

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

台灣工業生態之調查與研究-砂石、金屬、能源與一事業廢棄物—子計畫一：

金屬與石化業之工業生態研究及

實施環境管理系統對該產業之環境與經濟效益分析-金屬業 (I)

第一部份：台灣金屬業之工業生態研究

Study on Industrial Ecologies and Impacts of Implementation of Environmental Management

System for Metal and Petrochemical Industries (I) - Metal Industry

Part One: A Study on the Industrial Ecology for Taiwan's Metal Industry

計畫編號： NSC 90-2621-Z-002-025

執行期間： 90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31

主持人：張慶源(台灣大學環境工程學研究所)

共同主持人：何瓊芳(中原大學國際貿易學系)

研究人員：劉一忠、林錫雄、李宜欣

一、中文摘要

由於人類經濟活動的發達可能導致環境品質每況愈下，為避免此情況持續惡化，必須確實實行環境保護及資源再利用的工作，但同時也須兼顧經濟成長，因為兩者會相互影響。所以最適的方法是將其合而為一加以考慮，兩者兼顧，以求永續發展。而工業生態(industrial ecology)便是經由以上的概念而發展出來，其中包含物質流系統及能源流及資金流。本研究以探討台灣鋼鐵業之鋼鐵物質流為主，應用 Graedel and Allenby [1]提出的工業生態模型評量台灣鋼鐵業的情況，並用兩種國際間最常使用的指標，每人使用量 (PCU, per capita of use，本文將其定義為 production/population)及使用密集度(IU, intensity of use，本文將其定義為 production/GDP)，以比較台灣與美國及日本的鋼鐵工業現況。

研究中將台灣鋼鐵業之鋼鐵物質流分成五個階段(或節點)，並以數種方式加以探

討。包含(1)利用各階段所產生的物料浪費及各階段存量變化率加以探討、(2)將各階段的物料浪費搭配總存量變化率予以討論、(3)以總合各階段所有物料浪費配合總存量變化率加以研究。

PCU 平均值之順序呈現日本 > 台灣 > 美國。就 PCU 之年變化趨勢而言，其中日本為小幅下降傾向，而台灣呈上升現象。結果顯示台灣鋼鐵需求量因台灣近年來的發展需要而處於高檔。美日兩國的 IU 低於台灣則代表兩國的鋼鐵業佔經濟的比重較少，且其鋼鐵善用的現況皆優於台灣。結果顯示台灣鋼鐵物質之善用及鋼鐵業與環境間的關係仍有改善的空間。

關鍵詞：工業生態、物質流、鋼鐵業、每人使用量、使用密集度

Abstract

The human economic development may trigger the deterioration of environmental quality. To prevent the situation from becoming worse, the environmental protection and resource recycling must be conducted thoroughly. However, the economic growth should also be deliberated simultaneously. Thus they influence each other. Therefore, the optimistic way is to consider the combination of environmental protection and economic growth in order to pursue the sustainable development. This concept has cultivated the introduction and application of industrial ecology (IE). It includes the material flow, energy flow, and capital flow systems. This study was focused on the material flows of steel and iron for Taiwan's steel industry. In the first part of the study, the IE model presented by Graedel and Allenby [1] for the other industries was applied to assess the circumstance in Taiwan. Also, in the second part of the present analysis, two recognized indicators, the per capita of use (PCU, defined as production/population in this study) and intensity of use (IU, defined as production/GDP in the present analysis) were used to compare the situation in Taiwan with those in the U.S.A. and Japan.

Six approaches were postulated to describe the IE scenario of the material flows of steel and iron for the steel

industry in Taiwan with five nodes.

These included : 1) Approaches 3 and 4 concerning the individual stream of the steel materials uncollected, discarded, or left in the environment (denoted as M_{unj}) and change of inventory (denoted as dI_{mj}/dt) for each node j with $j = 1$ to 5 , 2) Approaches 1 and 5 taking into account the individual M_{unj} but lumped $d \sum I_{mj}/dt$, and 3) Approaches 2 and 6 with the consideration of both lumped $\sum M_{unj}$ and $d \sum I_{mj}/dt$. IE model with the lumped computations of $\sum M_{unj}$ and $d \sum I_{mj}/dt$ for all nodes in the IE model reasonably revealed the material flows of steel and iron for Taiwan's steel industry.

The average values of the PCUs of the three noted countries are in order of Japan > Taiwan > U.S.A. However, Japan showed a slightly downward trend in terms of the yearly variation of PCUs, while Taiwan upward. The results indicate that the demand of steel and iron in Taiwan have remained higher in supporting its development in the recent years. The IUs of steel and iron for the steel industries of the U.S.A. and Japan are lower than that of Taiwan, revealing the better uses of steel and iron by the U.S.A. and Japan to contribute to the GDP. The results of PCUs and IUs also demonstrate that there still has room to improve for the better usage of steel and iron in the steel industry and thus the quality of the environment in Taiwan.

Key Words: Industrial ecology, material flow, steel industry, per capita of use, intensity of use

二、計畫緣由與目的及文獻回顧

2.1 Industrial Ecology

The human utilization of resources and economic development may be detrimental to the environmental quality. Efforts must be made for environmental protection and resource recycling so as to prevent the situation from getting worse. However, the economic growth should also be pursued at the same time. These aspects thus affect each other. An optimistic way is to simultaneously consider the environmental protection and economic growth so as to achieve the sustainable development. This thus induces the introduction and application of the industrial ecology (IE). Although the IE has been developed very swiftly during recent years, there is still no lucid definition on it. The reason is that the whole concept is broad, and it is under construction. Graedel and Allenby [1] have indicated that the IE is a notion which concerns the interaction between the human activities and the environment we live in, and pursues sustainable development. Applied to manufacturing, IE probes the optimization of the material cycles (from the raw materials to the final products and the wastes), and the energy and capital flows. Thus, environment protection and industry advancement are connected closely to each other. Therefore, both should be deliberated simultaneously.

Also, the IE is analogous to the biological systems. In an ecosystem, some species exploit sun, water, and air to survive, and the others assimilate the former. Their excrement may provide the nutrient of another species. The ecological process forms a cycle. It is evolved according to the phases, as shown in Figure 1. For the initial life forms-Type I ecology shown in Figure 1a, the resources are unlimited, relative to the limited life forms. The existence of species has essentially no impact on the available resources. Hence, the wastes made by one living are not used by the others. As the resources decrease, accompanied with the increase of species, the ecosystem has to step into the next stage, i.e. Type II ecology (Figure 1b). Type II system is much more efficient than Type I system. In Type II system, the beings make use of others' wastes. That is, they interact with one another and become dependent upon each other. However, Type II ecosystem still produces final wastes, and clearly is not sustainable over the very long term. This is because the flows are all in one direction, that is, the system is running down. To be ultimately sustainable, a complete circle has to be achieved, namely, Type III ecology (Figure 1c). At this phase, the "resources" and "wastes" are undefined, because the wastes from one ecosystem component are entirely transformed to become the resources for another. The energy is the only driving force to perform the ecosystem of Type III.

The schematic model of such an industrial

ecosystem of Type II is shown in Figure 2. It comprises four nodes: 1) the materials extractor or grower, 2) the materials processor or manufacturer, 3) the consumer, and 4) the waste processor. For every node, it is cyclic, and the whole system is cyclic, too. Therefore, the energy and resources can be used efficiently.

As people deem that the environmental protection is crucial, more and more giant corporations such as AT&T [2], have accommodated the principle of IE as they manufacture their products. In addition, some advanced industry parks like Kalundborg [3] and Jyvaskyla [4] have designed with the spirit of IE. The former is situated in Denmark, and is the most famous one. The industry sectors develop an environmental-economic “win-win” strategy by reusing each other’s wastes. The latter is located in Finland. It employs a co-production of heat and electricity to eliminate the use of fossil fuel, and to reduce the amount of carbon dioxide, and wastes. Besides, the IE researches have been widely conducted in a variety of industrial sectors such as the built environment [5], glass [6], metal [7], paper [8], and wood products [9], and in U.S.A. [10]

2.2 Indicators

The intensity of use (IU) is a common indicator cited by scholars to depict the relationship between the material consumption and economic growth. It is defined as the quantity of the production of consuming product per gross domestic product (GDP).

The per capita use (PCU, production of consuming product/population) is another indicator to reflect the demand of materials by human activities. To assess the performance of steel industry, this study employed the production of crude steel instead of the production of consuming product in computing the IU and PCU. The rationale was that if the IU or PCU remained unchanged during a period of time, the shift of the amount of material stayed the same as that of GDP or population, respectively. Listed below are some factors that trigger the changes of IU and PCU.

1. The technical reform that reduces the quantity of materials used to produce the goods or provide the services.
2. The substitution of new substance with more desirable properties for the older materials.
3. The changes in the structure of final demand. The mix of the goods and services produced and consumed by an economy or human activities changes over time due to the shifts among the sectors, such as the rise of service sector, or shifts within the sectors, such as the increasing dominance of computers and other high-tech goods within the manufacturing sector.
4. The saturation of bulk markets for the basic materials.
5. The government regulations that alter the materials use [11].

三、研究方法與分析

3.1 Material Flows of Steel and Iron for Steel Industry in Taiwan

Figure 3 is a material flow model of steel and iron for Taiwan's steel industry. The explanation of symbols of Figure 3 and some data of 1998 are listed in Table 1. The present study stresses the most critical items of steel and iron for the steel industry in Taiwan to set up the material flow. Data sources are referred to Taiwan Steel and Iron Industries Association (TSIIA) [12].

3.2 IE of Steel and Iron for Steel Industry in Taiwan

The whole IE should consist of the material, energy, and capital flows. This study focuses on the material flow of steel and iron employing the IE model of Type II by Graedel and Allenby [1]. The scenario with inventory change was examined to appraise the steel materials uncollected, discarded, or left in the environment (Mun1 to Mun5 in Figure 3 and Table 1) generated by Taiwan's steel industry.

The analysis follows the model of Figure 3 with the consideration of actual situation in Taiwan. The model consists of five nodes:

1. the raw material and semi-products manufacturer,
2. the finished products manufacturer,
3. the consumer goods manufacturer,
4. the consumer products user,
5. the scrap processor.

The explanation of the notation corresponding to Figure 3 can be referred to Tables 1 and 2. Regarding the statistic items of steel industry,

one notes that the definitions and items listed by TSIIA and International Iron and Steel Institute (IISI) [13] are slightly different. For example, IISI only submits the data of Rin, M1, M4, M10, Msi, and Mse in Table 1, while TSIIA provides more detailed information. For the reason of consistency, this study utilized the data from TSIIA in establishing the IE model.

For the ideal mass balance of steel and iron, the input and output of every node in Figure 3 should be identical. In reality, they are not equal. Thus, the actual mass balance is: the change of inventory = input – output – uncollected, discarded, or left (in the environment) quantities. During the time of this study the trade of Taiwan's steel industry was active, and the import and export had to be taken into account. The apparent consumption, a statistic item commonly used, was equal to the production plus the import minus the export.

The supplemental description is as follows. We measured the major flows of steel and iron, while neglecting the auxiliary flows less than 3 % of the major streams into or out from each node in Figure 3. The boundary was for the steel and iron of Taiwan's steel industry, not including the minerals. The home scrap, M3, included those in the upstream (M31) and in the midstream (M32). The scrap after the scrap processing could be utilized as the raw material. The distinguished proportions from the upstream and midstream were not available. Therefore, in this study the assumption was

$M_{31} = M_{32} = 0.5 M_3$.

Items M6 and M7 are not easy to be quantified because the use of consumer goods is so complex to trace. Hence, the data of Mun3 and Mun4 as well as those of other Munj were not available.

To reflect the fact that inventory usually exists in any industry, inventory should be considered in the IE analysis. The only available data of inventories from TSIIA were those of iron ore (Im11), ferro-alloy (Im13), finished steel (Im2), and scrap (Im5). Thus, some assumptions had to be made in order for us to do the assessment. This led to various approaches, listed in Table 3, for assessing the scenario. Approach 1 adopted $d \sum Im_j/dt$ (with $dIm_3/dt = 0 = dIm_4/dt$) to compute the individual proportion of the steel materials uncollected, discarded, or left in the environment (Munj with corresponding β_j , $j = 1$ to 5 , $\beta_3 = 0$) from each node j . The coefficient β_j denoted the fraction of output from Node j which was uncollected, discarded, or left in the environment. With Approach 2, this study also adopted $d \sum Im_j/dt$ (with $dIm_3/dt = 0 = dIm_4/dt$) but performed lumped calculation of the sum of the steel materials uncollected, discarded, or left in the environment ($\sum Mun_j$, $j = 1$ to 5) of all nodes, which was equivalent to the situation with $\beta_j = \beta$ ($j = 1$ to 5). Approach 3 took into the consideration of the individual dIm_j/dt and β_j with available data, assuming $dIm_3/dt = 0$, $\beta_3 = 0$, and $Im_4 = 0.6 M_5$ ($dIm_4/dt = 0$). Approach 4 was the same as Approach 3 except

with $Im_3 = 0.1M_5$ ($dIm_3/dt = 0$) and $Im_4 = 0.6M_7 = 0.6(M_5 - dIm_3/dt)$ ($dIm_4/dt = 0$, $M_7 = M_5$). Approaches 5 and 6 were the same as Approaches 1 and 2, respectively, but including the $dIm_3/dt (= 0)$ and $dIm_4/dt (= 0)$ in $d \sum Im_j/dt$ with the assumptions $Im_3 = 0.1M_5$ and $Im_4 = f_{147} M_7 = f_{147} (M_5 - dIm_3/dt)$ ($M_7 = M_5$). As for Approaches 5 and 6, they are: for Approach 5, $f_{147} = 0.6$; for Approach 6, $f_{147} = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, \text{ or } 0.6$. The detailed description of approaches is summarized in Table 3.

3.2.1. Approach 1

Approach 1 assumed that the Munj from each node (j) was β_j times the output of Node j . That is, Mun_j of $j = \beta_j \times$ output of j . The mass balances are described as follows.

