學，對照組不做任何處理。研究者自編綠色消費教案進行教學。利用媒體讓大專生了解地球目前遭遇的浩劫，經由討論喚醒其意識與情感，評價檢視其平時本身與家人從事綠色消費活動的程度，促使其改變行為階段，瞭解到綠色消費行為的重要，教師給予紀錄表及環保

光碟增強其綠色消費行為的持續出現。

教育介入後

完成五週教育介入後，研究者實訪問卷調查後測。並填寫教育介入活動評量表，給予教學者回饋，並做為資料分析的內容。四個月後進行後測分析實驗組之延宕效果，對照組不施測。

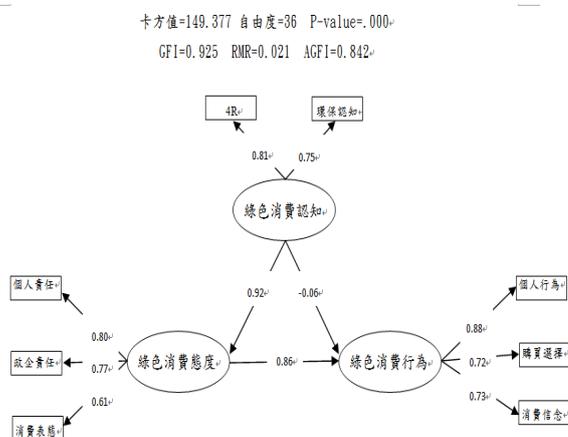


圖1 模式路徑圖

樣本的「綠色消費認知」總體平均數為4.017，程度為中等偏高，對於綠色消費的認知多為4R，其中對於重複使用以及資源回收認知程度較高，但對不應該進行動物實驗此一選項之知識較為不足，且樣本群間差異頗大。研究樣本在「綠色消費態度」之總體平均數為4.086，屬於良好之程度，以「個人責任」之程度最高，而「消費表態」之程度最低，表示大專院校學生之「綠色消費態度」主要展現個人喜好上，對於願意付出更多消費成本此一選項之認同最低，樣本間表態差異也最大。研究樣本之「綠色消費行為」之總體平均數為3.846，表現情形尚可，在綠色消費行為之三構面中，以「個人行為」程度最高，「購買選擇」程度最低，其研究結果與George Stone, et al. (2010)在有關消費者環保行為之研究之結果大致相同，其結果表示大專院校學生對於從事綠色消費行為多從自身行為做起。在此一量表中，以資源回收之行動表現最高，但在願意支付更多的金錢此選項之認同度最低，樣本間表態差異也較大。

研究發現大專院校學生在綠色相關議題上，綠色消費態度的支持較行動力強，目前對於綠色消費認知較多以「4R」為主，在綠色消費之行動展現上，不同資訊來源者有顯著差異，且以公共資訊來源者之各項程度多較個人來源者佳。另，研究發現家中有不同程度之綠色消費相關設施或行為之受訪者有所差異，家中綠色消費行為及設施較少者多半都以個人能夠輕易從事之綠色消費行為為主，但當遇到與自身利益無關或是非自身能夠完成之綠色消費行為較有可能選擇放棄從事綠色消費行為。而家中從事綠色消費行為以及設施較多者較願意從多方面著手進行綠色消費行為，較不會因為個人因素而放棄從事綠色消費行為。

受訪樣本之「綠色消費認知」對「綠色消費態度」有正向影響；「綠色消費態度」對於「綠色消費行為」有正向之影響；「綠色消費認知」對於「綠色消費態度」

呈現正相關，而「綠色消費認知」對於「綠色消費行為」呈負相關。以大專院校學生之「綠色消費認知」程度來看，「4R」對於綠色消費認知影響較深，故應該要持續獎勵並且倡導「4R」之政策，而大專院校學生之「環保認知」對於「綠色消費認知」之影響較小，且標準差也較大，表示大專院校學生對於環保認知有明顯的差異，故應要將環保認知之相關知識，納入課程中，以及增加宣導活動，以強化大專院學生之環保認知，減少差異，使整體「綠色消費認知」程度提高。以「綠色消費態度」之程度來看，以「個人責任」對於「綠色消費態度」之影響程度較大，而「消費表態」最小，且標準差最大，故可以以獎勵的方式加強大專院校學生對於個人責任的信心，並且加強宣導期望大專院校學生在購買產品時能夠選購綠色消費產品，並且了解使用綠色消費產品所能帶給其利益，以提高總體大專院校學生對於「綠色消費態度」之程度。以「綠色消費行為」來看，其中以「個人行為」之程度最高，故應該要增加相關獎勵以及活動以鼓勵已從事之綠色消費之個人行為。而購買選擇之程度較低，標準差較大，表示再購買選擇的部分，大專院校學生有明顯之差異。故應提供購買綠色消費產品之優惠資訊，以及提供獎勵給購買綠色消費產品之大專院校學生，以提高大專院校學生在從事綠色消費行為時選購綠色消費產品之機會，減少大專院校學生在購買選擇上之差異，提高總體綠色消費行為程度。

前測資料中，實驗組及對照組之性別、綠色消費認知、綠色消費行為階段、綠色消費行為改變方法、自覺綠色消費利益、綠色消費行為自我效能、綠色消費行為社會支持等項目，經統計檢定，兩組並無顯著差異；在自覺綠色消費障礙，對照組平均數高於實驗組，遂進行控制介入前差異，並產生效果。後測資料中，實驗組與對照組之綠色消費認知、綠色消費行為階段、自覺綠色消費障礙、綠色消費行為社會支持等項目，經統計檢定，兩組有顯著差異；自覺綠色消費利益、綠色消費自我效能，則無顯著差異。實驗組在計畫介入實施後，綠色消費認知、綠色消費行為階段、自覺綠色消費利益、自覺綠色消費障礙、綠色消費行為自我效能、綠色消費行為社會支持等變項，與前測有顯著差異，具立即效果。對照組在綠色消費認知、綠色消費行為階段、自覺綠色消費利益、綠色消費自我效能與前測有顯著差異。本研究發現實驗組各社會心理因素與認知效標具有顯著差異，部份實驗對象有綠色消費行為階段提高的情形，但延宕效果不佳，僅自覺綠色消費障礙與綠色消費社會支持具延宕效果。本研究認為社會的支持（家庭力量）在綠色消費行為中扮演非常重要的角色，未來可延此一併進行家庭教育來強化行為的持續性。另外，不論是在前測或教育介入後之後測、後後測，均顯示「自我效能」對綠色消費行為可能性均具有顯著性影響，也就是說「自我效能」是行為改變最重要的條件，高自我效能者其行為動機較強。

四、結論與建議

綠色消費已成為全球的課題，面對環境問題，問題出在教育，希望也在教育。跨理論模式強調行為的改變是一種動態的過程，在不同的改變階段可運用不同的方法策略，以協助新行為的發展與建立；而行為改變的方法可以預測目標行為在各個行為階段之間的移動。本研究主要探討大專院校學生之綠色消費行為模式；並在經綠色消費教育計畫介入後，

其綠色消費行為階段分布、相關認知、自我效能等之關係，以及介入成效的評估，以提供實施綠色消費教育推廣工作之參考。本教育介入計畫包括綠色消費知識的傳授、媒體教學、討論、資訊融入教學、角色扮演；使用之教學工具為媒體影片，學習單，綠色消費行為紀錄表，以及環保署綠色消費生活網站。由研究結果顯示，家庭教育在綠色消費相關議題不應缺席，故建議相關單位舉辦家庭成員共樂之綠色消費相關活動，或是協助並鼓勵民眾在家中擺放與實施相關設施。因應女性消費時代的來臨，鼓勵廠商針對女性族群的需求與消費習性，結合綠色消費知識與行動，創造行銷焦點與話題。若各級學校配合政府政策，多加關注綠色消費之相關議題與知能，納入在課程規劃與活動設計中，並率先於校園由師長帶領直接履行綠色消費行為，例如：增貼綠色消費相關知能標語、舉辦跳蚤市場，給予學生減量以及重複使用之概念、宣導在學生餐廳使用自備碗筷、拒用免洗碗筷之學生可享環保折扣、校園內僅可自行車代步、餐廳食物採買之綠色考量等活動，提高學生之綠色消費認知以及態度，以提升大專院校學生從事綠色消費行為。

參考文獻

子計畫一：低碳經濟時代下對企業社會責任的重新審視

- [1] Baines T., Integration of Corporate Social Responsibility Through International Voluntary Initiatives, *Indiana Journal of Global Legal Studies*, 2009, Vol. 16, (1), pp.223-248
- [2] Carroll, Archie B., Corporate Social Responsibility: Evolution of a definition Construct, *Business and Society*, 1999, Vol.38, Iss.3, pp. 268.
- [3] Carroll, Archie B., Managing Ethically with Global Stakeholders: A present and Future Challenge, *Academy of Management Executive*, 2004, Vol.18, Iss.2, pp.114-120
- [4] Chia Guai Chen, Cyun Huei Huang et al., Research Report on Corporate Social Responsibility of China 2010. The Publisher for Social and Scientific Literature. Beijing, China, 2010, pp.124-148.
- [5] Chun Shan Chen, Seven Global Trends of Corporate Social Responsibility, *Journal of Sustainable Development*, 2009, Vol.40, pp.18-25
- [6] David, H., The Case Against Corporate Social Responsibility, *Policy*, 2001, Vol.17, Iss.2, pp.28-32
- [7] Gobbles, M. & Jonker, J., AA1000 and SA8000 Compared: A Systematic Comparison of Contemporary Accountability Standards, *Managerial Auditing Journal*, 2003, Vol.18, Iss.10, pp.54-58.
- [8] GRI, Global Reporting Initiative Year in Review, Date visited: Dec.20, 2009
- [9] <http://www.globalreporting.org/>
- [10] <http://www.iisd.org/>
- [11] <http://csr.moea.gov.tw>
- [12] <http://www.csrtaiwan.org/index.php>
- [13] <http://www.bcsd.org.tw>
- [14] <http://www.sa-intl.org/>
- [15] Mei Shuei Chen, A study on Current Social Responsibility- Review on the standards of Taiwan CSR Performance Measurement, EMBA of National Cheng Kung University, Taiwan, 2008.
- [16] Nurhayanto, A Research on Consumers' Awareness Toward Corporate Social Responsibility Activities, *Asia University*, 2009.
- [17] Porter, M. E. & Kramer, M. R., The Competitive Advantage of Corporate Philanthropy, *Harvard Business Review*, 2002, Vol.80, Iss.12, pp.57-68
- [18] Porter, M. E. & Kramer, M. R., Strategy and Society, The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility, *Harvard Business Review*, Dec. 2006.
- [19] Sau Bin Lin, Yu Cheng Lee and Chia Yen Wu, "The Comparison of Evaluation Systems for Corporate Social Responsibility," The 2010 Seminar for corporate competition and management in Chinese Economic Circle, pp.4636-4656.
- [20] You Huan Li, Bluebook of Constructing Corporate Social Responsibility of China 2010, Ren Min Press, Beijing, China, 2010, pp.76-146

