

## 廢氣處理

# 鋼鐵業產業關聯對能源消費及 CO<sub>2</sub> 排放效應之探討

林素貞\*、王懷德\*\*、鄭尹莞\*\*\*

## 摘要

本文利用投入產出法，分析鋼鐵產業歷年的產業關聯效果對能源消費及 CO<sub>2</sub> 排放效應，並研提發展芻議，期供業界及決策者參考。

研究結果顯示，鋼鐵業的產業關聯效果佳，對支持與帶動相關產業發展有頗大的貢獻。能源乘數分析顯示鋼鐵業為典型的高能源密集產業，其波及效應對引發國內相關產業的能源需求與 CO<sub>2</sub> 排放量有極大的影響，故需要加強節能技術與措施，以改善能源效益及提升產品附加價值。鋼鐵業的發展策略，建議推動鋼鐵產業之合理化，以提昇產業競爭力，對於國際環境管理標準(ISO 14000)應積極因應，以增進產業升級及國際競爭力。另外，為因應溫室效應國際潮流，對於國際鋼鐵業 CO<sub>2</sub> 減量管制措施需要密切注意，而涉及大量能源消費及 CO<sub>2</sub> 排放的新投資計畫，需要審慎評估，以免造成 CO<sub>2</sub> 的激增效應。

### 【關鍵字】

- 1. 鋼鐵業 (steel industry)
- 2. 投入產出 (input-output analysis)

\*成功大學環境工程系教授

\*\*成功大學環境工程系研究生

## 一、前　　言

繼 1992 年在巴西舉行「地球高峰會議」與 1997 年於日本京都舉行第三次締約國大會，及 1998 年在阿根廷第四次締約國大會通過「布宜諾斯艾利斯行動計畫」，如何因應氣候變化綱要公約及溫室氣體減量策略已成為國際論壇的焦點。多年來我國產業經濟有長足成長，國民所得遠超過開發中國家，很可能在未來以「新興工業國」被列入管制的對象。為積極準備對外的談判籌碼及因應京都會議後國際的溫室氣體管制，政府已成立「國家永續發展委員會」協助推動各部會研擬因應策略與行動方案，足見我國對此公約之重視。由於全球 CO<sub>2</sub> 的排放量約佔溫室氣體總量的 55%，且其與產業製程所需的化石燃料關係最為密切，故二氧化碳已成為國際間控制溫室效應的主要減量對象。若未來國際開始管制 CO<sub>2</sub> 排放量，則產業界將首當其衝。國內的產業能源消費與 CO<sub>2</sub> 排放量有極大的相關性。以民國 87 年為例，依據經濟部能委會的統計，鋼鐵業的總能源消費量達 6,904,025(107 kcal)，佔工業部門總能源消費量約 22.5%，全國總能源消費量之 12.6%，而其 CO<sub>2</sub> 排放量約達 2,582 萬公噸，僅次於路上運輸業，為國內重要的 CO<sub>2</sub> 排放源之一。本文利用投入產出法探討台灣地區鋼鐵業的產業關聯效果對能源消費及 CO<sub>2</sub> 排放效應，並研提發展策略，以供業界及決策者參考。

## 二、研究方法

### 1. 投入產出分析

投入產出分析 (input-output analysis) 為李昂提夫 (Wassily W. Leontief, 1972)<sup>(1)</sup>首先應用分析美國經濟體系內各產業間的關聯，國內外相關的研究頗多<sup>(2~8)</sup>，投入產出的結構可以表 1 為例，主要可分成技術交易矩陣 [X<sub>ij</sub>]、最終需要矩陣 [F<sub>i</sub>]、原始投入矩陣 [O<sub>j</sub>]、總投入 [X<sub>j</sub>] 或總產出 [X<sub>i</sub>] 矩陣、總需要矩陣 [T<sub>i</sub>] 等五個部份 (表 1)。今定義投入係數 (input coefficient) 為  $a_{ij} = X_{ij}/X_j$ ，此係數 ( $a_{ij}$ ) 又稱技術係數 (technological coefficient)，代表  $j$  產業每生產一單位產值 (元)，所需直接向  $i$  產業購買的投入額，則投入產出表橫列關係可用下列式子表示：

$$[W_i] + [F_i] = [P_i] + [X_i] = [T_i] \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + F_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + F_i = P_i + X_i \quad (2)$$