For Node 1, the change of inventory of raw materials and semi-products in one year for manufacturer (Im1) denoted as $\frac{dIm_1}{dt}$ is :

$$\frac{dIm_1}{dt} = Rin + M_{10} - (\beta_{1+1}) \times (M_1 + 0.5 M_3) \quad (1)$$

For Node 2, the change of inventory in one year of finished products manufacturer (Im2)

denoted as $\frac{dIm_2}{dt}$ is :

$$\frac{dIm_2}{dt} = M_2 - (\beta_{2+1}) \times (M_4 + 0.5 M_3) \quad (2)$$

For Node 3, the change of inventory in one year for consumer goods manufacturer (Im3)

denoted as $\frac{dIm_3}{dt}$ is:

$$\frac{dIm3}{dt} = M5 - (\beta_{3+1}) \times M6 \quad (3)$$

For Node 4, the change of inventory in one year of consumer products user (Im4) denoted as $\frac{dIm4}{dt}$ is:

$$\frac{dIm4}{dt} = M7 - (\beta_{4+1}) \times M8 \quad (4)$$

For Node 5, the change of inventory in one year of scrap processor (Im5) denoted as $\frac{dIm5}{dt}$ is:

$$\begin{aligned} \frac{dIm5}{dt} &= M8 + M3 - (\beta_{5+1}) \times (M10 + \\ &Mse - Msi) \end{aligned} \quad (5)$$

Summing the above equations gives the total change of inventory (dIm_s/dt , $Im_s = \sum Im_j$ with $j = 1$ to 5) in one year for Taiwan's steel industry as follows.

$$\begin{aligned} \frac{dIm_s}{dt} &= Rin + M1 - M2 + M4 - M5 + M6 \\ &- M7 + Mse - Msi \\ &= -(\beta_1) \times (M1 + 0.5M3) - \beta_2 \\ &\times (M4 + 0.5M3) - \beta_3 \times M6 - \beta_4 \times M8 \\ &- \beta_5 \times (M10 + Mse - Msi) \end{aligned} \quad (6)$$

The term $\frac{dIm_s}{dt}$ in Equation (6) is:

$$dIm_s/dt = d \sum Im_j/dt, j=1 \text{ to } 5 \quad (7)$$

The total inventory (Im_s) should be obtained by adding the inventories of all items listed by TSIIA every year. The difference of the total inventories of the adjacent years then gives the total inventory change (dIm_s/dt). However, no data with

regard to the inventories of Nodes 3 (Im₃) and 4 (Im₄), and of the crude steel (Im₁₂) of Node 1 were provided by TSIIA at that time. Thus in this study we assumed that the proportion of the inventory of crude steel (Im₁₂) was about 10 % to that of crude steel products (M₁). Noting that the dIm_3/dt , which was not available, may be small, and thus was assumed to be zero. Also, the data concerning the output from the consumer goods manufacturer (M₆) and the input into the consumer products user (M₇) were not available. In order to perform the regression of Equation (6) with available data, We have the presumption that the β_3 was scanty compared with 1 and taken to be zero, and that M₇ minus M₆ was equivalent to the import (M_{gi}) subtracting the export (M_{ge}) of consumer goods. Further assuming $M_{gi} = M_{ge}$ then gives $M_7 = M_6$. Hence, Equation (6) may be transformed into Equation (8).

$$\begin{aligned} \frac{dIm_s}{dt} &= Rin + M1 - M2 + M4 - M5 + \\ &Mse - Msi \\ &= -(\beta_1) \times (M1 + 0.5M3) - \beta_2 \times (M4 \\ &+ 0.5M3) - \beta_4 \times M8 - \beta_5 \times (M10 + \\ &Mse - Msi) \end{aligned} \quad (8)$$

All terms in Equation (8) are known except β_1 , β_2 , β_4 , β_5 and dIm_4/dt . If dIm_4/dt is taken to be zero due to the lack of available data, dIm_s/dt becomes dIm_{125}/dt with $Im_{125} = Im_{11} + Im_{12} + Im_{13} + Im_2 + Im_5$. The ratios (β_j , $j=1,2,4,5$) of the steel materials uncollected, discarded, or left in the

environment to the outputs may then be obtained by the multi-regression of Equation (8) with data.

3.2.2. Approach 2

Approach 2 lumped all the steel materials uncollected, discarded, or left in the environment in the system together to compute their ratio (β) to the total outputs of all Nodes we studied for Taiwan's steel industry. The total inputs and outputs of system are the sum of R_{in} , M_{ci} , M_{fi} , M_{gi} , and M_{si} , and sum of M_{ce} , M_{fe} , M_{ge} , M_{se} , and M_{un} ($\sum M_{unj}$, $j = 1$ to 5), respectively. The M_{un} is β times of the outputs of all nodes in Figure 3, namely, $M_{un} = \beta \times (M_1 + M_3 + M_4 + M_6 + M_8 + M_9)$. Because M_6 was not available, its value was thus presumed near M_5 . Accordingly, M_{un3} might be insignificant related to M_6 . Following the assumption, $M_{gi} = M_{ge}$, then gives Equation (9) for the whole system as follows.

$$\frac{dI_{ms}}{dt} = \text{input to the system} - \text{output from system} = R_{in} + M_{ci} + M_{fi} + M_{si} - M_{ce} - M_{fe} - M_{se} - \beta (M_1 + M_3 + M_4 + M_5 + M_8 + M_9) \quad (9)$$

In Equation (9), all data are at hand except β , dI_{m3}/dt , and dI_{m4}/dt . Again, if dI_{m3}/dt and dI_{m4}/dt are taken to be zero as in Approach 1, yielding $dI_{ms}/dt = dI_{m125}/dt$, then the β may be obtained by the regression of the equation with available data.

3.2.3. Approaches 3 to 6

According to the assumptions specified in Table 3, the applicable equations for

Approaches 3 and 4, 5, and 6 are the same as Equations (1) to (5), (8), and (9), respectively, but with some assumptions as indicated below.

For Approach 3

$$\begin{aligned} dI_{m3}/dt = 0 &= M_5 - (\beta_3 + 1) \times M_6 \\ \beta_3 &= 0 \\ I_{m4} &= 0.6 M_7 \\ M_7 &= M_6 = M_5 \end{aligned}$$

For Approaches 4, 5 and 6

$$\begin{aligned} I_{m3} &= 0.1 M_5 \\ I_{m4} &= f_{i47} M_7 \\ f_{i47} &= 0.6 \text{ for Approaches 4 and 5} \\ &= 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, \text{ or } 0.6 \text{ for Approach 6} \\ \beta_3 &= 0 \\ M_6 &= M_5 - dI_{m3}/dt \\ M_7 &= M_6 \end{aligned}$$

Further for Approaches 5 and 6, $dI_{ms}/dt = dI_{m12345}/dt$ with $I_{m12345} = I_{m125} + I_{m3} + I_{m4}$, $I_{m4A456} = I_{m125} + I_{m3} + f_{i47} M_7$, and M_5 in Equation (9) should be replaced by M_6 .

四、結果與討論

4.1 IE of Taiwan's Steel Industry

For Approach 1, the obtained values of β_j from the regression of Equation (8) with data were: $\beta_1 = 0.62$, $\beta_2 = -0.231$, $\beta_4 = -1.68$, and $\beta_5 = 3.68$. The R-square was 0.72. In practice, β was usually kept at a low level. Although Node 5 represented for processing the scrap, the large value of β_5 was not expected.

In Approach 2, regression of Equation (9) with data gave β of 0.27 with R-square of 0.53. If the steel materials (M_{un}) uncollected,

discarded, or left in the environment were contributed by the up-streams (M1 and M31) or the mid-streams (M4, M32, and M6) of steel industry, the β of 0.27 was serious.

However, the contribution of Mun in Node 4 by consumers was reasonable regarding the consumer behavior.

The values of β_j from Nodes 1 to 5 were 0.28, 0.014, 0, 2.5, and 0.01 for Approach 3, and 0.28, 0.014, 0, 2.43, and 0.01 for Approach 4. The β_1 of 0.28 was acceptable on account of Node 1 that represented the raw material processing and upstream manufacturing, indicating significant Mun1 was generated. Node 2, on the other hand, was in charge of shaping the crude steel into desired scales; therefore, the small value of β_2 was no doubt. With these Approaches, attributing to the scarce statistics, this study introduced some presumptions in order to obtain β_1 , β_3 and β_4 . With more accurate data, the β would better accord with the fact.

As for Approach 5, the obtained β values of Nodes 1, 2, 4, and 5 were 2.04, -1.52, 3.1, and 0.5, respectively. Owing to the lack of statistic data, these results are subject to further validation.

The β obtained for Approach 6 with $f_{I47} = 0.6$ was 0.27 with R-square of 0.18. This Approach was analogous to Approach 2 except the difference in the inventory. It also took items Im3 and Im4 into consideration. The almost identical result stemmed from the difference between the dIm_{125}/dt and dIm_{12345}/dt that was insignificant as compared

to $Rin + Mci + Mfi + Msi - Mce - Mfe - Mse$; namely, the input outnumbered the output, yielding β value of 0.27 compared to that of 0.27 of Approach 2. The R-square for Approach 6 with $f_{I47} = 0.6$ was not satisfactory. By adjusting the coefficient (f_{I47}) of Im4 from 0.6 to 0.1, the R-square was increased from 0.18 to 0.57, indicating a satisfactory regression. However, the actual coefficient can only be obtained by further research.

Two vital factors affecting the results were the lacking of the sufficient data and imprecise assumption. With the data in Tables 1 and 2 and the assumptions shown in Table 3, only Approaches 2 and 6 display adequate consequence, both yielding the values of β of 0.27. It signals that it is suitable to implement the lumped approaches.

4.2 Intensity of Use and Per Capita Use of Crude Steel in Taiwan

From 1984, with the prosperity of Taiwan's economy, the production of crude steel has displayed an increasing trend. However, the steel industry is also a pollution intensive and energy consuming industry. Consequently, the production of crude steel from the steel industry significantly affects the environment. Figures 4-6 illustrate the yearly variations of the per capita uses (PCUs) of crude steel produced in the U.S.A., Japan, and Taiwan, respectively. The PCU in the U.S.A. holds steady for more than a decade, with relatively low value. The case with Japan is slightly different, with the PCU value much higher than that with the U.S.A.

Moreover, the PCU in Japan shows a slightly downward. On the other hand, the PCU in Taiwan soars at a significantly increasing rate during the same period. According to the above data, the steel industry in Taiwan has grown swiftly. During the same period, the steel industries in the U.S.A. and Japan slowed down or even retreated. Since Taiwan and Japan are export-oriented countries, the needs of steel production in supporting their infrastructures and manufactures for the exports are significant. This leads to the higher PCUs as compared to that in U.S.A. The results also provide another evidence that the loadings of steel industries are shifted to the less developed countries.

As for the intensities of use (IUs) of the crude steel produced, the results (Figures 7 and 8) indicated that the developed countries such as U.S.A. and Japan demonstrated downward trends, with Japan being the most distinct. The downward trend reflected that the rate of the production of crude steel did not increase in parallel to the increase of GDP. The alter of industry structure and economy might have been the reason. However, this decreasing phenomenon did not emerge in Taiwan. Figure 9 displays that the IU in Taiwan increased after 1995 and the reverse movement between the production of crude steel and GDP did not occur. Thus, Taiwan needed to improve its efficient use of steel and iron in generating high GDP. The increase of IU might not be good for the

environment. Nevertheless, the descending of IU could be the result of advancing in Material Science. More appropriate substitutions may have been found, which drop the consumption of the original materials. When some new substitutions are merchandised, the production of crude steel may tumble, and the trend of IU would be downward. However, it is not appropriate to assert that the environmental burden reduces as the IU decreases. The environmental impact of the substitutes should be considered in chorus, which requires a life cycle assessment (LCA).

五、結論與建議

In summary, the proposed dynamic model reasonably depicts the scenario of the IE of Taiwan's steel industry with the consideration of inventory change via the lumped approach of the steel materials uncollected, discarded, or left in the environment. The model may be applied to other industry sectors with some modification to describe the industrial ecology of target materials.

The yearly variations of the per capita of uses (PCUs) of the steel and iron of steel industries for Japan and U.S.A. show either decreasing or merely constant. However, PCU increases in Taiwan indicating the increasing need of yearly demand in supporting the development of the country. As for the intensities of use (IUs) of the steel and iron of steel industries, U.S.A. and Japan have the lower IUs and thus the better usages of steel

and iron than Taiwan.

六、誌謝

This study was supported by the National Science Council of Taiwan under Grant No. NSC90-2621-Z-002-025.

七、符號說明

f_{I47}	Fraction of M7 contributing to Im4 for Approaches 4 to 6, with $Im4 = f_{I47} M7$, $f_{I47} = 0.6$ for Approaches 4 and 5, = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, or 0.6 for Approach 6
GDP	Gross domestic product
I	Impure material
IE	Industrial ecology
Im	Inventory
Im _j	Im of Node j, j=1 to 5
Im _s	$\sum Im_j, j = 1$ to 5
Im ₁₁	Im of iron ore at Node 1
Im ₁₂	Im of crude steel at Node 1
Im ₁₃	Im of ferro-alloy at Node 1
Im ₂	Im of finished steel at Node 2
Im ₃	Im of consumer goods manufactured at Node 3
Im ₄	Im of consumer products for user at Node 4
Im _{4A3}	Im ₄ for Approach 3
Im _{4A456}	Im ₄ for Approaches 4 to 6, = $f_{I47} M7$
Im ₅	Im of scrap at Node 5
Im ₁₂₅	Sum of Im ₁₁ , Im ₁₂ , Im ₁₃ , Im ₂ , Im ₅
Im ₁₂₃₄₅	Sum of Im ₁₂₅ , Im ₃ , Im ₄

IISI	International Iron and Steel Institute
IU	Intensity of use, production/GDP
j	Index of node j, j = 1,2,3,4,5 for each node
LCA	Life cycle assessment
M1	Production of crude steel
M2	Apparent consumption of crude steel
M3	Home scrap
M31	Scrap from Node 1, 0.5 M3
M32	Scrap from Node 2, 0.5 M3
M4	Production of finished product
M5	Apparent consumption of finished product
M6	Production of consumer goods
M7	Apparent consumption of consumer goods
M8	Scrap from domestic
M9	Production of scrap
M10	Consumption of scrap
Mce	Exported crude steel
Mci	Imported crude steel
Mfe	Exported finished steel
Mfi	Imported finished steel
Mge	Exported consumer steel goods
Mgi	Imported consumer steel goods
Mse	Exported scrap
Msi	Imported scrap
Mun	Steel materials uncollected, discarded, or left in the environment
Mun _j	Mun at Node j with j=1 to 5
Muns	$\sum Mun_j, j = 1$ to 5

P	Product
PCU	Per capita of use, production/population
R	Recycled scrap
Rin	Iron ore and ferro-alloys into system; taken as iron ore imported
S	Salvaged material
t	Time
TSIIA	Taiwan Steel and Iron Institute Association
V	Virgin material
W	Waste
Wc	Waste from consumer
We	Waste from extractor
Wm	Waste from manufacturer
Wr	Waste from waste processor
β	Fraction of output which becomes Mun
β_j	Fraction of output in Node j which becomes Munj, j = 1 to 5

八、參考文獻

- Graedel, T. E. and B. R. Allenby, *Industrial Ecology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey (1995).
- Allenby, B. R. and R. A. Laudise, "Industrial Ecology—United States," *AT&T Technology*, 74(6), 8-17 (1995).
- Ehrenfeld, J. and N. Gertler, "Industrial Ecology in Practice," *J. Industrial Ecology*, 1(1), 67-79 (1997).
- Korhonen, J., M. Wihersaari and I. Savolainen, "Industrial Ecology of a Regional Energy Supply System," *Greener Management International*, 26, 57-67 (1999).
- Wernick I. K., *Industrial Ecology and the Built Environment*. The Rinker Eminent Scholar Workshop on Construction Ecology and Metabolism, University of Florida, Gainesville, FL, September 29 (1999).
- Ruth, M. and P. Dell'Anno, "An Industrial Ecology of the US Glass Industry," *Resources Policy*, 23, 109-124 (1997).
- Sagar, A. D. and R. A. Frosch, "A Perspective on Industrial Ecology and Its Application to a Metal-Industry Ecosystem," *J. Cleaner Prod.*, 5, 39-45 (1997).
- Pento, T., "Industrial Ecology of the Paper Industry," *Wat. Sci. Tech.*, 40, 21-24 (1999).
- Wernick, I. K., P. E. Waggoner and J. H. Ausubel, "Searching for Leverage to Conserve Forests-The Industrial Ecology of Wood Products in the United States," *J. Industrial Ecology*, 1, 125-145 (1998).
- Wernick, I. K. and J. H. Ausubel, "National Material Metrics for Industrial Ecology," *Resources Policy*, 21, 189-198 (1995).
- Cleveland, C. J. and M. Ruth, "Indicators of Dematerialization and the Materials Intensity of Use," *J. Industrial Ecology*, 2(3), 15-50

(1999).