子計畫二：國內產業因應能源稅徵收之衝擊與對策

- 中國鋼鐵公司(2010)。中國鋼鐵公司企業社會責任報告書 2010 年。高雄市：中國鋼鐵公司。
- 世界煤炭協會(2005)。煤炭資源 2005 年。世界煤炭協會。
- 李憲佐、任少玫(2008)。能源稅是一帖經濟毒藥（上），稅務旬刊 2049 期，頁 7-12。
- 李憲佐、任少玫(2008)。能源稅是一帖經濟毒藥（下），稅務旬刊 2050 期，頁 7-14。
- 卓崧琰、黃國泰(2011)。全球第一家獲得 ISO 50001 驗證製造廠房推動經驗分享；友達光電能源管理系統建置及 SGS 驗證之經驗。品質月刊，47(10)。
- 金屬中心(2005)。鋼鐵年鑑 2004 年。台北市：金屬中心。
- 張西龍(2011)。後哥本哈根時代的能源管理。ABB 台灣客戶雜誌。2011(2)。
- 張育成、吳國光、焦鴻文(2010)。餘爐中的資源-煤灰。能源報導，2010 年 2 月，頁 14。
- 陳家祥(2004)編撰。鋼鐵冶金學。北京市：冶金工業出版社。
- 葉肇樞(2008)。中鋼公司節能減碳之管理與作法，海峽兩岸碳資產管理與發展論壇，中技社，2008 年 9 月。
- 劉國忠（2009）。能源稅資料蒐集分析與建議。98 年度秋季環境與能源研討會-兩岸低碳經濟與社會發展，中華經濟研究院。
- 蕭代基、黃耀輝、羅時芳、王京明(2006)。推動能源稅之影響評估及應有配套措施之研究。行政院經濟建設委員會委託研究計畫，計畫編號：95110802。台北市：財團法人中華經濟研究院第二研究所。
- 蕭代基、葉淑琦(1998)譯。OECD 原著。綠色稅制改革-OECD 最新環境稅報告(Environmental Taxes and Green Tax Reform)。台北市：台灣地球日出版社。
- 蕭輝煌(2008)。中鋼能源管理及節約能源經驗談。新竹市：工業技術研究院能源與環境研究所。
- Boulding, K. E. (1966). The economics of the coming spaceship earth. Environmental Quality in a Growing Economy. Baltimore: RFF/ Johns Hopkins University Press, 3-14.
- International Energy Agency (2010). Key World Energy Statistics 2010. Paris: International Energy Agency.
- ISO Central Secretariat(2011). Win the Energy Challenge with ISO 50001. Switzerland: International Organization for Standardization.
- The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) and World Resources Institute (WRI). (2001). The Greenhouse Gas Protocol A Corporate Accounting and Reporting Standard. Switzerland: WBCSD.

子計畫三：工廠碳標籤技術能力建置與低碳管理模式之研究

1. 顧洋，「未來幾年是關鍵-氣候暖化的挑戰與機會」，經濟部能源局能源報導，2012，頁 35。
2. Energy Center in NTU, NSTP(National Science and Technology Program-Energy,2009 國立台灣大學能源研究中心，能源國家型科技計畫，2009，頁 40。
3. 行政院永續會秘書處，有關推動我國碳標章(Carbon Label)，2008。
4. 英國標準協會，「PAS 2050 規範使用指南-如何評價商品和服務的碳足跡」，2008。
5. 陳穎柔，「沃爾瑪將採行碳揭露計畫-要求供應商呈報溫室氣體排放資料」，工商時報，2007。
6. 行政院環境保護署，台灣產品碳足跡資訊網 <http://cfp.epa.gov.tw/carbon/defaultPage.aspx>
7. 強殿英與文桂江，「國外碳會計基本內容及對其借鑑意義」，全國優秀經濟期刊-財會月刊，2011，頁 82-83。
8. 德勤中國研究與洞察力中心，「碳計量的會計挑戰:報告概述」，2010。
9. 伊娃兒撒布，「碳標籤制度 3 月啓動」，經濟日報，2010，A4 版。
10. 辜樹仁，「全球力推碳揭露-台灣企業醒了沒」，天下雜誌，第 387 期，2007，頁 254-256。
11. 鄭丁旺、汪泱若、黃金發與林宛瑩，「會計學-原理與應用」上冊，宜增文具印刷品行(2007)
12. 強殿英與文桂江，「構建企業低碳會計體系的思考」，會計新視野，第八期上，2010，頁 30-31。
13. 炬見工作室，「ERP 企業資源規劃-導論與個案」，博碩文化股份有限公司(2006)。
14. 蔡文賢、范懿文與簡世文，「進階 ERP 企業資源規劃:會計模組」，前程出版社(2006)。
15. Wu, H.H. and Hsu, T. F., "A study of CFL Evaluation Method for Manufacturing Plants", International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2012), March 26~28, Shanghai, China, 338-342(in Chinese).
16. Limnios, E.A.M., Ghadouani, A., Schilizzi, S.G.M. and Mazzarol, T., "Giving the consumer the choice: A methodology for Product Ecological Footprint calculation," Ecological Economics, 2009, 68, 2525-2534.
17. Finkbeiner, M., "Carbon footprinting – opportunities and threats," International Journal of Life Cycle Assess, 2009, 14, 91-94.
18. Wu, H. H., "The Issues of the Carbon Footprint Label Calculation from the View Point of Engineering and Business Management," International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2010), March 25~27, Chengdu, China, 3381-3384(in Chinese).
19. 2012 Carbon Disclosure Project <https://www.cdproject.net/en-US/Pages/HomePage.aspx>
20. Wu, H. H., Lee, C. C., and Kan, N. H., "A Study of Integration of ERP and Carbon Footprint Labels," Modern Management, Vol. 1, No.4, 294-302 (in Chinese) .
21. Singh Wahla, Ramnik. ,AICPA committee on Terminology, Accounting Terminology Bulletin No. 1, Review and Résumé.
22. Magal, S.J., and Word, J. (2010), "Integrated Bussiness Processes With ERP System", John Wiley & Sons Inc.

- 子計畫四：綠色及低碳之新產品開發與供應鏈管理-以台灣高科技產業為例
水野滋(1985)。陳耀茂譯，品質機能展開法，台北：大學圖書供應社。
- 林俊宇(2009)。TFT-LCD 顧客需求規劃評估模式之建構。未出版之碩士論文，中華大學工業工程與系統管理學系，新竹市。
- 徐村和(1998)。模糊德菲層級分析法。模糊系統學刊，4(1)，59-72。
- Almannai, B., Greenough, R. & Kay, J., (2008). A decision support tool based on QFD and FMEA for the selection of manufacturing automation technologies. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24(4), 501-507.
- Chang, P. C. & Wang, Y. W. (2006). Fuzzy Delphi and back-propagation model for sales forecasting in PCB industry. *Expert Systems with Applications*, 30, 715-726.
- Fowler A. (2009). Leading the way in low-carbon vehicles, *Energy leadership council senior specialist one north east*, Stella House.
- Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G. Tatsuta, R. & Mieno, H. (1993). The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets and Systems*, 55(3), 241-253.
- Lee, A. H. I. & Lin, C. Y. (2011). An integrated fuzzy QFD framework for new product development, *Flexible Services and Manufacturing*, 23, 26-47.
- Lee, A. H. I., Kang, H. Y., Yang, C. Y. & Lin, C. Y. (2010). An evaluation framework for product planning using FANP, QFD and multi-goal programming. *International Journal of Production Research*, 48(13), 3977-3997.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Sage, A. P. (1977). *Interpretive structural modeling: Methodology for large-scale systems*. New York: McGraw-Hill.
- Warfield, J. N. (1974a). Toward interpretation of complex structural modeling. *IEEE Transactions on Systems Man Cybernet*, 4(5), 405-417.
- Warfield, J. N. (1974b). Developing interconnection matrices in structural modeling. *IEEE Transactions on Systems Man Cybernet*, 4(1), 81-87.

子計畫五：國道客運因應低碳經濟時代環保駕駛行為機制之建立

- 1.交通部運輸研究所(2010)，「政府具體作為－運輸政策」，綠色運輸系統教育宣導網站，網址：<http://greentransport.iot.gov.tw/greenindex.aspx#>。
- 2.交通部(2012)，「交通統計－機動車輛登記數」，交通部網站，網址：<http://www.motc.gov.tw/mocwebGIP/wSite/lp?ctNode=550&CtUnit=94&BaseDSD=16&mp=1>。
- 3.M. Zarkadoula, G. Zoidis, E. Tritopoulou (2007), "Training Urban Bus Drivers to Promote Smart Driving: a Note on a Greek Eco-driving Pilot Program," *Transportation Research Part D*, Vol.12, No.6, pp.449-451.
- 4.蔡宗憲(2008)，「應用數位行車資訊結合駕駛行為與人格特質之油耗因子關聯研究」，國立台北大學統計研究所碩士論文。
- 5.潘偉南(2006)，「影響國道客運駕駛績效與油耗因素之探討」，國立成功大學交通運輸研究所碩士論文。
- 6.高啟涵(2006)，「運用資料採礦技術探討數位式行車紀錄器於公路客運駕駛員異常操作行為管理之研究」，淡江大學運輸管理學系運輸科學研究所碩士論文。
- 7.張季倫(2000)，「公路客運行車監控指標之研訂及駕駛與車輛資料庫管理系統之研發－數位行車紀錄器之應用」，國立交通大學運輸研究所碩士論文。
- 8.賴俊良等(1997)，「我國都市地區運輸系統管理策略對於能源消耗與環境(空氣)污染之影響研究」，交通部運輸研究所委託研究計畫報告。
- 9.E. Taniguchi, R.G. Thompson, T. Yamada, R.V. Duin (2001), "City Logistics—Network Modelling and Intelligent Transport Systems, Chapter 5: Impact models," 1st Edition, Elsevier Science Ltd., pp.85-100.
- 10.P.F. Everall (1968), "The Effects of Road and Traffic Conditions on Fuel Consumption," Ministry of Transport, TRRL Report LR 226.
- 11.H. Yamada (1980), "Fuel Consumption of Automobiles: Experiment and Analysis of Results," *Civil Engineering Journal*, 14(2). (In Japanese)
- 12.J.P. Roumegous et al. (1979), "Consommation d'Energie dar la Circulation Routiere," *Institute de Recherche des Transport-CERNE, Note d'Information*, 14, Lyon.
- 13.E.E. Pelensky, W.R. Blunden, R.D. Munro (1968), "Operating Costs of Cars in Urban Areas," *Proceedings of the 4th Conference, Australian Road Research Board*, 4(1), pp. 475-504.
- 14.E. Ericsson (2001), "Independent Driving Pattern Factors and Their Influence on Fuel-use and Exhaust Emission Factors," *Transportation Research Part D*, Vol. 6, pp.325-345.
- 15.R. Ooishi (1996), "Planning Methodology for New Freight Transport Systems in Urban Areas," PhD dissertation, Kyoto University. (In Japanese)
- 16.<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/2002HBook/section1/index.html>。
- 17.蘇昭銘，王晉元，卓裕仁，張建彥，卓裕榮，楊琮平，王穆衡，翁美娟，史習平，梁俊凱，林靜芬，陳怡君，任雅婷，吳嘉峻，葉珮婷(2008)，「智慧化商用車隊資源管理系統整合之研究(1/3)」，MOTC-IOT-96-MDB004，交通部運輸研究所合作研究計畫報告。