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + F_i - P_i \quad (3)$$

以矩陣表示如下

$$X = AX + (F - P) \quad (4)$$

$$X = (I - A)^{-1}(F - P) = B(F - P) \quad (5)$$

其中，

$X$  為  $n \times 1$  之總產出向量

$A$  為  $n \times n$  之技術矩陣

$W$  為  $n \times 1$  之中間需要向量

$F$  為  $n \times 1$  之最終需求向量(含進口品)

$P$  為  $n \times 1$  之輸入向量

$I$  為  $n \times n$  之單位矩陣

$B = [bij]$ ，為  $n \times n$  之  $(I - A)^{-1}$  矩陣， $bij$  為矩陣中元素

表 1 投入產出表基本格式

		中間需要	中間 需要 合計	最終需要						總 需 要    總 供 給	供給	
		產業		家計 消費	政府 消費	固定 資本 形成	存貨 變動	海關 輸出	非海關 輸出		輸入	國內 生產
中間 投入	I	$x_{11} \dots x_{1j} \dots x_{in}$	W <sub>i</sub>	H <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	N <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> X <sub>1</sub>
	J	$x_{i1} \dots x_{ij} \dots x_{in}$	W <sub>i</sub>	H <sub>i</sub>	G <sub>i</sub>	B <sub>i</sub>	S <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	N <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>	T <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> X <sub>i</sub>
	n	$x_{n1} \dots x_{nj} \dots x_{nn}$	W <sub>n</sub>	H <sub>n</sub>	G <sub>n</sub>	B <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>	E <sub>n</sub>	N <sub>n</sub>	F <sub>n</sub>	T <sub>n</sub>	P <sub>n</sub> X <sub>n</sub>
中間投入 合計		$Y_1 \dots Y_j \dots Y_n$	W <sub>t</sub>	H <sub>t</sub>	G <sub>t</sub>	B <sub>t</sub>	S <sub>t</sub>	E <sub>t</sub>	N <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	T <sub>t</sub>	P X
原始投入		$O_1 \dots O_j \dots O_n$	O	H	G	B	S	E	N	F	T	
總投入		$X_1 \dots X_j \dots X_n$	X	H	G	B	S	E	N	F		

x<sub>ij</sub>：第 i 產業對第 j 產業的投入總額F<sub>i</sub>：第 i 產業投入之最終需求總額Y<sub>j</sub>：所有產業對第 j 產業的投入總額F<sub>t</sub>：所有產業投入之最終需求總額O<sub>j</sub>：第 j 產業的原始投入總額

F：所有最終需求項目原始投入總額

O：所有產業的原始投入總額

F：所有最終需求項目投入總額

X<sub>i</sub>：第 i 產業的產出總額T<sub>i</sub>：第 i 產業總需要(=總供給)X<sub>j</sub>：第 j 產業的投入總額T<sub>t</sub>：中間投入總需要

X：所有產業之國內生產總值

T：原始投入總需要

P<sub>i</sub>：第 i 產業的輸入總額

P：所有產業的輸入總額

W<sub>i</sub>：第 i 產業投入之中間需要總額W<sub>t</sub>：所有產業投入之中間需要總額H<sub>i</sub>, G<sub>i</sub>, B<sub>i</sub>, S<sub>i</sub>, E<sub>i</sub>, N<sub>i</sub>：第 i 產業對各最終需求項目之投入總額H<sub>t</sub>, G<sub>t</sub>, B<sub>t</sub>, S<sub>t</sub>, E<sub>t</sub>, N<sub>t</sub>：所有產業對各最終需求部門之投入總額