12. TSIIA (Taiwan Steel and Iron Institute Association), Taiwan Steel 2000, TSIIA, Taiwan (2000).
13. IISI (International Iron and Steel Institute), Steel Statistical Year Book, IISI, Belgium (2000).

九、圖說明

Fig. 1. Resources flows in ecosystems. (a)

Linear materials flows in “Type I” ecology. (b) Quasi-cyclic materials flows in “Type II” ecology. (c) Cyclic materials flows in “Type III” ecology [1].

Fig. 2. Type II model of industrial metabolic system. Letters refer to the following mass flows: V, virgin material; M, processed material; R, recycled scrap; P, product; S, salvaged material; I, impure material; and W, waste. Flows are sometimes combined in practice. For example, materials processors and recyclers often produce materials ready for transmittal to manufacturers [1].

Fig. 3. Graedel’s Type II material flow model of steel and iron of Taiwan’s steel industry. Notations: as specified in Tables 1 and 2.

Fig. 4. Production of crude steel /population in U.S.A. Source of data: IISI [13].

Fig. 5. Production of crude steel /population in Japan. Source of data: IISI [13].

Fig. 6. Production of crude steel /population in Taiwan. Source of data: IISI [13].

Fig. 7. IU of crude steel in U.S.A. Base year of US\$: 1985. Source of data: IISI [13].

Fig. 8. IU of crude steel in Japan. Base year of US\$: 1985. Source of data: IISI [13].

Fig. 9. IU of crude steel in Taiwan. Base year of US\$: 1985. Source of data: IISI [13].

Table 1. Notation explanation and some data of 1998 for Figure 3.

Notation or item	Meaning	Data of 1998
M1	Production of crude steel	16,882
M2	Apparent consumption of crude steel	24,388
M3 (=M31 + M32)	Home scrap	1,021
M4	Production of finished product	22,432
M5	Apparent consumption of finished product	20,097
M6	Production of consumer goods	NA
M7	Apparent consumption of consumer goods	NA
M8	Scrap from domestic	5,745
M9	Production of scrap (or obsolete scrap) (=M10-Msi+Mse)	6,704
M10	Consumption of scrap	9,077
Resources (Rin)	Iron ore and ferrous-alloys into system; taken as iron ore imported	12,798
Mci	Imported crude steel	7,526
Mce	Exported crude steel	19
Mfi	Imported finished steel	3,520
Mfe	Exported finished steel	5,855
Mgi	Imported consumer steel goods	NA
Mge	Exported consumer steel goods	NA
Msi	Imported scrap	2,467
Mse	Exported scrap	94
Mun1 to Mun5	Steel materials uncollected, discarded, or left in the environment from Nodes 1 to 5.	—
Rcoal	Coal consumption	3913

Unit: thousand tons. Data sources: TSIIA [12]. NA: not available. Nodes 1 to 5: 1. raw materials and semi-product manufacturer, 2. finished product manufacturer, 3. consumer goods manufacturer, 4. consumer products user, 5. scrap processor.

Table 2. Inventories of Nodes 1 to 5 in Figure 3 at the end of the year.

Inventory	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Note
Im11, iron ore	522	525	663	1,046	593	540	722	TSIIA ⁱ
Im12, crude steel ^a	1,158	1,160	1,235	1,559	1,688	1,537	1,684	NA ^j
Im13, ferrous-alloy	17	21	19	20	16	15	16	TSIIA
Im2, finished steel	1,784	2,328	2,331	2,431	2,397	2,544	2,622	TSIIA
Im3, consumer goods manufactured ^b	1,958	2,046	1,908	2,209	2,010	2,046	2,119	NA
Im4 _{A3} , consumer products for user ^c	12,019	12,276	11,447	13,256	12,058	12,274	12,716	NA
Im4 _{A456} , consumer products for user ^{d1}	—	12,223 ^{d2}	11,530	13,076	12,178	12,252	12,672	NA
Im5, scrap	436	798	750	688	546	763	682	TSIIA
Im ₁₂₅ ^e	3,917	4,832	4,998	5,744	5,240	5,399	5,726	—
dIm ₁₂₅ /dt of adjacent year ^f	—	915	166	746	-504	159	327	—
Im ₁₂₃₄₅ ^g	—	19,101	18,436	21,029	19,428	19,697	20,517	—
dIm ₁₂₃₄₅ /dt of adjacent year ^h	—	—	-655	2,593	-1,601	269	820	—

Unit : in thousand tons. a. Estimated using $Im_{12} = 0.1 M1$. b. Estimated using $Im_3 = 0.1 M5$ for Approaches 4 to 6. c. Estimated using $Im_4 = 0.6 M5$ for Approach 3. d1. Estimated using $Im_4 = f_{I47}M7 = f_{I47}(M5 - dIm_3/dt)$ for Approaches 4 to 6, $f_{I47} = 0.6$ for Approaches 4 and 5, $f_{I47} = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5,$ or 0.6 for Approach 6. d2. Data for $f_{I47} = 0.6$. e. Sum of $Im_{11}, Im_{12}, Im_{13}, Im_2,$ and Im_5 . f. Data for use in Approaches 1 and 2. g. Sum of $Im_{11}, Im_{12}, Im_{13}, Im_2, Im_3, Im_{4A456},$ and Im_5 . h. Data for use in Approaches 5 and 6 with $f_{I47} = 0.6$. i. Data of TAIIA [12]. j. Not available. Approaches 1 to 6: as specified in Table 3.

Table 3. Summary of assumptions of different Approaches.

Approach	Assumption and equation resulted
Approach 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perform $d \sum \text{Im}_j/\text{dt}$ as a whole. 2. Consider individual Mun_j and β_j. 3. Assume $\text{M}_{31} = \text{M}_{32} = 0.5\text{M}_3$, $\text{Im}_{12} = 0.1 \text{M}_1$, $d\text{Im}_3/\text{dt} = 0$, $\beta_3 \ll 1$ and taken as zero, $d\text{Im}_4/\text{dt} = 0$, $\text{M}_7 - \text{M}_6 = \text{M}_{gi} - \text{M}_{ge}$, $\text{M}_{gi} = \text{M}_{ge}$. 4. From assumptions of 3, $\text{M}_7 = \text{M}_6 = \text{M}_5$.
Approach 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compute $d \sum \text{Im}_j/\text{dt}$ as a whole. 2. Consider $\sum \text{Mun}_j$ ($j = 1$ to 5) as a whole, $\beta_j = \beta$. 3. Assume $\text{M}_{31} = \text{M}_{32} = 0.5\text{M}_3$, $\text{Im}_{12} = 0.1 \text{M}_1$, $d\text{Im}_3/\text{dt} = 0$, $\beta_3 = 0$, $d\text{Im}_4/\text{dt} = 0$, $\text{M}_{gi} = \text{M}_{ge}$. 4. From assumptions of 3, $\text{M}_6 = \text{M}_5$.
Approach 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compute individual $d\text{Im}_j/\text{dt}$. 2. Consider individual β_j. 3. Assume $\text{M}_{31} = \text{M}_{32} = 0.5\text{M}_3$, $\text{Im}_{12} = 0.1\text{M}_1$, $d\text{Im}_3/\text{dt} = 0$, $\beta_3 = 0$, $\text{M}_7 - \text{M}_6 = \text{M}_{gi} - \text{M}_{ge}$, $\text{M}_{gi} = \text{M}_{ge}$, $\text{Im}_4 = 0.6\text{M}_7$ ($d\text{Im}_4/\text{dt} = 0$). 4. From assumptions of 3, $\text{M}_7 = \text{M}_6 = \text{M}_5$, $\text{Im}_4 = 0.6\text{M}_5$.
Approach 4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compute individual $d\text{Im}_j/\text{dt}$. 2. Consider individual β_j. 3. Assume $\text{M}_{31} = \text{M}_{32} = 0.5\text{M}_3$, $\text{Im}_{12} = 0.1\text{M}_1$, $\text{Im}_3 = 0.1\text{M}_5$ ($d\text{Im}_3/\text{dt} = 0$), $\beta_3 = 0$, $\text{M}_7 - \text{M}_6 = \text{M}_{gi} - \text{M}_{ge}$, $\text{M}_{gi} = \text{M}_{ge}$, $\text{Im}_4 = 0.6\text{M}_7$ ($d\text{Im}_4/\text{dt} = 0$). 4. From assumptions of 3, $\text{M}_6 = \text{M}_5 - d\text{Im}_3/\text{dt}$, $\text{M}_7 = \text{M}_6$, $\text{Im}_4 = 0.6(\text{M}_5 - d\text{Im}_3/\text{dt})$.
Approach 5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perform $d \sum \text{Im}_j/\text{dt}$ as a whole. 2. Consider individual Mun_j and β_j. 3. Assume $\text{M}_{31} = \text{M}_{32} = 0.5\text{M}_3$, $\text{Im}_{12} = 0.1\text{M}_1$, $\text{Im}_3 = 0.1\text{M}_5$ ($d\text{Im}_3/\text{dt} = 0$), $\beta_3 = 0$, $\text{M}_7 - \text{M}_6 = \text{M}_{gi} - \text{M}_{ge}$, $\text{M}_{gi} = \text{M}_{ge}$, $\text{Im}_4 = 0.6\text{M}_7$ ($d\text{Im}_4/\text{dt} = 0$). 4. From assumptions of 3, $\text{M}_6 = \text{M}_5 - d\text{Im}_3/\text{dt}$, $\text{M}_7 = \text{M}_6$, $\text{Im}_4 = 0.6(\text{M}_5 - d\text{Im}_3/\text{dt})$.
Approach 6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compute $d \sum \text{Im}_j/\text{dt}$ as a whole. 2. Consider $\sum \text{Mun}_j$ ($j = 1$ to 5) as a whole, $\beta_j = \beta$. 3. Assume $\text{M}_{31} = \text{M}_{32} = 0.5\text{M}_3$, $\text{Im}_{12} = 0.1\text{M}_1$, $\text{Im}_3 = 0.1\text{M}_5$ ($d\text{Im}_3/\text{dt} = 0$), $\beta_3 = 0$, $\text{M}_7 - \text{M}_6 = \text{M}_{gi} - \text{M}_{ge}$, $\text{M}_{gi} = \text{M}_{ge}$, $\text{Im}_4 = f_{i47} \text{M}_7$ ($d\text{Im}_4/\text{dt} = 0$). $f_{i47} = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$, or 0.6. 4. From assumptions of 3, $\text{M}_6 = \text{M}_5 - d\text{Im}_3/\text{dt}$, $\text{M}_7 = \text{M}_6$, $\text{Im}_4 = f_{i47}(\text{M}_5 - d\text{Im}_3/\text{dt})$.

β_j : fraction of output in Node j which is uncollected, discarded, or left in the environment.

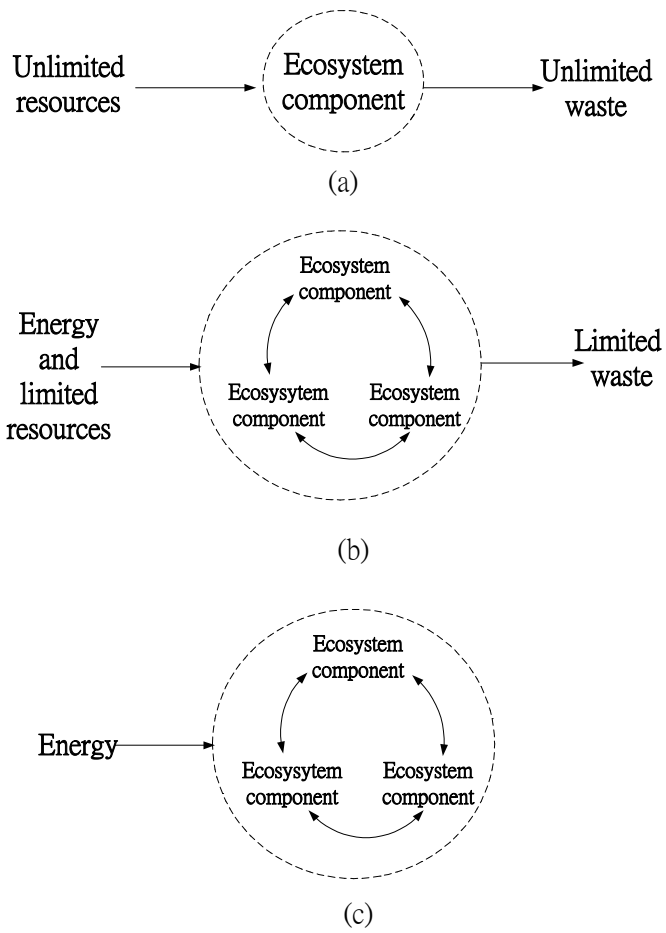


Figure 1.

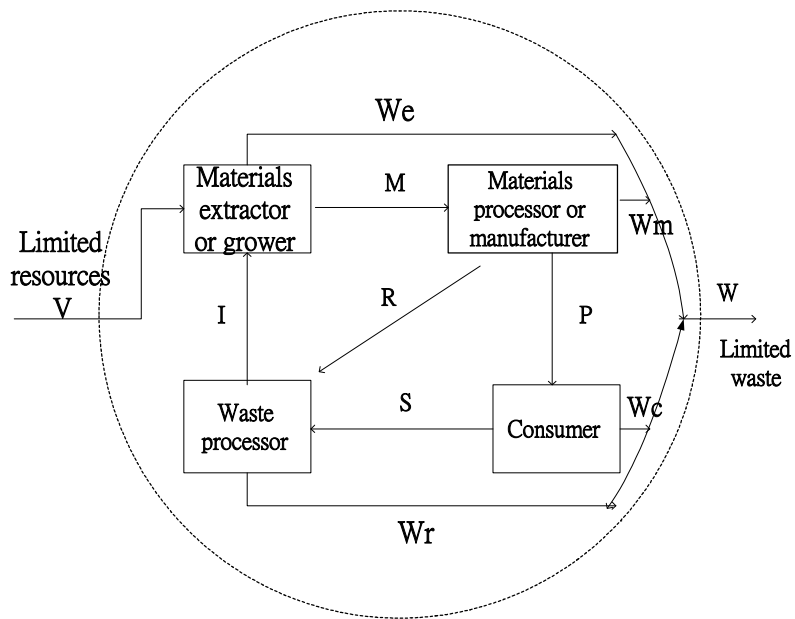


Figure 2.

