

# 第壹章 緒論

## 第一節 研究動機

驅動本研究以產業生態學 (Industrial Ecology, 以下簡稱 IE) 的理論進行建構台灣「綠色矽島」的構想, 乃因產業生態學之理論可以彌補永續發展概念上的不足, 並成為「綠色矽島」理念的輔助根基。自八十年代始, 永續發展可說是觀念性的理想, 迨至九十年代初期, Robert Frosch 等學者推展產業生態學為永續發展的落實方法 (Operational of Sustainable Development)。產業生態學屬於多門學科研究性質及願景規劃理念, 必須結合多方面的系統俾以相輔相成, 並在發展過程中透過系統改善方式、循序漸進地達到永續發展的目標。

### 一、研究背景

產業生態學之研究目的, 在於探討應當如何在現有的產業環境策略下, 進行產業發展之整合與重新設計。其理論的誕生及發展, 可概分為三個時期, 即醞釀期、成長期和轉變期。

1970 年, 日本國際貿易與工業部 (MITI) 顧問團「產業結構委員會」(Industrial Structure Council) 首度提出 IE 之觀念, 並嘗試利用此觀念以重新規劃當時的產業政策。於 1970 年代中葉爆發的石油危機卻使這方面的研究擱置了下來 (Erkman, 1997; Nobel, 1998; Allenby, 1999)。此即 IE 發展之醞釀期。事隔約二十年, IE 的研究始邁入成長期。1989 年 9 月, Robert Frosch 及 Gallapoulos 於《美國科學》期刊 (Scientific American) 發表「產業的策略」(“Strategy for Manufacturing”) 一文, 文中提出「產業新陳代謝」(Industrial Metabolism) 的觀念。自此, IE 的研究便迅速的成長, 其研究方向多著力於 IE 的應用方法及工具。本時期之 IE 相關著作、學術期刊、研討會論文集等相續出現, 計有 Ayres 和 Simonis 於 1994 年編著的《產業新陳代謝: 永續發展之重建》(Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development), 以及 Graedel 和 Allenby 於 1995 寫成之《產業生態學》(Industrial Ecology), 至於 IE 之國際學術期刊, 則有《產業生態學期刊》(Journal of Industrial Ecology) 及《清潔生

產期刊》(*Journal of Cleaner Production*)等。迄至晚近，IE 的研究方向逐漸從應用方法與工具之研究，轉移到環境政策方面。此晚期的轉變，主要因為美國國家科學委員會 (U.S. National Science Foundation) 於 1998 年 4 月舉行之「公共政策與產業生態學之整合」(Linking IE to Public Policy) 會議，引起研究學者及政策制定者聯手研擬各種與環境相協調的政策，並制定國家的永續發展藍圖。此時期之 IE 相關著作有 Chertow 和 Esty (1997) 的《生態式思考：新時代之環境政策》(*Thinking Ecologically: The Next Generation of Environmental Policy*)及 Allenby (1999)的《產業生態學：政策架構與實施》(*Industrial Ecology: Policy Framework and Implementation*)。

產業生態學理論的假設前提，乃借用生態學的系統概念，為同時達到永續及整體利益，在設計產業生產方法以與自然生態系統相調和，並完成產業發展與環境共生的架構 (鍾國輝、孔憲法，2000)。產業生態學的理论架構乃是以類比法(Analogy)，透過四個生態系統的原則：(1)循環(Roundput) (2)多樣性(Diversity) (3)地緣性(Locality)及(4)循序漸進(Gradual Change)，將產業生產供需鏈視同自然界的食物鏈，達到環環相扣的結果(Korhonen, 2001)。此四個原則，基本上與耶魯大學教授 Chertow (1999a) 所提出的「產業生態化之連續帶」(Continuum of Industrial Symbiosis) 概念、Graedel (1994)「物質循環」之類型論，以及 Pauli (1998) 之「零排放」系統等達致產業生態學目標的做法相一致。

回顧各學者之相關研究，Hond 發現產業生態學的研究方向可概分為應用方法與工具以及政策規劃系統兩大類；前者為學術研究領域，而後者為願景規劃之目標 (Hond, 2000)。各種產業生態學之應用方法及工具 (如：為環境設計、物質流向分析、生命週期評估等)，其實也為時下的環境管理領域所使用，而政策規劃系統乃是如何應用此理論架構作為企業組織、社區、國家及全球性之永續發展的理念基礎。同時，這也印證了 Andrew (1999) 的觀點：Andrew 認為新時代的政府 / 政策制定與規劃者必須正視 IE 的概念，並將此觀點與理論運用於環境政策上。

無獨有偶，繼荷蘭於 1990 年制定出「綠色計劃」(Green Plan) 之後，新上任的民進黨

政府也提出「綠色矽島」( Green Silicon Island ) 之理念，以做為台灣 2001 年國家建設計劃及 2010 年的展望。有鑑於此，在此「綠色矽島」的前提下，國內的研究學者對於永續發展政策議題的研究，應取法於新興起之產業生態學觀點與理論。

「綠色矽島」擁有兩層含意：首先，所謂「綠色」是指永續發展，隱含對工業化的反省與思考，不僅著重經濟效益、社會效益與生態效益的協調並進，更強調環境優先的發展策略。其次，「矽島」一詞則是師法美國矽谷 ( Silicon Valley ) 科技研發、創新與企業家精神，作為台灣經濟持續穩健發展的主導力量。「綠色矽島」的建設千頭萬緒，試從過往「自由化、國際化、制度化」之國家規劃準則一再延伸，推動「知識化」新經濟、「永續化」新環境、「公義化」新社會三大理念，經由此「三化」的協調並進，注入因應新世代來臨的五種驅動力——經濟力、資訊力、環境力、社會力及法治力應有的新思維。新上任的民進黨政府顯然企圖藉由「三化」、「五力」相輔相成的效果，以落實台灣成為「綠色矽島」的目標（行政院經濟建設委員會，2000）。

為了提昇環境力之對策，環境流量的管制、生態與環境存量之投資雙方面，必須加以強調與環境力相協調之各種發展策略，包括建構經濟政策、環境政策、科技政策及社會政策，促進整體社會朝向綠色技術、綠色生產及綠色消費的方向發展。「綠色矽島」國家建設計畫之促進環境力的政策如下（行政院經濟建設委員會，2000）：

- （一）環境力相協調的經濟政策：加強治理經濟活動對生態環境所造成的耗損、促進經濟活動綠化，如採取有利於永續發展的產業及財稅政策。
- （二）有利於提昇環境力的環境政策：制定和完善資源綜合利用與環境保護的法規、有效的運用經濟手段、提昇環保工作的執行效率等。
- （三）與環境力相協調的科技政策：推動製程減廢、清潔生產、資源化技術與設備，提昇綠色競爭力；從 IE 觀點，加強科技與環保的良性循環，將「零排放」提昇至「零廢棄」的目標。

(四) 與環境力相協調的社會政策：提倡環境教育、鼓勵綠色消費等。

環境力的惡化，逼使經濟與社會付出龐大的代價，這也是新世紀國家建設計劃透過產業生態學的觀點，藉由生產效率的提昇、消費形式的改變，以及強調資源使用最佳化與廢棄物產生最低化的理念，朝向國家的經建藍圖。此「永續發展藍圖」強調超越單一系統，結合社會、經濟、生態、政治以形成一整合性的系統。此系統觀點與思維 (System Thinking)，愈發為社會政策與規劃者所採用。產業生態學家 (Industrial Ecologist) 一致認為，產業生態學基本上著重於效率經營、資源回收、少量排除廢棄物，並可進一步邁向成熟的產業生態系統。

## 二、研究目的

永續經濟、環境與社會的三重盈餘 (Triple Bottom-Line) 或三重構面，應是新政府上台前後推行「綠色矽島」理念的目標。本研究旨在探討產業生態化為提昇環境力之理論工具及產業邁向永續發展之必然進程，並藉由此研究加以分析國內的產業生態化連續帶 (Continuum of Industrial Symbiosis)，形成驅動 IE 發展機制之討論。本研究嘗試建立產業生態化體系之發展架構，並進行生態化之經濟與環境效益指標分析，進而探討資源化法規及技術對於生態化的影響。筆者希望本論文之分析結果，能夠做為執政者在推行產業生態化發展政策之參考。

本論文之研究目的分述如下：

(一) 釐清產業生態學為「永續發展之落實方法」的研究方向。

從八十年代始，永續發展始終只是一個觀念化的理想。自從產業生態學被稱為「永續發展之落實方法」(Operational of Sustainable Development) 以後，政府便開始以實務性的方式達致永續發展的目標，並提昇區域的環境力。產業生態學重視系統觀點，力圖透過人文系統 (科技、人力、經濟) 回饋或改變，效法自然界環環相扣、生生不息之作業系統，開創出永續發展之學術研究領域。

(二) 建立國內的產業生態化體系之發展架構。

檢視國內外推行產業生態化發展的理論、應用方法及工具。為進一步探討台灣的產業生態化之發展，本研究將深入檢視國內的產業生態化驅動機制，分析其所涵蓋的系統及體系，並藉此建立國內的產業生態化體系之發展架構。

(三) 針對國內產業生態化體系之發展架構進行情境與模擬分析。

本文以個案 / 情境方式分析國內產業生態化體系之發展架構，即透過經濟與環境效益指標分析，以及資源化法規與技術的發展，以進行此生態化發展架構之個案 / 情境與模擬分析。本論文之分析結果，希冀能做為執政者擬定環境相關政策時之參考。

### 三、研究方法

本文乃藉由國內現有的產業生態化發展及驅動機制，來探討國內政策制定者對於產業生態化之相關政策施行的做法及其未來的發展方向。因此，除了文獻探討與資料蒐集外，筆者亦在研究方法部分說明此驅動機制之遴選標準和分析重點、連續帶的組成及分類、生態化的情境與模擬分析等特性。

以下為本論文的研究方法及程序：

(一) 文獻與資料蒐集方法

在個案研究方法中，相關資料之遴選和蒐集對研究成果有著深遠的影響，因此必須謹慎處理。本論文所採用之資料大致可分為兩類，其一為原始（初級）資料，其二則是間接資料（次級）的蒐集。

#### 1. 原始資料的蒐集

本文作者透過直接觀察、記錄、採集、歸分、研析，實地調查及訪問，進行瞭解研究對

象之作業程序、實行成果及所面對的困境，以作為研究目的之探討。

## 2. 間接資料的蒐集

本文作者藉由他者的研究、論著等進行資料蒐集，將其匯整、分析、簡化和修正，以為己用。此類資料之主要來源含括了公、民營企業機構、政府、學術團體、研究機構、服務團體等，並多方採集國內外中、英文學術期刊及論文、雜誌和手冊等。

### (二) 國內產業生態化驅動機制的遴選標準

本論文參考 Chertow (1999a) 之「連續帶」概念，其在遴選驅動產業生態化的機制及個案之標準細分如下：

#### 1. 總量管制單位

行政單位

執法單位

#### 2. 研究發展單位

#### 3. 示範性單位

表 1-1 國內產業生態化驅動機制及遴選標準

驅動 IE 的機制	個案選擇	遴選標準
事業廢棄物交換及資源化系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 工研院化工所「事業廢棄物交換資訊服務中心」</li> <li>◆ 廢棄物資源化研發及支援單位</li> <li>◆ 事業廢棄物管制中心</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 行政單位</li> <li>◆ 研發單位 / 示範單位</li> <li>◆ 執法單位</li> </ul>
工業減廢及污染預防系統	造紙業施行的工業減廢與污染預防 <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 正隆紙業</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 示範單位</li> </ul>
中衛體系	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 正隆工業減廢中衛輔導體系</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 示範單位</li> </ul>
生態化工業園區體系	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 台南生物科技園區</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 示範單位</li> </ul>
虛擬生態化工業園區體系	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 「綠色矽島」體系</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 示範單位</li> </ul>

資料來源：本研究。

### (三) 國內產業生態化體系發展架構之個案 / 情境分析(scenario analysis)

本研究將針對產業生態化之驅動機制，進行垂直及橫向的聯繫，並透過經濟與環境效益指標及資源化法規與技術發展之情境模擬分析，探討不同的驅動機制之生態化效益與影響。本論文參照 Research Triangle Institute (RTI) 對產業生態化園區發展之五個情境的分析方法 (Martin *et. al.* , 1996)，進行建構並分析國內的產業生態化體系之發展架構。其中所形成的五個機制系統之條件 / 特性說明如下：

1. 廢棄物交換及資源化系統：兩家或以上的企業進行事業廢棄物交換，並以此作為己方的生產原料；其目的僅在於處理廢棄物之最終處置問題。
2. 工業減廢及污染預防系統：企業各自進行工業減廢及污染預防策略，彼此之間並沒有達成合力減少或處理廢棄物問題之協議。

3. 中衛體系：企業間共同處理事業廢棄物問題，如交換工業減廢與污染預防技術，及趨向資源化，並締建產業共生之緊密關係。
4. 生態化工業園區體系：企業在園區的管理制度下形成緊密合作，相互努力達致「零排放」或封閉迴路(Closed the Loop)的目的。
5. 虛擬生態化工業園區體系：企業間超越廠房、企業、園區，邁向島嶼型的產業與資源共生體系。

驅動 IE 發展之個案 / 情境分析包括經濟效益及環境效益指標的建立與分析，而驅動 IE 發展之因素則進行資源化法規與技術發展之模擬分析。其簡述如下：

- 經濟效益：
$$\sum_{i=1}^n (Xi + Yi) \quad i=1,2,\Delta,n$$

$Xi$  = 達到「零排放」目標之原料價值

$Yi$  = 達到「零排放」的目標的廢棄物處置成本 / 利益

$i$  = 廢棄物資源化之次數

$n$  = 達到最接近「零排放」之廢棄物資源化次數

- 環境效益：一般通用性的環境量測之指標，如廢棄物量、能源耗量、二氧化碳排放量、水資源耗量。
- 法規因素：本論文試圖探討國內目前的廢棄物資源化法規對於驅動 IE 的影響，例如「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」、廢棄物清理法、環境保護事業架構管理辦法及資源回收再利用法(草案) 計有六章六十六條，分別是總則、產源管理、資源回收再利用、管制措施、輔導及獎勵。



- 技術因素：本論文所涉及的技术因素分析，其如廢棄物資源化技术的發展，以及廢棄物之成分、濃度、復合化(不純度)、數量、重量、溶劑等對產業生態化的影響。

## 第二節 名詞定義

由於本文所採用之文獻多源自國外期刊及論文，唯恐因個人翻譯上的未足詳實以及名詞的不統一，帶予讀者閱讀上的困擾，故此先行說明：

產業生態學 (Industrial Ecology) 本文之「產業生態學」一詞除意指“Industrial Ecology”外，同時亦為“Industrial Symbiotics”、“Industrial Symbiosis”及“Industrial Eco-System”等詞語之中譯。觀諸各家學者對「產業生態學」的名詞釋義，在中文學界即有「工業生態」、「工業生態學」及「產業生態化體系」等不一而足。本文採集各研究學者之定義，並予以匯整，得出如下定論：產業生態學為「一種提昇產業系統的效率與維護可持續之自然環境的途徑。它強調多門學科之整合性知識和技术，改變傳統開放與線性，而趨向密閉式的物質流量與轉換，以零排放為目標，減少產業與生態系統的負面影響」。

生態化工業園區 (Eco-Industrial Parks) 指將生態原則運用在產業活動及社區規劃設計上。

副產品交流體系 (By-Product Synergy) 各種產業之間、農業及社區將副產品與廢棄物轉換成有利的資源，並促進可持續性之共同效應。箇中的「附產品」(Co-Product)指尚未臻至其使用價值之極限的產品，而「副產品」(By-Product)則為企業必須進行最終處置的廢棄物。「副產品」計有兩種不同的類別，其一是「不須處理成本，但是一種資源的浪費」(例如鋁包裝、二氧化碳)，另外一種則為「需要最終處置之成本」(一般事業廢棄物)。

中衛體系 (Corporate Synergy) 指中心工廠 (通常是大型企業) 與其衛星工廠 (通常是小型企業) 所建構之互補體系，而此種互補關係之建立、維持以及強化乃是中衛體系之內涵。

事業廢棄物交換 (Waste Exchange) 廢棄物交換與「資源化」的意義等同。它的功能在於減少及處理廢棄物，使工業廢棄物有出路並提高資源的使用效率。

「綠色矽島」(Green Silicon Island) 即 2001 年至 2005 年及 2011 年展望之國家建設計劃，追求永續化、公義化與知識化，及催促知識驅動、環保優先與公義效率為原則之國家經濟發展理念。

環境力 指生態與環境資源的發展狀態或承載能力，為構成綜合國力之物質基礎與限制條件。環境力惡化，會逼使經濟與社會支付龐大的代價，其中包括對人民健康的損害、生產力的降低，以及整體生活品質的下降，並將損及未來世代享用生態與環境資源的權利。其義與生態承載力 (Carrying Capacity) 相同。

### 第三節 研究架構及流程

為落實永續發展的目標，歷來產業政策制定者所倡導之「源頭減量」、「污染預防」、「清潔生產」等準的雖仍然適用，惟因思及「綠色矽島」之理念涉及國家層次之環境力提昇，故而本文融入了產業生態學的理论，以更為貼切地探析此生態化環境議題。藉由國內產業生態化發展機制及衡量體系之研究，可說是整合性的探討國內目前的產業政策、實行方針、工具之使用，因此研究構面展現層次系統 (Hierarchical System) 之分析 (圖 1-1)，以「由點而面」的初探方式來探討「綠色矽島」之理想。

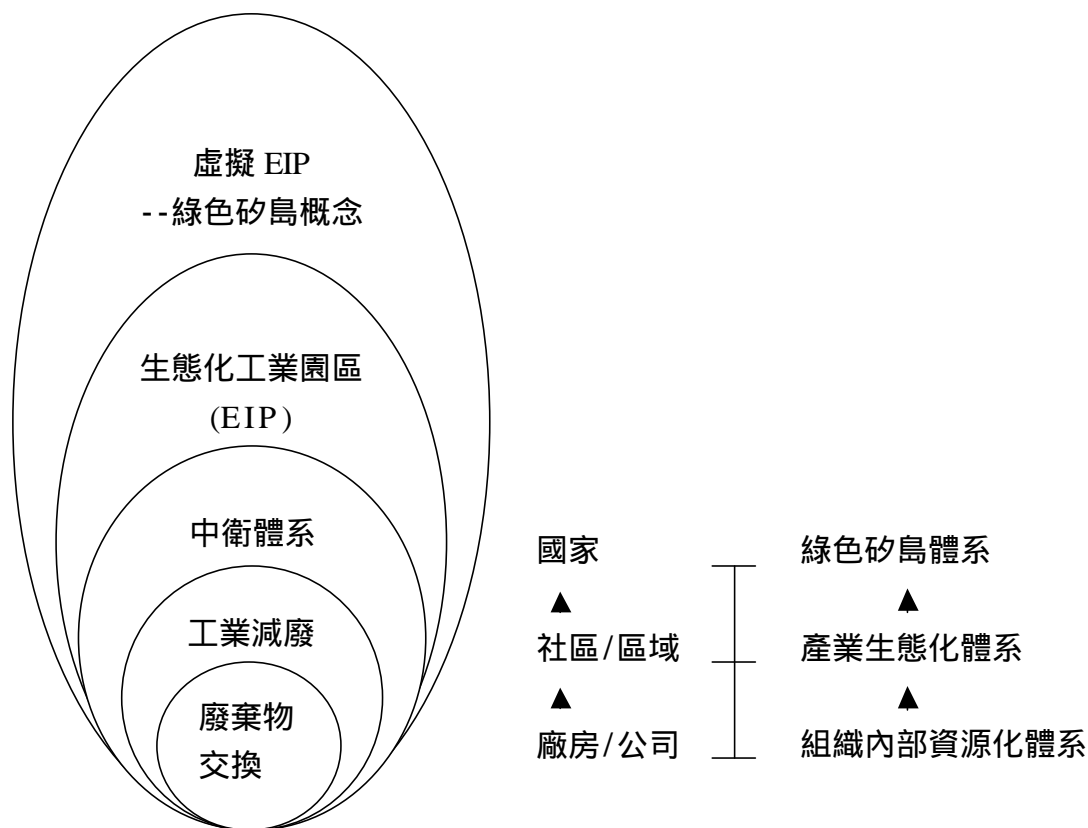


圖 1-1 研究架構的層次系統構面

資料來源：鍾啟賢、胡憲倫（2001）。

本論文的研究架構如圖 1-2。本文第壹章是為緒論，其中簡括交代了本文透過產業生態學建構台灣成為「綠色矽島」之研究背景、研究目的和研究方法。論文第貳章是文獻探討，分別對產業生態學之勃興、應用方法與工具、發展機制、法規及資源化技術等分析說明。第參章則對驅動產業生態化發展機制的系統及體系有詳盡的說明，其中亦論及個案之原始和次級資料的蒐集。第肆章是國內產業生態化體系發展架構之分析。筆者在此對事業廢棄物交換資訊服務中心、正隆紙業、正隆工業減廢中衛輔導體系、台南生物科技園區以及「綠色矽島」體系等五個驅動產業生態化發展機制之個案／情境進行 SWOT 分析，以深入了解其發展架構，並比較各別個案／情境所獲致之推估環境與經濟效益。第五章是法規與技術因素對生態

化發展架構之情境模擬分析，各別探討法規與技術因素對上述五個機制的生態化影響。

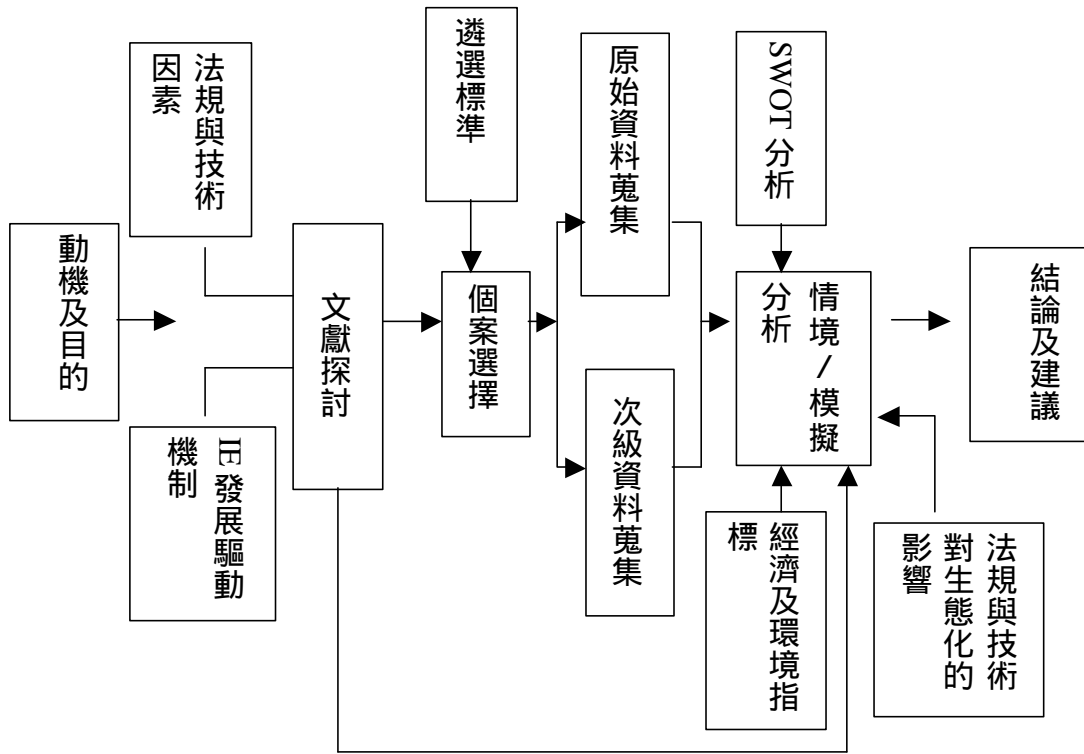


圖 1-2 研究流程圖

資料來源：本研究。

對於國內之產業生態化發展驅動機制而言，本文乃一前瞻性的探索研究，其重點在於透過本文之研究架構分析，以了解產業從廢棄物交換、工業減廢及污染預防到產業生態化的推展過程，如何成為產業未來發展之必然進程。本文試圖建構國內在驅動 IE 發展的一個基本架構，以做為國家相關的政策發展與願景規劃的一個里程碑，希望能開研究之先河，並達到拋磚引玉的功效。

## 第貳章 文獻探討

產業生態學乃試圖整合跨領域設計層次之目的，即在現有的研究成果整合應用工具與方法，如何由單一產品、廠房、組織、社區等不同層級之不同需求，擬定適當的分析與規劃策略。基於理論部分及應用方法與工具有待釐清的需要，本論文將在文獻探討部分嘗試說明產業生態學的理论基礎，以及應用方法與工具的重點與利弊，並分析產業生態化過程之種類，以探討產業生態化的發展模式。有鑑於此，本文之文獻分析將分為四節進行討論，第一節為產業生態學的興起、第二節為產業生態學理論之應用方法與工具分析、第三節為產業生態化之驅動機制及第四節為推動產業生態化的法規與技術之因素環境。

### 第一節 產業生態學的勃興

晚近學者 Frosch 和 Gallapoulos 於 1989 年 9 月在《美國科學》期刊發表的「產業的策略」(Strategy for Manufacturing)，提出「產業新陳代謝」(Industrial Metabolism) 的觀念，引起學者對產業生態學的注意 (Frosch and Gallapoulos, 1989)。不同研究學者對產業生態學的定義見解各別差異，進而形成不同的研究方法。

其後，Frosch (1992) 在其研究中重新將產業生態學定義為形同自然生態系統，有如自然界系統透過食物鏈網絡關係，維生及依靠。此環環相扣的機制，形成了封閉迴路的資源系統，其生產、使用及棄置過程中，毫無形成資源流失及污染產生之情形。我們就將此食物鏈的關係，運用在產業操作領域，形成產業生態系統。換言之，產業形成的「產品」(例如成品、半成品、副產品、廢棄物) 可在產業關聯系統中，透過物質流量平衡 (Material Flow and Balance) 觀點做到最適當的處理。

Graedel (1994) 則將之定義為強調以和諧整合性方式，將產業活動融入生態系統之中。爾後，Graedel 和 Allenby (1995) 共同擬定產業生態學為「人類藉以多門學科的整合與表現，理性及有所目的地維持地球的生態承載力，使經濟、文化與技術能持續的擴展及延續的研