- 18.陳一昌，朱珮芸(1998)，「運輸部門能源使用及二氧化碳排放減量策略之規劃」，交通部運輸研究所報告。
- 19.倪佩貞等(2006)，「運輸部門能源節約及溫室氣體減量潛力評估與因應策略規劃」，交通部運輸研究所合作研究計畫報告。
- 20.曾勇誠等(2005)，「智慧型運輸系統(ITS)對節約能源及減少溫室氣體排放之效益評估(第一年期)」，交通部運輸研究所合作研究計畫報告。
- 21.曾勇誠等(2006)，「智慧型運輸系統(ITS)對節約能源及減少溫室氣體排放之效益評估(第二年期)」，交通部運輸研究所合作研究計畫報告。
- 22.中華大學交通與物流管理學系(2003)，「低污染公車推動策略之研究計畫」，期末報告，高雄市政府交通局委託研究計畫。
- 23.行政院環境保護署(2006)，「交通工具空氣污染物排放標準」。
- 24.行政院環境保護署(2006)，「空氣污染排放量推估手冊 TEDS5.1 版」。
- 25.C-Y. Chang, Y-R. Chou (2009), "Development of Fuzzy-Based Bus Rear-End Collision Warning Thresholds Using a Driving Simulator," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, ISSN: 1524-9050, Vol. 10, No. 2, pp. 360-365.
- 26.張建彥，張靖，魏智浩(2007)，「大客車縱向防撞警示系統之開發與實測分析」，中華民國九十六年全國計算機會議論文集(二)，第 398-410 頁。
- 27.張建彥，張靖，魏智浩(2006)，「高速公路大客車跟車駕駛反應時間與車間距離關係之模擬與分析」，運輸學刊，第十八卷，第二期，第 161-182 頁。
- 28.張建彥，曾雅瑜(2006)，「高速公路大客車跟車刺激－反應行為模式之建立」，中華管理學報，第七卷，第三期，第 93-109 頁。
- 29.C-Y. Chang, C. Chang, C-F. Lin (2008), "A Driving Simulation Scenario for Developing a Bus Car-Following Model," Presented at the 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation (AATT 2008), CD Proceedings, Pages: 15.
- 30.C-Y. Chang, C-C. Li (2008), "Visual and Operational Impacts of Variable Speed Limit Signs on Bus Drivers on Freeways Using Driving Simulator," The 3rd IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference (IEEE APSCC 2008), CD Proceedings, IEEE Computer Society Press, pp. 1453-1458.
- 31.張建彥，林天信(2008)，「高速公路鄰車道事故對大客車駕駛者視覺與駕駛行為影響之模擬研究」，中華民國運輸學會 97 年年會暨國際學術論文研討會論文集，第 2735~2752 頁。
- 32.C-Y. Chang, C-H. Wei (2008), "Visual Simulation Design for the Bus Driving on Freeways by Utilizing the FaceLAB System," Presented at the 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation (AATT 2008), CD Proceedings, Pages: 12.
- 33.張建彥，王世杰(2007)，「整合駕駛模擬器與即時臉部和凝視追蹤系統應用於視覺能力之分析」，中華管理學報，第八卷，第三期，第 71-90 頁。

- 34.C-Y. Chang, T-W. Chang (2009), "Parameters Analysis for an Intersection Bus-Pedestrian Collision Warning System," 2009 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference (IEEE APSCC 2009), CD Proceedings, Institute for Infocomm Research, pp. 239-245.
- 35.張建彥、林天信(2010)，「高速公路大型廣告物設置位置對大客車駕駛者視覺與駕駛行為影響之模擬分析」，中華管理學報，第十一卷，第三期，第43~66頁。
- 36.C-Y. Chang, C-Y. Yuan (2011), "A Simulation Analysis for the Installation Influence of Warning Signs on Bus Drivers under an Intersection Bus-Pedestrian Collision Warning System," Presented at the 11th Asia-Pacific ITS Forum and Exhibition 2011.
- 37.C-Y. Chang, C-H. Wei (2011), "The Impact Analysis of Roadside Advertising Content on Bus Driving Behavior on Freeways Using a Bus Driving Simulator," Presented at the 11th Asia-Pacific ITS Forum and Exhibition 2011.
- 38.IRU (2010), "Eco-driving Safely for Buses and Coaches," website: http://www.busandcoach.travel/download/best_practices/en/english_bus.pdf.
- 39.SBD (2010), "Telematics and Eco-driving," SBD Telematics and ITS Research, website: http://social.telematicsupdate.com/files/report_SBD55_2020_Eco%20driving%20information%20bulletin.pdf.
- 40.P. Kompfner and W. Reinhardt (2008), "ICT for Clean & Efficient Mobility," e-Safety Forum, Final Report.
- 41.鼎漢國際工程顧問股份有限公司(2010)，「車輛動態能源消耗與溫室氣體排放特性之研究－以大客車為例(1/2)」，交通部運輸研究所研究計畫，期末報告，MOTC-IOT-99-PDB001。
- 42.C-Y. Chang, J-M. Su, W-C. Ho (2012), "An Application of Data Mining to Bus Eco-driving Analysis," 2012 International Conference on Computer and Management (CAMAN 2012), Vol. II, CD Proceedings, pp. 1624-1627.(NSC99-2632-H-216-001-MY2)
- 43.C-Y. Chang, C-H. Wei (2012), "The Safety and Fuel Saving Effects of a Signalized Intersection Warning System for Bus Driving," 2012 International Conference on Future Information Technology and Management Science & Engineering, Information Engineering Research Institute, pp. 62-70. (NSC 99-2632-H-216-001-MY2)
- 44.C-Y. Chang, C-H. Wei (2012), "The Safety and Fuel Saving Effects of a Signalized Intersection Warning System for Bus Driving," Lecture Notes in Information Technology, ISSN: 2070-1918, Vol. 14, pp. 62-70. (NSC 99-2632-H-216-001-MY2)
- 45.張建彥(2011)，「整合 WAVE/DSRC 標準於路口公車優先號誌控制策略」，技術報告，財團法人工業技術研究院委託。

子計畫六：綠色消費之教育介入

- Atasu, A., Sarvary, M., & Van Wassenhove, L. N. (2008). Remanufacturing as a Marketing Strategy. *Management Science*, 54(10), 1731-1746.
- Bandura. A. (1986), "Social foundations of thought and action, a social cognitivet heory," Prentice-Hall, 390-453.
- Becker MH. (1974) . The health belief model and sick role behavior. *Health Education Monograph* , 2 (4) , 409.
- Becker MH, Drachman RH, Kirscht JP. (1974). A new approach to explaining sick-role behavior in low-income populations. *Am J Public Health*, 64(3) ,205-216.
- Coddington, W. (1992). *Environmental Marketing* . McGraw-Hill: New York.
- George, S., Cameron, M. & Japhet, N. (2010). Do Consumer's Environmental Attitudes Translate into Actions: A Five Nation Cross-Cultural Analysis, *Society for MarletingAdvances*, 8, 197-202.
- Fisk ,G. (1974). *Marketing and the ecological crisis*. London: Harper and Row.
- Fuller, D. (1999). *Sustainable marketing: managerial–ecological issues*. CA:. Thousand Oaks.
- Henion, K. E. (1976). Ecological marketing american marketing association. *Journal of Consumer Research*, 8(3), 339-342
- Henion, K. E. (1972). The effect of ecologically relevant information on detergent sales. *Journal of Marketing Research*, 9(1), 10-14.
- Henion, K. & Kinnear, T. (1976a) Ecological Marketing. Columbus: OH.AMA,
- Janz, N. K. & Becker, M. H. (1984) . The health belief model : A decade later. *Health Education Quarterly*, 11(1), 1-47.
- Kangun, N. (1974). Environmental problems and marketing: saint or sinner? *Marketing Analysis for Societal Problems*, 250-270.
- Kassarjian, H. H. (1971). Incorporating ecology into marketing strategy: the case of air pollution. *Journal of Marketing*, 35, 61-65.
- Kinnear, T. C., Taylor, J. R. & Sarundin, A. A. (1974). Ecologically concerned consumers: who are they? *Journal of Marketing*, 38(2), 20-24.
- Koulaidis, V., & Christidou, V. (1999). Models of students'thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science Education*, 83(5), 559-576.
- Marcus, B.H., Banspach, S.W., Lefebvre, R.C., Rossi, J.S., Carleton, R.A.& Abrams, D.B.(1992). Using the stages of change model toincrease the adoption of physical participants. *American Journal of Health Promotion*, 6(6), 424-429.
- Mintu, W. A. & Lozada, H. R. (1996).*Green marketing in a unified Europe*. Binghamton: International Business Press.
- Perry (1976). *Social marketing strategic: conservation issues and analysis*. Goodyear: Pacific Palisades.
- Prochaska, J. O., & DiClemente, C. C. (1983). Stages and processes of self-change in smoking: Towards an integrative model of change. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 51,

390-395.

- Smith, T. (1998). *The myth of green marketing: tending our goats at the edge of apocalypse*. Canada: University of Toronto Press
- Charter M. (1992). Green marketing : A responsible approach to business. *Green Leaf*, 36, 36-38.
- Peattie, K. (1992). *Green marketing* . London: Pitman.
- Rosenstock, I. M. (1974). Historical Origins of the Health Belief Model. *Health Education Monograph*, 2(4), 328-335.
- Van Dam, Y. K., & Apeldoorn, P. A. C. (1996). Sustainable marketing. *Journal of Macromarketing* Fulll, 16(2), 45-56.
- Vries HD, Dijkstra M, Kuhlman P (1988). Self-efficacy: The third factor besides attitude and subjective norm as a predictor of behavioral intentions. *Health Education Research Theory and Practice*. 3(3): 273-282.
- Zikmund, W. G. & Stanton, W. J. (1971). Recycling solid wastes: a channels of distribution problem. *Journal of Marketing*, 35(3), 34-39.
- 呂正成(1994)。綠色消費者之消費行為研究—以主婦聯盟會員為例。未出版之碩士論文，國立台灣大學，台北市。
- 吳瓊斌(1997)。台北市大學生的綠色消費行為與其所關切的環境議題研究。未出版之碩士論文，國立交通大學管理科學研究所，新竹市。
- 黃齡儀(2000)。國小學童綠色消費行為及媒體使用習慣之調查研究-以網際網路軟體之媒體發展設計為例。行政院國家科學委員會八十九年度大專學生參與專題研究計畫(編號: 89-2815-C-003-014-S)，未出版。
- 林齊誠(2008)。現行國民小學高年級社會學習領域教科用書中環境教育議題融入之研究。未出版之碩士論文，國立臺北教育大學課程與教學研究所，台北市。
- 林美如(2009)。台南市國小學童全球暖化知識、態度與抗全球暖化行為之研究。未出版之碩士論文，國立臺南大學生態旅遊研究所，台南市。
- 賴月雲(2006)。台南市國小中高年級學童綠色消費知識態度與行為之研究。未出版之碩士論文，國立台南大學社會科教育學系研究所，台南市。
- 趙琳輝(2006)。民眾對垃圾減量及資源回收知識、態度、行為之研究—以桃園地區為例。未出版之碩士論文，國立中央大學環境工程研究所，中壢。
- 李淑清(1997)。家庭因素對家庭綠色消費傾向影響之研究-以鳳山市家計單位為對象。未出版之碩士論文，義守大學管理科學研究所，高雄縣。
- 李志敏(2003)。台中縣市國小教師綠色消費態度與行為之研究。未出版之碩士論文，臺中師範學院，台中市。
- 李德華(2007)。國小低年級教師使用繪本融入環境教育之行動研究。未出版之碩士論文，國立花蓮教育大學生態環境教育研究所，花蓮市。
- 李雅儒(2010)。應用跨理論模式促進國小學童綠色消費行為:教育介入計畫。未出版之碩士論文，中華大學工業管理研究所，新竹市。
- 李守義、周碧瑟、晏涵文(1989)。健康信念模式的回顧與前瞻。中華衛誌，9(3)，123-137。

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文：已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利：已獲得 申請中 無

技轉：已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

本計畫已發表期刊論文兩篇，研討會論文 18 篇。

期刊論文

1. Horng-Huei WU, Chia-Chu Lee, Neng-Hao Kan, 2011, "A Study of Integration of ERP and Carbon Footprint Labels," *Modern Management*, Vol. 1, No.4, pp. 294-302.
2. Chun-Yu Lin (student), Amy H. I. Lee, He-Yau Kang, 2012, "An integrated new product development framework- an application on green and low-carbon products", submitted.