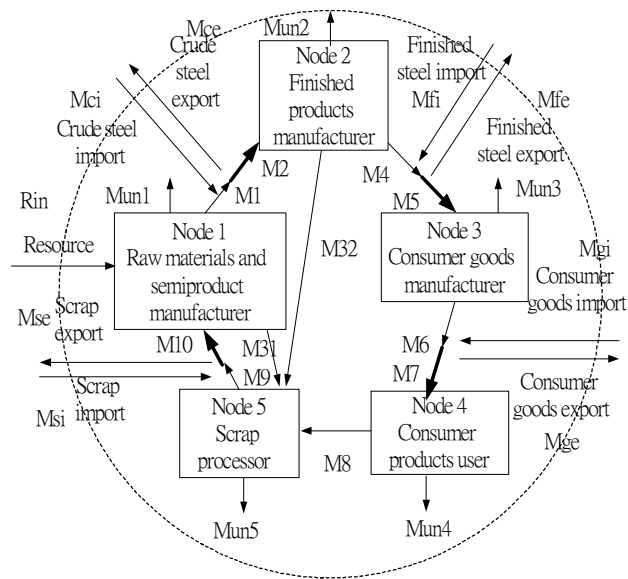


Figure 3.

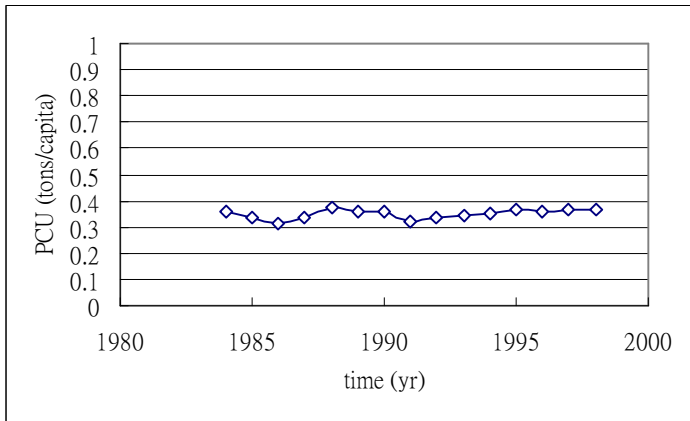


Figure 4.

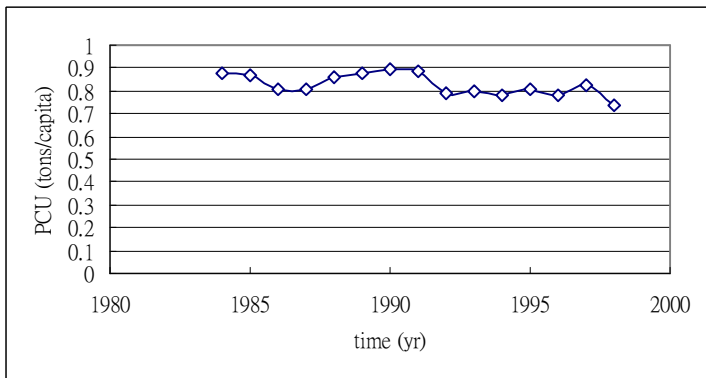


Figure 5.

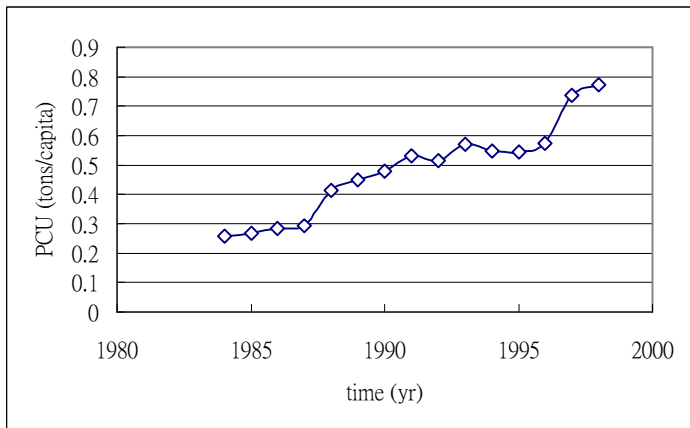


Figure 6.

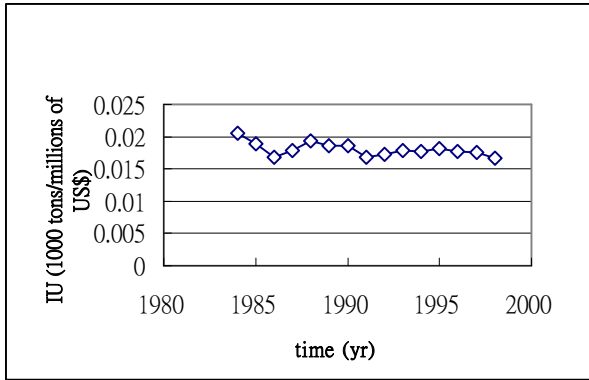


Figure 7.

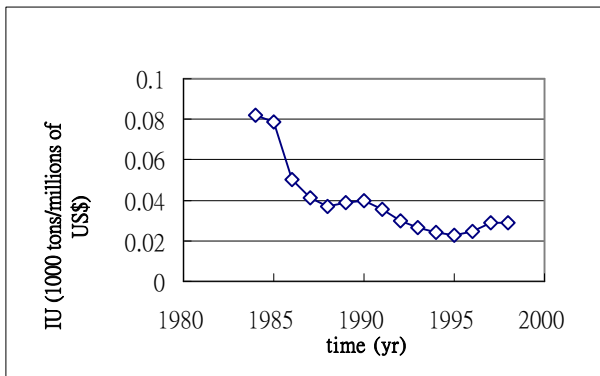


Figure 8.

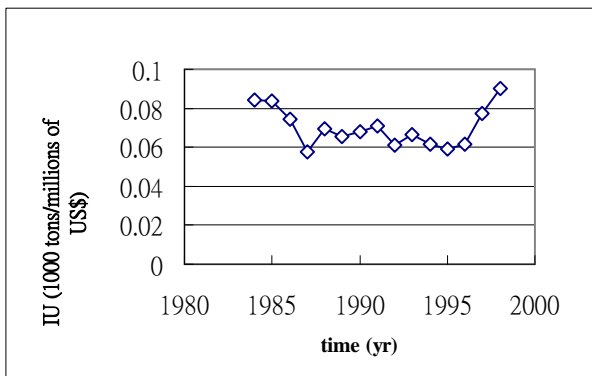


Figure 9.

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告
台灣工業生態之調查與研究-砂石、金屬、能源與一事業廢棄物—
子計畫一：

金屬與石化業之工業生態研究及
實施環境管理系統對該產業之環境與經濟效益分析-金屬業 (I)
第二部份：台灣金屬業實施環境管理系統對該產業之環境與經濟
效益之分析

Part Two: A Study for Impacts of Implementation of Environmental
Management System for Taiwan's Metal Industry

計畫編號： NSC 90-2621-Z-002-025

執行期間： 90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31

主持人：何瓊芳(中原大學國際貿易學系)

研究人員：李秀虹、吳胤良

中文摘要

本研究首先針對金屬相關行業已通過 ISO14001 之 94 家廠商進行問卷調查，並以結構方程模式 (structural equation modeling) 分析各廠商實施 ISO14001 環境管理系統後，公司在管理績效、環保、財務績效及整體營運績效上是否受顯著影響等作深入探討。研究結果發現在影響管理績效之 14 個因子中，有 11 個因子達 5% 顯著水準，亦即因為實施 ISO14001，金屬業廠商之工作環境更符合環保法規要求、處理環保問題的應變時間縮短、環境目標的達成率逐年提高、建立了良好的內部環稽核制度、改善了內部作業程序、有效避免環保罰款、每年環保總金額及罰單次數減少、社區關係改善、可降低整體污染防治設備投資、提昇員工的環保觀念、良好的工作環境保障員工身心健康。在環保績效之 14 個影響因子有 12 個達 5% 顯著水準，包含節約能源、節約用水量、空氣污染的減少、水污染的

減少、廢棄物的產生量減少、對土壤污染的減少、單位產量之廢棄物及污染物產生率的降低、降低廢棄物的處理時間及成本、噪音的減少、避免產品的過度包裝、消耗材再生使用之比例提高、毒性整化學物質使用量減少等。至於財務績效方面，雖然全部因子皆不顯著，但其績效指數亦有 57.28 分(滿分為一百分)。而對整體績效之 16 個影響因子中，有 5 個達 5% 顯著水準，包含對整體營運有助益、建立污染管制能力、回收再利用、節省物料耗用、產品之形象提升及廢棄物資源化等。研究結果顯示金屬業實施 ISO14001 環境管理系統後，除了對財務面之影響不顯著外，在管理、環保及體營運績效上均具統計顯著性。而根據結構方程模式分析的結果，足以顯示模型變數間製程變數、成本變數及整體營運變數皆受環保變數影響最甚，而財務變數受成本變數影響最深。

關鍵詞：金屬業、ISO14001、問卷分析法、線性結構方程模式

Abstract

This study first makes a questionnaire survey on 94 factories that have hold ISO14001 certificate in metal industry. Methods of linear structural relation (LISREL) are then conducted to analyze the effects of ISO certification upon the company's management administration, environmental protection, public relations, and financial performances. The empirical results show that the holding of ISO certificate has strong positive impacts upon a company's management administration. The ISO certification also serves to improve a business' environmental protection as well as public relations. The only weak effect is associated with financial aspect, which may be explained by the purchasing behavior of consumers who are not aware of the content of ISO certification.

Key words: Metal industry, ISO 14001, questionnaire survey, structural equation modeling

壹、研究背景與動機與流程

人類近百年來對自然資源大量地開發和利用，使生活和科技水準日新月異，人類生活更為舒適。但另一方面，經濟發展的過程中過度開發，使用了大批的原、物料和能源，亦使自然環境遭到極大破壞，引起大地的反撲，自 1990 年代起各地洪汛、地震、森林大火，久旱不雨時有所聞，引起高度環境保護的關切和訴求。另一方面，在資源有限的觀念下，環保意識已然深植人心。從非經濟層面來看，環保的落實確保了部分資源之再生利用而使得永續發展的呼聲不再流為口號，資能源之節用及善用使地球的資源也能有週而復始的循

環利用得以生生不息；若從社會和經濟角度來看，許多先進國家的大企業已由傳統單一追求利潤為最大目標轉為注重環境管理和求取整體福利二者並行不悖。國際標準組織 (International Organization for Standardization, ISO) 1996 年推出之國際環境管理標準 ISO14000 系列，可供全球企業參考並對我國產業造成重大的衝擊。值得注意的是台灣在 2002 年 1 月 1 日正式加入世界貿易組織 (World Trade Organization, WTO) 後，面對全球性之競爭，台製商品走向國際化成為一不可抑止的趨勢。除了本身品質要好，市場通路順暢外，廠商之商品在國際間欲具競爭力，為配合世界性之環保訴求，廠商取得環保上的認證將為廠商增加產品之國際競爭力。

因此，本研究特別探討台灣金屬業之廠商導入 ISO14000 後對其管理、營運、環境及財務面之影響性，首先寄發問卷給金屬業之廠商並將所得之資料加以量化分析以便於和管理作決策。在實施 ISO 14000 時能因時因地選擇適合本身組織模式及行業特性的環境績效評估指標，並根據這些指標，進行數據的收集、整理與分析，以提供組織內外的利害相關者瞭解其所關心之議題。綜合而言，研究步驟與流程如圖 1-1 所示。

貳、文獻回顧

環境管理系統 ISO14001 之認證及實施肇始於 1996 年國際標準組織正式公佈相關標準後，取得世界性之注意和認可。其實施結果和成效未探討，仍然是一個很新的領域，也引起產、官、學界的研究興趣，分述如下：

黃義俊 (1997) 對中國鋼鐵公司實施環境管理系統後得到減少工業污染，增加生產效益及員工環境價值觀顯著提升的績效有報導。許健陞 (1997) 指出台灣鋼鐵業員工環保意識、技術訓練至環境績效的審查，仍有少部分廠商未

予以貫徹。高階主管的投入和鄰近居民建立良好的溝通，是環境管理系統的必備條件，就鋼鐵業而言仍有極大空間需要努力。余瑞華(1999)提出大部分通過ISO14001 驗證的企業，其實施環境管理系統 (environmental management system, EMS) 的部分大致相同，雖然在程度上有所不同，但都有益於提升其企業內部環境管理效益，因為不同的產品環境考量面資訊來源的證明，會影響企業內部環境管理效益。

蘇文娟(1999)發現廠商在環境管理的支出與預算在未來五年將深受其環境管理推動程度的影響，此亦即意謂廠商將越來越重視環境管理的課題，並且願意提供更多的資金來推動環境管理活動。蘇文娟(1999)更發現現階段業界在實施環境管理活動後，其效益未能完全顯現出來，乃由於企業主仍以被動的態度推行環境管理活動、廠商投入於環境管理的支出與預算仍不足等因素所影響。

黃建輝 (1999) 發現林園石化業推動 ISO14000 環境管理系統之初，有先期審查評估方式之難處乃在於石化業製程複雜，所造成的污染與環境影響因子考量的評估方法不易整合，或是因為表格繁雜，使執行現場配合意願低。此外，其要求公司提出具體績效性指標皆由於涉及公司機密性資料，而有所保留。

根據 Proto and Supino (2000) 指出，ISO14000 環境管理系統在各國施行的情況至 1999 年 11 月總計有數千家，義大利從 1996 年至 1999 年雖通過之總家數只有 422 家，但卻有逐年遞增的趨勢，顯示該國對環境的重視更加濃厚。實証發現一組織採用環境管理系統所能獲得的利益及優勢主要有三：(1)改善控管其相關環境執行力的能力並能系統性地紀錄和評估環境的影響性。(2)透過正式文件的定義而有一較佳的責任和工作的規範及(3)環境議題與品質

管理的結合可能產生綜效。

Rondinelli (2000) 針對美國通過 ISO14001 環境管理系統之鋁公司 (Alumum Mt Holly) 進行個案研究，指出此公司在實施環保政策後有四點明確的改善，分別為：(1)員工的認知、(2)營運上的效率(efficiency)、(3)經理人的認知及時行樂、及(4)操作上的效能(effectiveness)。綜合上述所言，本研究將相關文獻整理如表 2-1。

參、金屬業之分類及定義

根據行政院主計處 88 年度產業關聯表之分類，凡製程中包含以下金屬物料及成品者皆列為本文所欲探討的金屬業別，詳細資料整理如表 3-1。大體而言分為 13 類，包含生鐵及粗鋼、鋼鐵初級製品、鋁、其他金屬、金屬家用器具、金屬手工具、鋼鐵製品、鋁製品、其他金屬製品、金屬表面處理、一般通用機械及金屬加工機械。