究」。Allenby (1999)在較後的研究中則稱產業生態學為永續性的科學 ( Science of Sustainability )。在美國電機與電子工程師研究協會 ( Institute of Electrical and Electronic Engineers Inc. , 簡稱為 IEEE ) 提呈當地政府的建議報告《永續發展與產業生態學白皮書》 ( *White Paper on Sustainable Development and Industrial Ecology* ) 中, 產業生態學之名詞則被定義為「產業與經濟系統透過多門學科的整合性方式, 與生態系統聯結所形成的目標。它強調各個不同的系統的合作機制。研究的範圍包括能源供需、原料、技術與科技系統、科學、經濟學、法律、管理學及社會科學」。

表 2-1 產業生態學之定義

研究學者	定義
Frosch ( 1992 )	一項在產業新陳代謝 ( Industrial Metabolism ) 過程中探討物質與能源流向如何化成產品、副產品及廢棄物的研究。
Richards, Allenby and Frosch ( 1994 )	從公開、線形至封閉的資源循環使用, 以本身形成的廢棄物作為另一種產業生產原料的研究。
Graedel ( 1994 )	一項強調以和諧整合性方式, 將產業活動融入在生態系統之中。
Graedel and Allenby ( 1995 )、IEEE	一項多門學科的整合性方法, 強調各個不同系統的合作機制, 研究的範圍包括資源、科技、管理、法律、經濟學及社會科學等。
Erkran, S. ( 1997 )	產業生態學是達致永續性之實務作業的方法。
Lowe <i>et. al.</i> ( 1997 )	產業生態學是應用既有方法和工具以符合產業生態功能之系統。
Wallner, H.P ( 1999 )	企業邁向永續發展：企業 工業園區 生態聚落 都市/區域/國家經濟體 全球。
Andrew, C. J. ( 1999 )	產業生態學提供給他們一項整合性的描述、解釋與解決環境問題的組織架構。
Hond, F. ( 2000 )	產業生態學一體兩面, 即 IE 既是學術研究之應用方法與工具, 又是永續發展的願景規劃系統。

資料來源：本研究整理。

## 第二節 產業生態學理論之應用方法與工具分析

產業生態學的理论乃是以類比法 ( Analogy ), 透過循環、多樣性、地緣性及循序漸進之生態系統的原則, 將產業生產供需鏈視同自然界的食物鏈, 達到環環相扣的結果。目前大部分產業生態學的理论之應用方法皆都採用第一個原則 ( 循環 ), 然而若要達致完美的理論架構, 其餘的三個原則也不可忽略 ( Korhonen , 2001 ), 表 2-2 說明著產業系統進行效法自然生態系統為原則之類比方法。

表 2-2 自然生態與產業生態化系統之原則類比方法

原則 \ 系統	生態	產業生態
(1)循環(Roundput)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 物質再利用</li> <li>◆ 能源的連串(Cascading)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 物質再利用</li> <li>◆ 能源的連串</li> </ul>
(2)多樣性(Diversity)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 生物多樣性</li> <li>◆ 物種、有機體多樣化</li> <li>◆ 多樣化的相互性及共同合作</li> <li>◆ 資訊的多樣性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 角色(actor)多樣化, 且相互性及共同合作</li> <li>◆ 多樣化的產業投入與產出量</li> </ul>
(3)地緣性(Locality)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 利用地方上的資源</li> <li>◆ 「入鄉隨俗」</li> <li>◆ 限制因子(Limiting Factor)</li> <li>◆ 地緣上的相互性及共同合作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 利用地方上的資源及廢棄物</li> <li>◆ 限制因子</li> <li>◆ 地緣上的角色進行共同的合作</li> </ul>
(4)循序漸進(Gradual Change)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 依靠太陽能生長</li> <li>◆ 依靠繁殖生長</li> <li>◆ 週期循環性、季節性</li> <li>◆ 在多樣性的系統中緩慢的成長</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 利用廢棄物資源及能源</li> <li>◆ 在多樣性的系統中緩慢的成長</li> </ul>

資料來源：引自 Korhonen ( 2001 )。

依 Wernick 和 Ausubel (1997) 指出，產業生態學可藉由實行的方法 (Means) 與指標量測 (Measures) 達致。這些方法原則上能夠降低環境的負荷，例如「零排放」系統、資源替代、去物質化、功能性經濟等。目前，產業生態學的主要應用方法乃是「零排放」系統中之「物質循環」(Material Cycles) 的類型論，大致上可分為「線性」、「擬循環」及「循環」物質流向。在產業生態學的研究工具方面，根據美國 Indigo Development 小組指出之研究工具分別為「產業代謝論」、「動態投入產出」、「為環境設計」；其中以「能源效率」、「污染預防」、「生命週期評估」，為應用在較大產業生態體系的工具。此外，目前已有學者認為「生態經濟學」、「永續企業經營」為討論產業生態學之整合性方法 (鍾國輝、孔憲法，2000)。

筆者在文獻研讀的過程中，將產業生態學理論的應用方法與工具進行分類，希望藉由此應用方法與工具的分類方式，能夠更清楚的看見產業生態化的連續帶之形成。

## 一、產業生態學理論的應用方法之分類

### (一) 線性時間分類法

應用方法及工具之線性分類，乃指是隨著時間的進程而推展出的方法。例如 Hammer (1996)、蘇宗燦 (1998) 等，提出永續發展階梯圖 (圖 2-1) 的概念，亦即產業欲達致永續發展，必須藉由自發性的系統整合來管理、監督、測量、改善、溝通及稽核環境。以美國為例，產業生態學的過程乃經歷六、七十年代的「命令與管制」和管末處理，一直到八十年代「事業廢棄物回收再利用法案」制定後，才漸漸地從污染控制層面走向回收在利用、減廢與污染預防年代。



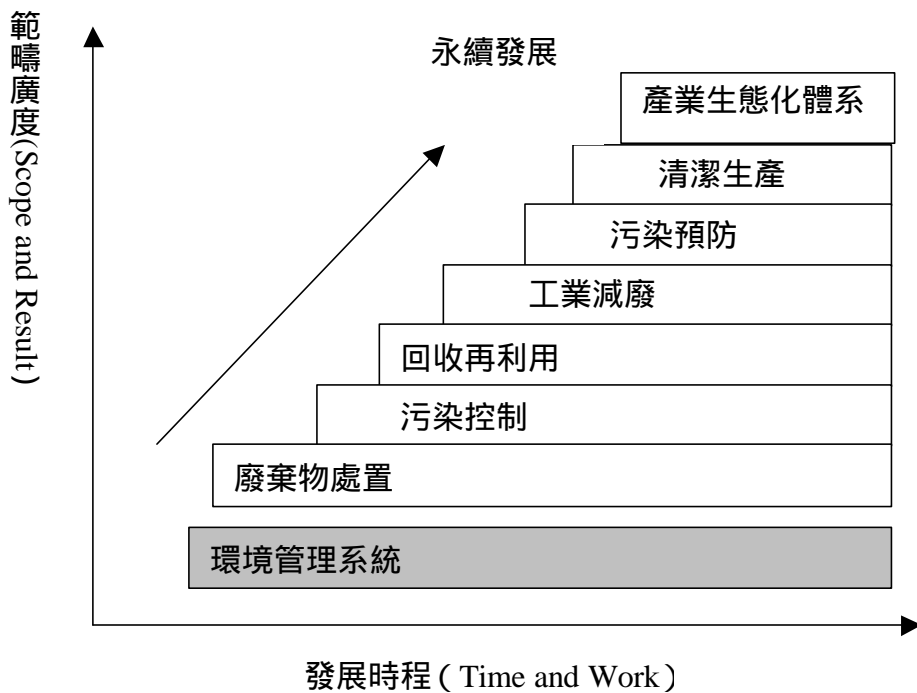


圖 2-1 永續發展階梯圖

資料來源：引自蘇宗榮 (1998); Hammer (1996)。

Desimone 和 Popoff (1999) 指出，隨著線性時間的成長，產業生態化過程乃藉由生態效益 (Eco-Efficiency) 觀念、永續生產及消費方式，以促進企業的永續發展。產業永續經營思維，從單一廠房為本之方式 (Site-Based Approach)，擴展至社區或區域規劃層面。經營方式則從污染控制、製程整合，進而朝向全體廠房 (多元性) (Multimedia Planning) 的規劃作業，並接著以產業生態學、生命週期管理 (評估) 及永續城鄉 (包括社區、城市及區域) 之整合性觀點。藉由生產者與消費者之間的配合，並各自對環境所扮演的角色，共同溝通並達到目標。此外，藉由更多的永續性技術，降低單一產品或服務的能源與原物料的密集度，並降低環境有害物質與風險 (圖 2-2)。

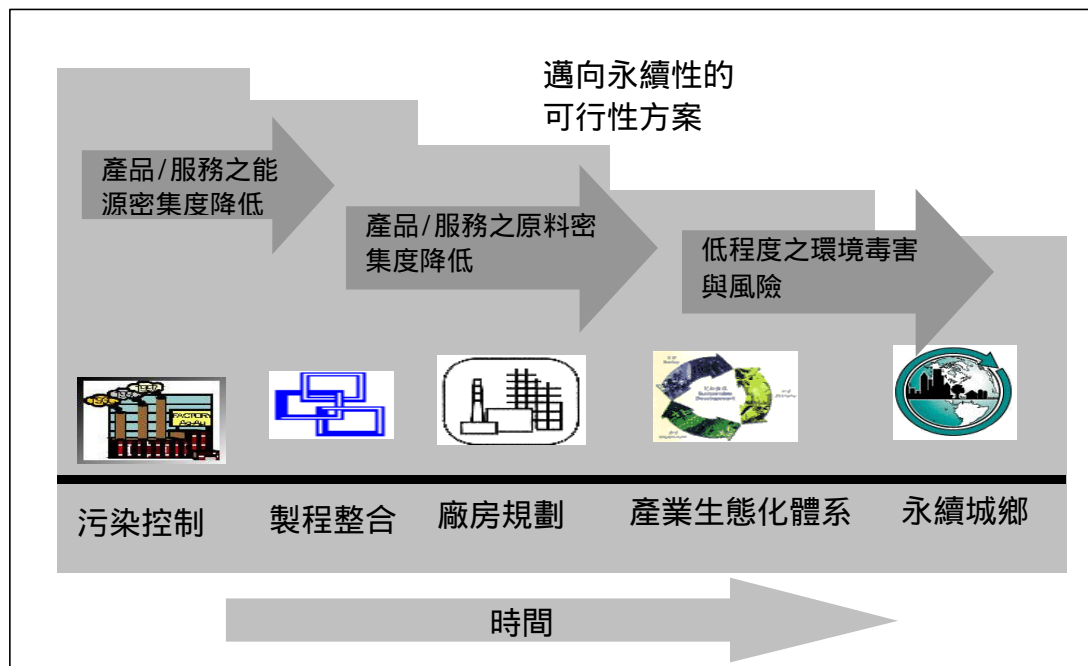


圖 2-2 邁向永續性之可行性方案

資料來源：引自 Desimone and Popoff (1999)。

Rejeski (1997) 修正了 Colby (1990) 過去至未來的四種經濟發展模式 (圖 2-3A-D)，討論經濟成長、資源使用及污染之三重關係，進一步的分析永續發展進程之經濟發展模式。Rejeski 在前列經濟時期 (Frontier Economy Period) (圖 2-3A) 指出，人類追求的是利潤極大化，其缺乏對影響環境的因素及資源使用效率的問題之考量。此「經濟牟利」模式時期，主要呈現了大量地剝奪環境資源的行為。隨著 1960 至 1970 年代環保意識漸漸的抬頭，環保法規的制定，使產業間才開始進行「管末處理」政策與技術，以緩和經濟成長速度及污染排放程度，如圖 2-3B。藉由後期的「污染預防劃得來」的觀念 (Pollution Prevention Pays, 3P)，產業界因此導入資源管理時期 (如圖 2-3C)，在生產過程中強調資源生產力。他最終認為，產業的永續發展階段在於「生態發展」(Eco-Development) (圖 2-3D) 的經濟發展模式，亦即「生態經濟」時代，藉由多重尺度的環境指標衡量系統來獲致。

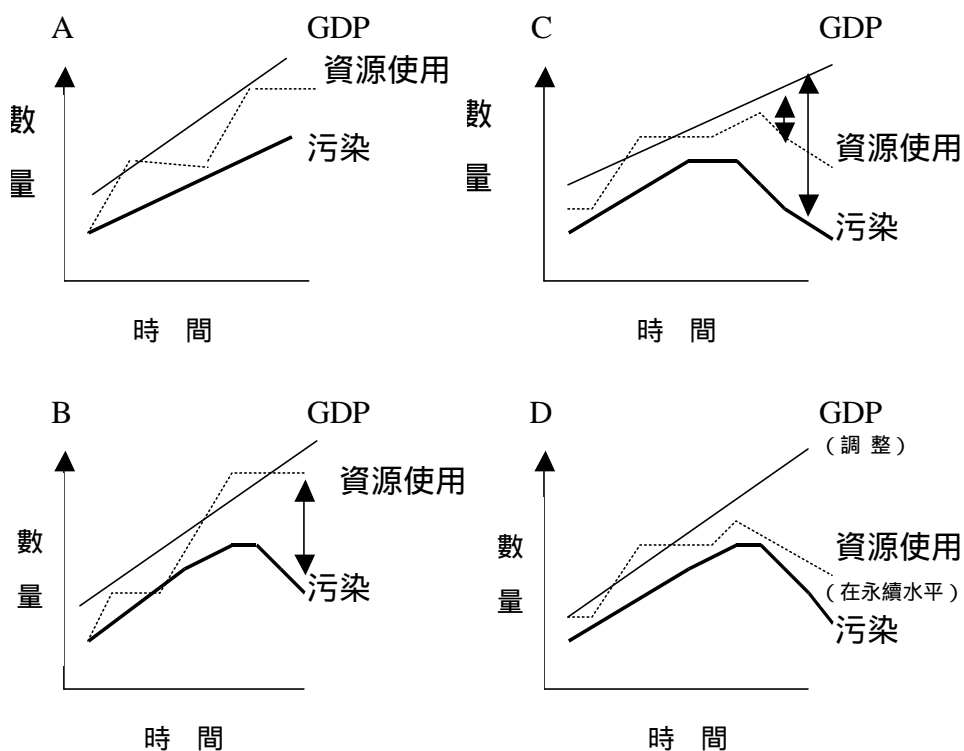


圖 2-3A-D 環境經濟學 (生態經濟) 之沿革

資料來源：引自 Colby (1990); Rejeski (1997)。

## (二) 層次 / 步驟分類法

IE 的觀念可以運用在不同系統層次 (System Level) 或特定的地理範疇，並且循序漸進的步驟，獲致不同的成就及目標。過去的研究中發現，計有以產業生態學的理论應用到全球性的範圍 (Socolow, 1994) 及區域 (Stigliani *et. al.*, 1993) 等的研究。產業生態學的觀念亦在接下來的系統層次上運用，如國家或地區 (Lowe, 1993; Sagar and Frosch, 1997)、產業 (Frosch and Gallopoulos, 1989) 或者企業 (Tibbs, 1992; Graedel and Allenby, 1995; Berkel and Lafleur, 1997; Esty and Porter, 1998)。

此外，一些學者將產業生態學的觀念規範在生物、化學與物理的製程整合範疇上 (Garner

and Keoleian, 1995) 產業生態學的應用層面也涉及到資訊、法規與經濟誘因( Frosch, 1995 ; Sagar and Frosch, 1997 ), 或是組織內部與外部結構進行「責任」分配與協調 ( Dillon, 1994 ; Boon and Baas, 1997 ; Schwarz and Steininger, 1997 ) 或消費型態 ( Stern *et. al.*, 1997 )。

Richards 等人 ( 1994 ) 認為產業生態化系統擁有三種演變的過程。第一種 ( Type I ) 產業生態化體系 ( 圖 2-4A ) 顯示傳統線形 ( Linear ) 單向物質與能源流向 ( One-Way Flow of Material and Energy ) 的生產模式。在這樣的生產模式中, 其中產品的生產、使用與最終處置, 無論是物質資源或能源, 都無進行再利用 ( Reuse ) 與資源化 ( Recovery )。此生產模式一直需求著新的原始原料, 並一直形成「廢棄物」及「廢熱」的問題。在第二種 ( Type II ) 產業生態化體系 ( 圖 2-4B ), 生產模式中的內部加上了物質循環的機制, 但是還須要一些原始原料的投入才行, 同時「廢棄物」依然形成, 而須從外在的經濟手法來處置事業廢棄物問題。目前示範性的第三種 ( Type III ) 產業生態化系統 ( 圖 2-4C ), 擁有近乎完整的內部資源循環使用的機制, 是產業體系所追求的理想階段。這階段的產業生產強調資源生產力, 務求所有的「廢棄物」都能進行資源化, 物質與廢熱是不允許在此系統中流失, 如同一個擁有「自淨」能力的自然生態系統。目前, 全球的產業生產環境、特質, 仍然是第一種及第二種的物質流向的階段, 不少國家漸趨向循環機制。第三種為產業生態學的典範, 最趨向無污染物的自然界生態體系 - 若零排放之目標。

Pauli ( 1998 ) 藉由「零排放 - 無物質會流失, 使用所有廢棄物以增加附加價值」之觀點認為, 除了將廢棄物做為內部其他生產活動擷取之外, 亦可成為其他產業的投入原料, 增加產業的競爭力。它是一項整合性方法, 有別於傳統線形生產模式 ( Linear Production ), 且超越傳統核心商業的思維。透過資源化技術、廢棄物轉換為資源的路徑增加, 皆可產生符合生態效益的生態化產品 ( Eco-Products )。零排放乃為整全系統而設計的目標, 基本上並非「無中生有」, 乃是將線性轉換成封閉迴路式 ( Closed the Loop ), 因此不可能是種昂貴的生產模式, 反而是成本最低、最具競爭力的商業決策。圖 2-5 顯示一個封閉式的生產系統, 從簡單的生產製程系統轉變至複雜的系統。

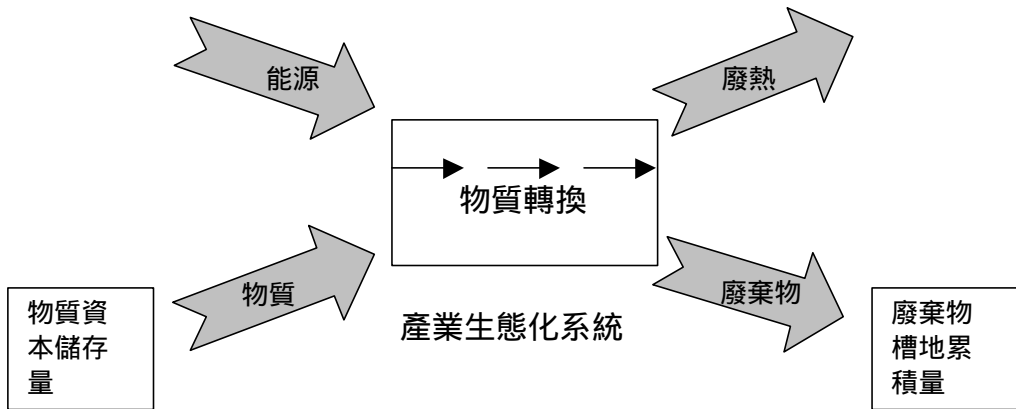


圖 2-4A 第一種 (Type I) 產業生態化系統

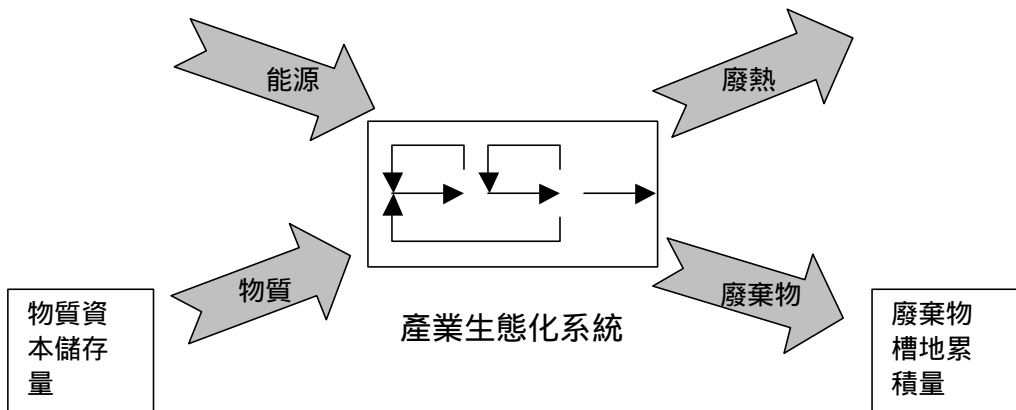


圖 2-4B 第二種 (Type II) 產業生態化系統

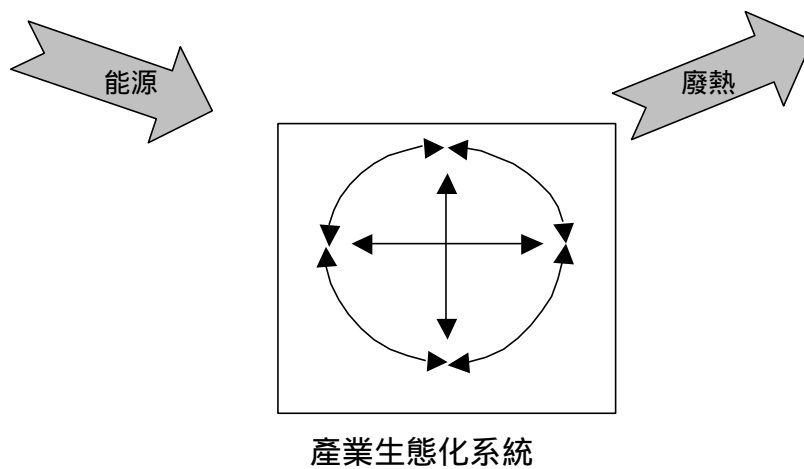


圖 2-4C 第三種 (Type III) 產業生態化系統

資料來源：Richards, Allenby and Frosch (1994)。

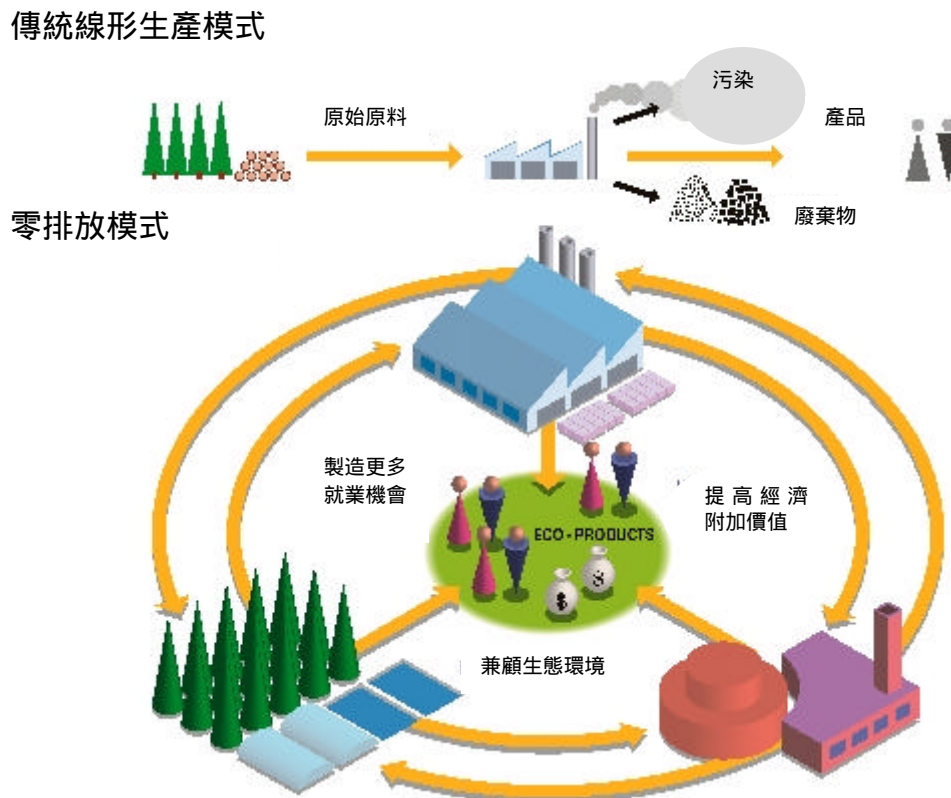


圖 2-5 傳統線形生產模式與「零排放」模式

資料來源：引自 Pauli (1998)。

去物質化 (De-Materialization) 亦被定義為「絕對或相對的在每單位產品產出中減少原料的使用量及廢棄物量」(Cleveland and Ruth, 1998)。去物質化源自 1988 年，當年被學者定義為「在產生最終消費產品過程中，減少物質的使用量，或是產品的能源包含 (Embedded Energy)」(Wernick *et. al.*, 1996)。具體而言，去物質化是指絕對或者相對性的減少原物料的使用量，達到最終消費的目標。去物質化有利於我們獲致永續發展的目的，對當前的經濟體系可提昇一些永續性的可能 (Wernick *et. al.*, 1996)。去物質化亦是將產業生態學觀念推展至社會層面時最重要的策略 (Herman *et. al.*, 1989; Von Weizsäcker, 1998)。

Stahel (1997) 將功能性經濟定義為「針對當前的財富 (財貨、知識及自然界) 進行最佳化的利用或功能性的發揮」。它尋求以最少的原料與能源，製造出最高利用價值及使用期

限的效益。與當前的經濟體系相比，功能性經濟比較永續性。他在研究中提出功能性經濟的重要性。為追求永續發展，Stahel 認為社會、文化與組織必須接受變遷，而生產導向經濟體系（Production-Oriented Economy）亦會趨向功能性或服務導向的經濟體系（Service-Oriented Economy）。在他認為，生產者不僅要在產品產生部份藉由技術策略，以達物質封閉迴路境界，亦須在產品銷售策略上，建構「責任封閉迴路」機制。這些提昇資源生產力、責任生產及消費的策略，將會改變時下的經濟體系。在物質與責任封閉迴路制度下，透過創新與多功能性的產品、產品密集利用程度、系統解決方法，將可降低物質流的總量；而透過產品再製造與再市場之產品擴大使用（Product Extended Use）效率，將可減緩物質流量的速度。