研討會論文

1. Sang-Bing Tsai, Yu-Cheng Lee, Chia-Huei Wu and Kai-Li Lo (2011), "A comparison study on the evaluation criteria for corporate social responsibility", *2011 International Conference on Management and Service Science*, 1-5, Wuhan, China.
2. Yong-Chi Chang, Yu-Cheng Lee, Sang-Bing Tsai and Shao-Bin Lin (2011), "An overview of the stakeholder approach -maintaining and building the effective relationship management for value seeking strategies", *2011 International Conference on Management and Service Science*, 1-4, Wuhan, China.
3. Chun-Yu Lin (student), Amy H. I. Lee, March 22-24, 2011, "New product development for green and low-carbon products - A case study of Taiwan's TFT-LCD industry", *The Conference on Engineering and Business Management (EBM 2011)*, Wuhan, China, pp. 1699-1703. (in Chinese) (ISTP Conference)
4. Chun-Yu Lin (student), Amy H. I. Lee, July 25-29, 2011, "New product development for green and

- low-carbon products – a case study of a TFT-LCD manufacturer”, Applied Mathematics, Modeling and Computational Science Conference, Waterloo, Canada, pp. 252. (EI Conference)
5. Amy H. I. Lee, Jia-Zhen Wang (student), Chun Yu Lin (student), Mar. 26-28, 2012, “Supply chain management for green and low-carbon products: a case study of TFT-LCD industry,” 2012 International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2012), Shanghai, China, pp. 3589-3593. (in Chinese) (ISTP Conference)
 6. Amy H. I. Lee, He-Yau Kang, Chun Yu Lin (student), Hsin Wei Wu (student), July 28-31, 2012, “An evaluation model for green and low-carbon suppliers,” The 9th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2012), Rome, Italy, pp.604-608. (EI Conference)
 7. Horng-Huei Wu and Teng- Hui Tsai, 2012, “A Study of the feasibility of ERP in Small company”, International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2012), Shanghai, China , March 2012, pp.343-348.
 8. Horng-Huei Wu and Tzu-Fang Hsu, 2012, “A study of CFL Evaluation Method for Manufacturing Plants”, International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2012), Shanghai, China, March 2012, pp.338-342.
 9. 吳鴻輝與蔡騰輝, 2012, 「小型製造業應用 ERP 系統之探討」, 2012 華人經濟圈企業競爭力與經營管理學術研討會論文集(USB), 5 月 18 日, 中華大學, 2012GCR 127, pp.1119-1125.
 10. 吳鴻輝與徐梓芳, 2012, 「企業徵收碳稅之衡量方法探討」, 2012 華人經濟圈企業競爭力與經營管理學術研討會論文集(USB), 5 月 18 日, 中華大學, 2012GCR 115, pp.1037-1044.
 11. C-Y. Chang, J-M. Su, W-C. Ho (2012), "An Application of Data Mining to Bus Eco-driving Analysis," 2012 International Conference on Computer and Management (CAMAN 2012), Vol. II, CD Proceedings, pp. 1624-1627.(NSC99-2632-H-216-001-MY2)
 12. C-Y. Chang, C-H. Wei (2012), “The Safety and Fuel Saving Effects of a Signalized Intersection Warning System for Bus Driving,” 2012 International Conference on Future Information Technology and Management Science & Engineering, Information Engineering Research Institute, pp. 62-70. (NSC 99-2632-H-216-001-MY2)
 13. C-Y. Chang, C-H. Wei (2012), “The Safety and Fuel Saving Effects of a Signalized Intersection Warning System for Bus Driving,” Lecture Notes in Information Technology, ISSN: 2070-1918, Vol. 14, pp. 62-70. (NSC 99-2632-H-216-001-MY2)
 14. 林少斌、李友錚、田智琦(2011), ”利害關係人量化分析之研究-以國內某壽險公司為例”, 2011 當代財務金融與行銷流通理論與實務暨職業倫理與品德教育研討會, 90-100, 開南大學, 桃園縣, 2011 年 6 月。
 15. 吳嘉蕙、李友錚(2010), ”企業社會責任與管理系統”, 2011 第 12 屆兩岸經貿暨管理國際學術研討會, 367-371, 大華技術學院, 新竹縣, 2011 年 6 月。
 16. 李友錚、林少斌、趙翠華(2011), ”運用 DEMATEL 探討綠色大學認證機制標之因果關係”, 2011 管理、商業與資訊國際學術研討會, 278-288, 明新科大, 新竹縣, 2011 年 5 月。
 17. 李友錚、李有田、吳坤育(2011), ”運用層級分析法探討國民小學節能減碳教育”, 2011 第七屆專案管理與系統工程研討會, 1-16, 開南大學, 桃園縣, 2011 年 4 月。

18. 林少斌、李友錚、吳佳燕(2010), "企業社會責任評鑑系統之比較", 2010 華人經濟圈企業競爭力與經營管理學術研討會, 4636-4656, 中華大學, 新竹, 2010 年 4 月。

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面, 評估研究成果之學術或應用價值 (簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性) (以 500 字為限)

子計畫一：低碳經濟時代下對企業社會責任的重新審視

本研究透過低碳經濟之思維重新審視CSR 之定義與範疇, 在低碳經濟的基礎下建構一個全面性及系統性之CSR 指標模式, 提供一個標準化、普及化及量化之CSR 評價方法, 有效地評估企業在CSR 之執行績效, 以協助企業針對CSR 執行之現況找出改善方向並選擇其CSR 之最佳戰略計劃, 進而協助政府與企業的利害相關者(如股東、消費者、供應商等)取得正確的CSR 績效資訊。

子計畫二：國內產業因應能源稅徵收之衝擊與對策

本計畫透過投入產出與可計算一般均衡模型針對國際能源稅制發展趨勢、評估徵收能源稅可能造成之衝擊、檢討能源相關稅賦之減免與配套措施、評估我國能源價格的課稅空間與兼顧產業競爭力重新擬定課徵機制與方案等能源稅相關議題加以分析與研究。

子計畫三：工廠碳標籤技術能力建置與低碳管理模式之研究

(1) 學術價值

本研究從製造管理與產品市場競爭的角度, 提出建立工廠碳標籤技術及工廠碳會計制度之研究模式。其次並提出建立應用碳標籤技術於工廠管理之模式, 以落實碳標籤技術與推廣。本研究成果將有助於國內政府相關單位及國內工廠有意發展低碳管理之業界作為參考。

(2) 技術創新

本研究所提出之工廠碳標籤技術及工廠碳會計制度, 均建立在工廠現有之 ERP 系統上, 不但整合了工廠現存之資訊系統, 且可共用現有工廠製造相關資料庫, 因此可降低工廠因導入碳標籤技術或工廠碳會計制度所需重新輸入資料之投入及成本, 可增加工廠導入之意願。

(3) 社會影響

經由建立合理工廠碳標籤技術及工廠碳會計制度之模式, 導引企業認知碳標籤制度建立之可行性。其次啓發工廠認知產品碳標籤的意義, 使工廠認知工廠建立產品碳標籤的價值, 並不只是企業的社會責任, 而可能是繼產品品牌與價格競爭之外的另一項產品競爭要素。若不重視, 其產品可能會被大眾所放棄, 以喚起企業界對碳標籤制度的重視、推廣與改進, 因而達成企業節能減碳的目標。

子計畫四：綠色及低碳之新產品開發與供應鏈管理-以台灣高科技產業為例

綠色產品必須從研發設計、生產規劃、原料採購、製造、運輸過程、銷售與消費者購買, 甚至到最終產品廢棄回收以及能源再生, 皆須以綠色及低碳做全盤性的考量。而碳足跡是一個衡量綠色產品的有效指標, 且亦可反映二氧化碳的排放, 因此, 在產品的生命週期中考量減少二氧化碳排放便相形的重要。雖然近年來不少專家學者致力於綠色供應鏈管理, 希望能找出更好的管理機制, 但甚少將碳排放與碳足跡之議題納入綠色供應鏈中考量。故本計畫以特定高科技產業為例, 提出一整合模型以輔助綠色、低碳之新產品開發(New Product Development, NPD)及供應鏈管理, 同時協助供應商提升綠色價值, 以創造出更大的綠色商機。

子計畫五：國道客運因應低碳經濟時代環保駕駛行為機制之建立

(1)在學術面, 本研究整合數位式行車紀錄器、大客車駕駛模擬器、WAVE/DSRC 等先進技術之

應用，建立環保駕駛行為分析管理模式及具有市區號誌化路口燈號轉換即時警示、高速公路跟車駕駛警示、高速公路前方車速顯示等功能概念之線上環保駕駛監控系統的駕駛模擬評估場景。

(2)在應用面，本研究可幫助國道客運業建立大客車環保駕駛的管理機制，促進運輸業之低碳經濟具體措施推動。

子計畫六：綠色消費之教育介入

目前國人雖已深刻體認環保與綠色消費的重要性，但對綠色消費的相關知識及自身在此任務中應扮演的角色及行為尚懵懂未知。如何進行有效的教育宣導引發民眾對環境的認知，落實綠色消費行動，將是國內環境教育的重要工作。國內尚未有研究系統性地探討綠色消費行為模式，並將其結果具體落實於綠色消費教育計畫中。本研究整合行為科學理論，就臺灣大專院校學生目前對綠色消費之認知、態度與消費行為的現狀作一探討，在瞭解影響大專院校學生的綠色消費行為之前因與後果後，並擬藉由個體之不同綠色消費行為階段，提供不同之教育介入計畫，並依介入執行結果提出介入課程之修正。

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

101 年 04 月 09 日

附件三

報告人姓名	李欣怡	服務機構 及職稱	科技管理學系
時間 會議 地點	2012/03/26 至 2012/03/28 Shanghai, China	本校核定 補助字號	NSC 99-2632-H-216-001-MY2-2-4
會議 名稱	(中文) 2012 工程和商業管理國際學術會議 (英文) 2012 The 3rd International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2012)		
發表 論文 題目	(中文) 綠色及低碳之供應鏈管理模式之建構-以 TFT-LCD 廠為例 (英文) Supply Chain Management for Green and Low-Carbon Products – A Case Study of TFT-LCD Industry		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、參加會議經過</p> <p>The 3rd International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2012)於 2012 年 3 月 26 至 28 日，在中國上海舉行。研討涵蓋之領域十分廣泛，包括工程管理、物流管理、服務科學、知識管理、品質管理、人力資源管理、ERP、能源管理與績效評估等，許多研討方向皆朝向理論與實務之應用。本研討會(EBM 2012)為期 3 天，共有 110 篇管理領域之相關論文發表。本人亦參與口頭簡報，報告題目為“Supply Chain Management for Green and Low-Carbon Products – A Case Study of TFT-LCD Industry”，除了口頭報告外，也獲得會場學者的指教，並與多位該領域的知名學者互動交流，也從中了解綠色 TFT-LCD 供應商未來之發展趨勢。</p> <p>二、與會心得</p> <p>本人於此次會議擔任第一場會議主持人，本次會議與來至中國與其他國家之學者進行交流，與會過程中許多專家學者在研究上分享與建議，從中了解無論於學術或業界均極力發展供應商管理模式，倡導綠色供應商管理概念，希望未來能落實在實務應用上並有效提升綠色品質與績效。雖然綠色供應鏈尚屬發展階段，但確實是未來積極發展之目標。在會議報告中獲取寶貴建議，其中包括於綠色供應鏈管理評估架構下，亦應將上游供應商之專家納入專案團隊中，以更實務之觀點分析所需考慮之因子，此建議對於未來研究上將有相當大之助益。</p> <p>三、考察參觀活動(無是項活動者省略)</p> <p>None.</p> <p>四、建議</p> <p>None.</p> <p>五、攜回資料名稱及內容</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conference Program: The 3rd International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2012). 2. CD of the proceedings. 			