肆、研究方法

本研究主要目的，在於探討通過 ISO14001 之金屬業廠商，對其管理績效、環境保護績效、財務績效及整體績效上是否有顯著影響。本研究主體上採用問卷調查法，以通過 ISO14001 之金屬業廠商為對象，研究對象截至 2002 年 3 月共計 94 家，其中有效樣本為 53 家。問卷內容是利用李克特五點量表 (Likert-type scale) 來測定其影響強度。其次，再利用量分結構方程模式 (structural equation modeling, SEM) 來分析各個因子之間的關係及因子中變數之間的關係。

一、問卷調查

問卷調查是在無明確的數值資料提供研究者做為數值分析時所採取的社會科學研究方法，利用問卷所獲得的一手資料再對其進行量化的分析為本文所欲探討的重點。本問卷共分為五個

部分：(1)廠商基本資料、(2)管理績效、(3)環保績效、(4)財務績效、及(5)整體營運績效。為了得知通過 ISO14001 環境管理系統金屬業廠商對該產業管理、環保、財務及整體營運績效四方面的影響度，本問卷採用 5 點李克特量表進行測量。

(一)問卷之信度與效度分析

1.問卷回收情形

截至 2002 年 3 月 8 日針對金屬業通過 ISO14001 之廠商寄出問卷，共計 94 家，目前回收之有效樣本計 53 家，回收率超過半數達 53%。顯示廠商在實施 ISO14001 環境管理系統後乃持續對其環境面相關的議題持續關切中。

2.問卷之信度分析

信度 (Reliability) 是指測驗結果的一致性 or 穩定性而言 (楊國樞, 1993)。本研究採用 Cronbach's α 係數來檢驗「內在一致信度」 (internal consistency)。

根據吳統雄(1984)所建議的信度檢驗標準如下：

- (1) $\alpha \leq 0.3$ ：不可信
- (2) $0.3 < \alpha \leq 0.4$ ：初步的研究，勉強可信
- (3) $0.4 < \alpha \leq 0.5$ ：稍微可信
- (4) $0.5 < \alpha \leq 0.7$ ：可信(最常見的信度範圍)
- (5) $0.7 < \alpha \leq 0.9$ ：很可信(次常見的信度範圍)
- (6) $0.9 < \alpha$ ：十分可信

而 Malhotra (1993)則指出： α 係數在 0.6 以上即表示該問卷達可信的標準。

本研究以 Statistics for Windows 統計軟體"STATSOFT"分析問卷之四部分問項。計算所得 Cronbach's α 值分別為：管理績效 (management performance indicators, MPI) = 0.901；環保績效 (environment performance indicators,

EPI) = 0.903，財務績效 (finance performance indicators, FPI) = 0.9731 及整體營運 (operation performance indicators, OPI) = 0.949。問卷所得各問項 Cronbach's α 值均達到吳統雄 (1984) "十分可信" 的分類標準。

3.問卷之效度分析

效度即正確性。指測驗或其他測量工具確實能測出其所欲測量的特質或功能 (楊國樞, 1993)。本研究問卷內容來源來自國內外相關文獻整理，並經過專家修改及鑑定過，以期望建構有效的內容效度 (content validity)。

(二)公司基本資料分析

1.廠商負責推行 ISO14001 的部門

由表 4-1 得知受訪的 53 家廠商中，其負責執行 ISO14001 工作有 9 家是為品管部門 (佔總回收問卷 17%)；24 家為環安衛部門 (佔總回收問卷 45%)；9 家為專屬部門 (佔總回收問卷 17%)；有 11 家為其他 (佔總回收問卷 21%)。其中負責的部門大多屬於專業部門，顯示 ISO14001 在廠商內的執行是一種專業化的過程。

2.廠商推行 ISO14001 負責人層級

由表 4-2 得知受訪的 53 家廠商中，其推行 ISO14001 的負責人層級為：有 1 家為公司負責人 (佔總回收問卷 2%)；有 20 家為總經理 (副) (佔總回收問卷 38%)；有 7 家為廠長 (副) (佔總回收問卷 13%)；有 22 家為經理 (副) (佔總回收問卷 42%)；有 3 家為其他 (佔總回收問卷 5%)。尤其高階人士如經理級以上所佔的比例高達 95%，顯示 ISO14001 在公司有相當程度的重視。

3.廠商負責推行 ISO14001 的專職人員數

由表 4-3 得知受訪的 53 家廠商中，負責推行 ISO14001 的專職人員數，2 人以下有 21 家 (佔總回收問卷 40%)；3~5 人有 23 家 (佔總回收問卷 43%)；6~10 人有 7 家 (佔總回收問卷

13%); 10 人以上有 2 家 (佔總回收問卷 4%)。其中 3~5 人以下負責推行的比例佔了 83%，顯示推行 ISO14001 是一項不會耗費太多人力成本的推行工作。

4. 廠商的股東組成情況

由表 4-4 得知受訪的 53 家廠商中，股東組成情況分別為：100% 外資的有 3 家 (佔總回收問卷 5%)；外資佔半數以上有 9 家 (佔總回收問卷 17%)；外資佔半數以下有 11 家 (佔總回收問卷 21%)；全為台資有 30 家 (佔總回收問卷 57%)。顯示不僅台資，連外商對於環境管理的重視度亦相當高。

5. 廠商的製程設備來源

由表 4-5 得知受訪的 53 家廠商中，其製程設備來源有 27 家來自國內生產 (佔總回收問卷 39%)；有 35 家來自國外進口 (佔總回收問卷 51%)；有 5 家為自行研發 (佔總回收問卷 7%)；有 2 家來自其他 (佔總回收問卷 3%)。

6. 廠商的內外銷情形

由表 4-6 得知受訪的 53 家廠商中，其內外銷情形為有 18 家為內銷 (佔總回收問卷 24%)；有 35 家為外銷 (佔總回收問卷 76%)。

(三) 問卷之管理績效、環保績效、財務績效及整體營運績效強度檢定

為了得知金屬業廠商對 ISO14001 環境管理系統的看法，本研究針對管理、環保、財務及整體營運四方面之影響度，以李克特五點量表 (Likert-type scale) 測之。

1. t 檢定

在虛無假設 $H_0: \bar{x} \leq 3$ vs. 對立假設 $H_1: \bar{x} > 3$ 下，其檢定統計量 t 值為式(1)

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{S(\bar{x})} \quad (1)$$

其中 \bar{x} 為 53 家金屬相關廠商之各個方

面變項之平均值， $S(\bar{x})$ 為其標準差，在 5% 的顯著水準下其臨界值為 $t_{18, 5\%} = 2.101$ ；其樣本平均值 (\bar{x})、標準差 ($S(\bar{x})$) 和其顯著性整理如下。

2. 實施 ISO14001 環境管理系統對管理績效方面之影響

由表 4-7 得知管理績效項目中除了 M12「與環境考量有關之產品市場佔有率提昇」、M13「提高顧客的忠誠度」、及 M14「降低海外市場的進入障礙」不顯著外，其餘皆達 5% 顯著水準。並且在 M7「每年環保罰單次數及總金額的減少」此項目達成的成效最為顯著且強度最強。由此可推論廠商對於環保的重視度愈高則收到環保單位的罰款次數應相對愈少。此一結果可使得未落實環保的廠商做一參考，並提供其從事環保工作的誘因。

3. 實施 ISO14001 環境管理系統對環保績效方面之影響

由表 4-8 得知環保績效項目中除了 E11「採用易分解、無毒性包裝材料」、及 E12「符合環保產品製造比例增加」不顯著外，其餘皆為達 5% 顯著水準。顯示廠商在處理污染問題及對於資源再利用的概念皆已有相當的概念及成效。

4. 實施 ISO14001 環境管理系統對財務績效方面之影響

由表 4-9 得知廠商在實施 ISO14001 後在財務績效方面並無顯著影響。值得注意的是在 F2「每年處理廢棄物及污染物的費用降低」、F3「減少原料使用 (利用率提高)」、F5「環保形象增進、公關宣傳費用降低」、F7「更容易獲得國外廠商支持」、及 F10「產品競爭力提高」這幾個項目雖然其所受的影響在 5% 顯著水準下不顯著，但確實有較高的觀察值 (大於 3)，而且由於其為一平均值，是故可推論的確有部分廠商在此已達到相對的財務成效，而其乃為實施環境管理系統後之成效。

5. 實施 ISO14001 環境管理系統對整體營運績效方面之影響

由表 4-10 得知整體營運績效項目中除了 O9「建立污染管制能力」、O10「重複使用、回收再利用、節省物料耗用」、O12「產品之形象提升」、及 O14「廢棄物資源化、價值化」在 5% 顯著水準下達顯著外，其餘皆不顯著。

6. 問卷綜合比較分析

由圖 4-1 知管理績效、環保績效、財務績效、及整體營運績效之總體平均值分別為 3.88、3.774、2.864、及 3.165(滿點為 5)。可知管理績效之成效為最高，其次為環保績效，整體營運績效為第三，並且以上三者皆大於理論平均值 3。而財務績效之平均值為 2.846，並且在 5% 顯著水準下，顯著不大於理論平均值 3。將此四項績效指標加總平均後，所得總績效為 3.421 乃大於 3，顯示廠商在實施 ISO14001 環境管理後，雖然在某些個別項目上會有不明顯的影響，但對整體績效來看仍不失為一正面性的影響。

根據上述統計結果，吾人可推論：廠商在推行 ISO14001 環境管理系統後，確實在管理、環保、財務、及整體營運績效上有其一定的影響度，並且皆為正面的助益。大體而言，管理績效之影響度最大，其次為環保績效，再其次為整體營運上的績效，而財務上的績效雖最為薄弱，其績效指數亦有 57.28 分(滿分為一百分)。顯示 ISO14001 環境管理系統有其推行的必要性。

二、結構方程模式分析

(一) 結構方程模式變數設計、假設及模型之建立

根據陳正昌與程炳林 (1998) 指出在 LISREL (linear structure relation) 模式中計有 4 種變項，分別為 2 種潛在變項和 2 種觀察變項：在潛在變項中，被假定為因者稱為潛在自變項 (latent independent variable) 或稱為外衍變項 (exogenous variable)，被假定為果者的

潛在變項稱做潛在應變項 (latent dependent variable) 或稱為內衍變項 (endogenous variable)。同理，2 種觀察變項亦被假定為一因一果。本研究採用陳正昌與程炳林 (1998) 的分類法將其整理如表 4-11 及表 4-12，並分類如下：

1. 自變數的觀察變項：將問卷之第二部份至第四部份即管理績效指標、環保績效指標及財務績效指標，個別依其屬性分為外在變數 (MO、EO、FO)、內在變數 (MI、EI、FI) 及影響性變數 (ME、EE、FE) 等三項，作為自變數的觀察變項(即假定為因者)。
2. 應變數的觀察變項：將問卷之第五部分即整體營運績效指標分為創新程度變數 (Y1)、生產效能變數 (Y2)、市場佔有率變數 (Y3)、獲利能力變數 (Y4)、資源再利用率變數 (Y5)、人力資源變數 (Y6)、物料成本變數 (Y7)、污染管制變數 (Y8)、企業與產品形象變數 (Y9) 及整體營運效益變數 (Y10) 計十項，作為應變數的觀察變項(即假定為果者)。
3. 自變數的潛在變項：將管理績效的內在、外在與影響三項變數，整合為管理面變數 (M)。環保績效的內在、外在與影響三項變數，整合為環保面變數 (E)。財務績效的內在、外在與影響三項變數，整合為財務面變數 (F)。此三項變數作為自變數的潛在變項(即假定為因者)。
4. 應變數的潛在變項：將問卷第五部分之整體營運績效之問項依其同質度將創新程度與生產效能歸為製程面變數 (Process)。市場佔有率、獲利能力與資源再利用率歸為獲利面變數 (Profit)。人力資源與物料成本歸為成本面變數 (Cost)。企業與產品形象、污染管制與整體營運效益歸為營運效益的變數 (Operation)。此四項變數作為應變數的潛在變項(即假定為果者)。

本文為相關性(correlation)研究。

Borg and Gall (1989) 提及相關性研究的目的是藉由相關係數統計來探索變數之間的關係。本研究利用結構方程模式處理因子間彼此之因果關係。有關 SEM 的軟體相當多，本文利用 LISREL 8.30 for Window 套裝軟體來分析之，它是由瑞典學家 Jöreskog and Sörbom (1993a) 所設計。根據陳順宇 (1998) 描述 LISREL 主要探討變數間的線性關係，並對可觀測的 (顯性) 變數與不可觀測的 (隱性) 變數的因果模式進行假設檢定。而有關模式適配度的評鑑，Bagozzi and Yi (1988) 認為可從基本的適配 (preliminary fit criteria)、模型內在結構適配度 (fit of internal structural of model) 整體模型適配度 (overall model fit) 三方面來評量。其中「基本適配標準」是用來檢測模型之誤差、辨識或輸入有誤等問題；「模型內在結構適配度」是在評量模型內估計參數的顯著程度，各指標及潛在變項的信度；而「整體模型適配度」是用來測定整體模型與觀察資料的適配程度。本文綜合 Bagozzi and Yi (1998) 及陳順宇 (1998) 的評量法，將評鑑指標歸納如表 4-13。

本文依據表 4-11 及 4-12 所陳述各因子之關係利用 LISREL 模式之徑路圖繪製如圖 4-2 所示，其中箭頭所指為果而箭頭起源處為因，而根據本研究的目的，本文提出 13 個研究假設以利提議模型 (proposed model) 之分析：

假設 1：此模型存在因果關係

假設 2：通過 ISO14001 金屬業廠商之管理面變數 (M) 對其製程面變數 (process) 有顯著且正面的影響

假設 3：通過 ISO14001 金屬業廠商之管理面變數 (M) 對其獲利面變數 (profit) 有顯著且正面的影響

假設 4：通過 ISO14001 金屬業廠商之管理面變數 (M) 對其成本面變數 (cost) 有顯著且正面的影響

假設 5：通過 ISO14001 金屬業廠商之管理面變數 (M) 對其營運面變數

(operation) 有顯著且正面的影響

假設 6：通過 ISO14001 金屬業廠商之環境面變數 (E) 對其製程面變數 (process) 有顯著且正面的影響

假設 7：通過 ISO14001 金屬業廠商之環境面變數 (E) 對其獲利面變數 (profit) 有顯著且正面的影響

假設 8：通過 ISO14001 金屬業廠商之環境面變數 (E) 對其成本面變數 (cost) 有顯著且正面的影響

假設 9：通過 ISO14001 金屬業廠商之環境面變數 (E) 對其營運面變數 (operation) 有顯著且正面的影響

假設 10：通過 ISO14001 金屬業廠商之財務面變數 (F) 對其製程面變數 (process) 有顯著且正面的影響

假設 11：通過 ISO14001 金屬業廠商之財務面變數 (F) 對其獲利面變數 (profit) 有顯著且正面的影響

假設 12：通過 ISO14001 金屬業廠商之財務面變數 (F) 其成本面變數 (cost) 有顯著且正面的影響

假設 13：通過 ISO14001 金屬業廠商之財務面變數 (F) 對其營運面變數 (operation) 有顯著且正面的影響

(二) LISREL 模式分析結果

本文之 LISREL 使用金屬樣本資料的相關矩陣作為資料的輸入方式，所得結果整理如表 4-14 至 4-16。

由表 4-16 結果顯示與前述 LISREL 評鑑模式指標相比，表 4-16 整體模式適合度準則中之 Chi-square 值為 4653.809 (自由度為 134)，並且在 1% 的顯著水準下，達到顯著，此結果未達判斷準則標準 (p 值大於 0.05)，但根據樊愛群與周子敬 (2001) 一文提及由於樣本數對於 χ^2 太敏感，特別是樣本數超過 200 的時候。Hair 等人 (1998) 亦強調，“ χ^2 值在大樣本及小樣本時都太敏感了，研究分析者需要伴隨其他適配測量值來辨別模式的適配度。”