## 二、產業生態學之應用工具

產業生態學的量測工具計有物資流向分析（Material Flow Analysis, MFA）、生命週期評估（Life Cycles Assessment, LCA）、為環境設計（Design for Environment, DfE）、清潔生產與污染預防策略、環境績效量測系統及資訊系統（Hond, 2000）。表 2-3 綜合說明了產業生態學之主要量測工具及相關學者的研究。MFA 及質料流向分析（Substance Flow Analysis, SFA）是產業生態學的基礎分析工具，乃遵從熱力學第一定律：能量不滅之觀點。LCA 的功能則在於量化某種產品設計在物質使用中產生的環境影響而做出分析。這項分析結果可透過 DfE 方法達到環境改善的目的；此外，MFA / SFA 也可協助清潔生產與污染預防策略提供製程創新的驅動力。環境績效量測系統及資訊系統，同樣的也具有量測與評估產業生態學的發展與進程之功能。Berkel 等人（1997a）所建議的「IE 工具箱」（Industrial Ecology Toolbox）之基本功能則包括有：(1)確認、量化及調整生產製程與產品生命週期；(2)驅動產品設計、產品生命週期及生產製程的改善功能；(3)提供一個能夠評比改善功能的優先決策架構；及(4)作為一個 IE 計畫發展的指定流程與進度程序。

在分析各別量測工具之優缺點方面，物質流向分析的優點在於其可適用在公司、區域等多種空間層次，其缺點則在於無法取得完整的資料進行分析，而需要外推法。動態投入產出

分析的優點在於協助確認適當的技術以應對經濟與環境因素的變遷，然而其模型的建構卻需要長期及多樣性的基礎資料，其蒐集的過程常遇到不齊全的問題。生命週期評估的優點在於產品與製程在「從搖籃到墳墓」之每一階段的環境衝擊，然而這也是一項需要廣泛及多元化資料的收集與分析。為環境設計的優點在於整個生產系統（研發、生產、品管、採購、行銷等）之有效整合，同時達致兼顧環境與財務的考量，然而主要的缺點則在於環境衝擊等的資訊不易獲得。清潔生產與污染預防策略的優點在於其能夠降低原料成本與廢棄物，提昇企業之公共形象，然而其缺點則在於廢棄物資源化的法規與技術環境（鍾國輝、孔憲法，2000）。

表 2-3 產業生態學之主要量測工具及相關學者的研究

工具	研究學者	研究內容
物資流向分析	Fischer- Kowalski ( 1998 ) Wernick and Ausubel ( 1995 )	MFA 的文獻探討 在計算國家物質流量分析
動態投入產出分析	Duchin, F. ( 1994 )	採用投入 - 產出分析來探討產業生態學中物質流量的關係
生命週期評估	Owen ( 1997 ) Ehrenfeld ( 1997b ) Greadel ( 1997a ) Greadel ( 1997b ) Potting <i>et. al.</i> ( 1998 )	LCA 的弱點 LCA 的重要性 LCA 的目標 服務業 LCA 空間區隔性
為環境設計	Hoffman ( 1997 ) Sheng and Wornach ( 1997 ) Klauser <i>et. al.</i> ( 1998 )	DfE 的階段 整合 LCA 與 DfE Data logs for component reuse
清潔生產與污染預防策略	Oldenburg and Geiser ( 1997 ) Berkel <i>et. al.</i> ( 1997b )	與產業生態學的關聯
環境績效量測系統	Wright <i>et. al.</i> ( 1997 ) Wernick and Ausubel ( 1997 )	潛在性的環境影響之評比法 資源生產力指標、 product-to-waste 指標、資源再生、 廢棄物資源化、事業廢棄物交換、 資源化技術等
資訊系統	Liedtke <i>et. al.</i> ( 1998 ) Shaft <i>et. al.</i> ( 1997 )	EMAS 作為資訊系統

資料來源：引自 Hond ( 2000 )



### 第三節 驅動產業生態學發展的機制及相關之文獻探討

Chertow( 1999a )在重新思考生態化工業園區之產業生態學之應用工具時指出，透過「錨賃」理論( The Anchor Tenant Approach)，以生態化工業園區視為購物商場中的大型販賣場，吸引更多的企業 / 產業前來，藉以擴大產業共生的關聯體系。達致此共生體系，並不僅是依從一種應用工具便能夠獲致。例如，廢棄物的有效利用基本上是依靠廠房內( Intra Facility / Company )、廠房間( Inter Facility / Company )及廠房外( Extra Facility / Company )的方式來達致更加廣泛( 如區域及國際性 )的共生體系( Chertow, 1999b )。Chertow 發現，產業生態化過程其實存在著一個連續帶的關係。此關係也許是由小而大，或從最簡單的層面逐漸擴充至最複雜的層面，其好處是讓人不再覺得產業生態化是「無中生有」。

藉由此連續帶的概念，本節將簡述國內外驅動 IE 發展的機制，包括事業廢物交換或資源化、組織內部的資源化體系、企業自然形成之產業共生體系、規劃之生態化工業園區及虛擬生態化工業園區體系。

#### 一、廢棄物交換及資源化系統

日本推動廢棄物交換可分為兩個時期，即 1976 至 1982 年的嘗試階段，與 1983 年以後的普及階段。在嘗試階段，主要是利用各縣市工商協會為中心執行該地區促進資源化的政策，只是成果並不理想。另一方面，財團法人清潔日本中心( Clean Japan Center, CJC )於 1977 年起，每年依次在一個縣建立示範性的交換中心。在普及階段，由於交換系統與設施的增加，各地交換中心實施的對象並不限於單一地區為對象的交換中心模式，而是轉變為以多數地區為對象的廣泛性交換中心形式。到了後期，廢棄物供需者也了解各自的需求，而可不經過交換中心運作就能達到交換的目的。

全美共有二十七個事業廢棄物交換機構，而加拿大則有十一個，其運作方式基本上乃大同小異。美國最著名的機構名為東南方廢棄物交換中心( Southeast Waste Exchange )，它乃位於北卡大學夏洛特分校( The University of North Carolina at Charlotte )之都市學院( Urban

Institute)。其運作方式與國內情況類同，該中心透過《廢棄物手冊》(Waste Watcher)雙月刊作為廢棄物交換進行之媒介。然而，該中心僅負責扮演仲介的角色，對於所交換之廢棄物是否為有害廢棄物，以及其他涉及觸犯法令之廢棄物貯存、運送、清除、處理方式等問題一概不予以理會，而交由供需雙方自行承擔所有的責任。依據 1992 至 1993 年的交換資料統計，以廢酸、廢鹼及廢溶劑的交換最熱絡。廢棄物交換的諮詢件數達到 5,987 筆，登錄重量達到 58,378,992 磅，體積 17,241,241 加侖。

在東南亞各國中，菲律賓早在 1988 年即推動事業廢棄物交換計畫，但因效果不佳而告終止。1992 年，菲律賓企業環境組織 (Philippine Business for the Environment Inc.，簡稱為 PBE) 成立後，此計畫才又於 1993 年十月重新被推動。1994 年四月 PBE 與美國國際發展協會 (U.S. Aid for International Development，簡稱為 USAID) 簽訂一項計畫推動事業廢棄物的交換，目前也是利用出版《企業與環境》(Business and Environment) 雙月刊的方式進行事業廢棄物交換及宣導的工作。根據 PBE 人員指出，該公司推動的事業廢棄物交換並不順利，直到 1995 年 4 月才有第一個交換成功案例。

歐洲的事業廢棄物交換工作源於 1972 年荷蘭事業廢棄物交換中心(Dutch Vereniging Van de Nederlandse Chemische Industrie Exchange，簡稱為 VNIC)的成立，自此，德國、義大利、比利時、瑞典、英國、奧地利、北歐諸國相繼成立全國性或地方性的廢棄物交換中心。其中以西德的 Deutscher Industrie-und Handelstag (簡稱 DIHT) 交換中心最活躍，刊物流通份數達 700,000 份，每年廢棄物登錄量達到五千件 (鄭智和、關家倫，1996)。

鍾美華等人 (1998) 分析台灣事業廢棄物交換之推廣及成效時指出，「事業廢棄物交換資訊服務中心」的成立宗旨是希望建立一個廣泛蒐集廢棄物產生者與需求者的資訊中心，透過此中心使廢棄物得以交換再利用。該中心自成立截至 2000 年 8 月止，廢棄物交換服務件數共一千八百三十七件，交換成功件數三百二十三件，交換成功量 277,985 公噸，若以每公噸廢棄物的處理成本為八千元計算，廠家直接受惠之效益預估約新台幣二十億元以上。

## 二、組織內部的資源化體系

Woods (1996) 指出，庫爾啤酒製造業 (Coors Brewery) 在減廢與污染預防策略中皆獲得有利的回報，然而基於組織規模之龐大，其重點是如何將組織的環境管理中心思想，貫徹並落實到各個廠房、部門與聯營企業 (Affiliated Companies)。從過往空氣與水污染防治之管末處理方式，每年花費的成本高達兩千三百萬美元，因此促使庫爾改變其經營策略，導入源頭減量、減廢與再利用之策略。輝煌的減廢戰績，加上組織已深根的文化 (注重技術、創造力與忠誠)，使庫爾的環境經營策略亦隨之改變，取而代之的是一連串的創新思維，如將副產品 (廢棄物) 資源化，創造及成立具有附加價值的新產品、新的部門，甚至以廢棄物為主軸的資源再生工廠等等，形成了組織的生態化體系。分述如下：

- (1) Zeagen (將庫爾所使用後的麥芽渣滓，經過一些製成處理之後，製成牲畜飼料、肥料、及營養品)；
- (2) Graphics Packaging (在包裝箱印製精美圖案的技術上，成功研發出同行業者無法比美的低成本與環境友善的製程技術)；
- (3) Golden Aluminum (世界著名的鋁罐回收廠，吸附 / 購買庫爾市場上所銷售之高達 90 % 至 100 % 的 (鋁) 罐裝啤酒，擁有高超的回收技術，可將鋁罐的回收率提昇至 95 % )；
- (4) Coors Ceramics (研發以陶土來替代金屬罐或傳統的原料，目前在電纜、液化容器及通訊業市場，已有實際的採用)；
- (5) Golden Technologies (研發出的天然柑橘溶液，可替代石化溶液)。

Allenby (1996) 認為 AT&T 整合了生命週期評估及為環境設計的概念進入每個廠房 / 部門的決策與商業活動，做為組織達致環境目標之工具。AT&T 有超過三十萬名員工、一百四十五個製造工廠和遍佈八十五個國家的辦事處，其組織結構設有人力資源、公共關係、環境與安全，並在每個地區設有環境與安全幹事、規範舉行會議，提供各個商業單位管理資訊、追蹤及稽核。AT&T 為達致組織的環境目標，成立了不少的工作小組，如綠色稽核、能源研

發、國際環保標準、供應鏈管理、產品回收、產品生命週期評估與為環境設計及外部關係。

AT&T 藉由生命週期評估及為環境設計的概念於予新技術的研發，使用源自橘子皮與甜瓜化學物之清潔溶劑；發展水溶性及無臭味的漿糊，可接觸皮膚及電路板全天候使用；改進技術為新清潔技術，如使用液體超臨界（CO<sub>2</sub>）做為溶劑清潔精密零件之暗孔、氣孔、小間隙，並達到 99 %（CO<sub>2</sub>）回收及再使用。此外，為提供為環境設計所需之精確和可利用資料，組織建立了一般資訊系統（On-Line General Exchange System，簡稱 OLGES），並連接化學的管理系統（Chemical Management Information System，簡稱 CHEMIS）以及基本化學追蹤系統（Basic Chemical Tracking System，簡稱 BCTS），監視全公司各地的化學物使用，提供產品整合資訊接受、貯存、使用量和使用所在。此整合資訊系統亦可提供廢棄物減量系統系統分析，管理稽核系統包括產品和程序關連環境成本。

鍾啟賢、胡憲倫（2001）認為，傳統產業的減廢、環境管理到產業生態化的推展能夠協助組織獲致競爭力提昇的效果。他們綜觀正隆公司在施行品質管理和環境管理系統近十年來（1990-1999）的業績表述，可得獲以下結論：(1)正隆紙業的平均營業額在 1995 年以前是九十七億九千萬，其平均成長率是 13.8 %；而 1995 年以後的平均營業額是一百三十二億六千萬，然而其平均成長率卻是負的 7.2 %。雖然自 1995 年施行品質管理與環境管理系統後的平均營業額增加了約 36 %，然而其負的平均成長率，也表示了外在大環境的不可掌握性。因此，正隆公司未來的環境政策須採用社區服務，如責任照顧、綠色形象、環保典範等的企業成功形象行銷，提昇組織的營業績效，來突破目前的困境；(2)造紙產量的成長率呈正面值，1995 年以前的平均生產量是六十九萬三千噸，1995 年以後的平均生量則是九十二萬噸，平均增加了 33 %。而紙器產量業隨年增加，1995 年以前的平均產量是二十三萬九千噸，1995 年以後的品均產量達到三十二萬三千噸，增加了 35 %。這應與公司自 1995 年後所進行之連串的工業減廢與環境政策有關。

### 三、企業副產品交流體系 (BPS)

墨西哥灣企業永續發展協會 (The Business Council for Sustainable Development-Gulf of Mexico, 1997) 指出,傳統的企業營運模式乃由「我的公司」(My Company) 為出發點,也即為顧客提供產品與服務之餘,亦產出一些顧客可能採購的「附產品」(Co-Product)(附產品定義為不獲最高使用價值的產品),及「副產品」(By-Product)(副產品定義為該企業認為必須最終處置的廢棄物)。產品與附產品可為公司帶來盈利,而副產品則需要最終處置之成本。然而,當企業參與 BPS 計畫後,傳統的營運思維便改變了。首先,將「我的公司」的思維擴展至「我們的公司」(Our Company),以及在「我們的公司」的前提下,透過各種途徑將所有「附產品」與「副產品」視為資源。換言之,所有的「附產品」與「副產品」將充分的使用。BPS 計畫的目標是為了達致「零排放」或「零廢棄物」,因此參與計劃的企業必須要相協調彼此的生產製程,或必須依靠一些非企業合作體系的企業來達成(如圖 2-6)。

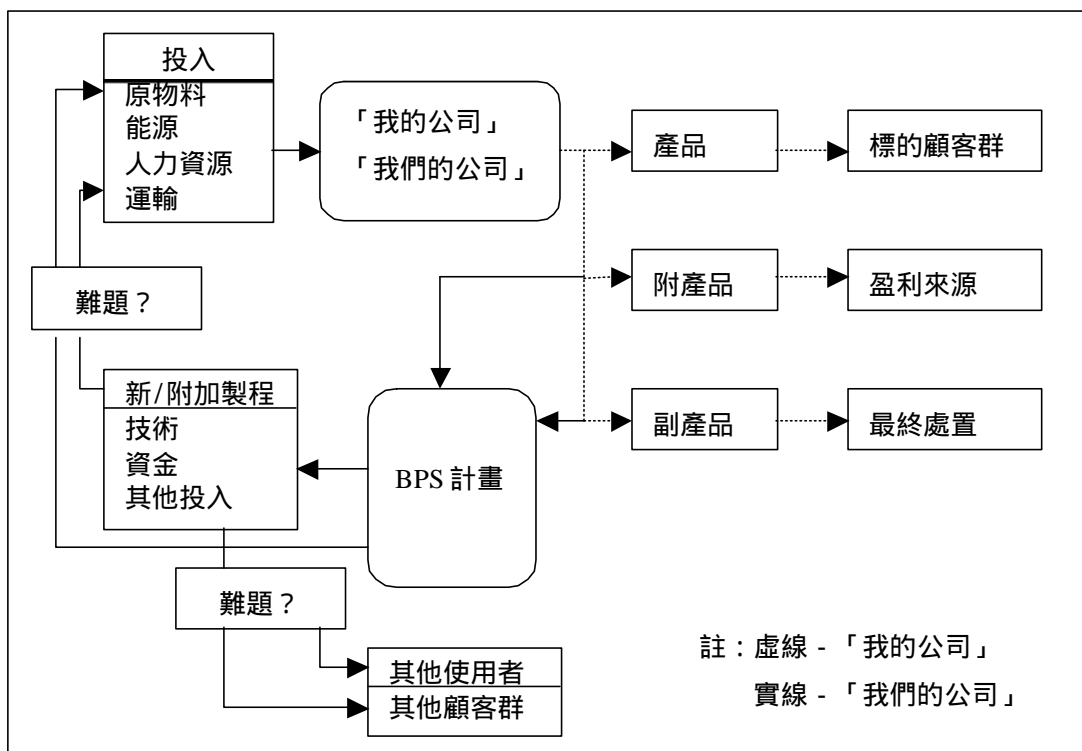


圖 2-6 BPS 計畫中企業之經營模式

資料來源：引自 Applied Sustainability, LLC (1999a)。

BPS 存在著實務上的一些難題，例如技術問題、經濟因素、地理位置、法規限制、法律訴訟、商業機密、社會問題、資訊公開等。墨西哥灣企業永續發展協會在其實行的案例分析，認為基本的六個原則可構成 BPS 成功的因素，那是合作、鼓勵、溝通、創新、參與及評估，並也建議出施行的五個階段及程序，詳參表 2-4。

表 2-4 企業副產品交流體系施程序

階段	步驟
規劃與組織	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、取得組織領袖對建立 BPS 計畫的承諾。</li> <li>2、設定 BPS 計畫中組織的目標。</li> <li>3、確立各組織成員支持 BPS 計畫的優惠利益。</li> <li>4、提昇 BPS 觀念的認知。</li> <li>5、成立工作小組參與 BPS 計畫。</li> </ol>
評估與優先	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、確定候選之廢棄物、副產品、及資源分域。</li> <li>2、記述候選分域的特徵。</li> <li>3、確定及聯絡有潛在性合作的夥伴。</li> <li>4、與選擇合作的夥伴成立聯合的工作小組。</li> <li>5、確定所有可能影響計畫實行的因素，例如技術、節省、地理位置、法規、法律、商業、社會、時間、信息等，以及設想其決解方案。</li> <li>6、進行試驗性的實行研究。</li> <li>7、結果評估及計畫進一步評估前的預期效應。</li> </ol>
評比與決策	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、進行關於技術、節省、地理位置、法規、法律、商業、社會、時間、信息等更加詳細的可行性研究。</li> <li>2、確定計畫成功的績效指標。</li> <li>3、斷定計畫是否可經得起考驗。</li> </ol>
計畫實行	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、取得計畫實行經費。</li> <li>2、改進實行計畫。</li> <li>3、實行計畫。</li> </ol>
監控與改進	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、監控績效指標。</li> <li>2、評估計畫績效。</li> <li>3、若須要得採取矯正行動來改善計畫績效</li> </ol>

資料來源：引自 The Business Council for Sustainable Development-Gulf of Mexico ( 1997 )。

Forward 和 Mangan( 1999 )認為，BPS 計畫的成就並非偶然，須靠高層主管強力的承諾。這些合作企業皆有企業永續發展的觀念，計畫經理不需要費太多功夫去進行宣導工作。企業界的原動力驅使企業往更大的商業範圍去進行謀利，並且對環境有益，且角色非常的積極。此外，政府在 BPS 計畫中亦可扮演一定的角色，例如全面教育推廣資源化、增加廢棄物處置（焚燒或掩埋）的稅收、及更多的獎勵來鼓勵資源化投資與研究。透過 BPS 的概念，這些合作企業可以擴大他們的成就（將每一毫克的原料製成產品 / 零廢棄物）至塑造一個生態效益（Eco-Efficiency）的城市及區域。

德州自然資源節約委員會（The Texas Natural Resource Conservation Commission）協助德州工業組織（Texas Industrial Inc.，簡稱 TXI）尋求製程改善及實行許多資源化專案。此外，墨西哥灣企業永續發展協會與美、加、墨三國環保署提倡之環境合作委員會（Commission for Environmental Cooperation）合作，在加拿大南亞伯達的 Calgary 及接近墨西哥灣的坦比哥（Tampico）進行 BPS 計畫。另外，在挪威沿岸亦有類似的 BPS 計畫，參與的企業包括 Conoco 及 Norwegian。以下僅以 Tampico 及北德州 BPS 為案例進行探析。

#### （一）Tampico 之示範性 BPS

在 Tampico 示範性 BPS 計畫中，吸引了二十一家企業加入，這些企業組織皆著重生態效益觀念，經過組織聯繫與商討，共同找出廢棄物資源化及交流的可能性，並努力達到 100 % 之資源化產品與製程。這項計畫的幕後驅動力來自墨西哥灣企業永續發展協會及一些基金會。

Tampico 示範性 BPS 計畫 1997 年 11 月展開，計畫期限為一年。第一個步驟是向當地企業 CEO 及總經理宣導 BPS 觀念及計畫目標。經過墨西哥灣企業永續發展協會三個月的宣導工作，共吸引了二十一家企業承諾加入。各企業的代表共同組成了此計畫的工作小組，以協助計畫收集各參與企業的資料，包括原料投入（Input）、產品產出（Products）及廢棄物（Waste），而墨西哥灣企業永續發展協會代表亦從旁協助資料收集過程。各企業代表在定期性的階段會議與輔導議程中，分析及匯整資料，找出並繼續維持群聚綜效的可能性。

Tampico - BPS 計畫初步成果共獲致六十三項初期的綜效，其中二十九項為立即具有商業性規模，而二十九項當中的十三項讓 65 % 的參與企業立即獲得效益。此項計畫的群聚綜效有兩種效果，亦即一對一企業，及兩家或以上企業之形式。此計畫一對一效果即有：(1) 礦渣 ( Mine Tailing ) 奧特蘭礦業 ( Mineral Autlan ) 所廢棄的兩百萬噸礦渣，獲察伯拉鋼鐵 - 德州工業 ( Chaparral Steel-TXI ) 拓展水泥業 ( CenStar®); (2) PVC 渣滓 PRIMEX 將 PVC 渣滓資源化，製成塑膠鞋子出售；(3) 乙睛 ( Acetonitrile ) PEMEX 的每一條生產線結束後皆餘留一千桶的乙睛。DUPONT 可將此乙睛替代更為昂貴的溶液 - 甲苯來使用；(4) 氯化鐵 ( Ferric Chloride ) DUPONT 每年廢棄 70,000 噸的氯化鐵，而此物可資源化成為膠凝劑 ( Flocculant ) 可用來處理廢水與土壤更新；(5) 氫氯酸 ( Hydrochloric Acid ) DUPONT 廢棄的氫氯酸亦可用來處理廢水，尤其是廢水處理嚴重的墨西哥市；(6) 丁二烯 ( Butadiene ) INSA-Emulsion 擁有 51,000 噸的丁二烯，而 NHUMO 將其資源化成為其製程中較為便宜使用的燃燒 ( Combustion ) 氣體。而產生兩家或以上的綜效共有七起，這些例子證明資源化並非單一企業可進行，而透過多家企業聯合驅動，將可享有經濟規模之績效，包括了：(1) 二氧化碳資源化 ( CO<sub>2</sub>Recovery ) Cryoinfra 將當地四家公司所大量排放出的二氧化碳為其二氧化碳製品的原料；(2) 聚合體渣滓資源化成營造材料 ( Polymer Residuals for Materials of Construction ) John Manville 取自 GE-Plastics、PRIMEX、POLICYD 及 INDELPRO 的聚合物渣滓，進行營造材料的研擬；(3) 使用氮氣復合聚合物 ( Rehabilitation of Polymer with Nitrogen ) Cryoinfra 正致力於進行塑膠資源化研究，這過程是利用氮液霧化 ( Pulverize ) 廢油、膠脂及塑膠製成原料；(4) Polyethylene / Polypropylene Bags ( 聚乙烯或聚丙烯袋子 ) 六家計畫連同企業過去每年廢棄了 134 噸的袋子，而 GRUPO TAMPICO 製成碼頭上下貨物之棧板 ( Platforms ); (5) 玻璃纖維 ( Fiberglass ) AISTAC 正進行玻璃纖維資源化之研究；(6) 化學桶 ( Chemical Drums and Barrels ) Industria Ecologia del Golfo ( 非計畫協同企業 ) 合法收集六千五百個盛裝化學品桶來清洗，減少它們的處置成本及提供廉宜的原料；(7) Gasification ( 氣化 ) 利用家庭廢棄物轉換成生物燃料 ( Waste-to-Energy )。



## (二) 北德州 BPS 計畫 (North Texas By-Product Synergy Project)

在北德州 BPS 計畫中，其 BPS 成員舉行「腦力激盪」會議，結合成員提出的生產投入原料、產品、附產品、副產品及廢棄物的資料，決議出那兩家或以上的企業能成為合作的體系。目前，北德州 BPS 計畫訂定出六個進行期間，分別為(1)認知時期 - 向組織宣導 BPS 的好處及篩選計劃之核心成員；(2)資料蒐集 - 有系統的蒐集所有參與企業之物質平衡數據；(3)分析 - 確定所製造出的群聚效應；(4)施行階段 - 為獲益的群聚組合進行進一步的行動方案，確定問題所在並於予解決途徑；(5)評估時期 - 評估計劃所帶來的效益；(6)支援系統 - 將現有企業參與的範圍擴大，策劃全球性之 BPS 網絡 (Global BPS Network)。

在此計畫中，共分為三個層次：(1)核心參與企業 (Core Group of Participants)，也即核心參與的企業是個龐大的組織，包括其廣泛的上下游廠商及顧客群。(2)非核心參與企業 (Interested Companies that are Potential Participants)，亦即有意及有潛能參與計劃的企業。(3)全球性之 BPS 網絡 (Global BPS Network)，也即在示範區範圍以外的企業之參與，例如 Tampico、Alberta、Monterrey、芝加哥、溫哥華、西雅圖、墨西哥市、阿根廷、智利、西班牙等地區的企業參與 (Applied Sustainability, LLC, 1999b)。

## 四、生態化工業園區

生態化工業園區是國內外新興工業區成立的學習典範，應用生態學觀點地將產業活動與社區規劃設計進行相融合。園區的精神源自產業生態學觀點及污染預防原則，採用永續性設計，如建築與營建，與參與園區的企業取得聯繫並一同達致目標，建立永續性發展的社會。

生態化工業園區有許多不同的模式，包括了：(1)公司 / 企業位於同一地點，以致力零排放之一種實質的生態化工業園區；(2)相關區域的公司 / 企業，形成一種鬆散的聯合與網絡關係的虛擬的生態化工業園區；(3)應用產業生態學之非產業的組織 / 機構所形成之生態發展 (Eco-Development)，也就是生態產業發展 (Eco-Industrial Development)，可以經由一個社

區、地方縣市政府與州及中央政府、非營利組織或企業來推動。

生態化工業園區在美國熱衷的展開，尤其在總統永續發展委員會（PCSD）的督導下，1995年採用了生態化工業園區的觀念，在全國十二個州、十五個地點（包括一個在加拿大）進行生態化工業園區的示範計劃。目前美國已經有超過三十個生態化工業園區的計劃，而在亞洲、歐洲、南美、南非等地，也都有生態化工業園區的計劃同步進行。以下以美國生態化工業園區的發展現狀及特色述之。