Supply Chain Management for Green and Low-Carbon Products

—A Case Study of TFT-LCD Industry

Amy H. I. Lee^{*1,2,3}, Jia-Zhen WANG¹, Chunyu LIN²

¹Department of Technology Management, Chung Hua University, Hsinchu, Chinese Taipei

²Ph. D. Program of Technology Management- Industrial Management, Chung Hua University, Hsinchu, Chinese Taipei

³Department of Industrial Management, Chung Hua University, Hsinchu, Chinese Taipei

Email: amylee@chu.edu.tw*, jiazhen@cyhs.tcc.edu.tw, d09803006@cc.chu.edu.tw

Abstract: Some advanced companies have already adapted to the trend of green supply chain before environmental policy was in practice. In a conventional supply chain, companies usually focused on cost, delivery, and quality, because they are the most important criteria for success. However, due to the change of environment, the rise of environmental consensus, and the concept of green supply chain, the traditional supply chain must be extended into a green supply chain. In addition to the traditional players, including manufacturers, suppliers, distributors, retailers, and customers, in the supply chain recyclers and wastes processors must be included in the green supply chain. Therefore, the environmental issue has to be examined from product design to the end of lifecycle in a whole supply chain. Environmental protection and sustainable development have become more and more important factors of business operation. Enterprises must focus on environmental protection and social responsibility to extend product lifecycle and business development. Generally speaking, being a green supplier is every manufacturer's social responsibility. Companies should understand that there are different techniques and capabilities between traditional and green suppliers. Carbon footprint is a good measure of the impact that a product has on the environment, especially in climate change, in the entire lifetime of the product. Carbon footprint is directly linked to CO₂ emission. Thus, the reduction of CO₂ emission must be considered in the product life cycle. While more and more researchers are working on the green supply chain management in the past few years, very few have incorporated CO₂ emission or carbon footprint into the green supply chain system. The research aims to propose an integrated model for facilitating the supply chain management for green and low-carbon products, and a case study will be carried out on a TFT-LCD industry. To reduce the failure rate of a new product, a firm needs to select the right suppliers that not only can satisfy the basic requirements, such as cost and quality, but also can provide green and low-carbon materials. The goal is to construct a green and low-carbon supplier evaluation model. The attributes that a green and low-carbon supplier should have will be analyzed first. Fuzzy analytic network process (FANP) model will be incorporated with the benefits, opportunities, costs and risks (BOCR) concept next to evaluate various aspects of suppliers. By applying the model, the manufacturer can find the most suitable supplier for cooperation and can provide recommendations to other suppliers that need improvements.

Keywords: TFT-LCD; fuzzy analytic network process (FANP); fuzzy set; green supply chain; benefits; opportunities; costs; risks (BOCR)

綠色及低碳之供應鏈管理模式之建構

——以 TFT-LCD 廠為例

李欣怡^{*1,2,3}, 王佳蓁¹, 林俊宇²

¹中華大學科技管理學系, 新竹, 中華台北

²中華大學科技管理博士學位學程-工業管理組, 新竹, 中華台北

³中華大學工業管理學系, 新竹, 中華台北

Email: amylee@chu.edu.tw*, jiazhen@cyhs.tcc.edu.tw, d09803006@cc.chu.edu.tw

摘要: 近年來, 由於環境的變遷、環保意識的提升以及綠色供應鏈觀念的延伸, 傳統供應商的模式

在價值鏈上是無法立足的，綠色供應鏈不同於傳統供應鏈，除了原有的製造商、供應商、配銷商、批發商、零售商與顧客，還要延伸到回收商與廢棄物處理商的角色，除了針對產品設計初期以及生命週期結束時的回收以及拆解等問題外，在整條供應鏈的各個階段都應加上環境議題的考量，環境保護及企業的維持發展在企業經營上越來越受到重視，為了延長產品的生命週期以及企業的永續經營，企業必須強調環境的維護以及生產綠色產品的社會責任，然而綠色供應鏈的思考，即是生產者社會責任的延伸。一個企業應該要能了解在整個供應鏈當中，傳統供應商與綠色供應商須擁有不同的技術與能力。故為使新產品於生產過程失效降至最低，如何選擇既符合成本、品質等基本要求且兼具綠色及低碳之供應商為本研究之主軸。研究將先探討綠色及低碳供應商應具備之條件，並利用所獲得的準則以利益、機會、成本、風險(Benefits, Opportunities, Costs, Risks; BOCR)之概念與模糊分析網路程序法(Fuzzy Analytic Network Process, ANP)結合，建立一綠色及低碳供應商之評估模式，以了解關鍵準則之相對重要性及供應商之績效。本模型除了能有效提供企業在新產品開發時，迅速找到最合適之優良綠色低碳供應商，更能協助其他供應商了解其需改善之方向，以達到企業與供應商之雙贏局面。

关键词：TFT-LCD；模糊分析網路程序；模糊集合；綠色供應鏈管理；利益；機會；成本；風險

1 引言

全球環保意識提高，使得先進的工業社會開始反省現在產品生產方式與消費態度行為是否違背永續發展的理念，永續發展的相關議題導引出社會大眾對於企業生產責任的提倡，同時也影響到民眾對於消費型態的要求^[3]。近年來全球氣候變遷造成暖化之議題受到重視，人類對於環保意識提高，促使將科技產品納入環保要求規範中，而相關之環保規範，更加速了綠色供應鏈與減碳之推動，以達到符合環境維護之目的^[2]。全球各國對抗暖化之決心勢在必行，雖然台灣於國際間地位較不明確且國內也無明確法規，但身為全球 IT(information technology)代工重鎮每年電子電機元件與產品產值高達 1000 億美元，在仰賴出口環境下的台灣若能達成首當其衝的歐盟指令要求，相信面臨其他國家跟進的法規也能迎刃而解，所以在未來將面臨能源消耗以及廢棄物迅速增長的台灣，製造商製造以及消費者購買產品時，皆有必要將環保因素列入考量。為此，對於降低碳排放與綠色供應鏈之議題，應更加主動與積極。

本研究發展一套整合評估模式，以綠色和減碳之供應商選擇為研究目標，結合 TFT-LCD 之供應鏈進行個案評析，運用利益、機會、成本、風險(Benefits, Opportunities, Costs, Risks; BOCR)與模糊分析網路程序(Fuzzy Analytic Network Process, FANP)法，建立網路架構並設計問卷，利用專家的經驗與知識找出綠色新產品投入生產時，對於綠色及低碳供應商所需考量之關鍵準則為何，及如何選擇適合之供應商，使潛在之風險降至最低。

2 綠色與減碳之供應商選擇

近年來綠色的議題不斷延伸，由於地球氣候狀況的異常改變喚醒了人類的知覺，漸漸的發現最大的禍源來自於工業界，許多企業是為了本身的社會責任亦或者為了增加自身的競爭能力，紛紛開始思考綠色議題以及未來趨勢的走向，綠色供應鏈(green supply chain, GSC)的概念即被提出^[4]；綠色供應鏈實質上與供應鏈相同，唯一差異在於各個階段皆包含了環境保護之考量。這也使許多企業開始思考許多因應策略以解決這方面問題，故供應鏈規劃階段時就必須將解決方案制訂出來。因此，對於已實行綠色供應鏈之企業而言，其涵蓋了綠色設計、供應商管理、綠色採購、清潔生產、產品回收及產品使用後廢棄之管理以及環境績效評估等策略。然而，在由經濟部工業局永續產業發展與推廣計畫項下所建置的永續產業發展資訊網中指出綠色供應鏈廣義上是要求供應商其產品與環境相關的管理，亦即將環保原則納入供應商管理機制中，其目的是讓本身的產品更具有環保概念，提升市場的競爭力。在執行上，則表示企業提出以環境為訴求的採購方案、績效或評估流程，並規範上下游供應商在原料、包裝或污染排放中不得含有對環境有所危害之物。

綠色供應鏈講求下游客戶和上游供應商之間如何縮小環境顧慮，其主要範疇為針對原有的供應鏈議題加以延伸，從供應鏈中所強調之品質、彈性、速度、價錢及服務外加上一項環境品質於供應鏈中。綠色供應鏈管理執行之成效與相關供應商之配合有著密切的關係，較常見的做法是藉由和供應商之間的綠色採購來避免有害環境物質的使用，有時甚至和環境化設計及生命週期評估等一起使用；以客戶觀點而言，綠色採購的供應商必須在產品或零件上符合其環境需求，

未來的努力方向則是和供應商建立一長期的夥伴關係，從產品一開始的設計就加入綠色設計、合作及創新。

然而近年來，綠色供應鏈之研究不外乎是在探討企業與供應商間之關係與評估模式之建構，並證實綠色供應鏈對於環境與經濟之相互影響關係，許多學者也對綠色供應鏈提出不同之見解。Sarkis^[7]提出在綠色供應鏈架構下，綠色供應鏈為決策中關鍵項目之一，其中包含了採購、原物料管理、運送、包裝與回收等五架構面。Hung^[4]研究中針對綠色供應鏈管理工具及策略下包含傳達永續政策及價值限制條件 (pre-qualification criteria)、採購規格 (purchasing specifications)、合約性義務 (contractual obligations)、供應商、顧客夥伴關係及聯盟、批准、確認 (validation)、內部訓練及評估、跨功能的小組與與同業合作等九項因子。亦有學者認為供應鏈中的三種關係，組織間的連結關係越密切有助於環境績效的改善，透過美國塑膠及墨水製造業的實證，危害物質、清潔管理以及回收性產品的創新科技皆可藉由供應鏈的合作改善環境績效。故供應鏈的密切關係可創造及分享新知識，並改善廢棄物減量與環境創新的方式，甚至促使產業環境能永續發展。Chang^[1]則以組織內外部結合的綠色供應鏈結構進而說明各廠商所扮演的角色及工作，如圖 1 所示。實際上，不同的企業，在實施策略與工具上均有差異。因此，除組織文化因素外，組織的型態、管理風格等，企業在選擇綠色供應鏈管理策略時，須詳加考慮。

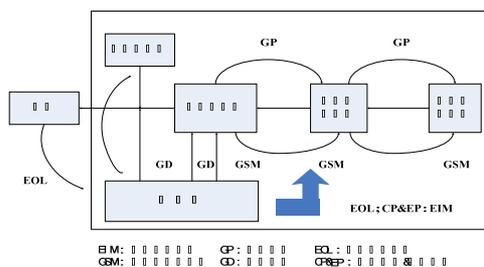


Figure 1. Green supply chain process

圖 1. 綠色供應鏈管理流程圖

資料來源: Hsieh^[3]