其他 2 個衡量的指標為適配度指數

(goodness-of-fit, GFI) 及殘差平方根 (root mean square residual, RMR), 本文提議模式之 GFI 是 0.674, RMR 為 0.083。Hair 等人(1998)指出 GFI 值越高, 適配性越好, 但是模式接受性的臨界並沒有確切的底定下來, GFI 指數的最大值為 1, 但有可能出現負值。雖然, Hair 等人 (1998) 提及並沒有確切值以接受模式, 但一般學者提出的臨界值為 0.9。

RMR 是適配殘差變異數/共變數平均值的平方根, 故其值越小, 表示模式的適配性越佳。根據樊愛群與周子敬 (2001) 一文提及, 分析矩陣若是相關矩陣, 則 RMR 必須低於 0.05, 最好是低於 0.025。而調整後適配度指數 (adjusted goodness-of-fit index, AGFI), 及 NFI (normed fit index) 在所提議的模型中都小於判斷標準 0.9 而分別為 0.537 及 0.761。

綜合整體模式適配度測量, 可以知道提議模式僅能達到 Hair 等人 (1998) 提議的邊緣支援模式, 但仍需進一步加以檢視測量模式、結構模式以及進行模式修改的動作。

依據圖 4-2 及表 4-14 及 4-15 之分析數據對照, 整個 LISREL 模式之驗證結果可以圖 4-3 表示。圖 4-3 之分析結果, 可分為衡量性模式與結構性模式, 以分別探討其在模式假設上的適當性。衡量模式包括管理面變數 (M)、環保面變數 (E)、財務面變數 (F)、製程面變數 (Process)、獲利面變數 (Profit)、成本面變數 (Cost)、營運效益面變數 (Operation), 七個變數之建構分析。

在管理面變數 (M) 的建構上, 以管理績效指標的外在變數 ($\lambda_{MO}=0.833$) 為最大的影響因素, 其影響因子包含環境更符合環保法規要求 (M1)、處理環保問題的應變時間縮短 (M2)、有效避免環保罰款 (M6)、每年環保罰單次數及總金額的減少 (M7)、社區關係的改善 (附近

居民的抱怨或索賠次數降低) (M8); 其次為管理績效指標的影響變數 ($\lambda_{ME}=0.830$), 其影響因子包含良好的工作環境保障員工身心健康 (M11)、與環境考量有關之產品市場佔有率提昇 (M12)、提高顧客的忠誠度 (M13)、降低海外市場的進入障礙 (M14); 再者為管理績效指標的內在變數 ($\lambda_{MT}=0.636$), 其影響因子包含環境目標的達成率逐年提高 (M3)、建立了良好的環保內部稽核制度 (M4)、改善內部作業程序 (M5)、降低未來整體污染防治設備投資 (M9)、提昇員工的環保觀念 (M10)。

在環保面變數 (E) 的建構上, 以環保績效指標的內在變數 ($\lambda_{EI}=0.884$) 為最大的影響因素, 其影響因子包含節約能源 (E1)、節約用水量 (E2)、單位產量廢棄物及污染物產生率的降低 (E7)、降低廢棄物及污染物的處理時間及成本 (E8)、減少產品的過度包裝 (E10)、廢棄物或消耗材再生使用之比例提高 (E13); 其次為環保績效指標的影響變數 ($\lambda_{EE}=0.867$), 其影響因子包含空氣污染量的減少 (E3)、水污染量的減少 (E4)、廢棄物的產生量減少 (E5)、對土壤污染量的減少 (E6)、噪音的減少 (E9); 再者為環保績效指標的外在變數 ($\lambda_{EO}=0.666$), 其影響因子包含採用易分解、無毒性包裝材料 (E11)、符合環保產品製造比例增加 (E12)、毒性化學物質使用量減少。

財務面變數 (F) 的建構上, 以財務績效指標的外在變數 ($\lambda_{FO}=0.940$), 為最大的影響因素, 其影響因子包含賦稅減免 (投資優惠) (F1)、貸款取得更容易 (F6)、更容易獲得國外廠商支持 (F7)、增加政府獎助的機會 (F9)、爭取最佳的信用條件 (可延遲付款) (F18)、關於環保方面之營業外收益提高 (F19); 其次為財務績效指標的影響變數 ($\lambda_{FE}=0.922$), 其影響因子包含環保形象增進、公關宣傳費用降低 (F5)、創新、專利可能獲利 (F8)、產品競爭力提高

(F10);再者為財務績效指標的內在變數 ($\lambda_{F1}=0.910$),其影響因子包含每年處理廢棄物及污染物的費用降低(F2)、減少原料使用(利用率提高)(F3)、減少包裝的費用(F4)、開發符合環保的新產品導致獲利(F11)、開發新技術或新材料導致獲利(F12)、存貨週轉率的提高(F13)、資產報酬率的提高(F14)、固定費用降低(F15)、營業毛利率提昇(F16)、管銷費用的降低(F17)。

製程面變數(Process)的建構上,以創新程度變數($\lambda_{Y1}=0.924$),為最大的影響因素,其影響因子包含改善產品品質(O3)、發展及應用新技術或新材料(O8);其次為生產效能變數($\lambda_{Y2}=0.866$),其影響因子包含重複使用、回收再利用、節省物料耗用(O10)、產能利用率增加(O11)、操作效率提高(O13)。

獲利面變數(Profit)的建構上,以獲利能力變數($\lambda_{Y4}=0.930$),為最大的影響因素,其影響因子包含增加市場占有率(O4);其次為市場佔有率變數($\lambda_{Y3}=0.911$),其影響因子包含保持/增加獲利能力(O2)、對整體營業額提升(O5)。再者為資源再利用變數($\lambda_{Y5}=0.534$),其影響因子包含廢棄物資源化、價值化(O14)。

成本面變數(Cost)的建構上,以物料成本變數($\lambda_{Y7}=1.034$),為最大的影響因素,其影響因子包含物料儲存及處理成本減少(O7)、廢棄物處理、運送及處置時間及成本降低(O15)、機械設備的修理維護成本降低(O16);其次為人力資源變數($\lambda_{Y6}=0.314$),其影響因子包含提高環保相關人事費用(O6)。

營運效益面變數(Operation)的建構上,以整體營運效益變數($\lambda_{Y10}=0.626$)其影響因子包含對整體營運有助益(O1);其次為企業與產品形象變數($\lambda_{Y9}=0.593$),其影響因子包含產品之形象提升(O12);再者為污染管制變數($\lambda_{Y8}=0.587$),其影響因子包含建立污

染管制能力(O9)。

在結構模式方面,利用 LISREL 所得之 Gamma 因徑圖(詳細數值如表 4-15)和上述之假設得到表 4-17 之結果。綜合言之,結構方程模式分析的結果,顯示模型變數間製程變數、成本變數及整體營運變數皆受環保變數影響最甚,而財務變數受成本變數影響最深。

伍、結論與建議

本文在所回收的問卷中,在問卷分析中對問卷內容之各個問項進行 t 檢定的結果得知金屬業廠商在實施 ISO14001 環境管理之後確實在管理、環保、財務、及整體營運上有其一定的影響度,並且皆為正面的助益。大體而言,管理績效之影響度最大,其次為環保績效,再其次為整體營運上的績效,而財務上的績效雖最為薄弱,其績效指數亦有 57.28 分(滿分為一百分)。顯示 ISO14001 環境管理系統有其推行的必要性存在。

而在 LISREL 結構方程分析上,在整體模式配適度上,其衡量準則皆未達最適標準,僅達邊緣支援模式,顯示所提議的模式有再修正的空間。而就 LISREL 衡量性模式而言,所有潛在變項對其觀察變項的影響值在 5% 顯著水準下皆達正面且顯著的結果,而就結構性模式而言,檢測結果得知模型因果關係不成立,除了金屬業廠商之管理面變數(M)對其獲利面變數(Profit)沒有影響及管理面變數(M)對其成本面變數(Cost)沒有影響外,其餘都達顯著影響的結果。後續應再加以中長程追蹤,或許可以找到比較適配的模式,從整體平均數 3.421 來看,中長程追蹤是有必要性的,因為此平均數反應這些廠商才初步有些許的認知,而距離 4 及 5 的等級仍有很大的差距,或許模式的建立也與認知程度有關,建議後續可進行重複比較,以找尋最適配模式。

參考文獻

1. Bagozzi, R. P. and Y. Yi, "On the Evaluation of Structural Equation Models," *Academic of Marketing Science*, 16, 76-94 (1988).
2. Borg, W.R. and M.D. Gall, *Educational Research*, White Plain, Longman, NY, p. 573 (1989).
3. Hair, J.R., R.E. Anderson, R.L. Tatham and W.C. Black, *Multivariate Data Analysis*, 5th Ed., Prentice Hall Englewood Cliffs, NJ (1998).
4. Joreskog, K. and D. Sorbom, LISREL 8: Structural Equation Modeling with the SIMPLIS Command Language. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ. (1993 a).
5. Malhotra, N.K., *Marketing Research: An Applied Orientation*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, p. 308 (1993).
6. Proto, M. and S. Supino, "Eco-management Quality System: ISO14000. The State of the Art in Italy," *Total Quality Management*, 11(4/5&6), 767-772 (2000).
7. Rondinelli, D., "Panacea, Common Sense, or Just a Label? The Value of ISO 14001 Environmental Management Systems," *European Management*, 18(5), 499-510 (2000).
8. 吳統雄,「電話調查：理論與方法」,聯經出版社,台北,台灣,91-95頁(1984)。
9. 楊國樞(1993),「社會及行為科學研究法(下)」,第十三版,東華書局,台北,台灣(1993)。
10. 黃義俊,「鋼鐵工業推動 ISO14000 環境管理系統之研究-以中鋼公司為例」,國立中山大學企業管理研究所碩士論文,高雄,台灣(1997)。
11. 許健陞,「台鋼鋼鐵業環境管理系統建立之研究」,國立中興大學資源管理研究所碩士論文,台北,台灣(1997)。
12. 陳順宇,「多變量分析」,華泰書局,台北,台灣(1998)。
13. 余瑞華,「企業獲得 ISO 14000 認證後之企業內部環境管理效益研究」,國立中央大學企業管理研究所碩士論文,中壢,桃園,台灣(1998)。
14. 陳正昌、程炳林,「SPSS、SAS、BMDP 統計軟體在多變量統計上的應用」,五南圖書出版公司,台北,台灣(1998)。
15. 蘇文娟,「企業環境管理投資效益之研究」,中華大學工業工程與管理研究所碩士論文,新竹,台灣(1999)。
16. 黃建輝,「石化業推動 ISO 14000 環境管理系統驗證前後之研究-以林園石化工業區廠家為例」,國立中山大學企業管理研究所碩士論文,高雄,台灣(1999)。
17. 樊愛群、周子敬,「從成人教育理論建構需求評估模式」,中原學報,第 29 卷第 4 期,418-420 頁(2001)。

表 2-1. 文獻整理.

	研究對象	統計研究方法	研究期間	研究發現與結論
黃義俊(1997)	中國鋼鐵公司 — 有效問卷 193 份	問卷調查法 因素分析法 Pearson 相關分析	1996~1997	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能源節省：以汽電共生方式, 一年省下 10 億元之購電成本；廢水處理再利用率提升等 2. 減少工業污染及增加生產效益 3. 員工環境價值觀顯著提升
余瑞華(1998)	以 1998 年為止 通過 ISO14001 環境管理系統之廠商(177 家)有效問卷 66 份	問卷調查法 百分比分析法 卡方檢定列聯表	1996~1998	<ol style="list-style-type: none"> 1. 實施環境管理系統(EMS)對廠商的影響大致相同, 雖然其程度有所不同, 但都有益於提升其企業內部環境管理效益 2. 不同的產品其環境考量面之資訊來源, 會影響企業內部環境管理效益
蘇文娟(1999)	有效問卷 72 份, 上市公司 37 家, 上櫃公司 6 家, 無上市上櫃 29 家	問卷調查法 F 檢定 單因子變異數分析法	1996~1999	<ol style="list-style-type: none"> 1. 指出廠商在環境管理的支出與預算在未來五年將深受其環境管理推動程度的影響。此意謂廠商將越來越重視環境管理的課題, 願意提供更多的資金來推動環境管理活動 2. 現階段業界實施

				環境管理活動後，其效益未能完全顯現出來，原因為業主仍以被動的態度推行環境管理活動，廠商投入於環境管理的支出和預算仍不足等
黃建輝(1999)	林園石化工業區通過ISO14001環境管理系統之廠商	問卷調查法 因素分析法 Pearson 相關分析	1996~1999	<p>1. 推動 ISO14001 環境管理系統之初，最常發現的困難有先期審查評估方式不易進行：原因是石化業製程複雜，可能的污染與對環境影響因子考量的評估方法不易整合</p> <p>2. 公司全體員工的共識是推動 ISO14000 功的要素之一，為讓每一員工了解環境管理的概念，持續的訓練須不斷的進行。</p> <p>3. 推行 ISO14001 環境管理系統之成效高、助益大的廠商，其環境價值觀、環保態度較佳；環境管理的意識也較好</p> <p>4. 不同公司間，主管人員對環境管理意識，無顯著差異。公營公司分數較低可</p>

				能與公司組織龐大、層級多、幅員遼闊、溝通聯繫比較困難；共識不佳，與配合意願不高皆有關
許健陞(1997)	台灣鋼鐵業	分析層級程序法 問卷調查分析法	1996~1997	<ol style="list-style-type: none"> 1. 員工環保意識、技術訓練至環境績效的審查，仍有少部分廠商未予貫徹。 2. 高階主管的投入和鄰近居民建立良好的溝通，是環境管理系統的必備條件，就鋼鐵業而言乃有極大努力空間
Proto & Supino (2000)	義大利通過ISO14001環境管理系統之廠商	個案研究法 (case study)	1996~2000	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改善控管其相關環境執行力的能力並能系統性地紀錄和評估環境的影響性。 2. 透過正式文件的定義而有一較佳的責任和工作的規範 3. 議題與品質管理的結合可能產生綜效
Rondinelli (2000)	針對美國通過ISO14001環境管理系統之鋁公司 (Alumum Mt Holly)	個案研究法 (Case study)	1996~2000	<p>四點明確的改善</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 員工的認知 2. 營運上的效率 (efficiency) 3. 經理人的認知 4. 操作上的效能 (effectiveness)

資料來源：本研究整理。

表 3-1.金屬分類表.