H, G, B, S, E, N：各最終需求項目之原始投入總額

H, G, B, S, E, N：各最終需求項目之投入總額

式(5)為考慮國外輸入品投入時的情形，其中 $(I-A)^{-1}$  稱為李昂提夫逆矩陣 (Leontief inverse matrix)，或稱產業關聯矩陣，矩陣中的元素  $b_{ij}$  表示生產第 j 產業一單位最終需求(元)時，對 i 產業的總需求影響，此值包含直接需求與間接需求所引起的波及效果，故其每一係數( $b_{ij}$ )均大於對應之直接投入係數( $a_{ij}$ )。

由於本研究僅考慮在國內生產的產業產品所造成的能源耗用與空氣污染物排放之影響，式(5)可以下式表示：

$$X = (I - D)^{-1} F_d \quad (6)$$

其中，

D 為  $n \times n$  之國產品投入係數矩陣

$F_d$  為  $n \times 1$  不含進口品之最終需求向量

## 2. 關聯效果分析

在投入產出分析中某一產業增產時，對其他產業具有雙重的影響，一為當某一產業增產時，可促進使用此種產業作為原料投入的其他產業生產部門的增產，此種生產與其產品被當成中間需求原料使用的部門間關係稱為向前關聯(forward linkage)；二為當某一產業增產時，由於其中間需求增加，將帶動相關原料供應產業的增產，此種生產與原料供應部門間關係稱為向後關聯(backward linkage)。

直接關聯效果可由投入係數矩陣中的元素表示，而李昂提夫逆矩陣(Leontief inverse matrix)則包括直接與間接的效果。以橫列而言，當所有產業的最終需求變動一單位時，該橫列  $i$  產業供給各產業直接及間接的變動量( $FL_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}$ )，代表  $i$  產業的向前關聯度。若以縱列來看，則表示  $j$  產業之最

終需求增加或減少一單位時，各產業所需直接及間接配合生產的變動量( $BL_j = \sum_{i=1}^n b_{ij}$ )，代表  $j$  產業的向後關聯度；若進一步將產業向前關聯及向後關

聯度予以標準化，可得到產業的感應度及影響度，定義如下：

(1) 感應度(sensibility of dispersion)； $U_i$

$$U_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (7)$$

$U_i > 1$ ，表示此產業的感應度大於所有產業感應度之平均值；反之，若  $U_i < 1$  則表示此產業的感應度小於所有產業感應度之平均值。而感應度高的產業表示其向前關聯程度較大，多為中上游的產業或勞務業，為支持整體經濟體系生產活動不可或缺之產業。

(2) 影響度(power of dispersion)； $U_j$

$$U_j = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (8)$$

$U_j > 1$ ，表示此產業的影響度大於所有產業影響度之平均值；反之，若  $U_j < 1$  則表示此產業的影響度小於所有產業影響度之平均值。影響度大的產業表示向後關聯程度較大，多為中間投入率較高的產業，具有帶動其他產業發展的功能，常為領導性產業。

### 3. 乘數分析

乘數分析(multiplier analysis)或稱影響分析(impact analysis)，主要是由關聯分析中的影響度引起。乘數分析可應用於資源或環境方面的衝擊分析，Wright 於 1974 年引入能源乘數(energy multiplier)的觀念，定義直接能源係數為商品的能源成本，並比較此種投入產出分析方法的優缺點。Miller 及 Blair 以投入產出的架構，應用能源乘數與污染乘數的觀念，分析能源使用與環境污染及經濟結構之間的關係。