在 TFT-LCD 顯示器的產業供應鏈，將供應鏈分為上、中及下游，上游為設備及原物料供應廠商，中游為 TFT-LCD 組裝製造商，下游為各式 TFT-LCD 產品製造商；由於歐盟的環保規定使得一些化學原料的限用或是少用，對製程造成成本或是外銷的衝擊，尤

其主要材料玻璃基板所含的原物料及其製程中會使用到歐盟所管制之材料，在這樣的情況下廠商更應該與供應商密切合作解決問題^[1]，故本計劃將以 TFT-LCD 於新產品開發為出發點，並對其上下游供應商進行綠色績效之評選。

3 建構模糊分析網絡程序模型與操作步驟

在產業快速發展及環保意識提升的環境下，如何有效掌握市場的不確定性且快速推出市場接受度高的綠色產品，是企業生存之關鍵。故新產品之綠色及低碳供應鏈管理就顯得相當重要。本計畫除了考量在進行產品開發時應著重之低碳及綠色供應鏈因子外，將發展一套專案管理模式，以協助台灣某高科技廠商建立供應商評鑑與篩選模式，其目的是使製造商在進行綠色及低碳產品之原物料採購時將失效降至最低，操作步驟如下。

Step 1. 成立 TFT-LCD 產業之專家委員會

以台灣 TFT-LCD 產業主管及專家成立專家群組，討論與蒐集對於生產綠色、低碳新產品時，原物料採購需注重之項目及供應商評估過程與方式。

Step 2. 建立綠色及低碳供應商評鑑架構

對 TFT-LCD 產業製造商於綠色及低碳新產品生產階段所需之原物料供應商進行評鑑，首先需了解綠色新產品之關鍵原物料為何，及其目前環保及碳排放之相關資訊。蒐集評估綠色及低碳供應商之因子，利用模糊德爾菲 (FDM) 問卷，篩選出重要之評估準則。再以利益、機會、成本、風險 (BOCR) 之概念建立供應商評鑑架構。

Step 3. 設計及發放問卷

運用 BOCR 之概念設計模糊網路程序分析法 (FANP) 問卷，並採用 Saaty^[6]所提出的九點尺度量表進行成對比較。邀請國內 TFT-LCD 廠商之專業高階決策者，進行 FANP 問卷之評比。

Step 4. 一致性檢定

當專家針對準則間進行兩兩比較評比完成後則建立成對比較矩陣如公式(1)，同時進行一致性檢定，確保準則間符合一致性，如未符合一致性則需再與專家進行研討並修改部分內容如公式(2)。

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (1)$$

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$a_{ij} = 1 \text{ when } i = j, i = 1, 2, \dots, n$$

$$Aw = \lambda_{\max} w \quad (2)$$

其中 $\lambda_{\max} = \max(D_1, D_2, \dots, D_n), n = 1, 2, \dots$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n \left[\frac{a_{ij}}{\sum_{l=1}^n a_{il}} \right]}{n}, \forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

其中 CI = 一致性指標(Consistency Index; CI)

RI = 隨機指標(Random Index; RI)

而一致性指標求取定義為:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Step 5. 整合模糊內容及指標重要性計算

將模糊語意變數，採用幾何平均方式進行專家問卷之整合；並利用重心法(Center of Gravity Method)解模糊化，同時建立超矩陣，計算綠色及低碳供應商評估指標之權重。

Step 6. BOCR 整合

本研究運用 BOCR 四大構面找尋相關因子，其中利益和機會為正向，而成本和風險為負向。在整合每個方案在 BOCR 下的權重，可獲得方案的個別綜合分數結果。

一、加法(Additive)

$$= bB + oO + c(1/C) + r(1/R) \quad (4)$$

二、機率加法(Probabilistic additive)

$$= bB + oO + c(1-C) + r(1-R) \quad (5)$$

三、減法(Subtractive)

$$= bB + oO - cC - rR \quad (6)$$

四、乘法次方(Multiplicative priority powers)

$$= B^b * O^o \left[\frac{1}{C} \text{ Normalized} \right]^c \left[\frac{1}{R} \text{ Normalized} \right]^r \quad (7)$$

五、乘法(Multiplicative)

$$= BO/CR \quad (8)$$

Step 7. 研究結果並提出建議

本研究以綠色及低碳供應商選擇為計畫目標，將研究結果回饋予 TFT-LCD 製造商，亦可提供改善方案予其供應商。主要目的除了了解製造商在進行供應商評選時，應如何將綠色供應鏈納入管理範疇中外，

更進一步將上游供應商所產生之碳排放納入本研究，深入探討供應商對於原物料生產製造時，所產生碳排放的多寡，並找出綠色供應商應具備之能力。

4 結論與未來研究

全球 TFT-LCD 產業漸漸邁入成熟階段，並進入到市場競爭及價格割喉戰。台灣 TFT-LCD 製造之競爭優勢源於低成本、高品質、具彈性、相關產業之專業技術與完整的群聚供應鏈等。而 TFT-LCD 製程步驟相當繁瑣，雖然製造商已有許多綠色的因應措施，但造成之二氧化碳排放亦不容小覷。故在日益激烈之全球競爭環境下，企業生存與成功之關鍵在於如何因應綠色環保之風潮，同時又能達到節能減碳之目標。故綠色供應鏈管理將可提升企業內部之核心價值，對企業永續經營極為重要。本研究針對綠色及低碳為目標之供應商選擇，並運用利益、機會、成本、風險(BOCR)與模糊分析網路程序(FANP)法提出一套有系統之整合模型，雖然近年來有幾位專家學者針對供應商選擇亦提出以 FANP 中的超矩陣(Supermatrix)運算模型，但其並未將低綠色低碳之因子納入供應商評選規範中，且許多研究對於模型中假設條件過多且過於簡化，其需考量之準則因子亦不夠周詳。然而，本研究對於綠色供應商評選機制與方法更加深入探討，同時將供應商選擇中所許考量之複雜因子，透過專家訪談與文獻蒐集，經過反覆訪談與評估確認所需評估之準則，並以專家評比與相關權重計算，可提供相關訊息給與決策者。未來將繼續對於本研究進行延展，同時運用敏感度分析，以了解當在不同環境與需求情況下，對於供應商選擇是否產生不同變化，以做為決策者在進行供應商選擇時作為評估之依據。

致 謝

本研究之進行承蒙國科會部分經費補助，編號 NSC 99-2632-H-216-001-MY2。

References (參考文獻)

- [1] Chang, S.C., The TFT-LCD industry in Taiwan: competitive advantages and future developments, *Technology in Society*, 2005, 27, 199-215.
- [2] Department for environment food and rural affairs (Defra) 2011. <http://www.defra.gov.uk/>
- [3] Hsieh, Y.-L., The application of electronic green supply chain - a case study of car part manufacture for poisonous material and precious metal control, National Kaohsiung University of Applied Sciences, 2007, (Ch).
謝侑龍, e 化綠色供應鏈應用—以汽車零組件製造業之毒害物

- 質與貴金屬管理為例。國立高雄應用科技大學工業工程與管理研究所碩士論文, 2007.
- [4] Hung, H.C., Evaluation and selection of green suppliers: The case study of TFT-LCD manufacturer. Master's thesis, Chung Hua University, 2007, (Ch).
洪筱筑, 綠色供應商評選模式之建構-以 TFT-LCD 廠為例。中華大學科技管理研究所碩士論文, 2007
- [5] Industry & Technology Intelligence Services (ITIS), 2011. <http://www.itis.org.tw/> (Ch).
- [6] Saaty, T.L., The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw-Hill, 1980.
- [7] Sarkis, J. Evaluating environmentally conscious business practices. *European Journal of Operational Research*, 1998, 107(1), 159-174.

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

101 年 08 月 06 日

附件三

報告人姓名	李欣怡	服務機構及職稱	科技管理學系
時間 會議 地點	2012/07/28 至 2012/07/31 Rome, Italy	本校核定 補助字號	NSC 99-2632-H-216-001-MY2-2-4
會議 名稱	(中文) 第九屆控制、自動化及機器人資訊學國際學術會議 (英文) The 9th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2012)		
發表 論文 題目	(中文) 綠色及低碳之供應商評估模式 (英文) An Evaluation Model for Green and Low-carbon Suppliers		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、參加會議經過</p> <p>The conference provided a great opportunity for in-depth technical discussions and exchange of ideas in control, automation and robotics, and gave attendants a chance to learn the applications. Four major tracks included Intelligent Control Systems, Optimization, Robotics, Automation, Signal Processing, Sensors, Systems Modelling and Control, and Industrial Engineering, Production and Management. The conference brought together researchers, engineers and practitioners to present their latest research, to interact with the experts in the field, and to foster interdisciplinary collaborations required to meet the challenges of interested in the applications of related topics.</p> <p>二、與會心得</p> <p>In the conference, I presented two papers entitled: “An Evaluation Model for Green and Low-carbon Suppliers” and “An Integrated Model to Evaluate the Performance of Solar PV Firms.” I also served as a session chair of the special session: Operations Management and Decision Making in Today’s Competitive Environment. The attendance to this conference gave me, Chung Hua University and Taiwan, a great opportunity to be known by other scholars.</p> <p>三、考察參觀活動(無是項活動者省略)</p> <p>None.</p> <p>四、建議</p> <p>None.</p> <p>五、攜回資料名稱及內容</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conference Program: The 9th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2012) 2. CD of the proceedings. 			

An Evaluation Model for Green and Low-Carbon Suppliers

Amy H. I. Lee^{1,2,3}, He-Yan Kang⁴, Chun Yu Lin² and Hsin Wei Wu³

¹*Department of Technology Management, Chung Hua University, Hsinchu, Taiwan, ROC*

²*Ph. D. Program of Technology Management- Industrial Management, Chung Hua University, Hsinchu, Taiwan, ROC*

³*Department of Industrial Management, Chung Hua University, Hsinchu, Taiwan, ROC*

⁴*Department of Industrial Engineering and Management, National Chin-Yi University of Technology, Taichung, Taiwan, ROC*

amylee@chu.edu.tw, kanghy@ncut.edu.tw (corresponding author), d09803006@chu.edu.tw, m09821016@chu.edu.tw

Keywords: Suppliers, Low-Carbon, Fuzzy Analytic Network Process, Fuzzy Set.

Abstract: Under a conventional supplier evaluation, cost, on-time delivery and quality are treated as the most important factors. However, in today's increasingly environmental conscious market with growing demands of green products, more and more firms are aiming to manufacture green products to reduce the damage to the environment and to limit the use of energy and other resources at any stage of its life, including raw materials, manufacture, use, and disposal. Thus, a firm needs to select the right suppliers that not only can satisfy the basic requirements, such as cost and quality, but also can provide green and low-carbon materials. The goal of this research is to construct a green and low-carbon supplier evaluation model. The criteria to evaluate green and low-carbon suppliers are analyzed first, and the most important ones are selected. Fuzzy analytic network process (FANP) model is constructed to evaluate various aspects of suppliers. By applying the model, the manufacturer can find the most suitable suppliers for cooperation. Goal programming (GP) is applied next to allocate the most appropriate amount of orders to each of the selected suppliers.