表 2-5 美國示範之生態化工業園區的個別介紹

生態產業園區名稱	特色與發展重點
(1) 馬里蘭州巴爾的摩市的 Fairfield 生態化工業園區	<p>佔地一千三百英畝，包含六十個公司的重工業規劃區。</p> <p>具有優越的港口、鐵路以及州際公路。</p> <p>擴充污染預防計劃、整合創新的環保技術、有創意的污染場址（Brownfields）的再開發、擴展企業網絡、促使州與市的許可程序一致，以及執行一個周延的總計劃和預算衝擊分析。</p>
(2) 德州的 Brownsville 生態化工業園區	<p>根據一個區域性的物質交換計劃發展而來。</p> <p>將會與中小企業及農業連結。</p> <p>重點工作在於建立一個產業製程資料庫，以協助辨識對於現有及未來公司之可能的連結。</p>
(3) 佛蒙州的 Riverside 生態園區	<p>其任務是示範及推銷有效利用可再生資源之科技的商業化 - 供其他有相同興趣之社區參考。</p> <p>重點在於將生質（Biomass）能源的產生（電力與廢熱），與生活系統及都市農業（食物與花卉）連結。</p>
(4) 加拿大 Nova Scotia 省的 Burnside 生態化園區	<p>六年的多學門(Multi-Disciplinary)、多機構(Multi-Institutional)的研究與教育計劃。</p> <p>透過一個現有的產業園區，並與學界、政府、地主、開發公司及承租公司結合成夥伴關係。</p>
(5) 維幾尼亞州的 Port of Cape Charles 永續科技共園區	<p>與 Northampton 的共同工業發展局(JIDA)共同管理。</p> <p>為維州綜合之永續發展行動策略的一部分。</p> <p>將會整合回收/循環淡水以及副產品交換等做法。</p> <p>第一個進駐公司為製造太陽能發電面板的公司。</p>

<p>(6) 亞利桑那州的 Civano 環境科技園區</p>	<p>80 英畝由私人與公家共同開發的工商園區。</p> <p>是北美第一個結合永續與新都市 ( New-Urban ) 觀念之村落規劃 ( Village Planning )。</p> <p>提供三千個住家 - 包含各種類型與價格、完善之休閒與活動中心、高爾夫球場、景觀綠帶的社區。</p> <p>所有的建築物均會完全符合「綠」建築的標準。</p> <p>這個以環境科技為名的園區，其進駐者均是以永續科技及實務為主，包括太陽能面板製造商、太陽能熱水器、電動車製造商、廢水/淡水淨化系統製造商等。</p>
<p>(7) 田納西州的 Chattanooga Volunteer Site</p>	<p>佔地七千英畝，過去為一 TNT 炸藥製造工廠。</p> <p>為一私人擁有 ( ICI America Inc. )。</p> <p>整體目標希望在 2020 年能創造出一萬個就業機會，並且透過工廠的開放通路，以及當地政府的利用廠房來提供服務，以創造經濟機會。</p> <p>進駐的廠商包括了大型批發/物流商、輕重製造業、環保服務業、以及其他利用現有產品之再製造與再用的產業。</p>
<p>(8)加州 East Shore 生態化工業園區</p>	<p>主軸為結合回用、回收、再製造及堆肥之資源化聚落 ( Cluster )。</p> <p>進駐商也是以能符合以上條件者，以及製造可更新能源設備與提供環保服務者。</p> <p>由加州之企業經濟發展聯盟贊助。</p>
<p>(9) 明尼蘇達州的 Green Institute 生態化工業園區</p>	<p>佔地小的園區 - 僅 3.5 英畝，周圍有超過六百家的公司。</p> <p>在園區與公司之間，推動物質與能源的交換。</p> <p>結合鄰里力量，並與環境教育及學童的參與整合。</p>
<p>(10) 紐約州的 Plattsburgh 生態化工業園區</p>	<p>由康乃爾大學與美國廠房管理公司協助開發。</p> <p>佔地三千五百英畝，過去是一個除役的空軍基地</p> <p>強調透過資源分享、副產品交換及符合 ISO 14001 之環境管理系統，來達到經濟及環境績效的持續改善的目的。</p> <p>計劃重點包括了製造與運輸公司的新開發、生態文化與古蹟旅遊、環保科技、生質能發電、多項可以促進環境改善的之區域性的生態系統 ( Eco-System ) 等。</p>
<p>(11) 華盛頓州的 Raymond 綠色生態化工業園區</p>	<p>位於一個第二次成長(Second Growth)的海岸森林中，並且仍可繼續收成。</p>

化工業園區	<p>其範圍涵蓋了整個 Butte Creek 流域的範圍，園區對於水質需特別管理。</p> <p>園區希望進駐的公司能利用當地的資源，並且對環境的衝擊較小。</p>
(12) 華盛頓州的 Skagit County 環境工業園區	<p>包括一個具有回收物質與能源效率之資源化中心、製造中心、社區大樓、銷售空間、環保企業、以及一個具有最小之污水及空氣污染的封閉迴路系統。</p>
(13) 馬里蘭州的 Shady Side 生態化工業園區	<p>在一個未充分就業及未受到政府關照的社區，更新一個現有的設備及廠區。</p> <p>透過企業生態圓桌會議 ( Business Ecology Roundtable )，協助企業與社區的領袖，將社區的經濟、社會及環境的目標整合起來。</p> <p>可能的園區進駐者包括了釀酒商、漁產養殖業者、海洋探勘及技術、油品回收、淨水公司、太陽能與可在生能源，以及堆肥業者等。</p>
(14) 新罕布什州的 Stonyfield/Londonerry 生態化工業園區	<p>園區的規劃者希望透過盟約 ( Covenants )，來確保產業生態是未來發展的模式。</p> <p>由私人 ( Stonyfield Farm Inc. ) 與公家 ( Town of Londonerry ) 共同開發。</p>
(15) 新澤西州的 Trenton 生態化工業中心	<p>不算是一個實質的地點，而像是一個具有無窮機會連結的企業網路。</p> <p>透過生態產業圓桌會議 ( Eco-Industrial Roundtable ) - 一個多利害相關者參與的指導委員會，來指引計劃活動的進行。</p> <p>由康乃爾大學進行基線評估 ( Baseline Assessment )，以決定現有的企業與未來企業的可能連結。</p>

資料來源：引自胡憲倫 ( 2000b )。

## 五、虛擬生態化工業園區

由 Bechtel Corporation 的 David Cobb 率先推展虛擬生態化工業園區已經在美國德州的 Brownsville / Matamoros 生態化工業園區展開。此園區共有兩個發展方向：一為在園區內規劃及廠址接近的企業群落；二為藉由 Brownsville / Matamoros 的廢棄物交換中心，做為工業

區內外的廢棄物交換機制。Brownsville / Matamoros 的地理位置，如處於 Brownsville 港口、高速公路網絡及出入墨西哥的一個重要關口等，形成了它在推展虛擬生態化工業園區的有利情況（The Business Council for Sustainable Development-Gulf of Mexico，1997）。

Chertow（1999a）在回顧美國政府與民間致力於生態化工業園區的發展模式時指出，單一場址的生態化工業園區面對的困境已經漸漸地被確定（Limited Feasibility of Eco-Industrial Parks is Being Recognized）。Chertow 建議「錨賃」（Anchor Tenant）的方式可以促使單一場址的生態化工業園區與園區以外的企業或工業區建立關係，成為虛擬生態化工業園區模式的雛型。新設的園區及新的企業加入，並不會產生「徒遷」的難題。然而，對於已經設廠生產的企業，若要進行重新「搭配」，將不會是一般企業所願意的事。耶魯大學有兩項計劃是採用虛擬化的方式，即在 New Haven 有家軟體公司提供五十哩直徑內，所有企業的投入原料與產出的資訊交易系統，另外有一家食品業採用此模式進行規劃區域的食品網路（Chertow，1999b）。

此外，新澤西州的 Trenton 生態化工業中心因為不算是一個實質的生態化工業園區的場址，而像是一個具有無窮機會連結的企業網路，也是美國境內的一個最佳範例（胡憲倫，2000b）。

#### 第四節 推動產業生態化的法規與技術

政府在制定環境法規方面，可以影響產業生態學策略的執行，並達到其預期的效果。政策與法規的存在可以束縛產業自由的活動，因此政府首要的任務就是進行（1）簡化分區程序、許可證及其他發展限制，以達到效率化；（2）增加環境法規法規的彈性空間；（3）發展資源化技術、推廣技術轉移及提供教育訓練；（4）鼓勵企業進行資訊交流。為了成功的推廣產業生態學及其應用工具，政府在相關法規的制定、執行、行政等問題必須做出調整。例如，在 EIPs 的規劃中，地方政府、縣政府、省政府所扮演的角色皆有不同（Lowe *et. al.*，1996）。

近年來不少國家已經在評估時下的法規是否還能持續的發揮其「約束力」，能夠維持良

好的環境品質。法規符合及「命令與管制」漸也隨著積極的環境保護策略而落在身後，尤其企業透過環境管理策略達到競爭力提昇時代。因此，法規制度無不須要作出調整，例如加以修定而添加法規的包容性、彈性及創新概念（Ehrenfeld and Gettler，1997）。這也是產業生態學發展過程中，適度調整的法規環境是關鍵性的因素。為使產業生態學發展能進一步執行，可進行之法規策略如下：(1)修定目前環境法規中的規定；(2)簡化目前廢棄物資源化、回收再利用等之申請核准與申報過程；(3)法規的導向從環境技術層面轉向績效為本層面；(4)提倡或推行可通用性的「法規鬆綁」及許可之管理辦法；(5)推行能夠達致環境績效之多介面（Multimedia）方法；(6)市場導向之策略；(7)推行「自發性」之協定（Voluntary Agreement）；(8)施行製造者「回收制度」之規定；(9)設計技術轉移之管理辦法；(10)促進技術發展與商業化；(11)允許產業生態學的技術發展（Martin *et. al.*，1996）。

目前，先進國家定制的環保法規已突破了「命令與管制」階段，而企業組織與中央主管機關達致「自發性」（Voluntary Agreement），主動的抑制環境的破壞。以產業生態學為觀念的 EIPs，基本上乃是藉由廢棄物的循環使用（包括二氧化碳、廢熱、廢能），減少環境的負荷程度。若美國、澳洲、日本等國，皆採用境內的森林與耕地面積作為二氧化碳的「碳槽」（Carbon Sink），減免一些排放額之限定，讓其國內的工業能夠繼續的擴展。對於如此的先例，未來一個國家未嘗不可以該國境內擁有多少的 EIPs 作為排放額排放的籌碼。國外的一些 EIPs 事業機構更透過二氧化碳排放量的折算方式，認為一個 EIPs 的二氧化碳排放量，甚至可能低過一家化石工廠的排放量，因此這些事業機構進行擴建廠房時，政府皆給予更大的方便之門（Martin *et. al.*，1996）。

適當的技術有助於提昇產業生態學的發展及 EIPs 之永續性。基於無法斷定何種技術為產業生態化之最重要的技術，且適用於產業生態學及 EIPs 的技術也十分的廣面，因此建構一個完整的技術架構必然是有助於其穩健的發展。適當的技術能協助社區、企業機構、法規制定者、設計者及園區經理，處理產業生態化的發展及 EIPs 的發展問題與挑戰（Lowe *et. al.*，1996）。因此，產業生態化或廢棄物資源化的技術所肩負的責任及角色計有：(1)提昇經濟效

益 - 技術能夠協助企業機構降低交易成本，並有助於達致規模性經濟及涉及範圍；(2)印證技術與人文的提昇有助於形成產業共生的關係 - 技術能夠導引目前的生產體系與員工技能，朝向產業共生的階段前進；(3)降低投資風險及增加產業共生體系的變通性 - 技術能夠協助企業機構，更靈活性的處理園區的共生體系下所面對的原料不足與品質不佳的限制；(4)降低環境負荷能力 - 生產程序及消費形態若是採用 EIPs 產出的產品，將可降低環境的負擔；(5)降低符合法規的成本 - 任何的技術，若能有效的減少空、水、固體廢棄物的排放量，將可減少法規的壓力的成本 ( Martin *et. al.* , 1996 )。

基於產業生態化發展及 EIPs 之需求乃是建立產業群聚及形成共生體系，因此認定適當的技術以達致這項目標是非常的重要，且是成功的 EIPs 所面臨的重大考驗。雖然如此，以下之技術種類有助於達致 EIPs 的經濟、環境與社會效益：(1)交通運輸技術；(2)廢棄物資源化、回收、再利用及資源替代技術；(3)環境績效監測與評估技術；(4)資訊系統與管理技術；(5)能源及能源效率技術；(6)水處理技術 ( Martin *et. al.* , 1996 )。

## 第參章 驅動國內產業生態學發展之機制

### 第一節 事業廢棄物交換及資源化系統

本論文所探討之國內事業廢棄物交換及資源化系統，其系統層面包括行政、法規、研發與實行。在此階段的廢棄物管理中，僅是涉及到廢棄物的最終處置問題，並沒有深入到資源共生的階段。事業廢棄物交換及資源化系統架構包含四個子系統，既是「事業廢棄物交換資訊服務中心」、「資源化技術」研發推廣與支援系統、環保署事業廢棄物管制中心及廢棄物聯合處理體系。

#### 一、「事業廢棄物交換資訊服務中心」

為使國內數量龐大的事業廢棄物減量得到充分的利用，經濟部於 1987 年十一月七日委託工研院化工所成立「事業廢棄物交換資訊服務中心」，進行推廣廢棄物交換與資源化的工作。「事業廢棄物交換資訊服務中心」是一個資訊整合的中心，希望以事業廢棄物管理資訊系統為基礎，廣泛的蒐集廢棄物供、需訊息，將各類廢棄物性質、數量刊登於「清潔生產資訊雙月刊」(2000 年改為「永續產業雙月刊」，但後來的交換資訊並未刊登在此，改在交換速報與網路方式)上，提供給各事業機構參考及選擇，以推動事業廢棄物交換再利用。

以下將事業廢棄物交換資訊服務中心之屬性、作業方式、仲介服務之途徑、及成功案例介紹。

#### (一)「事業廢棄物交換資訊服務中心」之屬性

「事業廢棄物交換資訊服務中心」是為配合國家的環保政策而成立，中心的運作經費均由政府支持(如表 3-1)，因此可符合公益性之特色，亦可確實遵守作業原則，其原則包括：

機密性 - 對於廠家所提供的廢棄物資料，均不對外公開採機密文件處理；

中立性 - 供需廠家進行廢棄物交換洽談期間，不介入，以保持客觀立場；



服務性 - 免費提供廢棄物供需訊息以及廢棄物交換諮詢服務。

表 3-1 事業廢棄物交換資訊服務中心歷年經費來源表

執行時間	贊助單位	計畫名稱	經費(萬元)
1987.7 1988.6	經濟部	工業污染防治技術資訊服務	510
1988.7 1989.6	經濟部	事業廢棄物交換資訊服務	385
1989.7 1990.6	行政院環保署	事業廢棄物交換資訊服務	437
1990.1 1991.6	經濟部工業局	事業廢棄物交換資訊服務	72
1991.7 1992.6	經濟部工業局	事業廢棄物交換資訊服務	240
1992.7 1993.6	經濟部工業局	事業廢棄物交換資訊服務	385
1993.7 1994.6	經濟部工業局	工業減廢資訊服務	460
1994.7 1995.6	經濟部工業局	工業減廢資訊服務	600
1995.7 1996.6	經濟部工業局	清潔生產技術推廣與輔導	660

資料來源：引自鍾美華等人(1998)。

## (二)「事業廢棄物交換資訊服務中心」之作業方式

「事業廢棄物交換資訊服務中心」成立之初，以傳播媒體、簡介小冊子及舉辦研討會、發行《廢棄物交換資訊》雙月刊等方式，將廢棄物交換之觀念宣導並推廣於業界，早期業者多半僅止於獲取利益為目的(例如販賣下腳料、呆料、過期品或回收商尋找廢棄物來源)。經過「事業廢棄物交換資訊服務中心」多年的努力，業者均肯定本中心之作業方式，同時也加強推廣「減廢」及「清潔生產」觀念之工作，使得業者皆能了解廢棄物若能加以妥善的利用就等於有價值之資源，進而達到廢棄物減量化、資源化、減少環境污染之目的。

「事業廢棄物交換資訊服務中心」之交換方法如下所述(流程如圖 3-1 所示)：

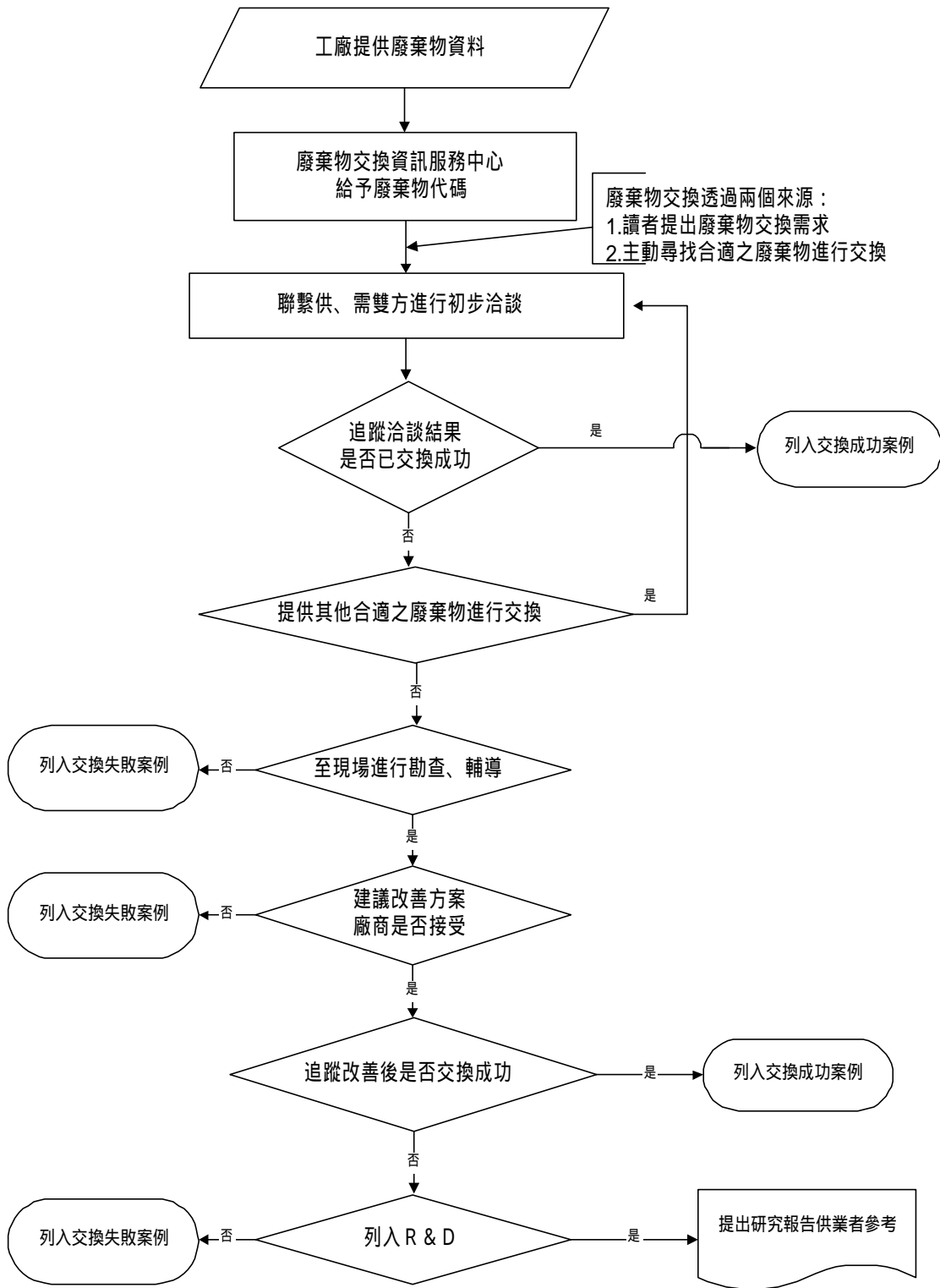


圖 3-1 事業廢棄物交換流程圖

資料來源：引自鍾美華等人 (1998)。

### (三) 「事業廢棄物交換資訊服務中心」進行仲介服務之途徑

「事業廢棄物交換系統」如依工作內容來區分，則可分為「被動系統」(Passive System)與「主動系統」(Active System)。「被動系統」指交換中心或業者，通常僅扮演介紹者的角色，亦即在廢棄物生產者與利用者之間，僅是提供資料而不主動尋求利用者，亦不參與交換之實際活動，如合約之簽訂等。「主動系統」則指交換中心或業者，不僅提供廢棄物供需資訊，亦主動協助可能利用者，或協助廢棄物分析鑑定，或是參與合約簽訂，或參與與貯運、加工等工作(鄭智和等，1996)。茲以國內「事業廢棄物交換資訊服務中心」為例，分述此兩個角色：

#### 1. 「被動系統」

「事業廢棄物交換資訊服務中心」經由「清潔生產資訊雙月刊」將收到的廢棄物需求資料轉達給提供廢棄物的廠家，由雙方直接洽談運送方式、費用等，洽談期間服務中心保持中立不介入，雙方洽談後，追蹤結果，如果交易成功將會列入服務中心交換成功案例檔案，提供日後類似廢棄物參考；如果交易不成，則由服務中心提供其他適合廢棄物供需者進行交換，若無其他合適之廢棄物，則至現場作進一步了解並討論困難點，同時建議可能的解決方案，若供需雙方同意且執行上述建議方案，則再追蹤其執行結果，若無意或有困難執行服務中心建議方案，則列入失敗案例，其廢棄物資訊則繼續刊登於清潔生產資訊中，再待合適之交換對象。此外，經服務中心多年經驗，若廢棄物量大且不易交換者，則建議列入化工所研發項目。

#### 2. 「主動系統」

在服務中心的廢棄物資料庫中主動依廢棄物特性資料，尋求合適之廢棄物供、需者進行交換，之後的方法與第一種途徑相同。

#### (四) 交換成功結果及案例介紹

截至2000年8月，「事業廢棄物交換資訊服務中心」的平均成功交換率達17.58%、成功交換案例達三百二十三筆、服務筆數達一千八百三十七筆、成功交換案例中成功交換之數量為277,985公噸，如表3-2。茲以其中之三則進一步說明交換成功案例（1996年7月至1996年12月）之過程，如下：

##### 1. 矽砂交換實例—化工廠產生之矽砂，提供給水玻璃製造廠再資源化利用：

產生矽砂之化工廠主要以生產二氧化鈦為主。產生矽砂的製程是在流動床精製純化二氧化鈦過程中，為促使氣體充分擴散，防止結塊，以矽砂為擔體，經過反應一段時間後，更換下來之矽砂即成廢棄物。該公司透過「事業廢棄物交換資訊服務中心」將廢矽砂提供給一生產水玻璃之化工廠再利用。該化工廠主要為生產三號水玻璃、偏矽酸鈉、磷酸三鈉、磷鈣肥、複合肥及天然有機肥等。矽砂之資源化方法主要用於製造水玻璃，經過加入碳酸鈉（固體）或加入氫氧化鈉（液鹼）反應產生水合偏矽酸鈉 $\text{Na}_2\text{Si}_4\text{O}_9 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ，即成產品，可當黏合劑、漂白劑及清潔劑等之原料。

##### 2. 硫酸銨交換實例—化工廠產生之硫酸銨，提供給複合肥料製造廠再資源化利用：

產生硫酸銨之化工廠主要以生產特用化學品為主，包括紡織染整印染助劑、塑膠添加劑、界面活性劑及塑膠用滑劑等，並產出硫酸銨廢棄物。該公司透過「事業廢棄物交換資訊服務中心」將廢硫酸銨提供給一生產複合肥料之化工廠再利用。該化工廠以生產複合肥、天然有機肥及磷鈣肥等為主。此硫酸銨純度很高，可直接添加於複合肥料中即成為產品。

##### 3. 含銀廢液（氰化銀、溴化銀）交換實例—電子工廠產生之氰化銀、溴化銀廢液，提供給貴重金屬回收廠再資源化利用：

產生氰化銀、溴化銀廢液之電子工廠主要以光蝕刻技術製成產品，產品包括IC腳架、蒸鍍罩、接觸片等，產出溴化銀、氰化銀廢液。該公司透過「事業廢棄物交換資訊服務中心」將溴化銀、氰化銀廢液提供給一回收有價貴重金屬之電解回收工廠再利用。溴化銀、氰化銀回

收製程主要是將高濃度含氰系之有價重金屬廢水，以電解法直接回收，剩餘低濃度廢液再以次氯酸鈉NaOCl進行氧化，最終產物為二氧化碳、氮氣及銀得以回收。

表 3-2 事業廢棄物交換資訊服務中心執行成果 (1987 年 7 月至 2000 年 8 月)

廢棄物 種類	項目	服務筆數	交換成功筆數	交換成功率 (%)	交換成功量 (公噸)
1.	有機化學品類	134	28	20.9	1453.70
2.	無機化學品類	183	51	27.9	23406.14
3.	有機溶劑類	326	49	15.0	4493.20
4.	油、脂及蠟類	111	16	14.4	1133.70
5.	酸類	227	53	23.3	45038.66
6.	鹼類	98	19	19.4	49003.06
7.	廢觸媒類	28	8	28.6	3201.30
8.	金屬類	57	10	17.5	3935.00
9.	塑膠類	74	16	21.6	1210.50
10.	橡膠類	18	5	27.8	391.71
11.	織品類	27	7	25.9	3332.00
12.	皮革類	28	3	10.7	4104.00
13.	木類	85	18	21.2	9512.00
14.	紙類	29	3	10.3	210.00
15.	灰渣類	55	5	9.1	161.80
16.	礦渣類	32	6	18.8	53202.00
17.	污泥類	204	6	2.9	59244.00
18.	其他類	121	20	16.5	14953.6
合 計		1837	323	17.58	277985.942

資料來源：引自事業廢棄物交換資訊服務中心 (2000a)<sup>1</sup>。

<sup>1</sup> 上述資料乃是根據「事業廢棄物交換資訊服務中心」歷年來的廢棄物成功交換之資料庫所整理獲得，並獲當局准許公佈之許可。

## 二、「資源化技術」研發推廣與支援系統

### (一) 官方「資源化技術」研發及推廣單位

經濟部工業局於 1973 年成立「工業污染防治技術團」，提供工業界污染防治技術輔導與協助培訓專業人士。工業污染防治技術服務團主要的工作有工廠污染防治技術輔導、技術評估整合與推廣、污染防治資料建立、污染防治宣傳、污染防治人員訓練、行政配合等六項。