由於產業的直接效果並未包括產業在發展過程中對帶動相關產業引起的能源耗用與 CO<sub>2</sub> 排放的間接衝擊，故需要以乘數分析顯示產業對能源與 CO<sub>2</sub> 排放的直接與間接衝擊。在此研究中，乘數  $M_j$  代表 j 產業最終需求變動一單位時，所引起的能源或 CO<sub>2</sub> 的總變動效果，包括直接效果、第二次、第三次……等所有產業配合 j 產業增產時所造成的效果變動量，可用下式表示<sup>(8)</sup>：

$$M_j = R(I - D)^{-1} = \sum_{i=1}^n (r_i \times b_{ij}) \quad (9)$$

其中， $r_i$ ：i 產業單位產值的能源耗用或 CO<sub>2</sub> 排放量。

$b_{ij}$ ：為  $(I-D)^{-1}$  矩陣中之元素。

## (1) 能源乘數

$$\dot{E} = \dot{E}(I-D)^{-1} \quad (10)$$

其中，

$\dot{E}$ ：能源直接係數，單位為  $10^7\text{kcal}/\text{新台幣百萬元}$ 。

$E$ ：能源乘數，包括直接與間接效果，單位為  $10^7\text{kcal}/\text{新台幣百萬元}$ 。

$(I-D)^{-1}$ ：以國產品交易表為基礎所求得之李昂提夫逆矩陣。

(2)  $\text{CO}_2$  乘數

$$\dot{C} = \dot{C}(I-D)^{-1} \quad (11)$$

其中

$\dot{C}$ ：產業能源消費之  $\text{CO}_2$  排放直接係數，單位為公噸/ $\text{新台幣百萬元}$ 。

$C$ ：產業  $\text{CO}_2$  乘數，包含直接與間接效果導致的  $\text{CO}_2$  排放量，單位為公噸/ $\text{新台幣百萬元}$ 。

## 4. 資料來源與處理

本研究所使用之鋼鐵產業經濟資料主要依據主計處編印的「臺灣地區產業關聯表」，包括 70 年、75 年、80 年及 85 年<sup>(9)</sup>。而產業的能源消費資料來自經濟部能源委員會編印的「臺灣能源平衡表」<sup>(10)</sup>。為使產業及環境資料與能源平衡表的產業分類能取得一致，本研究參考行政院主計處的「中華民國行業標準分類」，將產業關聯表原有的 123 及 160 部門，參照能源平衡表的分類，歸納為 34 個產業作為分析的基礎，首先計算鋼鐵產業產值及產業關聯矩陣 $(I-D)^{-1}$ ，其次輸入產業能源使用資料，再結合前二者資料，進行產業能源直接係數、乘數效應及關聯效應之量化分析；至於鋼鐵產業  $\text{CO}_2$  排放量，採用 IPCC 推估方法，公式如下<sup>(11)</sup>：

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量} = \sum_K \{ [(\text{能源使用量}_K \times \text{碳排放係數}_K) \times (1 - \text{碳固定量}_K)] \times \text{碳氧化率}_K \times 44 / 12 \} \quad (12)$$

其中， $K$  表示燃料種類，包括自產煤、進口燃料煤、燃料油、天然氣等共 28 種燃料。

為避免幣值波動的影響，必須以固定幣值進行分析，本研究以民國 80 年的

幣值作為分析的基準，幣值調整的方式是依據行政院主計處編印之「國內生產各業產值雙面平減表」，配合「雙面平減法」(The RAS Approach)將各年的產業關聯表幣值調整為以 80 年為基準。

### 三、產業經濟與關聯效果

鋼鐵業為國家建設的基本工業，具有高度的產業關聯性，為國內關鍵性產業之一，如民國 87 年總產值為 532,442 百萬元，約佔國內生產毛額的 7.3%，其中以軋鋼業最大，佔鋼鐵業總產值的 55%<sup>(12)</sup>。

鋼鐵業依其資本、技術、生產規模、產業經濟及能源耗用具有下列產業特性：

(1) 資本與技術密集，鋼鐵工業不論在土地、廠房、技術、機械設備、產品銷售等，均需大量資金與技術投入。(2) 生產經濟規模大，建廠時間長而資金回收慢。(3) 高度產業關聯性，對金屬製造、機械、運輸工具、電工、土木工程及建築業等具有重要的帶動支持作用，且產品用途多元化，可循環使用。(4) 能源耗用量大，民國 87 年鋼鐵業的總能源消費量佔全國總能源消費的 12.6%，為典型的高耗能產業之一。