1 INTRODUCTION

Firms today have entered a slim profit-margin era due to global competition and fast-changing technology. In order to lower costs, raise profit and attain core technology and competitiveness in the supply chain, firms often need to switch from arm's length purchasing transactions into some kind of buyer-supplier partnership, such as contractual purchase and cooperative relationship. The selection of suitable suppliers for partnership is one of the most important steps in creating a successful supply chain and in attaining reasonable profits for a firm (Todeva and Knoke, 2005). In addition, to confront the global warming problem and the increase in environmental consciousness, many countries have devised various environmental protection policies. For instance, with the Energy-using Product Directive (2005/32/EC), the European Commission has been addressing energy-using and energy-related products which have a considerable impact on the energy consumption in the market (Friedman, 2008). International environmental issues have also built up some technical non-tariff barriers to trade.

Therefore, the communities are paying attention to the environmental protection of the enterprises, and international companies and original design manufacturing (ODM) manufacturers need to start promoting green products actively. The purpose of this study aims to incorporate the concept of carbon reduction and green environmental considerations in designing a supplier selection model. The fuzzy analytic network process (FANP) model is constructed to calculate the weights of performance criteria and to obtain the overall performance of suppliers. By applying goal programming (GP), the order allocation to the suppliers can be determined. The model can generate a list of criteria which are the most important for firms to assess the performance of suppliers and to give directions for suppliers to improve their performances.

The rest of the paper is organized as follows. In the next section, the methodologies are introduced. In section 3, a FANP/GP model is constructed. A case study is presented next in section 4. In the last section, some conclusion remarks and future research directions are made.

2 METHODOLOGIES

2.1 Fuzzy Analytic Network Process (Fanp)

Because analytic network process (ANP) can consider the interrelationships among elements in a problem setting, the use of the ANP instead of analytic hierarchy process (AHP) has increased substantially in recent years. To consider the fuzziness and vagueness in the decision making process, fuzzy set theory can be incorporated into the ANP, so called FANP. An example of the procedures for the FANP is as follows (Kang, Lee and Yang, 2010; Lee, Wang and Lin, 2010):

1. Decompose the problem into a network.
2. Prepare a questionnaire based on the constructed network, and ask experts to fill out the questionnaire. The questionnaire will be prepared based on pairwise comparison with Saaty's nine point scales (Saaty, 1980). Experts are asked to fill out the questionnaire. Consistency index and consistency ratio for each comparison matrix are calculated to examine the consistency of each expert's judgment (Saaty, 1980). If the consistency test is not passed, the original values in the pairwise comparison matrix must be revised by the expert.
3. Aggregate the results of the experts' questionnaires. The scores of pairwise comparison are transformed into linguistic variables by the transformation concept. According to Buckley (1985) the fuzzy positive reciprocal matrix can be defined as:

$$\tilde{A}^k = [\tilde{a}_{ij}^k] \quad (1)$$

\tilde{A}^k : a positive reciprocal matrix of decision maker k ;

\tilde{a}_{ij} : relative importance between decision elements i and j ;

$$\tilde{a}_{ij} = 1, \forall i = j \text{ and } \tilde{a}_{ij} = 1/\tilde{a}_{ji}, \forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

If there are k experts P_1, P_2, \dots, P_k , every pairwise comparison between two criteria has k positive reciprocal triangular fuzzy numbers. Employ geometric average approach to aggregate multiple experts' responses, and the aggregate fuzzy positive reciprocal matrix is:

$$\tilde{A}^* = [\tilde{a}_{ij}^*] \quad (2)$$

where $\tilde{a}_{ij}^* = (\tilde{a}_{ij}^1 \otimes \tilde{a}_{ij}^2 \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ij}^k)^{1/k}$

4. Defuzzy the synthetic triangular fuzzy numbers

$\tilde{a}_{ij}^* = (x_{ij}, y_{ij}, z_{ij})$ into crisp numbers. For instance, the center of gravity (COG) method can be applied.

$$a_{ij}^* = (x_{ij} + y_{ij} + z_{ij})/3, \forall i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

5. Form pairwise comparison matrices using the defuzzificated values, and apply software, such as Super Decisions or Excel, to form an unweighted supermatrix. Next, form a weighted supermatrix to ensure column stochastic.
6. Calculate the limit supermatrix by taking the weighted supermatrix to $2q + 1$ powers so that the supermatrix converges into a stable supermatrix. Obtain the priority weights of the alternatives from the limit supermatrix.

2.2 Goal Programming (GP)

Goal programming (GP) is useful in dealing with multi-criteria decision problems where the goals cannot simultaneously be optimized, and decision makers can consider several objectives together in finding a set of acceptable solutions and to obtain an optimal compromise (Lee, Kang and Chang, 2009). The purpose of GP is to minimize the deviations between the achievement of goals and their aspiration levels (Chang, 2007). GP has been applied in various studies. For example, an integrated AHP and preemptive goal programming methodology is developed by Wang, Huang and Dismukes (2004) to select the best set of multiple suppliers to satisfy capacity constraint.

The achievement function of GP is (Chang, 2007; Lee et al., 2009):

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n w_i (d_i^+ + d_i^-) \quad (4)$$

$$\text{s.t. } f_i(X) - d_i^+ + d_i^- = \sum_{j=1}^m g_j S_j(B), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$S_j(B) \in U_j(x), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$X \in F \quad (F \text{ is a feasible set}) \quad (8)$$

where d_i is the deviation from the target value g_i ; w_i represents the weight attached to the deviation; $d_i^+ = \max(0, f_i(X) - g_i)$ and $d_i^- = \max(0, g_i - f_i(X))$ are, respectively, over- and under-achievements of the i th goal; $S_j(B)$

represents a function of binary serial number; and $U_i(x)$ is the function of resources limitations.

Based on the fuzzy theory, the highest possible value of membership function is 1 for something that is more/higher the better in the aspiration levels (Charnes and Cooper, 1961). To achieve the maximization of $g_{ij}S_{ij}(B)$, the flexible membership function goal with aspiration level 1 (i.e., the highest possible value of membership function) is (Chang, 2007):

$$\frac{g_{ij}S_{ij}(B) - g_{\min}}{g_{\max} - g_{\min}} - d_i^+ + d_i^- = 1 \tag{9}$$

where g_{\max} and g_{\min} are, respectively, the upper and lower bound of the right-hand side (i.e., aspiration levels) of equation (5).

For a simpler calculation, the fractional form of equation (9) is:

$$\frac{1}{L_i} g_{ij}S_{ij}(B) - \frac{1}{L_i} g_{\min} - d_i^+ + d_i^- = 1 \tag{10}$$

where $L_i = g_{\max} - g_{\min}$.

For something that is less/lower the better in the aspiration levels, the similar idea of maximization of $g_{ij}S_{ij}(B)$ can be used to achieve the minimization of $g_{ij}S_{ij}(B)$. The flexible membership function goal with the aspiration level 1 (i.e., the lowest possible value of membership function) is (Chang, 2007):

$$\frac{g_{\max} - g_{ij}S_{ij}(B)}{g_{\max} - g_{\min}} - d_i^+ + d_i^- = 1 \tag{11}$$

where g_{\max} and g_{\min} are, respectively, the upper and lower bound of the right-hand side (i.e., aspiration levels) of equation (5).

The fractional form of equation (11) can be converted into a polynomial form:

$$\frac{1}{L_i} g_{\max} - \frac{1}{L_i} g_{ij}S_{ij}(B) - d_i^+ + d_i^- = 1 \tag{12}$$

3 AN INTEGRATED MODEL FOR FANP AND GP MODEL

The steps of the proposed FANP and GP model are summarized as follows:

Step 1. Define the green and low-carbon supplier evaluation problem, and construct an evaluation network with criteria, detailed

criteria and alternatives.

Step 2. Prepare and distribute a questionnaire. A questionnaire with five linguistic terms, as shown in Table 1, is prepared based on the constructed network.

Table 1: Triangular fuzzy numbers.

Linguistic variable	Fuzzy number	Membership function of fuzzy number
Extremely strong	$\tilde{9}$	(9,9,9)
Intermediate	$\tilde{8}$	(7,8,9)
Very strong	$\tilde{7}$	(6,7,8)
Intermediate	$\tilde{6}$	(5,6,7)
Strong	$\tilde{5}$	(4,5,6)
Intermediate	$\tilde{4}$	(3,4,5)
Moderately strong	$\tilde{3}$	(2,3,4)
Intermediate	$\tilde{2}$	(1,2,3)
Equally strong	$\tilde{1}$	(1,1,1)

Step 3. Prepare pairwise comparison matrix. With pairwise comparison of criteria with respect to the overall objective, we can obtain a matrix (\tilde{A}_{1k}) for expert k :

$$\tilde{A}_{1k} = \begin{matrix} & c_1 & c_2 & \dots & c_i & c_j & \dots & c_m \\ \begin{matrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_i \\ c_j \\ \vdots \\ c_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12k} & \dots & \dots & \dots & \dots & \tilde{a}_{1mk} \\ 1/\tilde{a}_{12k} & 1 & \dots & \dots & \dots & \dots & \tilde{a}_{2mk} \\ \vdots & \vdots & \ddots & 1 & \dots & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1 & \tilde{a}_{jk} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1/\tilde{a}_{jk} & 1 & \dots \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 1 \\ \vdots & 1/\tilde{a}_{1mk} & 1/\tilde{a}_{2mk} & \dots & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} & \end{matrix} \tag{13}$$

where m is the number of criteria (C).

Step 4. Aggregate experts' opinions and build an aggregated fuzzy pairwise comparison matrix. Geometric average approach is employed to aggregate experts' responses and to obtain a synthetic triangular fuzzy number (Lee, 2009; Lee et al., 2009):

$$\tilde{a}_{ij} = (\tilde{a}_{ij1} \otimes \tilde{a}_{ij2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ijk})^{1/k} \tag{14}$$

where $\tilde{a}_{ijk} = (l_{ijk}, t_{ijk}, u_{ijk})$

The fuzzy aggregated pairwise comparison matrix is:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{21} & \dots & \dots & \dots & \tilde{a}_{n1} \\ \frac{1}{\tilde{a}_{21}} & 1 & \dots & \dots & \dots & \tilde{a}_{n2} \\ \vdots & \vdots & 1 & \dots & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & 1 & \dots & \tilde{a}_{n3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1 & \dots \\ \frac{1}{\tilde{a}_{n1}} & \frac{1}{\tilde{a}_{n2}} & \dots & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

where $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, t_{ij}, u_{ij})$

Step 5. Calculate crisp relative importance weights (priority vectors) for factors by adopting the center of gravity.

Step 6. The consistency test (Saaty, 1980) is performed by calculating the consistency index (CI) and consistency ratio (CR). If the consistency test is not passed, the expert will be asked to re-do the part of the questionnaire.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (16)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (17)$$

where λ_{\max} is the largest eigenvalue of A_1 , n is the number of items being compared in the matrix, and RI is random index defined by Saaty (1980). If CR is less than 0.1, the threshold for consistency, the expert's judgment is consistent. If the consistency test is not passed, the expert will be asked to re-do the part of the questionnaire.

Step 7. Calculate the weights of sub-criteria, the interdependence among sub-criteria with respect to the same upper-level criterion, and the performance of suppliers with respect to each sub-criterion using a similar procedure from Step 3 to Step 6.

Step 8. Form an unweighted supermatrix. The local priority vectors calculated from Step 5 and 7 are entered in the appropriate columns of a matrix, known as an unweighted supermatrix, as follows.