經濟部工業局為加強宣導推廣減廢觀念，積極協助業界推動執行工業減廢，於 1989 年與環保署共同成立「工業減廢聯合輔導小組」，藉由「工業減廢示範及推廣輔導五年計劃」、「事業廢棄物交換系統服務計劃」、「工業減廢及 ISO 14000 推廣輔導五年計劃」及「事業廢棄物減量或資源化研究」等計劃。

「中華民國清潔生產中心」於 1995 年成立，以彙集並推廣清潔生產技術。這些工作不僅使工業可有效減少廢棄物的產生，且因減少原物料的使用、管末處理費用及提高製程效率，而獲得實際的成效。

此外，經濟部工業局亦委託工研院能資所，成立「資源再生技術服務中心」，以加速研發低污染之金屬再生技術，達到資源回收再利用之目標。

### (二) 民間「資源化技術」支援單位

民間「資源化技術」支援單位，亦即協助展開事業廢棄物資源化的輔助單位。這些單位可能來自學與研界，或是擁有相關資源化技術的廠商，如廢棄物資源化之合格代理，或是一般業者。此支援單位乃是研發單位自某項資源化技術發明之後，隨之進行較為廣泛、規模經濟的生產單位。民間「資源化技術」支援單位主要有「事業廢棄物交換資訊服務中心」登記的合格代理業者與資源化需求業者、及污染防治（環保）產業。

#### 1. 事業廢棄物合格代理業者

根據「事業廢棄物交換資訊服務中心」資料指出，向其中心登錄為事業廢棄物資源化的

合格代理業，包括污泥類、廢輪胎類、塑膠類及有機溶劑類，截至 2001 年 4 月止，共有二十四家。污泥類之合格代處理業者共有九家（甲級 - 五家、乙級 - 兩家、丙級 - 兩家），主要的廢棄物處理種類是電鍍污泥、鑽井泥漿、市政污泥、石化業產生之油污泥、腐蝕性污泥之固化及中和中間處理；廢輪胎類合格代處理業者共有五家（全部皆是丁級業者），主要的廢棄物處理種類是廢輪胎的資源回收（破碎處理）；塑膠類合格代處理業者共有六家（甲級 - 一家、乙級 - 四家、丙級 - 一家），主要的廢棄物處理種類是聚乙烯對苯二甲酸脂(PET)、發泡聚苯乙烯(PS)、未發泡聚苯乙烯(PS)、聚氯乙烯(PVC)、聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、其他廢塑膠、廢鐵罐、廢鋁罐、廢玻璃容器之資源回收破碎處理；有機溶劑類合格代處理業者共有四家（甲級 - 一家、乙級 - 兩家、丙級 - 一家），主要的廢棄物處理種類是乙醇、異丙醇、丁醇、異丁醇、環己醇、丙酮、環己酮、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯、乙酸異丁酯、乙酸正戊酯、甲苯、二甲苯、十四項非氯系溶劑之蒸餾回收處理（事業廢棄物交換資訊服務中心，2000a）。

## 2. 事業廢棄物資源化需求業者

根據「事業廢棄物交換資訊服務中心」資料顯示，事業廢棄物資源化之需求業者，向服務中心登錄之廢棄物類別，達十三種類，即有機質肥料、無機化學品、有機溶劑、油、脂及臘類、酸類、鹼類、觸媒、金屬、塑膠、橡膠、皮革、紙類及其他，其中以酸鹼類及有機溶劑為之最。若以十八種廢棄物提供種類而言，顯示目前的需求業者因為技術及經濟的考量因素，而僅達到十三種類的廢棄物需求。根據歷年來透過此交換資訊而達到成功交換的需求業者，主要包括了石膏、廢白土、氫氧化鋁、氧化鐵、金鋼砂、甲苯、二甲苯、 $H_2SO_4$ 、廢塑膠、碎皮（革）等。

## 3. 污染防治（環保）產業

此外，污染防治（環保）產業，亦即集合物理、化學、機械、電機、土木等之綜合性科技應用之產業，亦是國內對於事業廢棄物與防制及減量之相當重要的角色。這項環境保護工業包含服務業（分析、水處理、固態廢棄物處理、有害廢棄物處理、整治、環境諮詢及工程）設備業（儀器及資訊、水設備及化學藥品、空氣污染防治設備、廢棄物處理設備）及資源業

(水資源設備、資源回收、能源回收)。政府已將此產業列為十大新興工業之一，並藉由獎勵措施進行輔導國內的相關產業，推動污染防治產業成立策略聯盟(李龍堯，1996)；而這方面的努力將有助於帶動國內的產業生態化發展的環境。

污染防治工業附屬在各種產業之中，沒有共同性技術或系統，亦無法規格化及標準化。污染防治工業如以產業領域區分，可分為製造業、環境技術與工程業、事業廢棄物資源化工廠三類。污染防治(環保)產業提供的資源化技術，在研發與整治事業廢棄物過程中，相繼的減少及處理事業廢棄物。國內廢棄物處理資源化工廠，早期是因廢棄物具有經濟誘因而自然形成於製造業中，如鋼鐵業、廢紙、廢玻璃瓶之回收。迄1996年，依照環境保護事業機構管理辦法成立，將廢棄物資源回收另歸類為第二類清除處理機構及第一類廢棄物處理機構以簡化申請程序，以利此事業之發展，以此方式登記之資源化工廠約有卅家(李龍堯，1996)。

### 三、環保署事業廢棄物管制中心

為強化市事業廢棄物之管制，環保署之「事業廢棄物管制中心」於2000年10月21日正式成立，管制中心設有資訊組、勾稽組及稽查規劃組，在事業廢棄物管理，扮演的角色為資訊樞紐、聯絡協調中心及神經網路。中心藉由現代化資訊管理系統，對事業機構、清除及處理事業廢棄物機構所申報之資料予以比對篩選出違規業者，配合各縣市環保局之強力稽查、告發取締與環保署督察稽查大隊之督察複查行動，促使事業機構正視並妥善處置其廢棄物。

管制中心依事業機構申報量勾稽事業單位是否誠實申報，代清除、處理單位是否有超量、超項之行為等，這些都可依電腦強大自動運算功能而迅速得到結果，以確實掌握事業廢棄物之產源及流向，避免任意傾倒。此外，對未上網申報之業者，環保署亦規劃督導地方環保單位加強稽查，以促其依規定申報產出量及流向，另對代清除及處理業者，環保署亦將查核其清理能力，如人力、機具、操作、處理技術等，以促其妥善處理廢棄物。



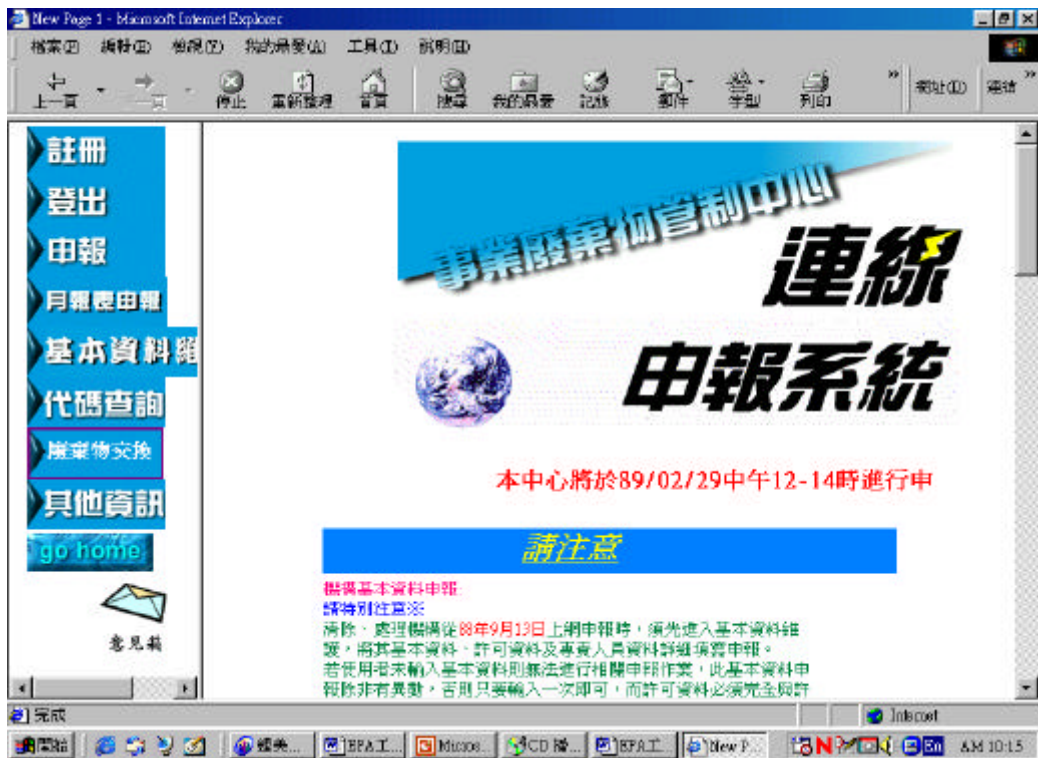


圖 3-2 環保署事業廢棄物管制中心線上申報系統

資料來源：事業廢棄物交換資訊服務中心（2000b）<sup>2</sup>。

事業廢棄物線上申報系統，在「申報」之線上服務中，共同處理六大事業廢棄物的行政法規問題。這六大單位分別是事業機構、清除機構、處理機構、儲存機構、再利用機構及最終處置機構。線上申報的項目包括廠外處理、廠內自行清理、輸出國外處理、回收再利用、廠內暫存、三聯單及六聯單登錄、補印等，相關的服務內容計有申報、修改與查詢的功能。

規劃中的「廢棄物交換」或「事業廢棄物交換管理系統」之線上服務，主要是配合環保署「事業廢棄物管制中心—連線申報系統」再輔以工業研究院化工所執行數年「事業廢棄物交換資訊服務中心」之經驗來規劃，如圖3-3。

<sup>2</sup>上述資料乃是根據「事業廢棄物交換資訊服務中心」提供之「環境保護署工作檢討報告」匯整所得，並獲當局允可使用。

「事業廢棄物交換資訊管理系統」資料庫包含事業機構基本資料和廢棄物基本資料，利用此資料庫進行廢棄物查詢、統計與篩選，系統架構如圖3-4所示。在使用者操作上分為「事業機構輸入網頁」及「環保署專責人員單機操作」部份。

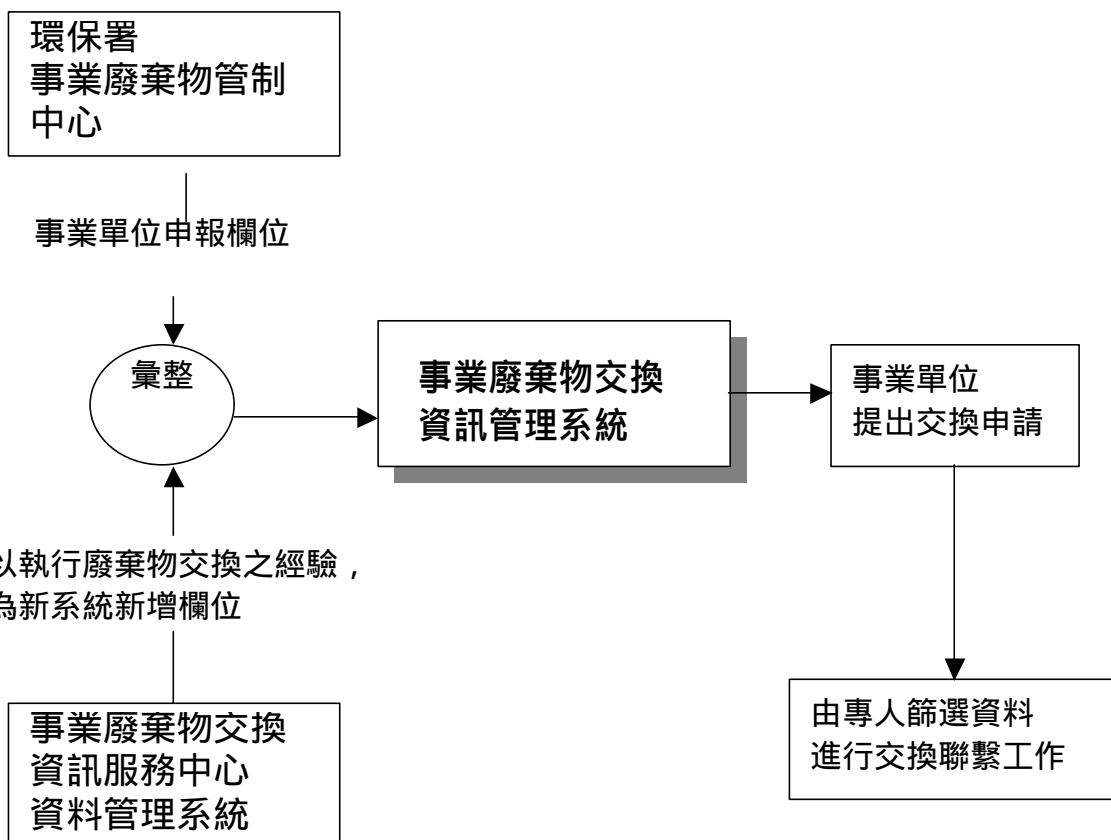


圖3-3 「事業廢棄物交換資訊管理系統」規劃構想圖

資料來源：引自事業廢棄物交換資訊服務中心（2000b）<sup>3</sup>。

<sup>3</sup> 同上。

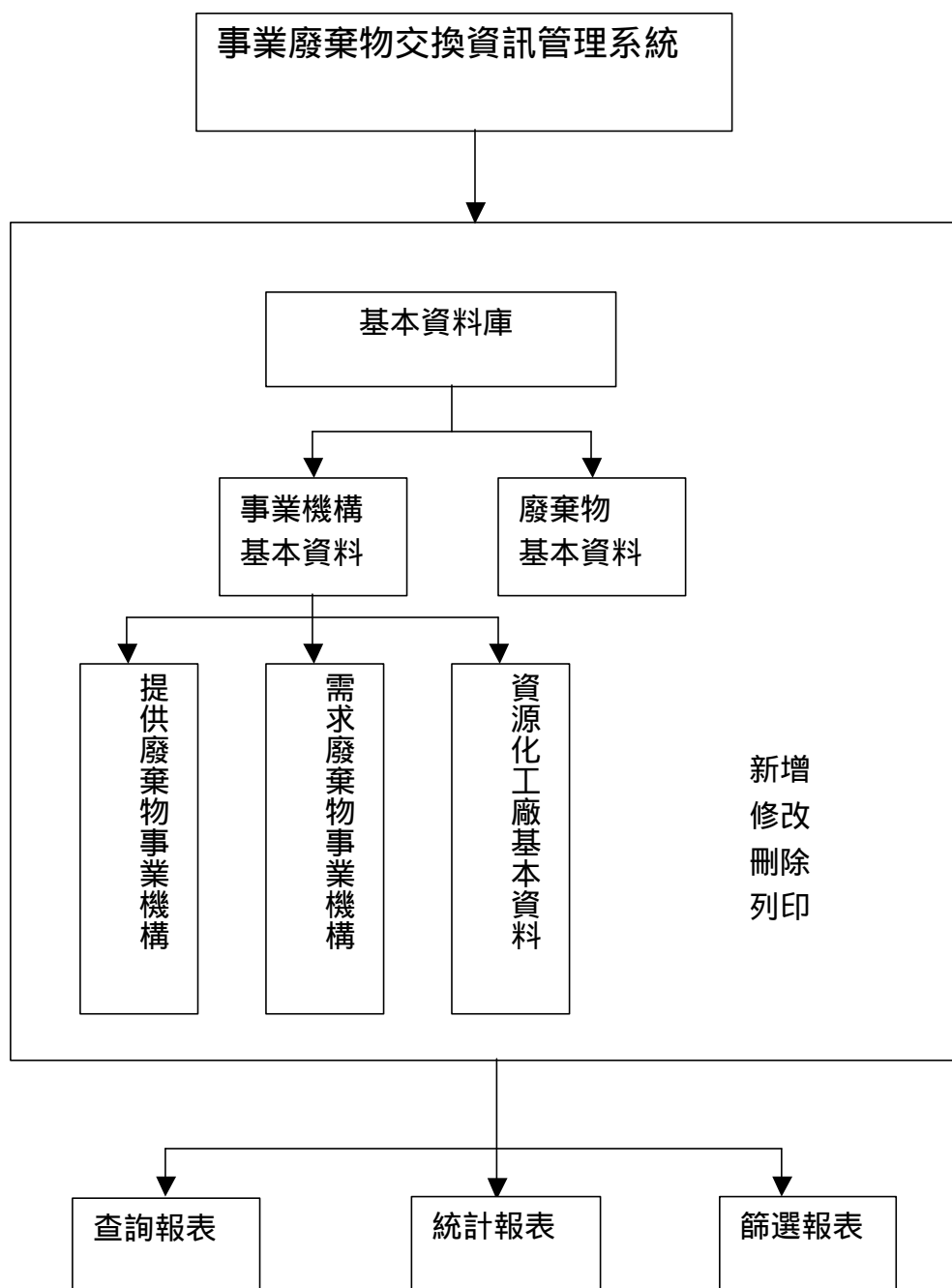


圖 3-4 「事業廢棄物交換管理系統」系統架構圖

資料來源：引自事業廢棄物交換資訊服務中心（2000b）<sup>4</sup>。

<sup>4</sup> 同上。

#### 四、廢棄物聯合處理體系

除了目前的法規措施制定了廢棄物的管制條列外，亦設立了廢棄物的處理機制。為提高工業廢棄物之妥善處理率，經濟部與環保署會銜公告了「推動工業廢棄物處理體系輔導要點」，積極推動事業廢棄物減量、資源回收及處理示範計畫。環保署多年來藉由不同的行業別來施行協助業者投資設置共同或聯合廢棄物資源回收處理體系。工業局則針對可資源化之廢棄物或污泥、粉塵等，進行輔助業者聯合設置「特殊工業廢棄物廠」、或「區域性工業廢棄物處理中心」，並協助提供工業區土地及低利率貸款等優惠措施。

「推動工業廢棄物處理體系輔導要點」，規定產生同性質廢棄物之事業機構，可共同集資成立處理體系或聯合具有處理合作意願者投資設置該類廢棄物之處理處置廠(場)，以處理投資人所產生之工業廢棄物。自 1993 年迄今，台灣地區依「推動工業廢棄物處理體系輔導要點」申請獲准的共同聯合處理體系計有：南部皮革業聯合處理體系、中部皮革業聯合處理體系、食品業(冷凍水產)聯合處理體系、表面處理業聯合處理體系、台灣區電弧爐煉鋼業廢棄物共同處理體系、廢橡膠資源化聯合處理體系、製藥事業廢棄物聯合處理體系、蛇紋石業廢石碎料泥漿資源化共同處理體系及印刷電路板業廢棄物聯合處理體系共九個體系（鄭智和及黃進修，1997）。表 3-3 為國內各產業已成立及已推動之共同或聯合事業廢棄物處理體系。

表 3-3 國內各產業已成立及已推動之共同或聯合處理體系概況表

處理體系類別	項目	公司名稱	成立日期	主要廢棄物種類	資源化技術	主要產品	規劃處理量
食品業(冷凍水產)廢棄物聯合處理體系		家寶實業股份有限公司	1988 年	魚下腳	蒸煮、乾燥、發酵、濃縮	魚粉、魚溶漿	33,000 公噸/年
電弧爐煉鋼業廢棄物聯合處理體系		小港實業股份有限公司	1993 年 4 月	電弧爐爐渣及爐塵灰	穩定固化及再利用爐渣：粉碎、磚材磁選	鐵級配料	500 公噸/日
皮革業廢棄物聯合處理體系		環協股份有限公司	1993 年 7 月	削邊皮及皮粉	蒸煮、粉碎、乾燥	蒸皮革粉	10,000 公噸/年
金屬表面聯合處理體系		大園聯合水處理股份有限公司	1993 年 9 月	電鍍污泥	氨浸法	金屬	60 公噸/年
印刷電路板廢棄物聯合處理體系		衛華電路板資源再生品股份有限公司	1993 年 10 月	廢印刷電路板	破碎、焚化	金屬	300 公噸/年
廢橡膠資源化聯合處理體系		龍華廢橡膠資源處理股份有限公司	1995 年 6 月	廢橡膠	低溫熱裂解	瓦斯、油品、碳黑	3,000 公噸/年
蛇紋石業廢棄物聯合處理體系		-	-	泥漿、廢邊料	回收資源化	煉鋼爐石、化工原料、無機肥料	-
石材業廢棄物聯合處理體系		台灣區石礦製品、退漿、下腳料資源化公司	1996 年 3 月	大理石、花崗石、泥漿、廢邊料	回收資源	化級配料、磚材、人工魚礁、建材、無機肥料	-
印刷廢棄物聯合處理體系		-	-	廢定影液、廢溶劑、廢底片、廢 PS 版	回收及處理	銀、再生溶液、再生版、再生油墨	-
食用油脂廢白土聯合處理體系		-	-	食用油脂之廢白土	以水泥窯處理取代部份原料	水泥	-
食品廢棄物資源化聯合處理體系		規劃中	規劃中	食品廢棄物	高速發酵	有機肥料	30,000 公噸/年

資料來源：引自鄭智和及黃進修(1997) 註：資料不足，無法統計。

## 第二節 工業減廢及污染預防系統

本節藉由工業減廢及污染預防系統的整合，透過持續改善之「規劃 - 執行 - 檢查 - 改善」(P-D-C-A)的運作，作為組織趨向產業生態化的重要機制。不同的組織皆有不同工業減廢之管理制度，目前國內主要的事業機構大都是以減廢個案方式，進行廠房之間、期間、及減廢個案之間的追蹤審查與績效評批方法。本節藉以整個組織層面的架構進行探討工業減廢及污染預防系統，其包括兩個層面，一為組織的工業減廢計劃，二為減廢評估的標準。工業減廢管理制度乃以正隆紙業為例，而減廢流程的評估則以 DESIRE (DEmonstration in Small Industries for REducing Waste) 模式為探討對象。

### 一、工業減廢管理制度

正隆公司環境政策的領導模式，乃從組織型的管理型(Organization Management)階段，轉型至團隊型(Team Management)之環境領導階段，期望藉由分權式的環境管理制度，提昇整體組織的環境與經濟績效。在分權管制制度下，總公司訂定了全廠房適用的減廢管理制度，鼓勵全省八處廠房皆能重視資源的有效運用，提高資源之利用績效，減少廢棄物的產生、降低污染危害，其工業減廢之個案流程如圖 3-5。

此減廢制度訂定共同規範，適用於各廠方案的評比，以利減廢績效管理和查核。制度的實施項目包括：目的、適用範圍、名詞定義、內容說明、各廠季減廢績效評比、年度減廢評分方式、減廢績效獎勵等。減廢策略以 4R 為基礎研擬，或作為減廢的指導方針。推行此政策的廠房，首先成立減廢個案小組執行，並追蹤審查以最後各廠做出評比。

近年來隨著不間斷的工業減廢計畫、環境管理系統等之持續改善作為後，其環境決策與領導方式皆逐漸的趨向團隊式管理，亦即同時均能達到生產方面與員工需求滿足方面兩者高度的關心，使兩者之依賴性增加，促進了相互信任與尊敬的關係。

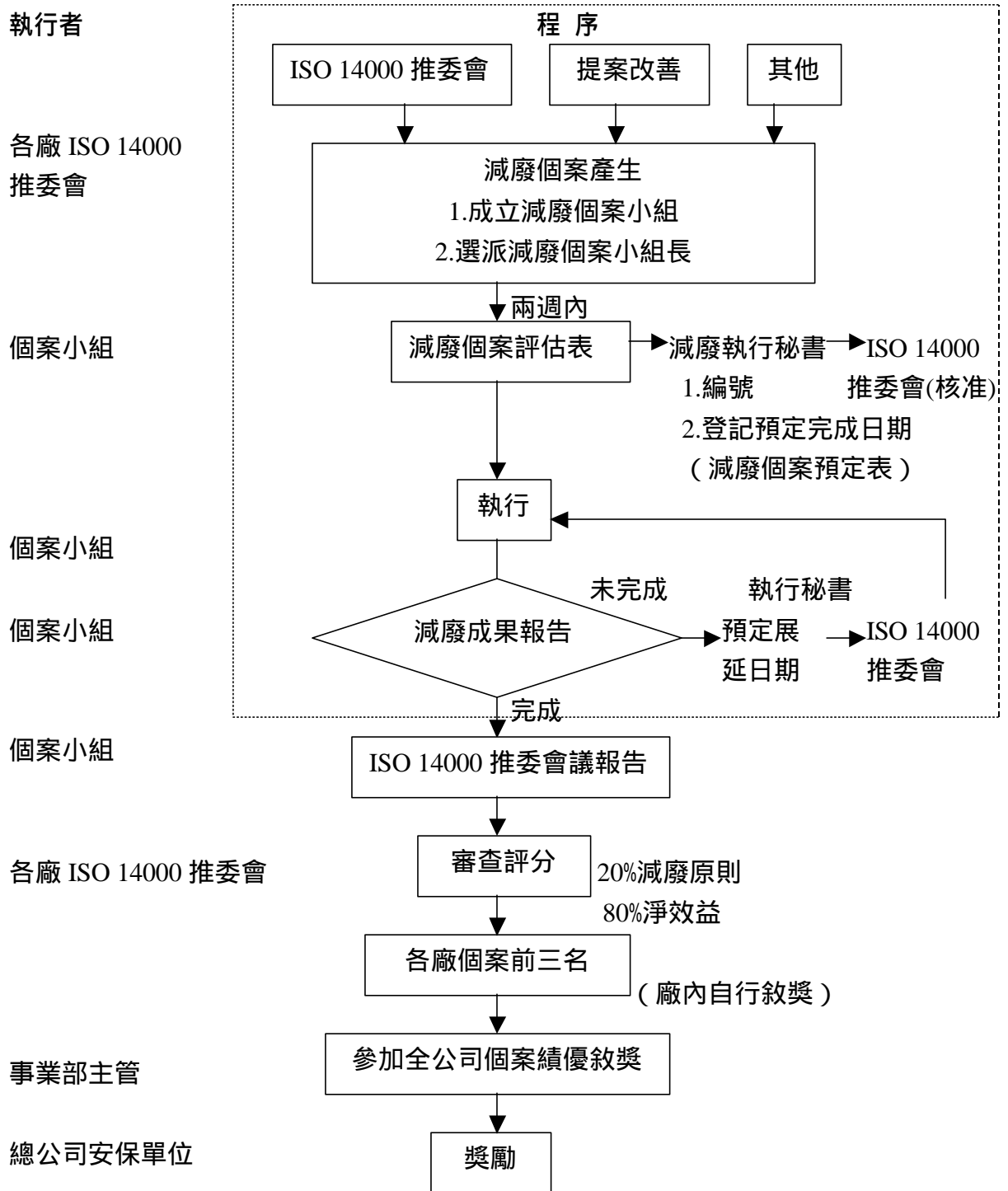


圖 3-5 正隆工業減廢個案執行流程圖

資料來源：引自鍾啟賢、胡憲倫（2001）。

## 二、工業減廢作業流程評估

工業減廢政策若要發揮有效率及達成永續發展的目的，首先必要有一個明確的目標及廢棄物的管理方法，並擁有充足調適空間的評估方法，以因應多種及不同環境之能力。UNIDO (1995) 發展出的 DESIRE ( Demonstration in Small Industries for Reducing Waste ) 模式，就是一項有系統可以追蹤個別減廢計劃，並與整體評估計劃比較之評估工業減廢計畫的方法。此一工業減廢之作業流程評估，共分成六個稽核的步驟進行，並結合了十八個任務(圖 3-6)，通過各步驟及任務後，按照程序以確定減廢的主要考量面、廢棄物的來由、減廢的方案與解決方法、以及持續改善之減廢計畫，以完成展現出一個有系統的減廢評估準則。