本文以產業關聯效果來探討鋼鐵業在台灣產業經濟中所扮演的角色。向前關聯效果代表某產業之生產供給其它產業作為生產投入的聯鎖效果，向前關聯效果越大，表示對支持相關產業發展的貢獻越大。向後關聯效果代表某特定產業之生產促使其利用相關產業作為生產投入所帶動的產業關聯效果，向後關連效果愈大，表示對帶動相關產業發展的貢獻越大。

鋼鐵業的向前關聯效果(感應度)在整體 34 個產業的排序皆名列前四名(表 2)，顯示其對支持國內相關產業發展有頗大的貢獻，因此未來鋼鐵原料的穩定供應，對國內經濟的持續發展極具重要性。其中機械、金屬製品、運輸工具、營造工程、非鐵金屬及電機等產業對鋼鐵業的向前相關性最大，這些工業皆為鋼鐵業之下游工業，故對鋼品需求量大。

表 2 鋼鐵業歷年產業關聯效果

年代	感應度	排序	影響度	排序	總關聯度	排序
70 年	1.87	3	1.25	4	3.13	2
75 年	2.17	3	1.31	1	3.48	2
80 年	2.10	3	1.28	1	3.38	3
85 年	1.98	4	1.23	3	3.21	3

註：「排序」係指依 34 個產業之大小排序相關位置。

至於鋼鐵業的向後關聯效果(影響度)，亦顯示鋼鐵業名列前四名，顯見此產業具有帶動相關產業及促進經濟成長的功能，為國內重要的領導性產業。鋼鐵業因生產活動所帶動的產業，包括能源礦業、電力供應、油氣煉製、煤製品、商品買賣及其他服務等，即上述產業為供應鋼鐵業生產所需的初級能源及銷售活動的主要產業。

#### 四、能源消費與 CO<sub>2</sub> 排放乘數效應

根據節約能源年報（88 年）資料顯示，鋼鐵上游產業由於積極擴產，導致能源密集度由 85 年的 13.75KLOE/百萬元成長至 87 年的 16.6KLOE/百萬元，顯示能源密集度有惡化的傾向。民國 87 年鋼鐵業的總能源消費量約 6,904,025( $10^7$  kcal)，為全國總能源消費量的 12.6%，就其能源消費結構而言，煤品佔 72%，其次為油品(15%)及電力(13%)，天然氣所佔比例極小。

由於鋼鐵業是國內主要的能源耗用產業，而產業生產過程中除了直接能源消費外，其它產業為配合其生產亦帶動相關產業的能源消耗，亦即鋼鐵業在生產過程中會引發直接與間接的能源耗用。本文以能源乘數探討此產業之能源消費與波及效應。表 3 結果顯示，民國 70~80 年間鋼鐵業的能源乘數有上升趨勢，各年排序分別為第 10、8、7 位，顯示鋼鐵業為高能源密集的產業，故持續改善能源效率與提升產品附加價值為重要的方向。如對於不具競爭力或產能過剩的產品，可採取減量生產或投資海外。另外，改善能源效率的有效措施包括加強設備改善，廢熱回收，製

程改善及設備汰舊換新等。

就乘數效果而言，表 3 顯示鋼鐵業每單位產值的直接能源消費雖大於其引發相關產業的間接能源需求量。然間接能源需求約佔乘數值的 43%，顯示鋼鐵業的規模擴充對引發國內相關產業的能源需求量極大，不容忽視。