	Goal	Criteria	Sub-criteria	Alternatives	
S =	Goal	1			(18)
Criteria	Sub-criteria	w_{21}	W_{22}		
Sub-criteria	Alternatives		W_{32}	W_{33}	
Alternatives			W_{43}	1	

where w_{21} is a vector that represents the impact of the goal on the criteria, W_{32} is a matrix that represents the impact of criteria on sub-criteria, W_{22} indicates the

interdependency of the criteria, W_{43} is a matrix that represents the impact of criteria on each of the alternatives, W_{33} indicates the interdependency of the sub-criteria, and I is the identity matrix (Saaty 1996).

Step 9. Transform the unweighted supermatrix into a weighted supermatrix (Saaty, 1996; Lee, Chen and Tong, 2008).

Step 10. Calculate the limit supermatrix. The weighted supermatrix is raised to powers to obtain the limit supermatrix.

Step 11. Rank the suppliers. The priority weights of the suppliers can be found in the alternative-to-goal block, i.e. block (4,1), in the limit supermatrix.

Step 12. Construct a GP model for the green and low-carbon supplier selection and order allocation problem. Set the GP model based on the results from Step 11 to maximize satisfaction:

$$\text{Max } Z_0 = g_1 \times G_1 + g_2 \times G_2 + \dots + g_n \times G_n \quad (19)$$

Step 13. Formulate the GP model by adopting equations (21) to (27) to minimize the aspiration level of i^{th} objective. It is as follows:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \frac{g_i}{L_i} (d_{i1}^+ + d_{i1}^- + L_i (d_{i2}^+ + d_{i2}^-)) \quad (20)$$

$$\text{s.t. } f_i(X) - d_i^+ + d_i^- = \sum_{j=1}^m g_{ij} S_{ij}(B) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (21)$$

$$f_i(X) - d_{i1}^+ + d_{i1}^- = g_i^{\max} z_i + g_i^{\min} (1 - z_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (22)$$

$$\frac{1}{L_i} (g_i^{\max} z_i + g_i^{\min} (1 - z_i)) - d_{i2}^+ + d_{i2}^- = \frac{1}{L_i} (g_i^{\max} \text{ or } g_i^{\min}) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (23)$$

$$d_i^+, d_i^-, d_{i1}^+, d_{i1}^-, d_{i2}^+, d_{i2}^- \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (24)$$

$$X \in B \quad (B \text{ is a feasible set}) \quad (25)$$

$$z_i \in \{0, 1\} \quad (26)$$

4 A CASE STUDY

A case study is used to examine the practicality of

the proposed FANP with GP model. A committee of experts in the IC industry is formed to define the problem of supplier selection. A questionnaire is constructed and is targeted on the experts in the IC design company. Based on the collected opinions of the experts and the proposed model, the performance results of the suppliers can be generated. The five criteria and their respective sub-criteria are listed in Table 2.

Table 2: Criteria and sub-criteria of FANP.

Criteria	Sub-criteria
C ₁ Purchasing management	C ₁₁ Low pollution
	C ₁₂ Material label
	C ₁₃ Recycling
C ₂ Process management	C ₂₁ Modularization
	C ₂₂ Process control
	C ₂₃ Technology level
	C ₂₄ Process improvement capability
C ₃ Quality control	C ₃₁ Environmental regulation fulfilment
	C ₃₂ Product quality control
	C ₃₃ Capability of handling abnormal products
	C ₃₄ Delivery quality and date
	C ₃₅ Quality certification
C ₄ Business management	C ₄₁ Internal education and training
	C ₄₂ Green R&D design capability
	C ₄₃ Pollution control
	C ₄₄ Regulation of harmful material control
C ₅ Cost control	C ₅₁ Production cost
	C ₅₂ Business cost
	C ₅₃ Purchase cost

5 CONCLUSIONS

Green and low carbon supplier evaluation selection and selection is a very complicated process involving interrelationship among two or more firms in a supply chain, and the process is multi-objective in nature. This research thus develops a model for fulfilling the task. Based on the selected criteria and sub-criteria, fuzzy analytic network process (FANP) is used to evaluate various aspects of suppliers, and the most suitable suppliers for cooperation can be obtained. Goal programming (GP) is applied next to allocate the most appropriate amount of orders to each of the selected suppliers. In the future, a case study will be carried out to examine the practicality of the proposed model. The results shall be a reference for selecting and allocating orders to the best green and low carbon suppliers.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported in part by the National Science Council in Taiwan under Grant NSC 99-2632-H-216-001-MY2-2-4.

REFERENCES

Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233-247.

Chang, C. T. (2007). Multi-choice goal programming. *Omega: The International Journal of Management Science*, 35(4), 389-396.

Charnes, A., Cooper, W. W. (1961). *Management Model and Industrial Application of Linear Programming*. New York: Wiley.

Friedman, T. L., 2008. *Hot, Flat, & Crowded: Why We Need a Green Revolution and How It Can Renew America*. New Kensington: Christian Large.

Kang, H. Y., Lee, A. H. I., Yang, C. Y. (2010). A fuzzy ANP model for supplier selection as applied to IC packaging. *Journal of Intelligent Manufacturing*. on-line.

Lee, A. H. I. (2009). A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. *Expert Systems with Applications*, 6, 2879-2893.

Lee, A. H. I., Chen, H. H., Tong, Y., 2008. Developing new products in a network with efficiency and innovation. *International Journal of Production Research*, 48(17), 4687-4707.

Lee, A. H. I., Kang, H. Y., Chang, C. T. (2009). Fuzzy multiple goal programming applied to TFT-LCD supplier selection by downstream manufacturers. *Expert Systems with Applications*, 36, 6318-6325.

Lee, A. H. I., Wang, W. M., Lin, T. Y. (2010). An evaluation framework for technology transfer of new equipment in high technology industry. *Technological Forecasting & Social Change*, 77, 135-150.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.

Todeva, E., Knoke, D. (2005). Strategic alliances and models of collaboration. *Management Decision*, 43(1), 123-148.

Wang, G., Huang, S. H., Dismukes, J. P. (2004). Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology. *International Journal of Production Economics*, 91, 1-15.

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2012/10/17

國科會補助計畫	計畫名稱: 低碳經濟研發特色專案計畫
	計畫主持人: 李友錚
	計畫編號: 99-2632-H-216-001-MY2 學門領域: 資訊管理
無研發成果推廣資料	

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：李友錚		計畫編號：99-2632-H-216-001-MY2					
計畫名稱：低碳經濟研發特色專案計畫--低碳經濟研發特色專案計畫							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	2	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	7	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 （本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	1	2	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	11	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 （外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	辦理兩場研討會
--	---------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

本計畫已發表期刊論文兩篇，研討會論文 18 篇。期刊論文如下：

1. Horng-Huei WU, Chia-Chu Lee, Neng-Hao Kan, 2011, ' A Study of Integration of ERP and Carbon Footprint Labels,' Modern Management, Vol. 1, No.4, pp. 294-302.

2. Chun-Yu Lin (student), Amy H. I. Lee, He-Yau Kang, 2012, ' An integrated new product development framework - an application on green and low-carbon products' , submitted.

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

子計畫一：低碳經濟時代下對企業社會責任的重新審視

本研究透過低碳經濟之思維重新審視 CSR 之定義與範疇，在低碳經濟的基礎下建構一個全面性及系統性之 CSR 指標模式，提供一個標準化、普及化及量化之 CSR 評價方法，有效地評估企業在 CSR 之執行績效，以協助企業針對 CSR 執行之現況找出改善方向並選擇其 CSR 之最佳戰略計劃，進而協助政府與企業的利害相關者（如股東、消費者、供應商等）取得正確的 CSR 績效資訊。

子計畫二：國內產業因應能源稅徵收之衝擊與對策

本計畫透過投入產出與可計算一般均衡模型針對國際能源稅制發展趨勢、評估徵收能源稅可能造成之衝擊、檢討能源相關稅賦之減免與配套措施、評估我國能源價格的課稅空間與兼顧產業競爭力重新擬定課徵機制與方案等能源稅相關議題加以分析與研究。

子計畫三：工廠碳標籤技術能力建置與低碳管理模式之研究

(1) 學術價值

本研究從製造管理與產品市場競爭的角度，提出建立工廠碳標籤技術及工廠碳會計制度之

研究模式。其次並提出建立應用碳標籤技術於工廠管理之模式，以落實碳標籤技術與推廣。本研究成果將有助於國內政府相關單位及國內工廠有意發展低碳管理之業界作為參考。

(2) 技術創新

本研究所提出之工廠碳標籤技術及工廠碳會計制度，均建立在工廠現有之 ERP 系統上，不但整合了工廠現存之資訊系統，且可共用現有工廠製造相關資料庫，因此可降低工廠因導入碳標籤技術或工廠碳會計制度所需重新輸入資料之投入及成本，可增加工廠導入之意願。

(3) 社會影響

經由建立合理工廠碳標籤技術及工廠碳會計制度之模式，導引企業認知碳標籤制度建立之可行性。其次啟發工廠認知產品碳標籤的意義，使工廠認知工廠建立產品碳標籤的價值，並不只是企業的社會責任，而可能是繼產品品牌與價格競爭之外的另一項產品競爭要素。若不重視，其產品可能會被大眾所放棄，以喚起企業界對碳標籤制度的重視、推廣與改進，因而達成企業節能減碳的目標。

子計畫四：綠色及低碳之新產品開發與供應鏈管理-以台灣高科技產業為例

綠色產品必須從研發設計、生產規劃、原料採購、製造、運輸過程、銷售與消費者購買，甚至到最終產品廢棄回收以及能源再生，皆須以綠色及低碳做全盤性的考量。而碳足跡是一個衡量綠色產品的有效指標，且亦可反映二氧化碳的排放，因此，在產品的生命週期中考量減少二氧化碳排放便相形的重要。雖然近年來不少專家學者致力於綠色供應鏈管理，希望能找出更好的管理機制，但甚少將碳排放與碳足跡之議題納入綠色供應鏈中考量。故本計畫以特定高科技產業為例，提出一整合模型以輔助綠色、低碳之新產品開發(New Product Development, NPD)及供應鏈管理，同時協助供應商提升綠色價值，以創造出更大的綠色商機。

子計畫五：國道客運因應低碳經濟時代環保駕駛行為機制之建立

(1)在學術面，本研究整合數位式行車紀錄器、大客車駕駛模擬器、WAVE/DSRC 等先進技術之應用，建立環保駕駛行為分析管理模式及具有市區號誌化路口燈號轉換即時警示、高速公路跟車駕駛警示、高速公路前方車速顯示等功能概念之線上環保駕駛監控系統的駕駛模擬評估場景。

(2)在應用面，本研究可幫助國道客運業建立大客車環保駕駛的管理機制，促進運輸業之低碳經濟具體措施推動。

子計畫六：綠色消費之教育介入

目前國人雖已深刻體認環保與綠色消費的重要性，但對綠色消費的相關知識及自身在此任務中應扮演的角色及行為尚懵懂未知。如何進行有效的教育宣導引發民眾對環境的認知，落實綠色消費行動，將是國內環境教育的重要工作。國內尚未有研究系統性地探討綠色消費行為模式，並將其結果具體落實於綠色消費教育計畫中。本研究整合行為科學理論，就臺灣大專院校學生目前對綠色消費之認知、態度與消費行為的現狀作一探討，在瞭解影響大專院校學生的綠色消費行為之前因與後果後，並擬藉由個體之不同綠色消費行為階段，提供不同之教育介入計畫，並依介入執行結果提出介入課程之修正。