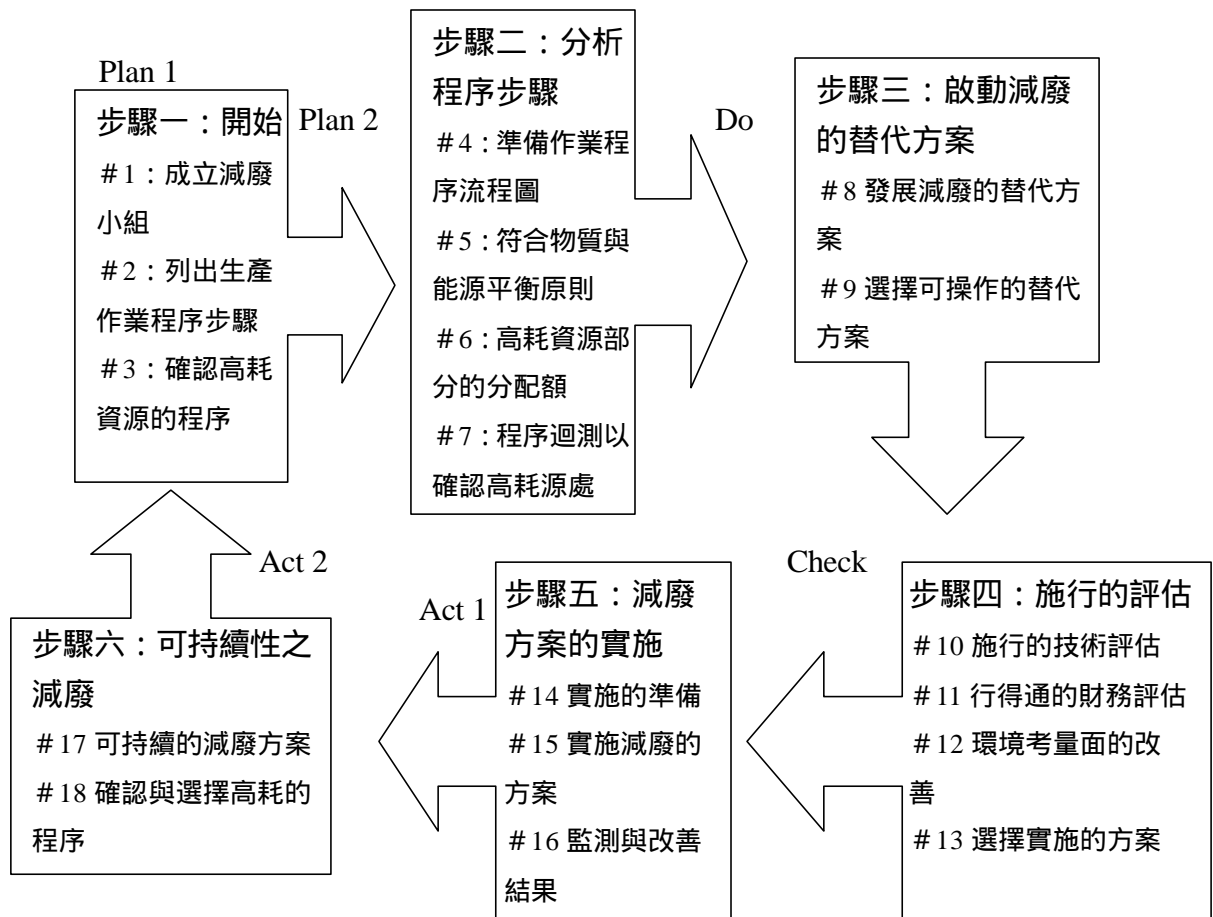


圖 3-6 「DESIRE」工業減廢作業流程評估圖

資料來源：Ngo (1999)；鍾啟賢、胡憲倫 (2001)。



此工業減廢及污染預防系統的整合，恰好輔助減廢個案執行方式的不足，並且藉由系統化的減廢評估標準，更確保達到長遠的減廢目標，且目標的範圍更可能擴展到超越組織，達到社區與產業生態化的目標。因此，此系統可以成為組織漸漸趨向產業生態化的架構，其原因分述如下：

- (1) 個案執行方式可透過個別的個案進行工業減廢與改善計畫，具有局部性與時效性，且能在較短的時限內取得改善的跡象。此外，亦能配合組織施行的獎勵措施，更使減廢個案如火如荼的進行。然而，局部的減廢改善並無法作出廠內整體性的減廢績效之評比，且無法在個案與個案之間，判斷何者減廢個案最能夠為組織帶來最大的績效，同時亦很難為組織訂定整體性的減廢計畫。
- (2) 正隆工業減廢所運用的 PDCA 循環及建議提案制度，除了在整體上無法看出減廢績效外，我們也無法從個別的減廢個案作出持續的改善計畫，除非它又當作另一個減廢個案處理。此亦顯示，正隆的減廢機制缺乏適當的評估指標，也因此無法達到持續改善的目的。
- (3) 廠內若要進行長期的環境政策或工業持續減廢計畫，整體性的減廢作業與評估，會比單一個案式的減廢計畫來得有效。倘若政府施行總量管制，如二氧化碳排放標準，整體性的減廢計畫在生產程序上，較易顯出何者生產程序或階段最為消耗能源及產生最多的二氧化碳，廠內可立即為該程序作出改善方案。在總量管制政策下，廠內政策模擬者可為不同的生產程序進行二氧化碳配額的分配，並最後依據廠內應有的減廢技術，或有利條件，做出生產程序最佳化之二氧化碳排放組合，使減廢計畫更具有彈性與功能性。
- (4) 個別的減廢個案能在短期內降低組織的生產成本及提高盈利，但並不適合做長遠的政策規劃工具。DESIRE 減廢評估方法較屬於系統及持續性的政策考量工具，而工業減廢採用整體性的觀點來觀察，我們可將其減廢效益延伸到廠房以外，尤其工業生態施行廢棄物交換與資源利用最大化之後，工業減廢其實是永續發展承前啟後的媒介或工具，除了增加環境蓄積及自然資本投資（Natural Capital Investment）之外，更帶領企業更接近永

續發展。

### 第三節 中衛體系

中衛體系是產業生態化發展之連續帶的過程中的一個推動機制。本節將試圖透過中衛體系的理論基礎，闡明其進行的合作體系與團結圈，並藉由推動的工業減廢輔導體系形成的資源循環回收連，進一步說明產業生態化從組織層面擴張至產業社區的階段。

#### 一、中衛體系之理論基礎

有鑒於產業間與企業間分工合作之日益重要，政府早於 1984 年便指示經濟部工業局參照國內產業現況訂定「建立中心衛星工廠制度計劃」，積極倡導產業合作與專業分工之中心衛星工廠制度，並於 1990 年委由「財團法人中衛發展中心」執行，以協助企業擴大建立中衛制度，加速促進產業升級，進而增加對外競爭力。以台灣中小企業偏高之產業結構而言，若是上、中、下游之產銷結構未能充分協調，甚至持有以往各企業單打獨鬥、惡性競爭之現象，則產業之整體競爭力將會因此削弱，更難以應付白熱化之國際競爭。

政府推動中衛計劃有下列四項使命：(1)建立中衛制度，以合理化專業分工，穩定國內產業之產銷秩序；(2)強化體系合作，以體系合作方式達到合併之實質助益；(3)強化體系體質與經營水準，以促進產業升級；(4)強化企業從業人員團隊合作精神，以提升勞動生產力及品質水準。為使中心衛星工廠達致效果，工業局訂定了五個機制，即是相互觀摩、經驗分享、教育訓練、聯合稽核及核心成員定期開會。

表3-4 中衛體系之推展機制

方法	例子
1、相互觀摩	辦理體系觀摩交流活動 推動體系聯誼會 辦理團結圈競賽交流活動
2、經驗分享	推動建立示範體系並舉辦發表會 推動一般性輔導及聯合輔導 推動主導性功能輔導 發行刊物、宣導中衛理念
3、教育訓練	推動體系教育訓練並培育師資種子 推動團結圈師資種子培訓 宣導及辦理團結圈登記
4、聯合稽核	協助訂定體系管輔辦法及長期契約 辦理體系評鑑、登錄作業 辦理團結圈診斷、輔導及課程研發
5、核心成員定期開會	進行體系開發宣導 協助訂定體系推動計劃 建構第二體系

資料來源：引自經濟部（1996）；產基會（1997）。

中衛合作體系的分類可分為兩種型態，一為垂直分工合作體系（又稱中衛合作體系），乃是由產銷分工達成經濟規模效益所形成產業上、中、下游廠商合作，此類又可分為V1與V2兩類。V1類是經由合作廠商提供零組件組成整體產品中心之中心工廠與直接供應零組件之衛星工廠所組成；V2類是由生產中間原料共給下游工廠的中心工廠，以直接接受上、中游工廠原料加工製造最終產品之衛星工廠所組成。而第二種分類為水平分工合作（HO），乃是基於互補互惠之原則，整合非垂直同業或異業團體，進行資源共享，藉以創造新利基，進而提昇整體系統競爭能力者。

中衛體系形成以後，各水平體系企業間以相輔相成、共存共榮之理念，結合資源進行經營同步、管理同步、及生產同步之群體合作，所形成的垂直、水平分工體系，進而健全產銷

體系，衍生新利基，提昇合戶作企業個體及整體之競爭能力。經濟部工業局繼續地推動中心衛星工廠制度，進行產業政策規劃及投資促進及全國團結圈活動分項推動。為提升製造業合作競爭力分項推動，從發展合作體系結構、提升合作體系廠商經營體質、促進產業上、中、下游合作這方面著手。迄 1999 年 1 月止，登錄中衛體系即有一百八十八個，參與的廠商數超過三千家（經濟部工業局，1999）。

## 二、工業減廢中衛輔導體系（資源循環回收鏈）

1995 年八月起，由經濟部工業局提供推動計畫經費，並配合台灣產業服務基金會的技術輔導，共同創新執行中衛體系工業減廢輔導工作，藉由中心廠與衛星工廠間的互動關係，帶領更多的中小型工廠推動工業減廢工作。「中衛體系」建構了大企業與其上下游協力廠商之間的互動關係，透過良好的溝通與密切的配合可打成共同提昇產品品質之目標。圖 3-7 為經濟部工業局於 1996 年度起推動「工業減廢中衛輔導體系」之結構，迄今已先後輔導東元電機、正隆紙業、聲寶公司、明碁電腦、旺宏公司等九個產業體系，成立並推動工業減廢中衛輔導體系，並獲得豐碩的成果。

產基會分別於 1996 年度及 1997 年度取得東元公司與正隆公司的支持與配合，以「中衛體系」的模式推動工業減廢工作，證明工業減廢中衛輔導體系是將減廢工作落實至中小企業的良好方，並且可達成共同提昇環境品質之目標。以東元電機為首的減廢中衛體系，乃以東元觀音廠為中心工廠，而納入體系的工廠共有十八家，涵蓋的行業包括：板金機械業、馬達動力業、家電業、電子零件業、印刷電路業、鑄造業、塑膠加工業、鈹金加工業、銅管加工業、包裝材料業等，其中涉及產業技術層面涵蓋電機、電子、化學、高分子、材料、機械、鑄造及自動控制等領域（經濟部，1996）。

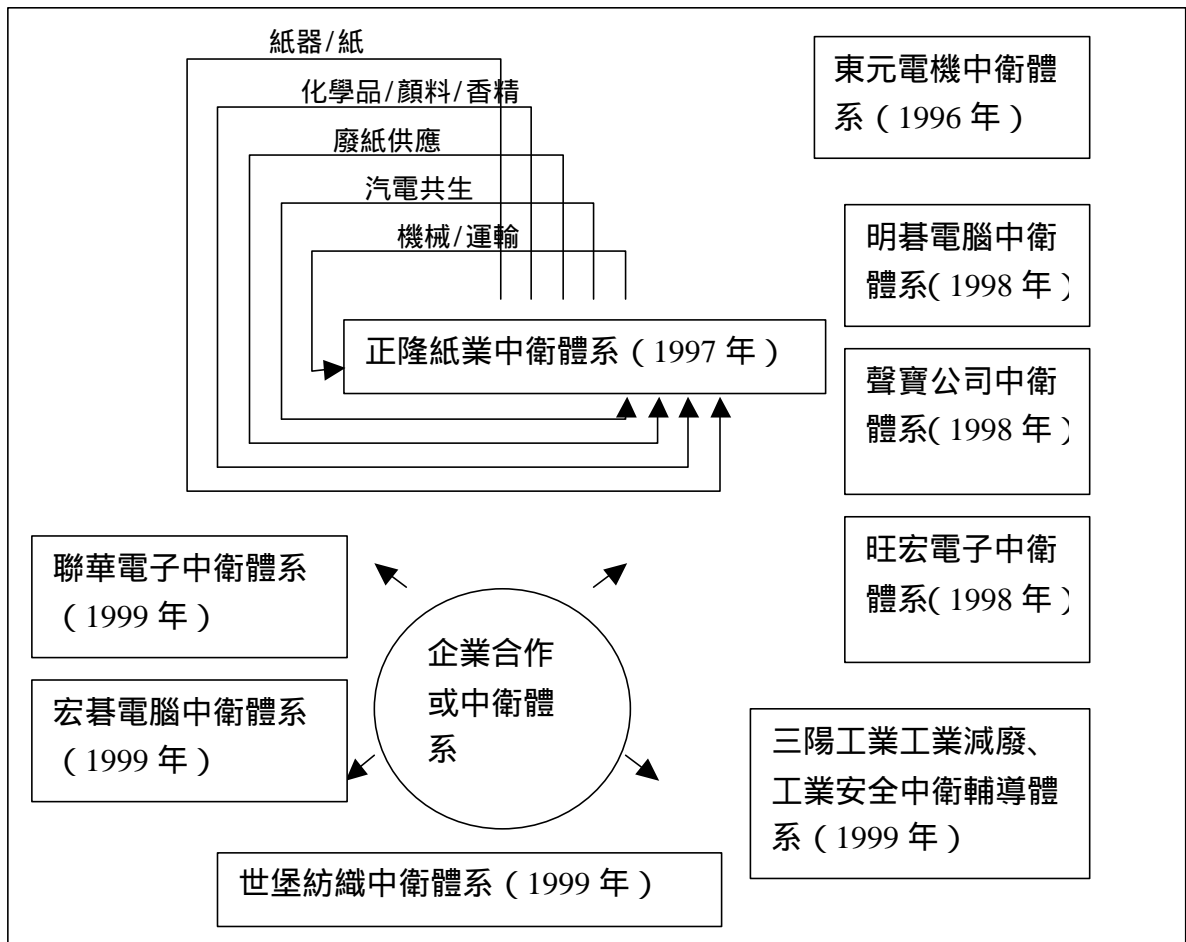


圖 3-7 經濟部工業局推動之「工業減廢中衛輔導體系」結構

(一) 正隆工業減廢中衛體系

正隆紙業公司中衛體系十五家工廠中，經歷一年的推動工作，平均每一工廠提出七十三件減廢提案，平均效益達到六百六十六萬元。此外，該體系也促成本土性造紙生態的形成，從生產上下游循環體系的結合，減廢、減費以提昇競爭力，期待產業朝向產業生態化及永續發展方向邁進。圖 3-8 為正隆公司工業減廢中衛輔導體系之策略，基本上是遵循 PDCA 的邏輯，達到群體共同進步的目標。

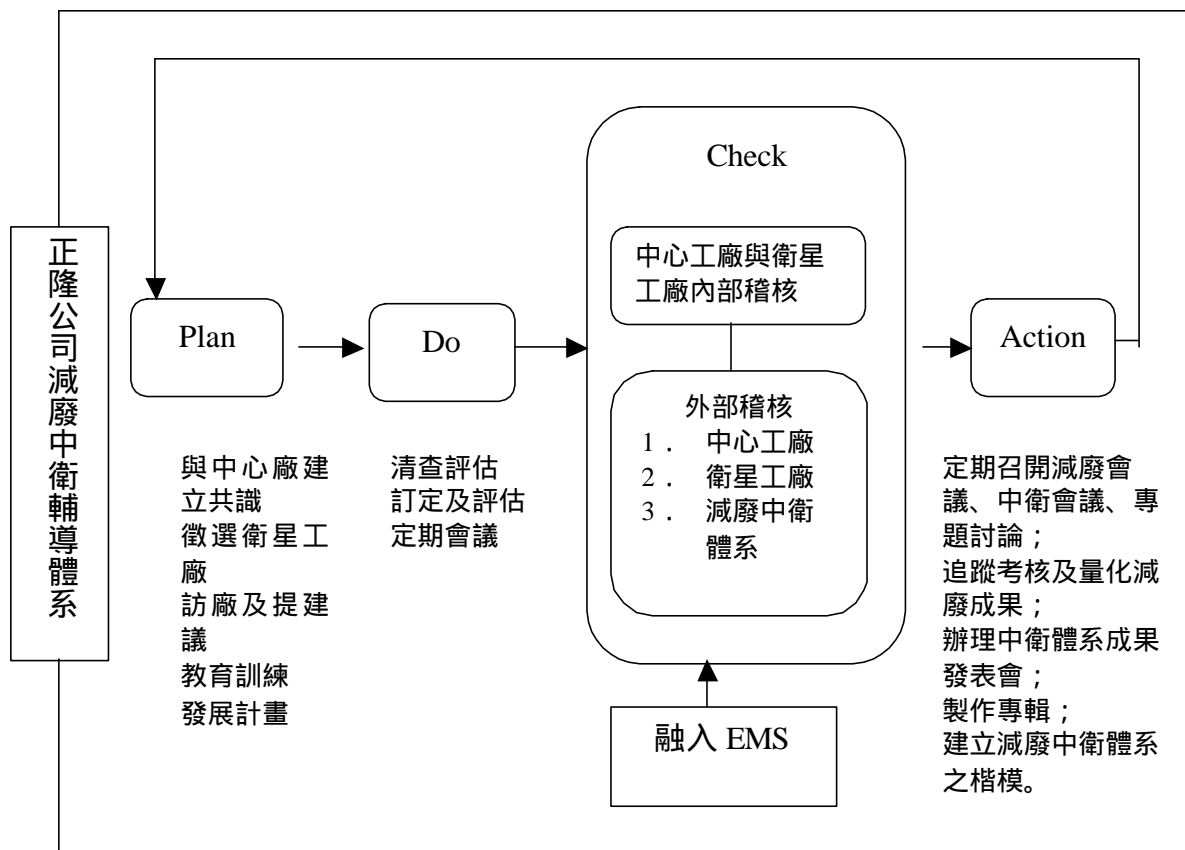


圖 3-8 正隆公司工業減廢中衛輔導體系之策略

資料來源：引自產基會（1997）。

正隆紙業工業減廢中衛輔導體系，經說明會與邀約、訪廠、接受為其衛星廠申請輔導函，終於在 1996 年 11 月初完成體系之籌組工作。本體系共納入七個行業，涵蓋上下游之化工製造業、廢紙回收處理業、機械業、汽電共生業、紙器製造業、運輸業等，參與的廠商達到十五家，其中中小型企業佔了 71 %（資本額小於或等於新台幣六千萬元者）。圖 3-9 為正隆工業減廢中衛輔導體系之資源循環回收鏈，其特色在於上下廠商藉由廢紙回收、資源再生工廠及其他供應鏈等，形成環環相扣的體系型態。

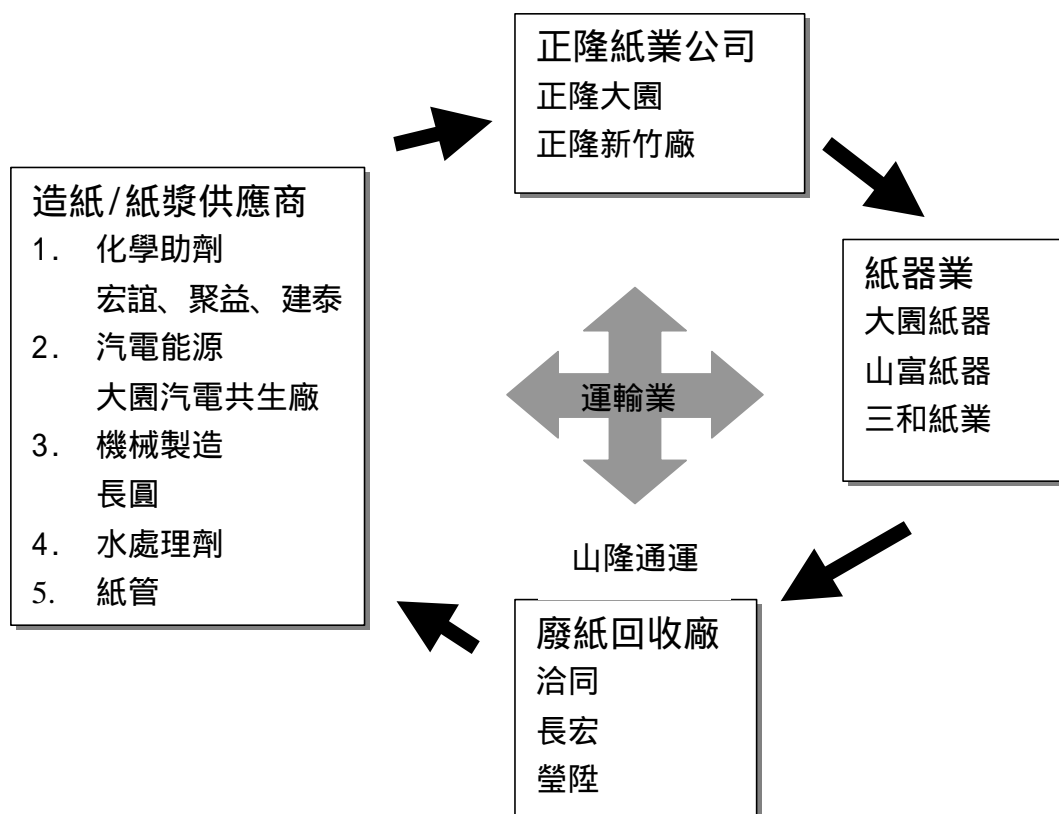
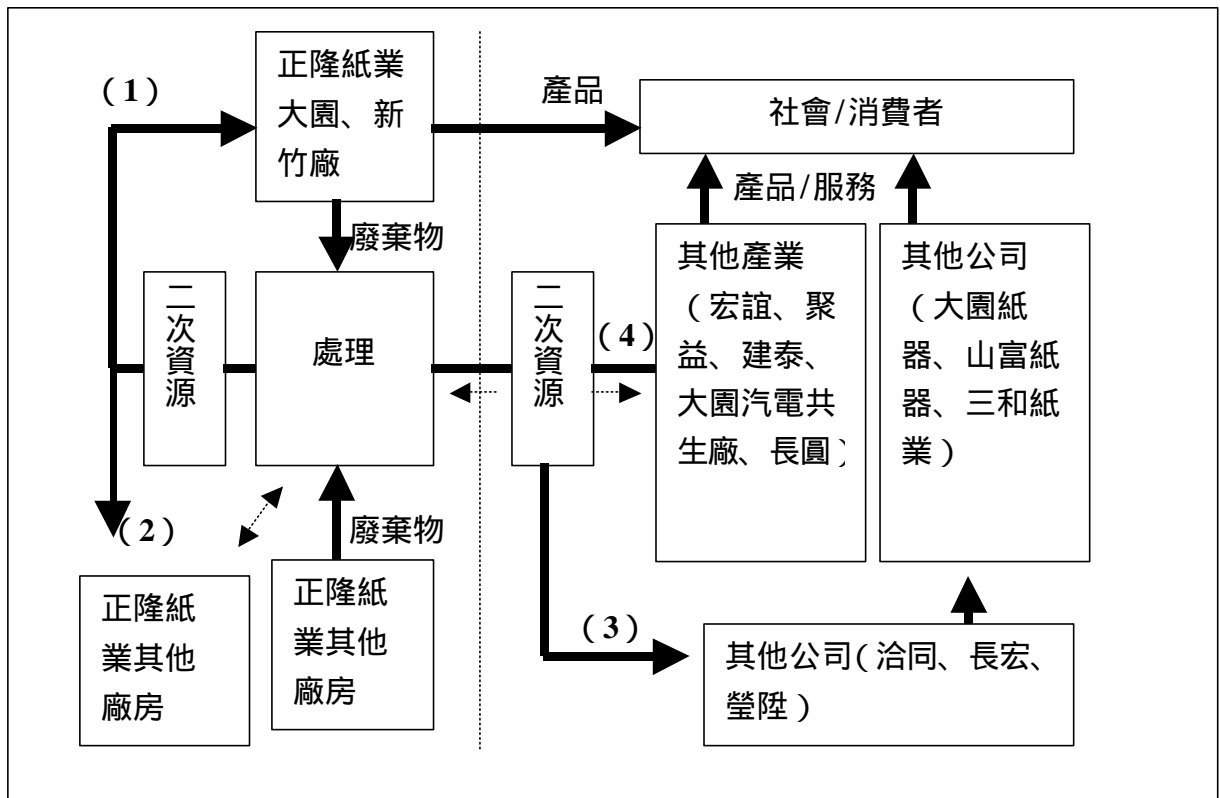


圖 3-9 正隆工業減廢中衛輔導體系(資源循環回收鏈)