表 3 歷年鋼鐵業能源乘數分析

年代	乘數值 <sup>(1)</sup>	排序 <sup>(2)</sup>	直接係數 <sup>(1)</sup>	比例 <sup>(3)</sup>	間接係數 <sup>(1)</sup>	比例 <sup>(3)</sup>
70 年	16.64	10	8.94	53.75	7.70	46.25
75 年	19.02	8	10.34	54.34	8.69	45.66
80 年	18.31	7	10.89	59.50	7.42	40.50
85 年	15.32	7	8.93	58.30	6.39	41.70

註：(1)單位為 10<sup>7</sup> Kcal/百萬元新台幣

(2)"排序"係指依 34 個產業之大小排序的相對位置

(3)比例指佔能源乘數值之比例

由於 CO<sub>2</sub> 為引起溫室效應的主要氣體之一，近年來備受國際關注。本文利用乘數分析探討此產業的產業關聯效果對 CO<sub>2</sub> 的波及效應。民國 87 年鋼鐵業 CO<sub>2</sub> 排放量約達 2,582 萬公噸，佔全國總排放量達 13.2%，僅次於運輸業，為國內最主要的排放源之一。故若未來國際對 CO<sub>2</sub> 執行管制，則對鋼鐵業將有頗大衝擊。

由表 4 CO<sub>2</sub> 乘數分析的結果可看出，民國 70 年至 85 年 CO<sub>2</sub> 乘數值皆位於國內 34 個產業前第四～六位，顯示鋼鐵業為高 CO<sub>2</sub> 排放度的產業，又表 4 中鋼鐵業每單位產值的 CO<sub>2</sub> 間接排放係數與其直接 CO<sub>2</sub> 排放係數幾乎相當，表示鋼鐵業的規模擴充對引發國內相關產業的 CO<sub>2</sub> 排放量將有極大的影響。如目前已有條件通過環境影響評估報告的濱南開發案燁隆煉鋼廠，產生的 CO<sub>2</sub> 排放量達 10.72 百萬公噸<sup>(13)</sup>，約為回歸 1990 年全國 CO<sub>2</sub> 排放量的 9.5%。若進一步考量此計畫引發的間接能源需求與 CO<sub>2</sub> 乘數波及效應，則將造成額外約 75% 的能源需求及 CO<sub>2</sub> 排放量的激增效應。

表 4 鋼鐵業 CO<sub>2</sub> 乘數分析

年代	乘數值 <sup>(1)</sup>	排序 <sup>(2)</sup>	直接係數 <sup>(1)</sup>	比例 <sup>(3)</sup>	間接係數 <sup>(1)</sup>	比例 <sup>(2)</sup>
70 年	65.41	6	36.30	55.50	29.11	44.50
75 年	66.08	5	36.29	54.93	29.78	45.07
80 年	65.43	4	39.05	59.69	26.38	40.31
85 年	55.49	5	32.45	58.47	23.05	41.53

註：(1)單位為公噸/百萬元新台幣

(2)"排序"係指依 34 個產業之大小排序的相對位置

(3)比例指佔能源乘數值之比例

## 五、鋼鐵業發展策略建議

### 1. 推動鋼鐵產業之合理化經營，提昇國際競爭力<sup>(14)</sup>

國內鋼鐵業發展快速，目前粗鋼自給率不足，近年來除中鋼四期擴建外，多家廠商躍躍欲試，加入籌備擴建的行列，然大量投資與急速擴充的結果可能造成民國九十年代國內鋼鐵產能過剩，導致惡性競爭與企業虧損，引發國內資源與資金的排擠與衝突效應，故需要推動鋼鐵產業的合理化，而非一味追求產能的增加，要有合理經營的系統與方法，以提昇產品品質與產業競爭力為主要目標。日本鋼鐵業在二次大戰後歷經數次合理化改革，實施振興鋼鐵業及相關產業的政策，由追求高產量的目標改變成高品質、高附加價值與推動節約能源，力求環境與生活品質的提昇，值得作為我國的參考。