金屬相關製品	細項
生鐵及粗鋼	生鐵、合金鐵、碳素鋼錠(胚)、合金鋼錠(胚)、其他特殊鋼錠(胚)、廢船舶、廢鋼鐵
鋼鐵初級製品	特殊鋼材、型鋼、熱軋鋼品、冷軋鋼品、盤元(線材)、棒鋼(條鋼)、鋼管、鑄鍛鋼鐵品、其他鋼鐵初級製品、鋼鐵初級製品下腳
鋁	鋁錠、鋁板、片、管、條、鋁箔、鋁鑄造品、其他鋁材料、廢鋁
其他金屬	銅、銅鑄造品、其他金屬、其他金屬廢品
金屬家用器具	金屬家具、金屬廚具
金屬手工具	千斤頂、其他金屬手工具
鋼鐵製品	馬口鐵罐、鋼纜、產業用鋼鐵製品、螺絲(帽)、螺絲釘、鉚釘、家用鋼鐵製品、其他鋼鐵製品、舊鋼鐵製品
鋁製品	鋁製門窗、其他各種鋁製品
其他金屬製	銅製品、其他卑金屬製品
金屬表面處理	金屬表面處理
一般通用機械	動力機械、泵及壓縮機、輸送機械、非傳統加工設備、動力手工具、零件、修配
金屬加工機械	數值控制金屬切削工具機、非數值控制金屬切削工具機、數值控制金屬成型工具機、其他金屬加工機械設備、零件

資料來源：行政院主計處 1999 年產業關聯表.

表 4-1. 廠商推行 ISO14001 之負責部門.

所屬部門	家數	所佔比例(%)
品管部門	9	17
環安衛部門	24	45
專屬部門	9	17
其他	11	21
總和	53	100

資料來源：本研究整理.

表 4-2. 廠商推行 ISO14001 之負責人層級.

層級	家數	所佔比例(%)
負責人、董事長	1	2
總經理(副)	20	38
廠長(副)	7	13
經理(副)	22	42
課長(副)	0	0
其他	3	5
總和	53	100

資料來源：本研究整理.

表 4-3. 廠商負責推行 ISO14001 的專職人員數.

人數	家數	所佔比重
2 人以下	21	40
3~5 人	23	43
6~10 人	7	13
10 人以上	2	4
總和	53	100

資料來源：本研究整理.

表 4-4. 廠商股東組成情況.

資料來源：本研究整理.

股東組成	家數	所佔比重
100% 外資	3	5
外資佔半數以上 (具有決策權)	9	17
外資佔半數以下 (不具有決策權)	11	21
全為台資	30	57
總和	53	100

表 4-5. 廠商製程設備來源.

製程設備來源	家數	所佔比重
國內生產	27	39
國外進口	35	51
自行研發	5	7
其他	2	3
總和	69	100

資料來源：本研究整理.

表 4-6. 廠商內外銷情形.

銷售對象	家數	所佔比重
內銷	18	34
外銷	35	66
總和	53	100

資料來源：本研究整理.

表 4-7. 廠商實施 ISO14001 對管理績效影響之分析.

統計值	平均數 ^a	標準差	t 值
操作變數			
1. 環境更符合環保法規要求(M1)	4.316	0.188	6.994*
2. 處理環保問題的應變時間縮短(M2)	4.158	0.158	7.333*
3. 環境目標的達成率逐年提高(M3)	4.053	0.162	6.508*
4. 建立了良好的環保內部稽核制度(M4)	4.053	0.162	6.508*
5. 改善內部作業程序(M5)	3.895	0.130	6.877*
6. 有效避免環保罰款(M6)	4.000	0.229	4.359*
7. 每年環保罰單次數及總金額的減少(無罰單者免填)(M7)	4.789	0.211	8.500*
8. 社區關係的改善(附近居民的抱怨或索賠次數降低)(M8)	4.316	0.254	5.175*
9. 降低未來整體污染防治設備投資(M9)	3.526	0.177	2.970*
10. 提昇員工的環保觀念(M10)	4.105	0.169	6.533*
11. 良好的工作環境保障員工身心健康(M11)	4.158	0.158	7.333*
12. 與環境考量有關之產品市場佔有率提昇(M12)	2.895	0.215	-0.490
13. 提高顧客的忠誠度(M13)	3.053	0.247	0.213
14. 降低海外市場的進入障礙(M14)	3.000	0.216	0.000
管理績效總平均	— X=3.880		

資料來源：本研究整理。

*表示在 5% 的顯著水準下達顯著。a. 獲益強度最小=0，最大=5。

表 4-8. 廠商實施 ISO14001 對環保績效影響之分析.

操作變數	統計值	平均數 ^a	標準差	t 值
1.節約能源(E1)		3.737	0.185	3.99*
2.節約用水量(E2)		3.842	0.158	5.33*
3.空氣污染量的減少(E3)		3.842	0.245	3.44*
4.水污染量的減少(E4)		4.000	0.202	4.94*
5.廢棄物的產生量減少(E5)		4.053	0.179	5.88*
6.對土壤污染量的減少(E6)		3.842	0.279	3.02*
7.單位產量廢棄物及污染物產生率的降低(E7)		3.632	0.175	3.62*
8.降低廢棄物及污染物的處理時間及成本(E8)		3.737	0.240	3.07*
9.噪音的減少(E9)		3.579	0.233	2.48*
10.減少產品的過度包裝(E10)		3.789	0.224	3.52*
11.採用易分解、無毒性包裝材料(E11)		3.105	0.228	0.46
12.符合環保產品製造比例增加(E12)		3.368	0.191	1.93
13.廢棄物或消耗材再生使用之比例提高(E13)		4.000	0.153	6.54*
14.毒性化學物質使用量減少（無使用者免填(E14)		4.316	0.217	6.06*
環保績效總平均		— X = 3.774		

資料來源：本研究整理。

*表示在 5%的顯著水準下達顯著。 a. 獲益強度最小=0，最大=5。

表 4-9. 廠商實施 ISO14001 對財務績效影響之分析.

操作變數	統計值	平均數 ^a	標準差	t 值
1.賦稅減免（投資優惠）(F1)		2.474	0.234	-2.25
2.每年處理廢棄物及污染物的費用降低(F2)		3.316	0.254	1.24
3.減少原料使用（利用率提高）(F3)		3.211	0.237	0.89
4.減少包裝的費用(F4)		2.947	0.259	-0.20
5.環保形象增進、公關宣傳費用降低(F5)		3.368	0.219	1.68
6.貸款取得更容易(F6)		2.421	0.207	-2.80
7 更容易獲得國外廠商支持(F7)		3.316	0.217	1.46
8.創新、專利可能獲利(F8)		2.526	0.234	-2.02
9.增加政府獎助的機會(F9)		2.842	0.279	-0.57
10.產品競爭力提高(F10)		3.158	0.257	0.62
11.開發符合環保的新產品導致獲利(F11)		2.684	0.230	-1.37
12.開發新技術或新材料導致獲利 (F12)		2.632	0.219	-1.68
13.存貨週轉率的提高(F13)		2.789	0.211	-1.00
14.資產報酬率的提高(F14)		2.842	0.245	-0.64
15.固定費用降低(F15)		2.947	0.259	-0.20
16.營業毛利率提昇(F16)		2.842	0.220	-0.72
17.管銷費用的降低(F17)		2.842	0.220	-0.72
18.爭取最佳的信用條件（可延遲付款）(F18)		2.526	0.234	-2.02
19.關於環保方面之營業外收益提高(F19)		2.737	0.252	-1.05
財務績效總平均		— X=2.864		

資料來源：本研究整理。

*表示在 5%的顯著水準下達顯著。 a. 獲益強度最小=0，最大=5。

表 4-10. 廠商實施 ISO14001 對整體營運績效影響之分析.

操作變數	統計值	平均數 ^a	標準差	t 值
1.對整體營運有助益(O1)		3.53	0.177	2.97*
2.保持/增加獲利能力(O2)		3.05	0.223	0.24
3.改善產品品質(O3)		3.00	0.229	0.00
4.增加市場占有率(O4)		2.84	0.191	-0.83
5.對整體營業額提升(O5)		2.63	0.175	-2.11
6.提高環保相關人事費用(O6)		3.11	0.151	0.70
7.物料儲存及處理成本減少(O7)		3.11	0.241	0.44
8.發展及應用新技術或新材料(O8)		2.79	0.237	-0.89
9.建立污染管制能力(O9)		3.84	0.206	4.09*
10.重複使用、回收再利用、節省物料耗用(O10)		3.74	0.185	3.99*
11.產能利用率增加(O11)		2.68	0.230	-1.37
12.產品之形象提升(O12)		3.53	0.221	2.38*
13.操作效率提高(O13)		3.05	0.209	0.25
14.廢棄物資源化、價值化(O14)		3.53	0.221	2.38*
15.廢棄物處理、運送及處置時間及成本降低(O15)		3.21	0.211	1.00
16.機械設備的修理維護成本降低(O16)		3.00	0.242	0.00
整體營運績效總平均		$\bar{X}=3.165$		

資料來源：本研究整理。

*表示在 5% 的顯著水準下達顯著。 a. 獲益強度最小=0，最大=5。

4-11. 自變數的觀察變項與潛在變項分類.

自變數之潛在變項	自變數之觀察變項	自變數觀察變項之細項
管理面變數 (M)	管理績效指標的外在變數(MO)	M1、M2、M6、M7、M8
	管理績效指標的內在變數 (MI)	M3、M4、M5、M9、M10
	管理績效指標的影響變數 (ME)	M11、M12、M13、M14
環保面變數 (E)	環保績效指標的外在變數 (EO)	E11、E12、E14
	環保績效指標的內在變數 (EI)	E1、E2、E7、E8、E10、E13
	環保績效指標的影響變數 (EE)	E3、E4、E5、E6、E9
財務面變數 (F)	財務績效指標的外在變數 (FO)	F1、F6、F7、F9、F18、F19
	財務績效指標的內在變數 (FI)	F2、F3、F4、F11、F12、F13、F14、F15、F16、F17
	財務績效指標的影響變數 (FE)	F5、F8、F10

資料來源：本研究整理。

表 4-12. 應變數的觀察變項與潛在變項分類.

應變數之潛在變項	應變數之觀察變項	應變數觀察變項之細項
製程面變數 (Process)	創新程度變數(Y1)	O3、O8
	生產效能變數 (Y2)	O10、O11、O13
獲利面變數 (Profit)	市場佔有率變數 (Y3)	O2、O5
	獲利能力變數 (Y4)	O4
	資源再利用率變數 (Y5)	O14
成本面變數 (Cost)	人力資源變數 (Y6)	O6
	物料成本變數 (Y7)	O7、O15、O16
營運效益面變數 (Operation)	污染管制變數(Y8)	O9
	企業與產品形象變數 (Y9)	O12
	整體營運效益變數 (Y10)	O1

資料來源：本研究整理。

表 4-13. LISREL 評鑑指標.

評鑑指標	衡量參數	判斷準則
基本適配度	Lambda 自變數觀察變項(MO-FE)	0.5~0.95
	Lambda 應變數觀察變項(Y)	0.5~0.95
內在結構適配度	Gamma 之 t-value 絕對值	1.96 以上
整體適配度	χ^2 之 P-Value 值	大於 0.05
	GFI/AGFI	0.9 以上
	RMR	0.05 以下
	NFI	0.9 以上

資料來源：Bagozzi and Yi (1998)、陳順宇(1998)及本研究整理。 GFI: goodness-of-fit index. AGFI: adjusted GFI. RMR: root mean square residual. NFI: normed fit index.

表 4-14.基本適配度表.

評鑑指標	參數/判斷準則	結果	t-value
Lambda 自變數觀察變項(MO~FE)/0.5~0.95			
管理面變數 (M)	管理績效指標的外在變數(λ_{MO})	0.833 ^a	---
	管理績效指標的內在變數(λ_{MI})	0.636	18.660*
	管理績效指標的影響變數(λ_{ME})	0.830	27.395*
環保面變數 (E)	環保績效指標的外在變數(λ_{EO})	0.666 ^a	---
	環保績效指標的內在變數(λ_{EI})	0.884	21.075*
	環保績效指標的影響變數(λ_{EE})	0.867	20.449*
財務面變數 (F)	財務績效指標的外在變數(λ_{FO})	0.940 ^a	---
	財務績效指標的內在變數 (λ_{FI})	0.910	55.918*
	財務績效指標的影響變數(λ_{FE})	0.922	64.664*
Lambda 應變數觀察變項(Y1~Y10)/0.5~0.95			
製程面變數 (Process)	創新程度變數(λ_{Y1})	0.924	46.379*
	生產效能變數(λ_{Y2})	0.866	39.720*
獲利面變數(Profit)	市場佔有率變數 (λ_{Y3})	0.911	42.143*
	獲利能力變數 (λ_{Y4})	0.930	43.846*
	資源再利用率變數 (λ_{Y5})	0.534	18.744*
成本面變數 (Cost)	人力資源變數 (λ_{Y6})	0.314	9.176*
	物料成本變數 (λ_{Y7})	1.034	44.538*
營運效益面變數 (Operation)	污染管制變數(λ_{Y8})	0.587	21.500*
	企業與產品形象變數 (λ_{Y9})	0.593	22.109*
	整體營運效益變數 (λ_{Y10})	0.626	23.059*

資料來源:本研究整理. * 表示 P 值小於 0.05. a.表示在 LISREL 模式中設為定值 1. ---: 無 t-value. 表中各參數係數為標準化係數.

表 4-15. 內在結構適配度表.

		γ	
內在結構適配度	管理面變數(M)→製程面變數 (Process) (γ_{MP})	0.152	0.713
	管理面變數(M)→獲利面變數 (Profit) (γ_{MT})	-2.148	-9.382*
	管理面變數(M)→成本面變數 (Cost) (γ_{MC})	0.0165	0.312
	管理面變數(M)→營運效益面變數(Operation) (γ_{MO})	2.848	19.737*
	環保面變數(E)→製程面變數 (Process) (γ_{EP})	-0.951	-3.256*
	環保面變數(E)→獲利面變數 (Profit) (γ_{ET})	-2.186	-5.483*
	環保面變數(E)→成本面變數 (Cost) (γ_{EC})	0.548	9.781*
	環保面變數(E)→營運效益面變數(Operation) (γ_{EO})	3.507	35.579*
	財務面變數(F)→製程面變數 (Process) (γ_{FP})	-0.644	-4.871*
	財務面變數(F)→獲利面變數 (Profit) (γ_{FT})	0.750	4.779*
	財務面變數(F)→成本面變數 (Cost) (γ_{FC})	0.336	6.815*
	財務面變數(F)→營運效益面變數(Operation) (γ_{FO})	0.517	7.251*

資料來源：本研究整理.*表示 P 值小於 0.05

表 4-16. 整體適配度表.