資料來源：引自產基會 (1997)；鍾啟賢、胡憲倫 (2001)。

在正隆紙業實施之「減廢中衛輔導體系」下，其實也誕生了一個迷你的產業生態化體系。正隆紙業在廠房內可進行一般之工業減廢政策，廠房外如設在不同區域的廠房共同處理廢棄物與循環使用。圖 3-10 之正隆迷你產業生態化體系顯示，正隆也可與其他公司、或不同產業共同處理廢棄物及循環使用，提供同等質或量的產品與服務給社會中的消費者。廢棄物資源化不僅減少處理成本，亦在永續發展的觀念上達到了實際的功效。



註：(1) - 廠房內( In-plant );( 2 ) - 廠房外( Ex-plant );( 3 ) - 跨越公司( Cross-Industry );  
 ( 4 ) - 跨越不同產業 ( Cross-border )

圖 3-10 正隆迷你產業生態化體系

資料來源：引自鍾啟賢、胡憲倫（2001）。

## (二) 半導體產業工業減廢中衛體系

以半導體產業為主的減廢中衛體系於 1997 年 10 月 24 日正式成立，旺宏工業減廢中衛體系及其他五家半導體產業，成為國內首個推動半導體產業減廢中衛體系的推動核心廠，成員計有二十二家。



表 3-5 台灣半導體產業工業減廢中衛輔導體系成員

推動核心廠	衛星工廠
<ol style="list-style-type: none"> <li>1、旺宏電子股份有限公司</li> <li>2、台灣信越半導體股份有限公司</li> <li>3、台灣應用材料公司</li> <li>4、中德電子材料股份有限公司</li> <li>5、伊默克化學公司</li> <li>6、昇利化工股份有限公司</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、匯僑股份有限公司</li> <li>2、漢民科技股份有限公司</li> <li>3、日月光半導體製造股份有限公司</li> <li>4、台灣極水股份有限公司</li> <li>5、啟德機械起重工程有限公司</li> <li>6、仲燙工程股份有限公司</li> <li>7、龍泰事業股份有限公司</li> <li>8、鑫成科技股份有限公司</li> <li>9、上元化學工業有限公司</li> <li>10、矽品精密工業股份有限公司</li> <li>11、三福化工股份有限公司</li> <li>12、觀鼎企業有限公司</li> <li>13、愛迪亞實業公司</li> <li>14、大延企業有限公司</li> <li>15、台灣波律股份有限公司</li> <li>16、中麟營造股份有限公司</li> <li>17、翔名科技股份有限公司</li> <li>18、正美化工有限公司</li> <li>19、矽豐股份有限公司</li> </ol>

資料來源：引自徐嘉立、張君正（1998）。

目前，有鑒於環境保護與工業安全對企業而言是一體兩面的工作及使命，因此工業局於 1999 年度起更完整的提供業者整體性之環保、工安技術輔導，並委託台灣產業服務基金會等單位推動「工業減廢、工業安全中衛輔導體系計畫」。經台灣產業服務基金會公開徵選中心工廠，於多家報名企業中，考量中心工廠高層的支持程度、推動幹部的配合程度、中心工廠的帶動力、對衛星工廠的影響力、未來推廣的擴散層面等因素後，遴選出三陽工業與世堡紡織為 1999 年度工業減廢、工業安全的中衛輔導體系的中心工廠。本研究截稿為止，工業局於 2000 年 8 月 11 日進行工安衛中衛體系之輔導，分別為虹光精密、力山工業、東展興業、飛利浦、福特六和、豐泰、中興電工、旺宏電子等八個體系，共有一百一十三家廠商參與此項活動，涵括的產業十分廣泛，包括汽車、機械、電子、電機、石化、紡織、皮革、鋼鐵、樹脂、印刷、紙器、特化、沖壓、電線電纜、塑、橡膠製品、運動用品等（經濟部工業局，2000/8/11）。

若將政府推動工業減廢與工安衛中衛體系的發展歷史加以仔細分析，得知中衛體系推動成功的關鍵因素有下列三點：

#### 1. 因應時勢所需

政府有感於產業界的需求而推出「建立中衛體系」的觀念與做法，正好切合實務的需要，故能激發業界配合之意願，使得推廣之工作能順利進行。工業減廢與工安衛是各國推行已久之環境管理策略，並且證明此策略可達致環境與經濟效益。隨著國際間企業競爭激烈、環保壓力加深的情況，消費者所要求產品或服務的品質亦相對提高。在我國目前產業分工日趨專業及中小企業密集的環境下，較大型企業亦深感受到若其協力廠商無法共同提昇環境與品質訴求，則本身的成長將受到限制。

#### 2. 政府單位全力支持政府

由經濟部工業局主導，除了設置專業機構（中衛發展中心）外，在塑造有利環境及政策工具的運用方面上更是不餘遺力。從「中小企業發展條例」及「促進產業升級條例」中可發

現，政府有七大政策工具對於「工業減廢與工安衛中衛體系」的推行有極大的助益，這七大工具為：租稅減免、融資優惠、政府投資、政府採購、專案輔導、人才培訓及行政簡化。此外，經濟部亦結合中國生產力中心、工業技術研究院、金融發展中心、省屬行庫聯合輔導中心等單位辦理中衛體系的評鑑或輔導等工作，充分結合了政府可運用的各種資源。

### 3. 推動策略正確

政府在推動「中衛制度」時，除運用政府資源外，亦充分結合各種民間力量，並以完整的推動策略讓業界漸漸接受此觀念，再進而建構體系及運作體系。在推展作業中，除各媒體的運用外，建立「示範體系」為初期的重點工作。此種以實例為證的宣導方式可謂是最佳的宣導利器，可收事半功倍之效。雖產業結構、中衛體系之產業類別有明顯的行業差異，然而同處於島型經濟的環境下，亦有許多相似之處，諸如：大部分中心廠皆有外包需求、未來更需面臨國際性廠商之競爭等，此乃為形成產業共生的前奏曲。

## 第四節 生態化工業園區體系

工業區的規劃可以說是一個地區之經濟成長搖籃，尤其是富有極高經濟附加價值的科學園區或高科技發展為主題的工業園區，更是每個縣市渴望獲准設立的一件大事。然而，「台灣需要幾個科學園區？」及「科技全球共享，環境在地承擔」的反思，顯然地成為未來科學工業區設置的主要考量。因此，產業生態化體系及產業生態學化園區（EIPs），頓成了工業區規劃的新考量面向。

本節將闡述國內工業區規劃的發展，分別論述台灣地區工業區之編定開發要素及原則，作為國內產業生態化發展的重要驅動機制之一。

### 一、國內工業區規劃的發展

近年來台灣高科技產業急速擴張，環境措施卻發生「跟不上」的問題。新竹科學園區廠商每天產生的廢棄物，相當於廿萬人一天製造的垃圾量，每天製造十萬五千九百公噸廢水，

雖經過園區污水廠處理後排放，但現行放流水標準未涵蓋廢水中所有污染物質，導致客雅溪持續呈現中度至嚴重污染狀況，園區地下水更監測出超過飲用水水源水質標準。此外，新竹科學園區人工湖畔雨水溝發現紅色污水，經查證乃是園區廠商偷排的污水。此污水更被發現在新竹地區隆恩川支線，導致沿線約五公里的川溝魚屍遍溪，引發社區民眾向環保局抗議(自由電子新聞網，2001/5/13)。

伴隨著多年來社會經濟發展的結果，工業區內的各個事業機構及工業區四周的社區民眾，對於生產空間生活化、人性化及生活環境權的需求日漸提高，已經凸顯傳統的工業區之經營管理體系不再能夠滿足社會整體發展之需要。表 3-6 為工業區規劃理念的變遷，呈現由工廠至工業區之沿革發展階段。工業區已經從初期工廠的出現與成長階段，逐漸邁入複合化、專業化、多樣化階段、機能高度化階段及搭配式 (Colocated) 的產業關聯階段。工業區的規劃理念亦發現已經漸漸的從當初的隔離方式及技術密集等觀點，開始運用產業生態學的觀念來進行工業區的策劃與發展，共同地處理廢棄物及資源化的工作，取得經濟與環境的雙贏局面。

表 3-6 工業區規劃理念之變遷

變遷概況	重要特徵	規劃理念的觀點
階段一：工廠位於都市之內； ↓ 家庭工業的生產方式。	工廠的出現	以隔離方式為主。  集體隔離的方式。 大規模工業區的提供。  技術密集之據點的形成。  與都市機能的融
階段二：於郊外設置工廠； ↓ 工廠逐漸大規模化； 開始對環境保護的重視。	工廠的成長	
階段三：工廠逐漸大規模化； ↓ 設置工業區； 工業用地需求的擴大。	工業區的出現 大規模臨海工業地帶的形成。	
階段四：產業結構的軟體化。 ↓	產業區性質的多樣化 (如研究園區等)	
階段五：需求的高度化；	複合性產業區的出現。	

↓	大規模開發內陸產業； 用地的日益困難。	與都市機能結合及互補的 產業區。	合； 都市機能的重現。
	階段六：漸注重產業共生關係； 先進國家之趨勢； 社區對傳統園區開發機制 漸施重壓；	搭配式（Colocated）的產 業關聯在工業區出現； 注重資訊及物質流向的產 業園區文化。	產業生態學

資料來源：修改自林建元（1993）。

## 二、台灣地區工業區之編定開發要素及原則

台灣地區工業區之編定開發，是依獎「勵投資條例」或「促進產業升級條例」等有關規定辦理。自 1960 年至 1998 年，已編定完成之工業區合計有一百四十二處，面積 31,853 公頃。其中由工業主管機關開發計有七十四處，面積 28,934 公頃；民間開發計有六十八處，佔地 2,919 公頃。有關工業區區位設置的原則如下：(1)結合生活圈建設，規劃工業區區位；(2)因應產業結構轉變，規劃工業發展區位；(3)疏導過密地區工業發展，減緩集中發展壓力；(4)改善發展遲緩地區發展條件，引進適當產業。

為配合發展亞太營運中心，提昇工業區品質支援企業研發、生產及行銷能力，設置智慧型或以高科技發展為主的工業區（如表 3-7）。智慧型工業區的設置原則，計有(1)由中央地方政府規劃設置或訂定輔導辦法，鼓勵地方政府進行開發；(2)依需要單獨設置或於大型工業區內劃設專區設置；(3)提供現代化的管理及一元化服務；(4)與相關發展條件及產業特性結合，並與國家資訊通信基本建設計畫 NII 及財團法人研究機構之產業技術服務密切配合。

表 3-7 智慧型工業區之計畫設置

園區類別/名稱	地點	面積 (公頃)	開發時程
1、科學工業園區			
◆ 新竹科學工業園區 (第三期)	新竹市	597	82.01-86.12
◆ 新竹科學工業園區 (第四期)	苗栗後龍	356	規劃中
◆ 台南科學工業園區	台南新市	597	規劃中
2、科技工業區			
◆ 台南科技工業區	台南市安南區	695	84.08-90.06
◆ 雲林科技工業區	雲林斗六	590	84.08-89.05
◆ 新竹科技工業區	新竹市	評估中	規劃中
3、軟體工業園區			
◆ 南港軟體工業園區	台北市南港區	8.1	84.07
◆ 台中軟體工業園區	台中市西屯區	28	規劃中
◆ 南部軟體工業園區	南部地區	評估中	規劃中
4、航太工業園區			
◆ 台中航太工業園區	台中縣大雅鄉	200	86.01-88.12
◆ 南部航太工業園區	南部地區	評估中	規劃中
5、生物科技園區			
◆ 新竹生物科技園區	勘選中	評估中	規劃中
6、創業園區			
◆ 台中創業園區	台中市	2	規劃中
7、研究園區			
◆ 青山研究園區	桃園縣	約 65	待國防部同意後即可成立
◆ 龍園研究園區	龍潭鄉	約 50	
◆ 龍門研究園區		約 25	
◆ 台中研究園區	台中縣清泉岡	評估中	

資料來源：引自中華民國八十四年工業年鑑 (1995)。

另外，配合智慧型工業區之計畫設置的事項計有：(1)由經濟部訂定智慧型工業區開發管理輔導辦法；(2)應實際政策需要，部分智慧型工業區土地及設備，得由工業區開發管理基金投資開發；(3)請交通部配合智慧型工業園區之開發，投資興建國家資訊通信基本建設計畫

NII 配合之資訊通信網路，以出租方式提供民間使用，基金若有不足，建請國庫撥充；(4)由經濟部協調財團法人研究機構配合智慧型工業園區之開發，建立技術服務設施，提供完善之服務；(5)請內政部、環保署配合加速辦理有關工業區編定之作業；(6)請行政院人事行政局配合專案，同意政府增設智慧型工業園區所需要的管理服務人員（*中華民國八十四年工業年鑑*，1995）。

從以上工業區開發原則、發展及現時規劃的工業發展區位，並未採納產業生態學的觀點。目前工業園區的規劃大都以「主題式」或高科技產業有關，亦可預見「單元化」的園區性質，及加上「一元化」的產業政策，要形成科學園區之零排放或生態化工業園區機制，相信將是園區管理者、產業、技術研發者、政府所面對的嚴峻考驗。關於國內的生態化工業園區規劃行動，除了工研院於 1998 年國家永續會的報告，得到中央主管口頭承諾外，並未見更進一步的整合計劃（巢志成，1998）。迄至 1999 年，工業局方開始試圖以彰濱工業區及台南生物科技園區為例，進行生態化工業園區概念的相關計劃。

## 第五節 虛擬生態化工業園區體系

新竹科學園區規劃發展至今的二十年，藉以其成就使「科學園區」作為產業成功的搖籃，已經成為國家經濟發展的驅動力模式。新政府未上台執政前，已承諾在高雄路竹與台中增設第三、第四個科學園區，前後結合第一與第二之新竹與台南科學園區，全力發揮產業群聚（Cluster）效應，吸引高科技產業的投資及傳統產業的提昇與轉型，進而實現「綠色矽島」的理想。

本節主要以「綠色矽島」規劃理念，做為國內產業生態化推展之最高階段的聯想。基此，從環境流量（其實相當於之前談到的物質流向分析）及生態與環境存量加以管制，以達「綠色矽島」的理想。

## 一、環境流量

2000 年的新世紀國家建設計畫指出，主要有兩項能夠提昇環境力的對策：第一，完善市場機制，克服市場失靈，促進環境與經濟發展的良性互動；第二，改善環境法規與執行，避免環境與經濟發展的衝突（行政院經濟建設委員會，2000）。因此，為有效遏止或扭轉國內生態及環境赤字（Ecological Deficit）的日漸擴大，應積極採取鼓勵環境永續成長的總體政策，即建構一套與環境保護相配套的經濟政策、環境政策、科技政策及社會政策。這亦說明，環境力的提昇有賴於這縱向的政策進行整合以達到整體目標。圖 3-11 為「綠色矽島」的政策架構，藉以此架構層面即綠色技術、綠色生產及綠色消費等方向的發展，以此做為產業生態化發展的藍圖。



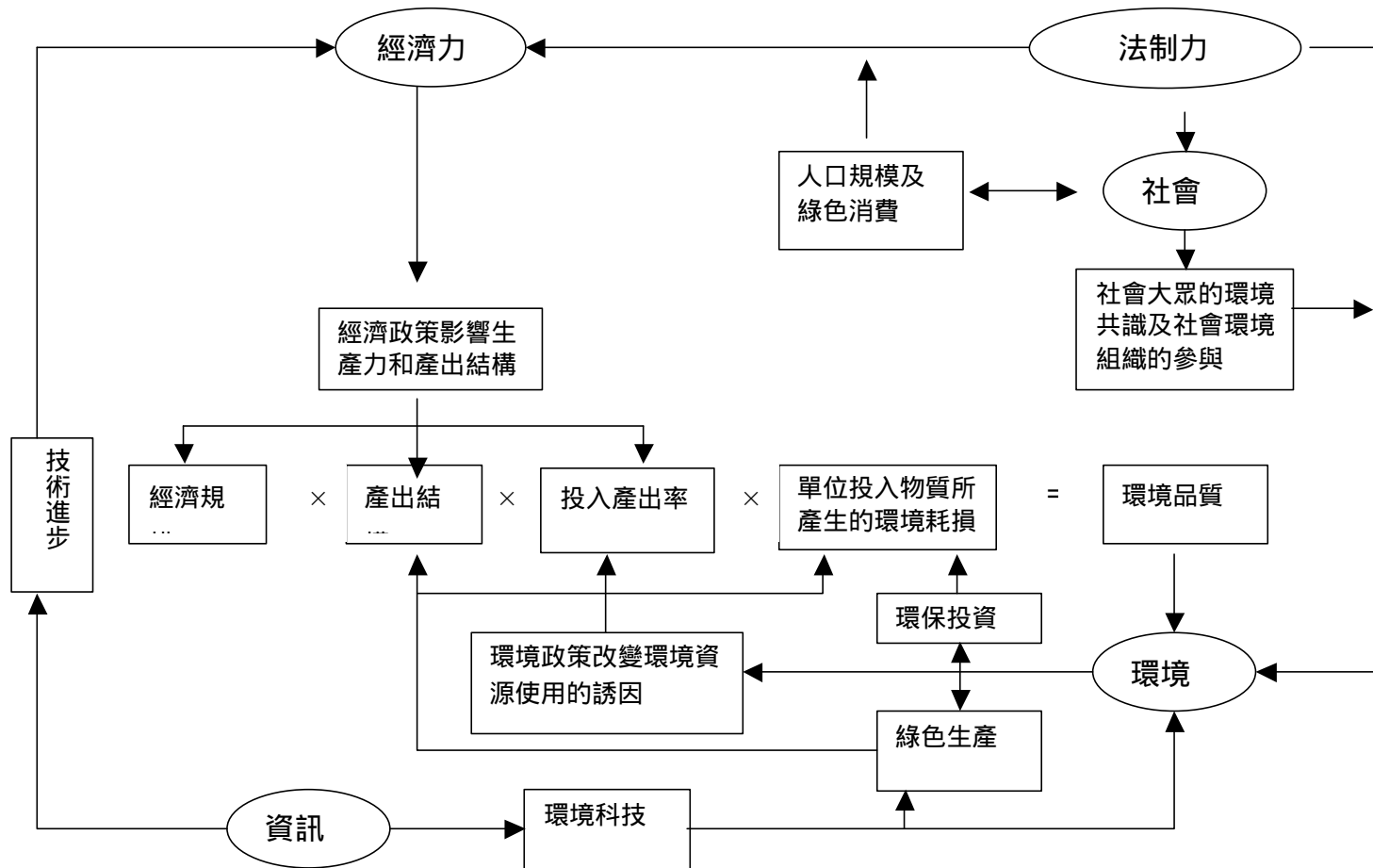


圖 3-11 「綠色矽島」之政策架構

資料來源：引自行政院經濟建設委員會（2000）。

## 二、生態與環境存量

國內在過去重工業化的過度擴張下，使生態環境的破壞日趨嚴重。隨著每人 GNP 的增加，水污染逐漸嚴重，固體廢棄物日漸增多，對物種生態的干擾上升，這種種的現象，讓人不得不在目前的經濟發展中加以反思及調整，並透過政策及擬定措施來緩和危機。也就是說，政策的施行必須要徹底的推動永續發展與架構調整（如圖 3-12）。

台灣永續發展策略的加速推動，將有助於綠色科技的研發及其在綠色建築、綠色生產及消費上的應用，不但可緩和或克服污染、健康及勞動生產力間的問題，並可進一步發展生態化工業，推動產業轉型與升級。國家經濟建設在未來將以生態化園區作為工業區或科學園區的新發展模式。隨著國內環保意識高漲，事業廢棄物處理規定愈趨嚴格，積極發展台灣生態化工業園區，促進能源與資源的有效利用，應是建設台灣「綠色矽島」的可行策略之一。

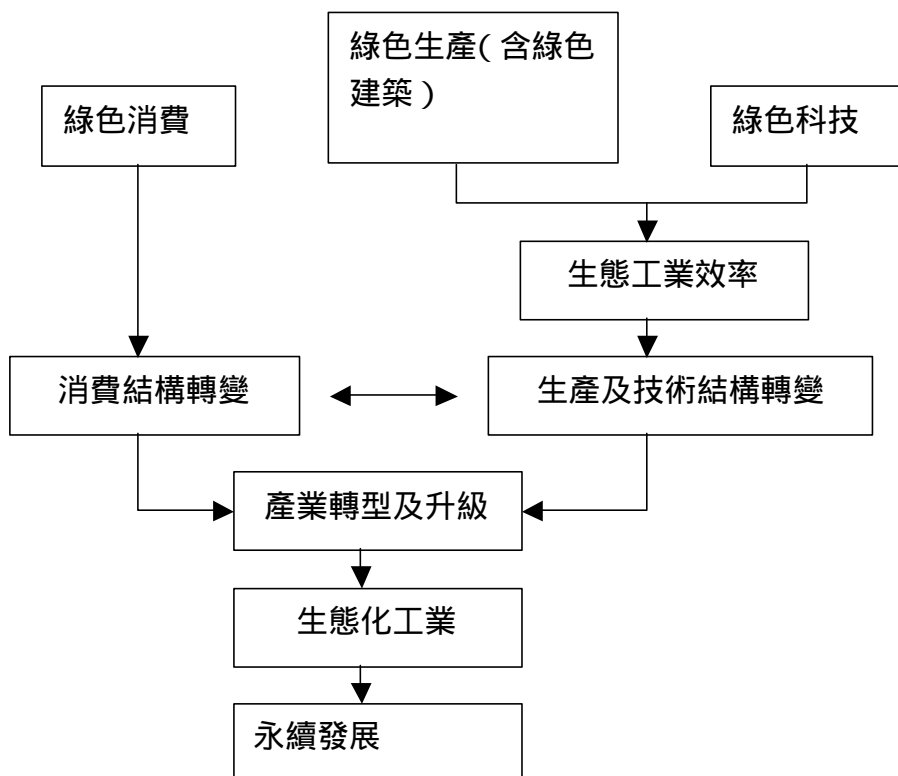


圖 3-12 永續發展與結構調整圖

資料來源：行政院經濟建設委員會（2000）。

## 第肆章 國內產業生態化體系發展架構之分析

本章將針對國內驅動 IE 發展的機制，或進一步說是產業生態化體系發展的五個層次系統及架構，即事業廢棄物交換及資源化系統、工業減廢及污染預防系統、中衛體系、生態化工業園區體系及虛擬生態化工業園區體系，做出以下的分析探討：(1) 由於整個生態化體系的發展架構不完全成形，因此採用情境分析法 (Scenario Analysis) 及個案分析法，模擬出五個系統構面來進一步進行生態化發展進程之討論；(2) 對於以上的生態化體系發展架構所建議的 IE 發展機制進行 SWOT 分析，加以探討其落實的可行性及考量的因素；(3) 針對上述五個生態化體系發展架構的機制，做出經濟與環境效益指標分析，進一步探討產業生態化發展的效益；(4) 產業生態化體系發展架構之分析結果。

### 第一節 產業生態化體系之發展架構

觀察國內施行的產業政策，我們可發現產業生態化發展體系的三個系統（廢棄物交換及資源化系統、工業減廢及污染預防系統、中衛體系）已經落實。本節將對此三個系統機制進行個案的探討，透過個案的分析加以探討其資源化 / 生態化的過程繼面對的問題。第四及第五個系統機制（生態化工業園區體系、虛擬生態化工業園區體系），前者目前仍然在規劃的階段，而後者為本研究的構想，因此藉由情境分析來探討一個更為充實的生態化體系之發展架構。

為建構此五個生態化體系之發展架構，本節先說明五個層次系統的範圍：(1) 廢棄物交換及資源化。此層次在於建立 IE 的機會基線 (Baseline Opportunity)，此機會基線乃是以仲介的關係，在各別行業或廠商之間建立廢棄物資源化的功能，從中減少廢棄物提供者的處置成本及需求者的原料成本。(2) 單一廠房。此內部資源循環使用的方式，節省資源及減少浪費。(3) 單一產業。將內部的資源循環使用的範圍擴大，與上游的廠商形成技術上的合作與共同處理廢棄物物的問題。(4) 多種產業。利用資源生產力的概念，在一個綜合工業區內進

行規劃多種產業的共同與互補的生產模式。(5) 擴越時空。將資源生產力的概念擴大至超越單一工業區廠址，進行虛擬化的管理。

圖 4-1 說明產業生態化發展架構之分析，指出台灣產業生態化的發展模式，乃從「單向」的資源化逐漸的趨向「雙向」的生態化發展。本節將探討不同機制的資源化 / 生態化，機制 1 - 3 採取個案 / 實證分析，以「事業廢棄物資訊交換服務中心」、正隆紙業及正隆減廢中衛體系（資源回收鏈）為例，分析廢棄物交換及資源化、工業減廢及污染預防、污染預防計產業共生之資源化 / 生態化發展進程。機制 4 - 5 則採用情境分析，以台南生技園區及「綠色矽島」為例，探討「實體」(physical) 及虛擬 (Virtual) 的發展。

個案 / 情境分析	
機制 1 廢棄物交換及資源化 (IE 的機會基線)	「事業廢棄物資訊交換服務中心」藉由交換及資源化途徑，使兩家企業(或以上)達到 IE 的機會基線。 - 以工研院化工所「事業廢棄物資訊交換服務中心」為例。
機制 2 工業減廢及污染預防 (組織內部資源循環)	企業組織採取「積極」的環境管理策略，從「管末處理」策略至污染預防策略。 - 以正隆紙業為例。
機制 3 中衛體系 (污染預防 + 產業共生)	藉由政府推動讓中小企業升級之途徑，獲得企業界響應，成立中衛體系之中心與衛星工廠，形成產業共生體系。 - 以正隆工業減廢中衛體系為例。
機制 4 生態化工業園區 (生態化工業園區成長)	由政府推動產業生態化體系，如建立「示範性生態化工業區」及「示範性產業生態化產業體系」。
機制 5 「綠色矽島」體系 (虛擬生態化工業園區)	配合政府推動之「綠色矽島」施行的「三化」、「五力」政策，以產業生態學觀點建構「永續性之綠色矽島」，提供環境服務。

圖 4-1 產業生態化體系發展架構之分析

資料來源：修改自 Martin *et.al.* (1996)。

#### 一、個案 / 情境 1 - 「事業廢棄物資訊交換服務中心」

廢棄物交換乃是產業生態化連續帶的發展過程中之第一個階段。雖然「交換」乃是產業生態化過程中的基本原則，但是自分析「事業廢棄物交換資訊服務中心」歷年來的成果，顯示廠房之間的交換僅只在於固體及液體狀態的事業廢棄物，事實上與封閉迴路式的物質流向（包括固體 / 液體 / 氣體）還有一大段距離。此階段的生態化乃在於將各別產業的廢棄物進行交換，並達致廢棄物資源化的功能。目前的「事業廢棄物資訊交換服務中心」之角色，乃在於尋求廢棄物的供需雙方達致 IE 的機會基線。