未來鋼鐵技術與產品將不斷發展，而世界鋼品的需求生態由於生活水準提昇，環保意識普及，鋼鐵產品市場將傾向於高附加價值、高品質、無公害、低污染、省能源的綠色產品，故加強國內鋼鐵產業之合理化，選取重要產品系列開發，提昇產品品質、能源效率與環境親和力，將成為產業生存與提昇競爭力的關鍵。尤其，加入 WTO 前，政府及業者需要作好準備，掌握國際產銷資訊，建立區域性鋼鐵供給圈及上中下游資訊網路，便利企業界掌握國際市場資訊，以確保國內鋼鐵的供需平衡，如此加入 WTO 後，才能增加我國的鋼鐵業貿易

空間，有利產業的生存與提昇國際競爭力。

### 2. 加強節約能源技術與相關措施，改善鋼鐵業能源效益

鋼鐵業的良性發展除了增加經濟效益與國際競爭力外，實有賴於提昇能源效益及對環境的親和力。目前國內中鋼在生產與能源管理上密切配合，節約能源成效顯著。然整體而言，我國鋼鐵業的產業結構多屬中小型規模，節能設備普及率偏低。有關節約能源的途徑，有下列數點建議：<sup>(15,16)</sup>

- (1) 加強設備改善與汰舊換新，政府需要提供適當的經濟誘因與獎勵辦法，及相關的配套措施與法規，以提昇企業投入節能技術、設備改善與更新及推動節能計畫的意願。
- (2) 輔導與推廣節能製程及技術，國內大部份廠家在製程改善上，仍有相當的節能空間，政府宜鼓勵引進技術與提供資訊服務，以利推動節能製程與相關措施。
- (3) 加強廢熱回收，多項廢熱源應力求回收最大化，包括鋼胚、轉爐氣與爐渣顯熱、燒結排氣、焦炭顯熱、加熱爐廢熱回收等。
- (4) 加強汽電共生利用，此方面的技術國內已趨成熟，如中鋼汽電共生設備可供應廠內所需電力，然尚未普及至中小型鋼鐵廠，未來可加強汽電共生之發展空間，以供地區性之電力需求。
- (5) 回收高爐、轉爐及電爐產生的爐碴，可用於水泥、道路及土木用材之需，以增加廢棄物回收利用的價值，同時有益國內廢棄物之處理，節省資源與能源，為符合良性產業發展與環境永續發展之途。
- (6) 加強能源管理及教育訓練，訂定節能設備標準，以強化能源查核制度及能源需求管理。

### 3. 因應國際環境管理標準(ISO 14000)，促進產業升級與競爭力

由於國際標準組織(ISO)於 1991 年採用 UNCED 高峰會議之建議，促成 ISO/IEC 「環境策略諮詢小組」成立，因而建立 ISO 14000 系統規範，其最終目的希望廠商自願規範對環境污染之改善，並採取必要之預防措施，以盡地球村公民對環境保護之責。雖然 ISO 系列不具強制性，然以世界環保潮流及工業化國家之重視，目前對此標準均採取積極行動，可預知未來我國加入 WTO 後，ISO 規範將成為產業力求生存與爭取市場競爭力的主要挑戰之一，故政府相關單位

需注意 ISO 標準與制度的發展動態，掌握資訊，輔導鼓勵國內鋼鐵業因應此一競爭趨勢，以提昇產業在國際市場的競爭力。

因為追求產業永續發展與提昇環境管理標準已蔚成國際產業競爭的方向，雖趨嚴的環保政策與管理標準對國內鋼鐵業及其他產業將造成某種程度的衝擊，然 OECD 數國經驗顯示，若有適當的能源與產業政策配合，可以成為產業升級的正面促因。

#### 4.因應溫室效應國際潮流，密切注意國際鋼鐵業 CO<sub>2</sub> 減量管制措施

目前國內鋼鐵業 CO<sub>2</sub> 排放量佔總排放量約 13.2%，為最主要的排放源之一。有鑑於目前全球氣候變遷與相關環境議題正受到國際關切，我方宜密切注意國際鋼鐵業在 CO<sub>2</sub> 減量與因應措施，毋需過早表態實施 CO<sub>2</sub> 管制措施，然宜即早研擬管制策略，規劃國內中、長期的鋼鐵發展政策，積極引進相關的節能與製程技術，使我國鋼鐵業能兼顧產業經濟與能源效益，且能迎接國際環保趨勢之挑戰。