整	χ^2 值	4653.809	0.00*
體	GFI	0.674	/
適	AGFI	0.537	/
配	RMR	0.083	/
度	NFI	0.761	/

資料來源：本研究整理. *表示達 1%顯著水準. /:not applicable.

表 4-17. 本文提議模式假設檢定結果.

	虛無假設	結果	關係
1	此模型之因果關係成立(χ^2 值 4653.89 ; 自由度 134)	拒絕	
2	通過 ISO14001 金屬業廠商之管理面變數(M)對其獲利面變數(Profit)沒有影響	不能拒絕	正向
3	通過 ISO14001 金屬業廠商之管理面變數(M)對其製程面變數(Process) 沒有影響	拒絕	負向
4	通過 ISO14001 金屬業廠商之管理面變數(M)對其成本面變數(Cost)沒有影響	不能拒絕	正向
5	通過 ISO14001 金屬業廠商之管理面變數(M)對其營運面變數(Operation)沒有影響	拒絕	正向
6	通過 ISO14001 金屬業廠商之環境面變數(E)對其製程面變數(Process) 沒有影響	拒絕	負向
7	通過 ISO14001 金屬業廠商之環境面變數(E)對其獲利面變數(Profit)沒有影響	拒絕	負向
8	通過 ISO14001 金屬業廠商之環境面變數(E)對其成本面變數(Cost)沒有影響	拒絕	正向
9	通過 ISO14001 金屬業廠商之環境面變數(E)對其營運面變數(Operation) 沒有影響	拒絕	正向
10	通過 ISO14001 金屬業廠商之財務面變數(F)對其製程面變數(Process) 沒有影響	拒絕	負向
11	通過 ISO14001 金屬業廠商之財務面變數(F)對其獲利面變數(Profit)沒有影響	拒絕	正向
12	通過 ISO14001 金屬業廠商之財務面變數(F)對其成本面變數(Cost)沒有影響	拒絕	正向
13	通過 ISO14001 金屬業廠商之財務面變數(F)對其營運面變數(Operation) 沒有影響	拒絕	正向

資料來源：本研究整理.

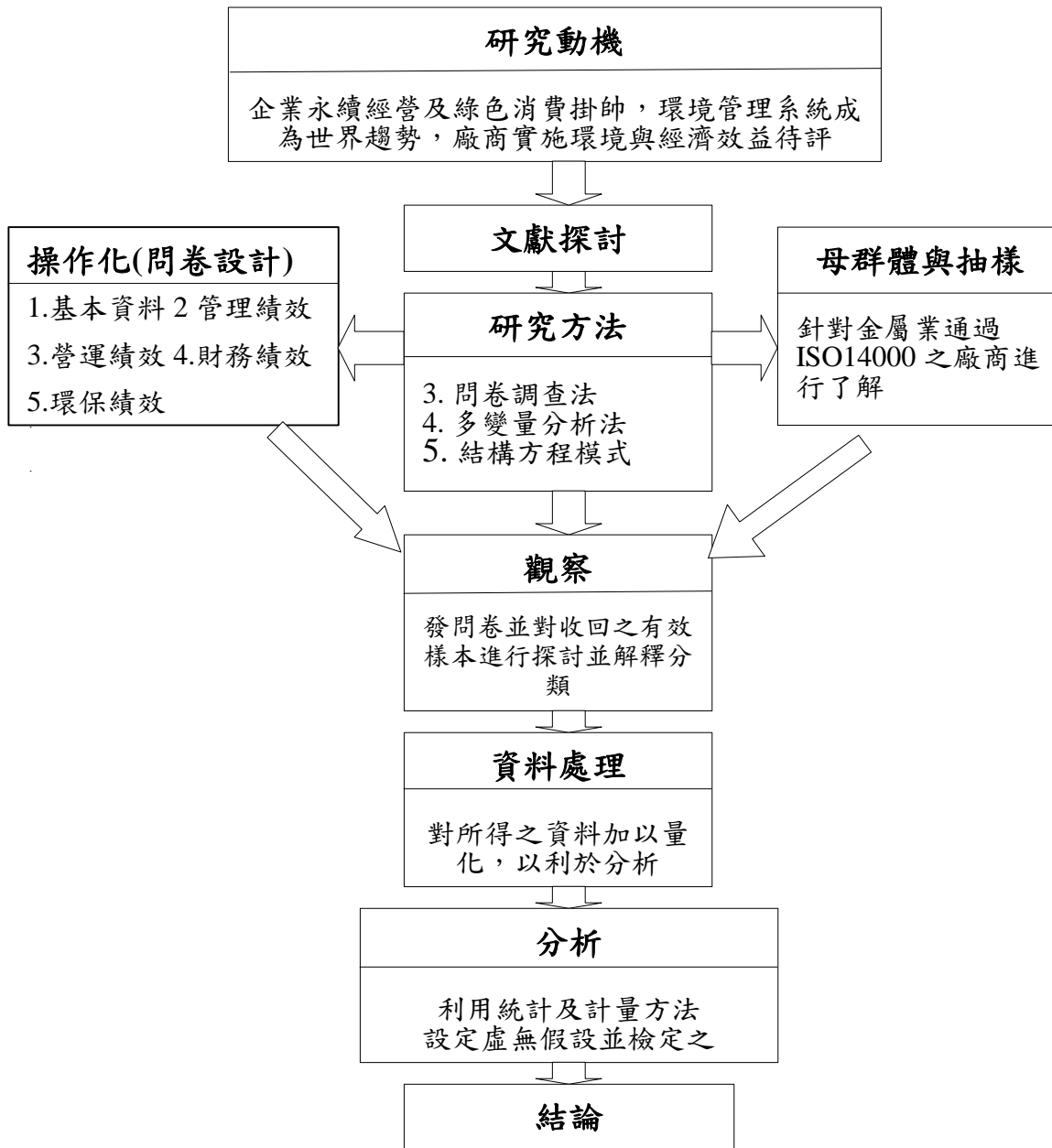


圖 1-1. 研究步驟與流程.

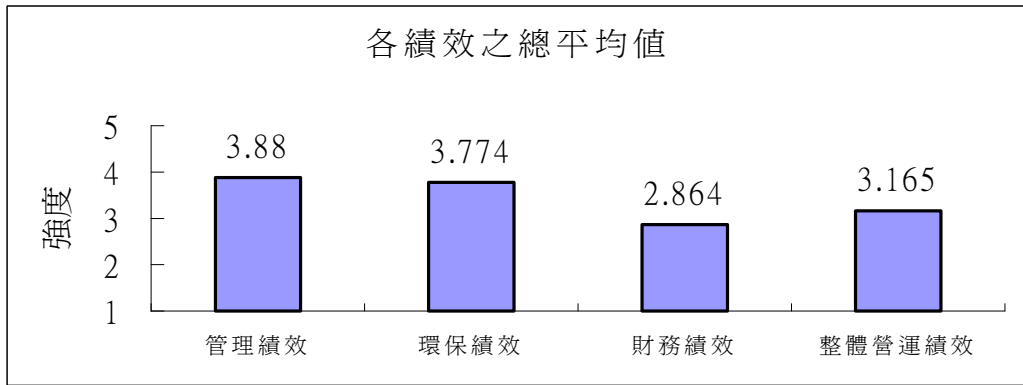
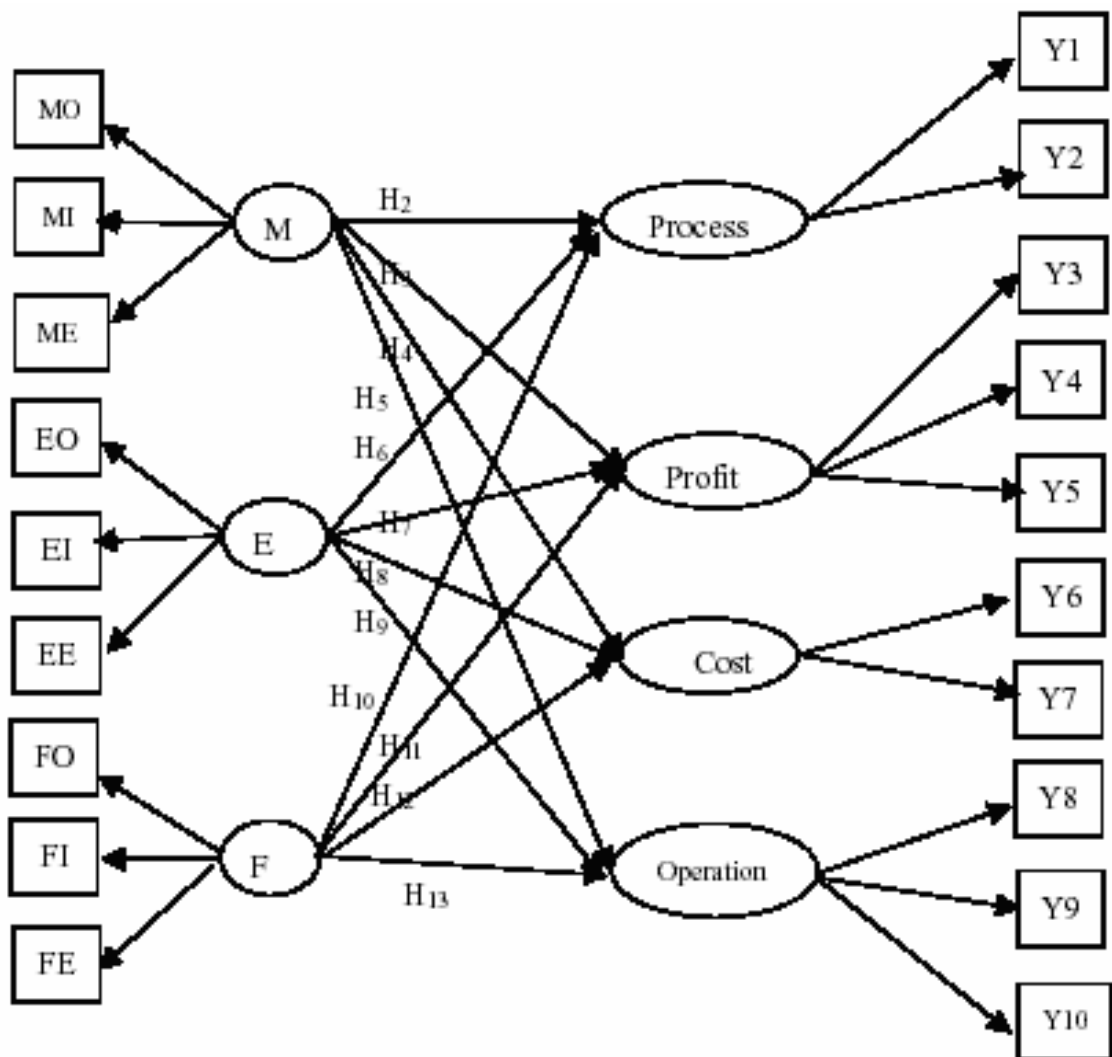


圖 4-1. 各績效之總平均值.



H₁₃: 模式因果關係成立

圖 4-2. 本研究整體架構模式.

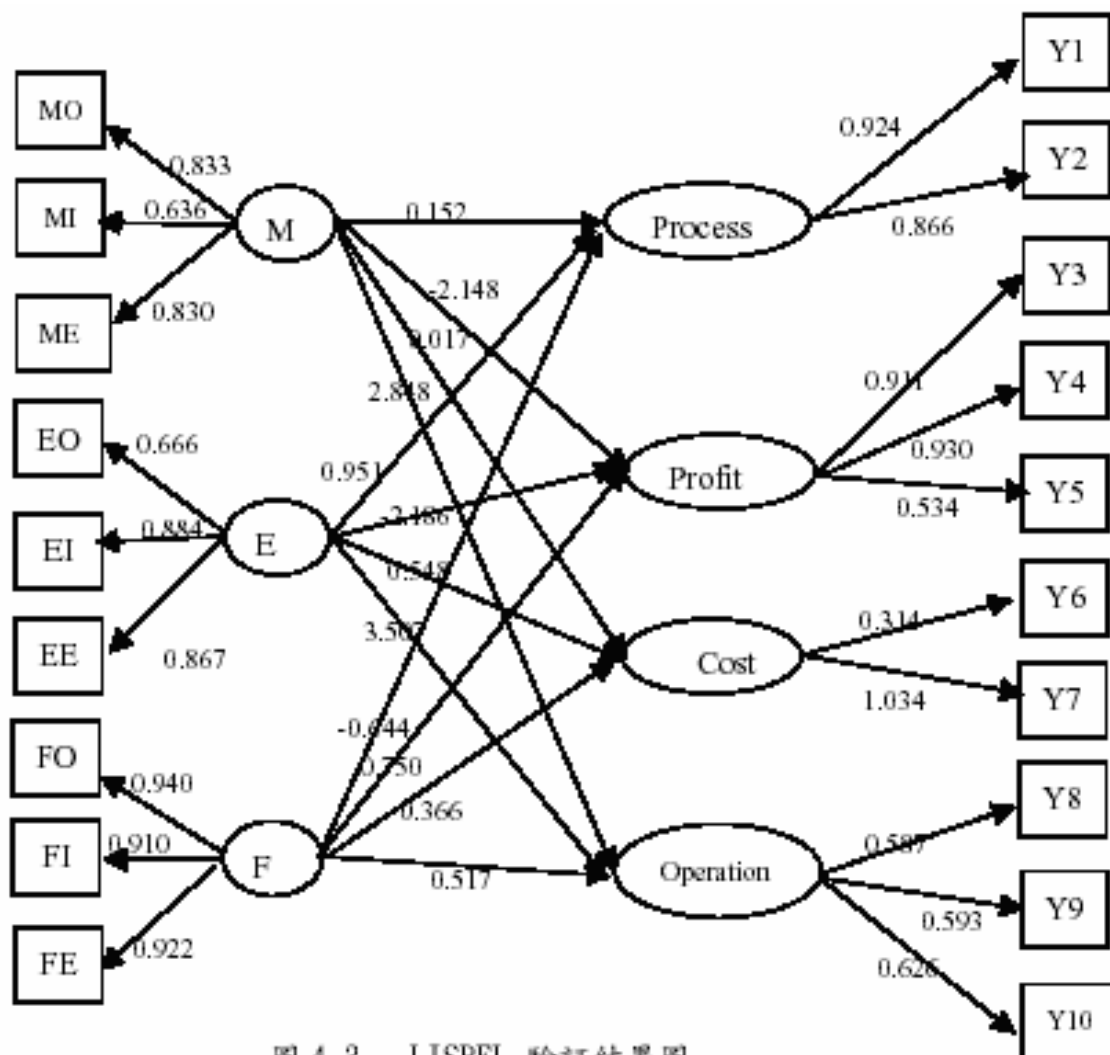


圖 4-3. LISREL 驗證結果圖。