#### 5.重大鋼鐵業投資計畫需要選擇適當區位與審慎評估

大規模的鋼鐵廠投資計畫，由於用水、能源耗量大，需要有足夠的土地面積、良好的港口運輸、充足的用水供應與適合的廠地才能配合，故決策單位須以整體性的觀點審慎評估新計畫投資的區位廠址。若計畫投資的廠址位於水資源短缺或自然生態敏感區，則容易引起眾多爭議。如目前已有條件通過環境影響評估報告的濱南開發案燁隆煉鋼廠，產生的 CO<sub>2</sub> 排放量達 10.72 百萬公噸，約為回歸 1990 年全國 CO<sub>2</sub> 排放量的 9.5%。若進一步考量此計畫的能源乘數波及效應，則將造成額外約 75% 的能源需求與 CO<sub>2</sub> 排放量的激增效應。

目前政府為配合「氣候變化綱要公約」，正積極進行研究我國減緩溫室效應的行動方案及管制策略，而鋼鐵業的 CO<sub>2</sub> 排放量為僅次於路上運輸的國內重要排放源，故對重大鋼鐵的投資計畫，相關單位需要謹慎的整合考量與評估，使我国的鋼鐵業成為具有經濟與環保兼顧的產業模範。

## 參考文獻

1. Leontief, W. and D. Ford. (1972), "Air pollution and economic structure: empirical results of input-output economics", Oxford University Press, Inc., p.273-293.
2. Breuil, J.M. (1992), "Input-Output Analysis and pollutant emissions in France", The Energy Journal 13(3), p.173-184.
3. Hawdon, D and Pearson, P (1995) "Input-output simulations of energy environment, economy interactions in UK", Energy Economics 17(1), p.73-86.
4. Miller, Ronald E and Blair, Peter D.(1985), "Input- Output Analysis Foundation and Extension ", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliff , New Jersey.
5. Wright, D. (1974), "Energy Budgets Goods and Services: An Input-Output Analysis", Energy Policy, 2(4), p.307-315.
6. 王塗發（1986），「投入產出分析及其應用－台灣地區實證研究」，台灣銀行季刊，第 37 卷，第 1 期，第 186-218 頁。
7. 許志義，劉彩雲（1989），台灣地區能源消費與經濟成長之投入產出分析，能源季刊，p.1-20。
8. 林素貞，張翊峰（1995），以投入產出分析產業能源耗用與污染排放量之關聯性－以 1991 年台灣地區為例，能源季刊，第 25 卷，第 4 期，p.52-74。
9. 行政院主計處(1985, 1991, 1995, 1999)，「中華民國台灣地區產業關聯表」(70、75、80、85 年)。
10. 經濟部能源委員會(1998)，「民國 87 年台灣地區能源平衡表」，經濟部能源委員會，臺北。
11. 林素貞(1996)，「溫室效應氣體之管制與評估—溫室效應氣體減量目標與管制措施對重要產業之衝擊評估」，行政院環保署專題研究報告，EPA-86-FA03-09-27。
12. 台灣鋼鐵工業同業公會(1999)，「我國鋼鐵工業投資概況」，鋼鐵公會資訊中心。
13. 濱南工業區開發計畫環境影響評估報告書（1998）。
14. 林素貞，李正豐，張子見（1998），「鋼鐵業永續發展之相關課題與策略」能源季刊，第 28 卷，第 3 期，p.17-31。

- 15.經濟部能源委員會(1999)，「節約能源年報」。
- 16.楊光漢(1999)，「鋼鐵業節能探討」，能源季刊，第29卷，第4期，p.35-47。