在探討事業廢棄物的交換過程中，以下幾點可作為此機制資源化 / 生態化發展的主要分

析依據：(1)登錄「提供廢棄物」筆數與噸數之變化情形。廢棄物的資訊提供說明產業的結構。藉由其筆數與噸數的變化，可以推估該廢棄物的處理成本問題，例如處理的成本昂貴，造成廠商願意利用此管道處理廢棄物的問題。(2)登錄「需求廢棄物」筆數與噸數之變化情形。此資料的變化可預估生產原料的成本與資源化的效益問題，換言之，該廢棄物的資源化效益高，使廠商願意處理別家廠商的廢棄物問題。(3)廢棄物成功交換之筆數與噸數之變化情況。此資料可說明供需雙方的意願達致資源化的經濟效益。

圖 4-2 乃是在「事業廢棄物交換資訊服務中心」交換體系下的產業關聯及在交換過程中形成的 IE 機會基線。根據「事業廢棄物交換資訊服務中心」歷年來的廢棄物成功交換資料顯示，若按照行業別來區分，至少有十種行業參與事業廢棄物的交換，主要有化學工業、食品業、金屬製造業、機械儀器業、石化工業及電子半導體業，所資源化的廢棄物種類包括廢潤滑油、磷酸鈣(98%)、廢有機溶劑、氧化鋁鐵、廢觸媒類、硫酸(95%) / 酸類等。其他則以本身廠房進行回收再利用，例如鋼鐵業、造紙業等。

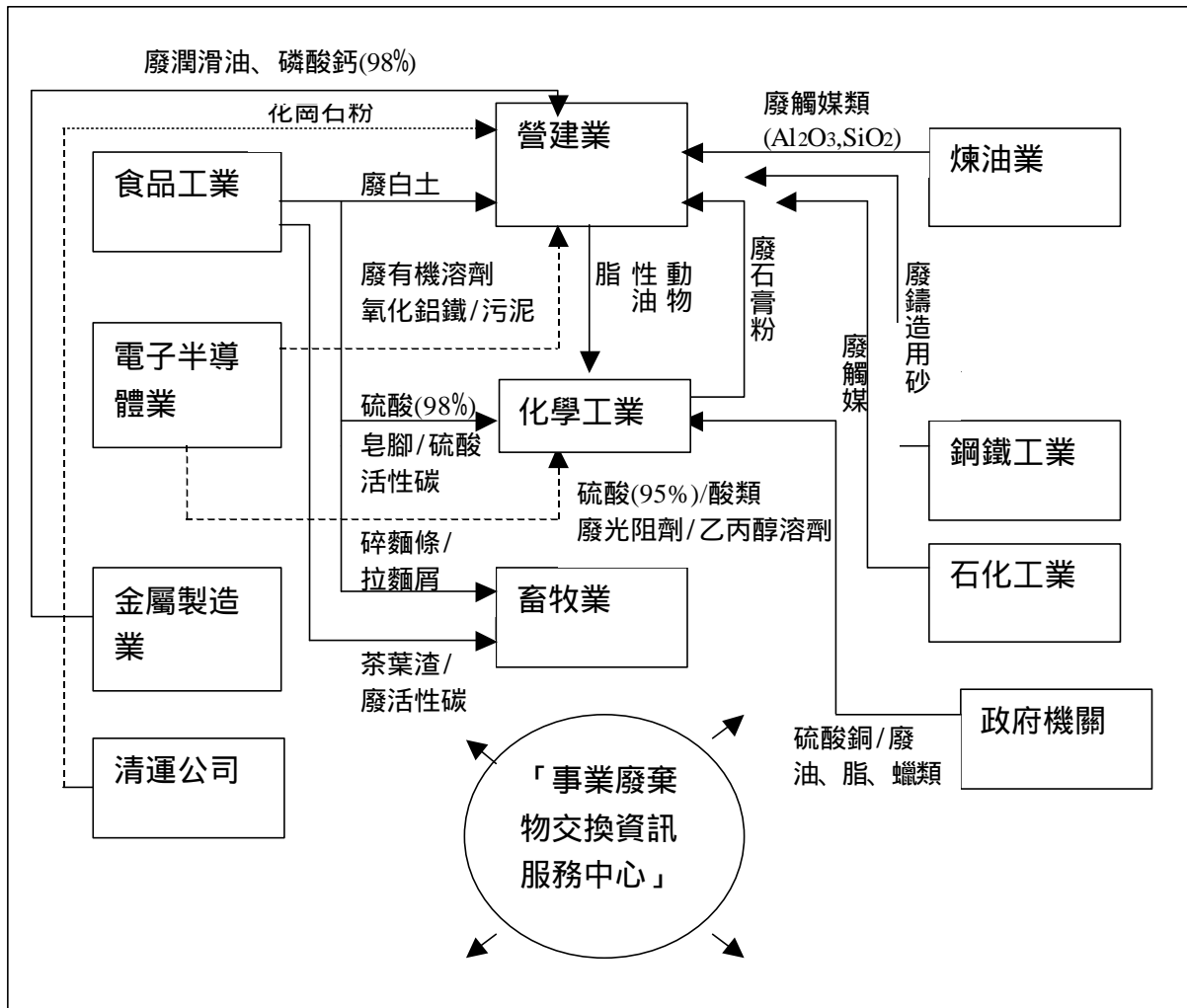


圖 4-2 「事業廢棄物交換資訊服務中心」之物質流向圖

根據「事業廢棄物交換資訊服務中心」歷年來的資料顯示，「提供廢棄物」及「需求廢棄物」的筆數與噸數之變化情形，乃因中心的廢棄物分類法及廢棄物處理或再利用的技術問題。例如，有機化學品與無機化學品登錄「提供廢棄物」筆數最多，此乃因此二種廢棄物組成（歸類）及基本性質差異性大，種類多、數量少，需要較高之處理或再利用技術，業者希望經由交換途徑解決廢棄物問題。相對的塑膠、橡膠、木類、紙類等這些廢棄物不分行業，同質性較高，容易有固定回收管道，因此，登錄提供廢棄物資訊筆數較少。

此外，污泥是登錄「提供廢棄物」之大宗，這是因為此類廢棄物幾乎沒有高經濟效益與利用價值，代處理費用昂貴，又無較適當之處理方法，因此鮮有交換成功之案例，此點暴露出業者在設置廢水處理廠後解決了廢水問題而又產生廢棄物問題的無奈。近年來因大量使用

化學肥料造成土壤酸化，使得使用有機堆肥之風氣再度興起，因為有機污泥可製成堆肥及土壤改質劑，因此，近來詢問之案件有增多的趨勢。

歷年所登錄「提供廢棄物」筆數與噸數之變化情形之變化曲線高低不一，但是從其變化趨勢，仍可分析其端倪。以「提供廢棄物」之筆數來說，每隔 3-4 年均成一個高低變化的週期。正當 1988 年度（第一年）為交換中心成立之初，業者提供廢棄物高達一百六十五筆，究其原因是因為有足夠的宣傳工作（如登報廣告或刊物報導等）；但是到 1989 年度（第二年）則下降至 58 筆，這是因第一年成功筆數多，而取消登錄之故；到了 1990 年度（第三年）1991 年度（第四年）期間再加強宣導工作後，登錄筆數再度提升，隨著 1992 年度（第五年）又如 1989 年度（第二年）一樣「提供廢棄物」筆數再度下降。由以上分析可得知，「事業廢棄物交換資訊服務中心」的存在與運作方式，透過媒體廣為宣傳之重要性。再以「提供廢棄物」的量來說，其變化曲線不如「提供廢棄物」的筆數規則，究其原因則在於每筆廢棄物的提供量差異甚大之故，另外也可以看出近幾年的提供量較中心成立初期低，這亦符合台灣中小企業林立之特性，以及交換成功之廢棄物已建立了回收模式，不須再藉由此中心的服務即可自行交換再利用。

另外，登錄「需求廢棄物」筆數與噸數之變化情形可看出整個需求的大致趨勢是在成立之初較多，到 1992 年度降到谷底這與「提供廢棄物」情況相同，其中 1989 年度需求筆數多是受第一年交換成功件數多之鼓舞，1993 年度需求量增加是受幾筆廢棄物需求量突增之影響，到近幾年隨著法規等因素影響需求筆數與需求量快速成長，「事業廢棄物交換資訊服務中心」已成為回收業者取得貨源的管道之一，這點反映出回收市場的活躍及本中心多年來的努力已受到業者之肯定。

歷年來的廢棄物成功交換筆數及噸數如圖 4-3 所示。從圖 4-3 中，我們發現了兩個較為顯著的現象：(1) 種類多、數量少及需要較高之處理或再利用技術的酸鹼類、有機化學品類、有機溶劑類、及無機化學品類，其供需與交換程度非常的活躍；(2) 種類少、噸數多的污泥類及礦渣類，其供需與交換的程度則不那麼的活躍。因此，我們可以歸納出以下的幾個結論：



- (1) 國內的酸鹼類、有機化學品類、有機溶劑類、及無機化學品類的行業，產生較多的廢棄物種類，但是噸數很少，因此類式的廢棄物不大可能使到產業生態化產業的形成，因為其經濟獲利非常的微薄，且不大可能進行規模式的廢棄物資源化。
- (2) 國內的污泥類及礦渣類，因為種類少及噸數多，因此只要擁有其相關的技術，便很大可能的形成產業生態化的產業，因為相對的經濟獲利與規模式的資源化能夠展開。
- (3) 此外，廢棄物成功交換的因素也決定於以下幾點：廢棄物資源化技術是否成熟，資源化產品是否具有市場性；廢棄物交易價格、供需之間的距離也是影響交換成功與否的重要因素。

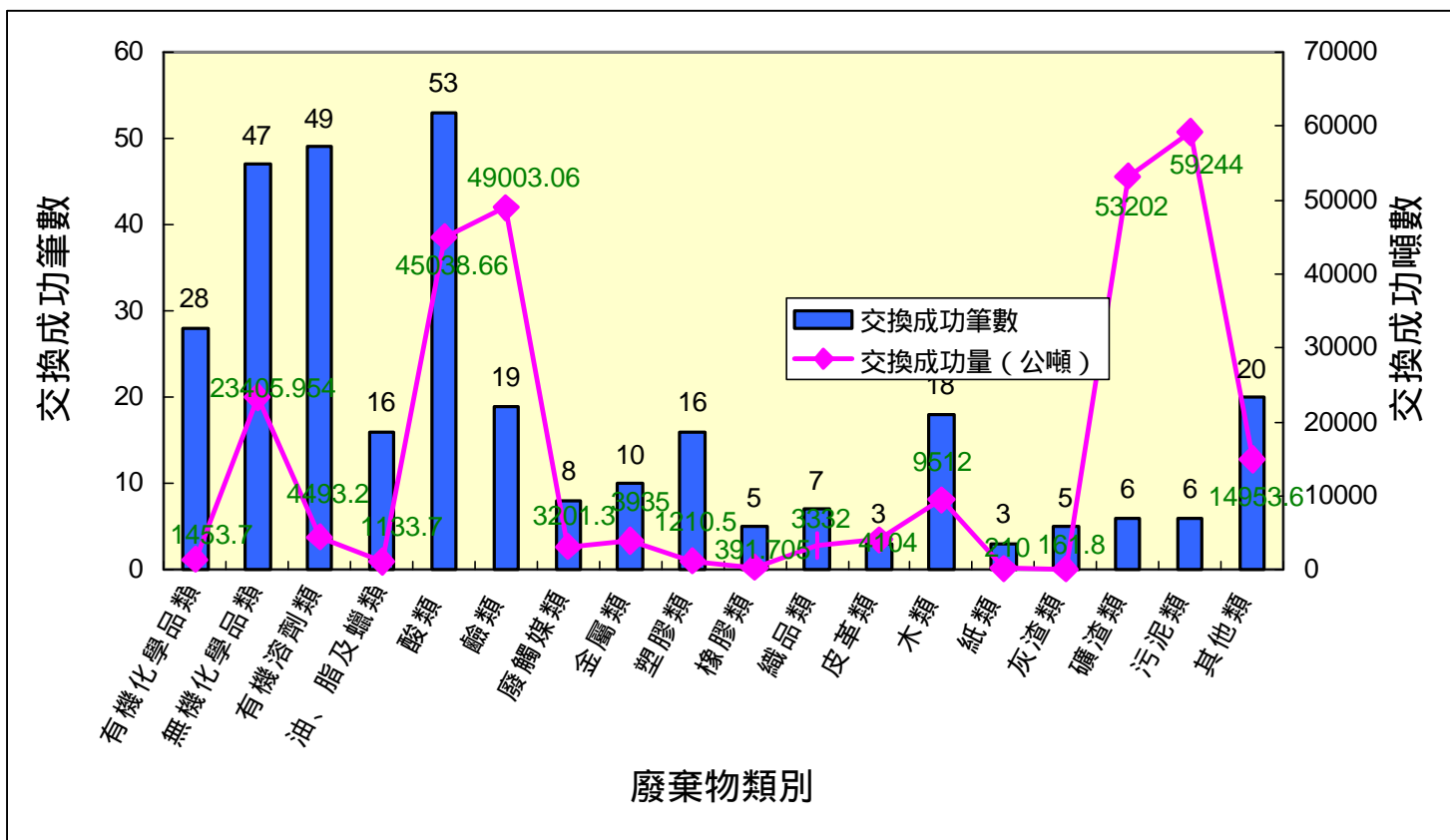


圖 4-3 歷年 (1987 至 2000 年 8 月) 事業廢棄物交換成功之筆數及噸數

資料來源：引自事業廢棄物交換資訊服務中心 (2000a)。

## 二、個案 / 情境 2 - 正隆紙業

許多企業組織都採取「積極」( Proactive ) 的環境管理策略，從「管末處理」策略推展到污染預防策略。污染預防的階段中，廠房或者企業組織採取工業減廢策略及清潔生產技術，進行污染控制與減量。正隆公司以清潔生產規劃為原則，排除脫墨、漂白等污染的製程，其生產過程以廢紙為主要原料，所生產的工業用紙 90%以上採用回收廢紙，其原料用量與產量、工業用紙廢紙使用量如表 4-1 及圖 4-4 所示。

表 4-1 正隆公司原料使用量與產量

年度	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
原料使用量 ( 萬噸 )									
木漿	6.9	7.3	9.3	10.2	12.3	12.4	13.4	15.1	16.1
進口廢紙	26.9	28.8	24.9	22.7	27.1	33.5	32.8	26.2	32.1
國內廢紙	44.4	44.6	48.7	53.0	51.9	56.9	61.6	66.4	65.0
小計	78.2	80.7	82.9	85.9	91.3	102.8	107.8	107.7	113.2
產品產量 ( 萬噸 )									
文化用紙	4.6	7.0	8.0	8.9	9.2	9.4	10.3	8.7	9.1
工業用紙	60.4	63.6	64.9	68.4	68.4	79.5	83.6	86.6	92.3
小計	65.0	70.6	72.9	77.3	77.6	88.9	93.9	95.3	101.4

資料來源：引自李燈銘 ( 2000 )。

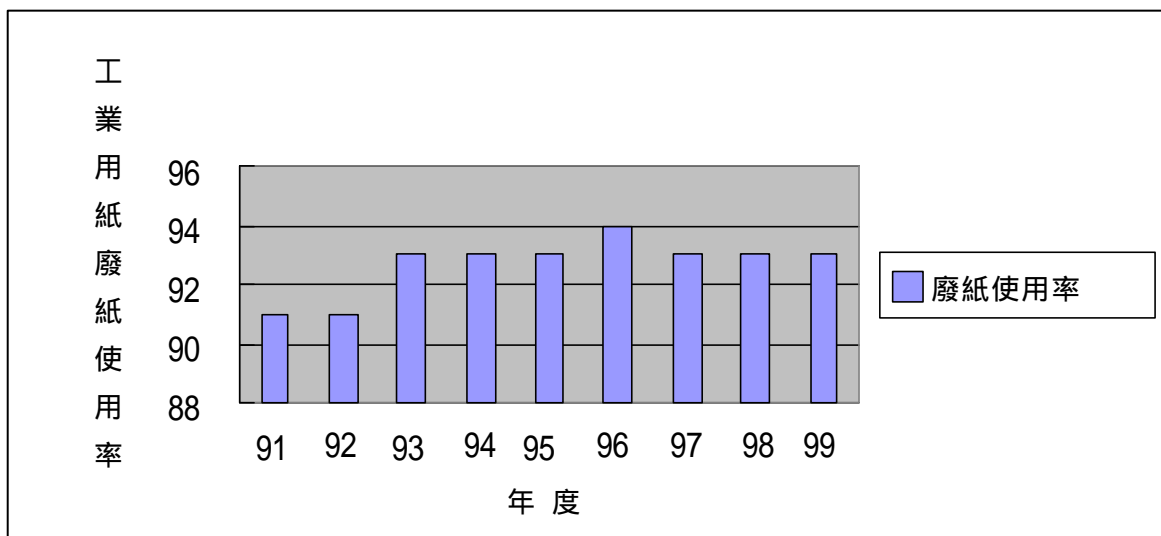


圖 4-4 正隆公司歷年工業用紙廢紙使用率

資料來源：引自李燈銘（2000）。

正隆公司取得高廢紙資源回收利用的原因來自設備的投資及污染預防的原則。到目前為止，正隆每年在消耗國內外的廢紙噸數已經超越了百萬公噸，其所投資與的設備已經高達八十億萬元，可媲美環保產業的經營與投資。例如，正隆公司在大園廠設置的裱面牛皮紙板及瓦楞芯紙製造流程或廢紙回收系統（圖 4-5），採用最先進之設備及製造技術，達到 93% 的回收廢紙為主要生產原料的目標，前者的年產量為 220,000 噸，而後者為 190,000 噸。廠房內設有污染管制及回收系統，亦即纖維回收系統、廢水處理與回收系統及熱回收系統，在備漿及抄紙製程階段進行污染預防與管理，並使廠房形成了內部的生態化系統。

#### （一）正隆紙業工業減廢之基本架構

正隆各廠在產品製造流程中，高層主管皆遵守政府環保、工安衛及相關法令、規範為基本準繩，並依據工業減廢、持續改善及污染預防的精神，建立並維持環境管理及文件系統，藉以達到持續及有效的運作。為灌輸及加強工業減廢與污染預防之概念，並提高資源之利用

效率，廠區成立了減廢組織，組織下分為製程組、技術研發組、購料組及公用維修組。減廢組織訂定了減廢目標，便開始進行減廢活動，例如在水的減廢目標方面，設定階段目標值，以降低單位造紙清水用量（或廢水排放量），以及在廢棄物方面，提高原料收率，減少製程殘渣，並提高初沉泥回收使用比率等。為持續尋找減廢機會及進行提案改善實施辦法，廠區需清查主要產品及生產能力與使用原料，並記錄廠內固、液、氣體廢棄物之處理、處置、產生量等資料，以及整理工廠原物料、水、點、蒸氣等能源的使用數據，進行質能平衡（Mass Balance）計算，最後進行來年的減廢預算案。

## （二）正隆紙業工業減廢之執行成果

正隆公司透過污染預防策略，同時達到了環境與經濟的效益。正隆透過工業減廢及清潔生產等污染預防策略，例如建立工業減廢制度，落實執行、考核及獎勵，提高清潔生產績效，其成效以減廢效益統計表如表 4-2 所示。

表 4-2 正隆公司各廠房歷年工業減廢個案及效益統計

廠別	個案數				減廢效益（萬元／年）			
	1996	1997	1998	1999	1996	1997	1998	1999
板橋廠	16	13	20	22	511.02	851.27	324.56	913.88
大園廠	20	42	43	47	1,935.30	3,773.50	5,221.07	4,429.36
大園紙器廠	16	20	22	23	378.39	1,105.98	753.64	863.06
新竹廠	22	31	20	22	1,184.81	951.78	1,000.32	2,718.12
苗栗廠	29	16	36	12	458.00	398.21	1,470.49	717.13
后里廠	32	118	48	57	2,991.18	7,723.24	2,047.23	2,635.74
大林廠	16	12	6	14	1,678.20	616.46	115.06	572.40
燕巢廠	18	23	10	26	404.23	370.71	339.39	2,678.09
合計	169	275	205	223	9,541.13	15,791.15	11,271.76	15,528.09

資料來源：引自李燈銘（2000）。

除了減廢之經濟效益之外，正隆的污染預防策略也在能源節約、二氧化碳排放、水資源有效利用上達到優越的表現。正隆公司工業用紙之單位產品能源耗用量從 1997 年的 1,715Mcal/T 紙，下降到 1998 年的 1,689 Mcal/T 紙。此外，正隆公司工業用紙之單位產品的二氧化碳排放量，從 1997 年的 687.5kg/CO<sub>2</sub> /T 紙，下降到 1998 年的 678kg/CO<sub>2</sub> /T 紙。在水資源的有效利用下，各造紙廠均以節水設計，將水循環分級使用，完全將製程廢水可全部再利用。

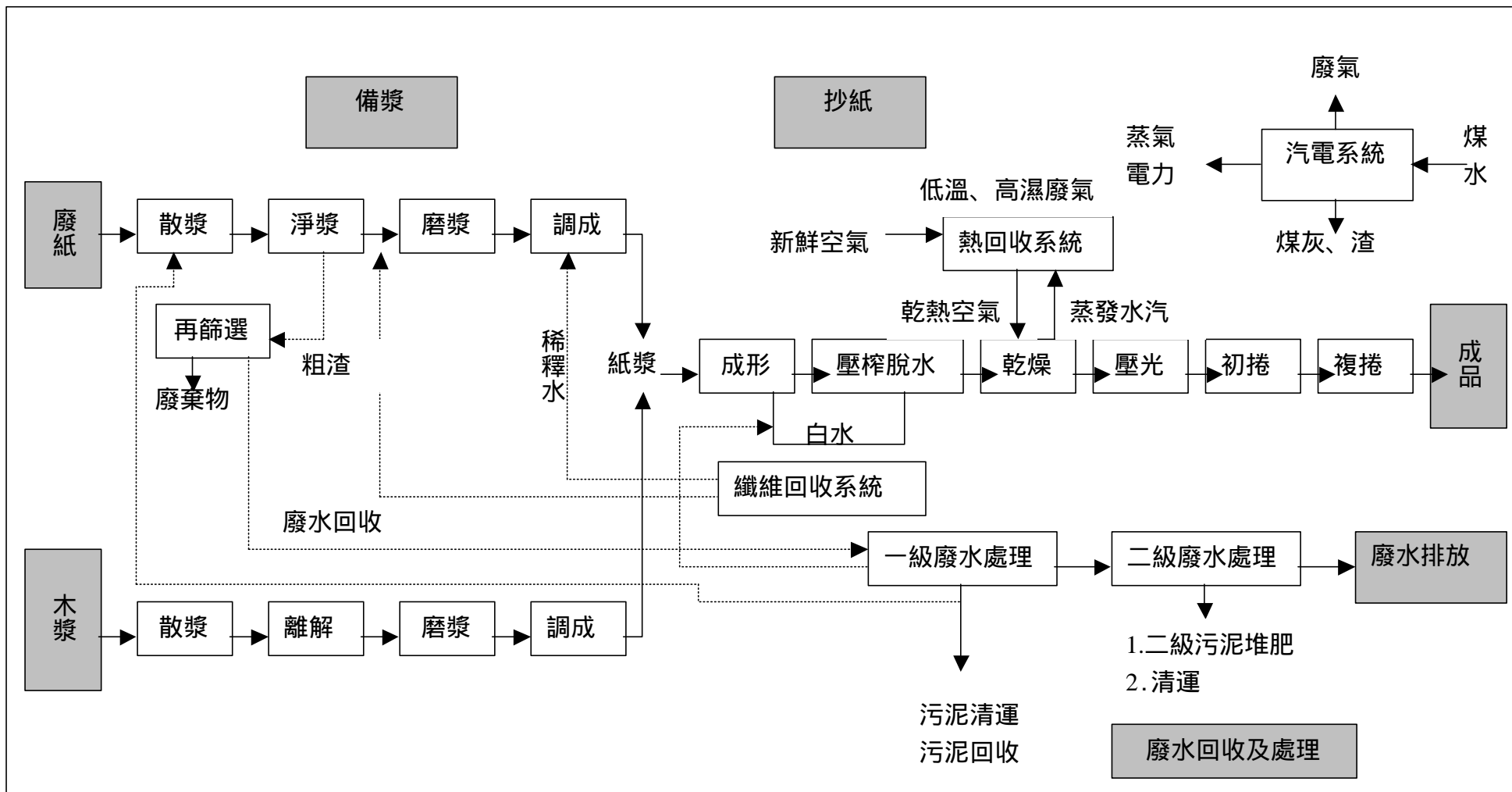


圖 4-5 正隆大園廠的物質流向系統

資料來源：引自產基會（1997）。

### 三、個案 / 情境 3：正隆工業減廢中體系

企業合作及中衛體系乃是產業超越廠房、企業的範圍，與上下游廠商的垂直與橫向整合，達到產業共生的體系結構。企業中衛體系形成產業之間的供應鏈，例如正隆紙業工業減廢輔導中衛體系/資源回收鏈，使不同的產業發揮群聚的效應，形成共生的關係。此一當地產業共生體系之形成，屬於地方性原有的產業，並沒有特定的配搭過，而是企業的商業活動所致。

本體系的成員，除了正隆新竹廠、洽同、長宏、佳昌、三和及長圓的場址設立在桃園縣以外，其餘的體系成員皆都位置於桃園縣範圍內的工業區，如大園、觀音、蘆竹、龜山與板橋。由於成員相隔的位置相當的接近，因此資源回收鏈的形成及關係也更加的密切。造紙業、紙器業、廢紙回收業、及造紙 / 紙器之生產原料業的供應商，在產業合作的關係下形成了當地的一個產業群聚體系，也發揮了產業與資源共生的體系的功能。

圖 4-6 為正隆中衛體系中最具特色的資源回收鏈，此體系在成員在產基會的技術輔導之下，各自成員在進行連串的工業減廢計劃之餘，皆也達致了成員之間的資源供需目標。廢紙回收業如長宏、洽同、瑩陞及佳昌，提供造紙 / 紙器的生產原料，如瓦楞廢紙、舊報紙、白道林紙、報表紙等；化工業如聚益、建泰及宏誼，各別提供了造紙、染整助劑、松香皂、潑水劑及潤滑劑、稀酸及硫酸等；機械業之長宏則提供造紙篩網及篩，而山隆則提供各成員間之運輸服務；而在此體系中之另一個值得提及的是大園汽電共生廠的角色，其乃提供了造紙工業中所需要的電力及蒸氣。



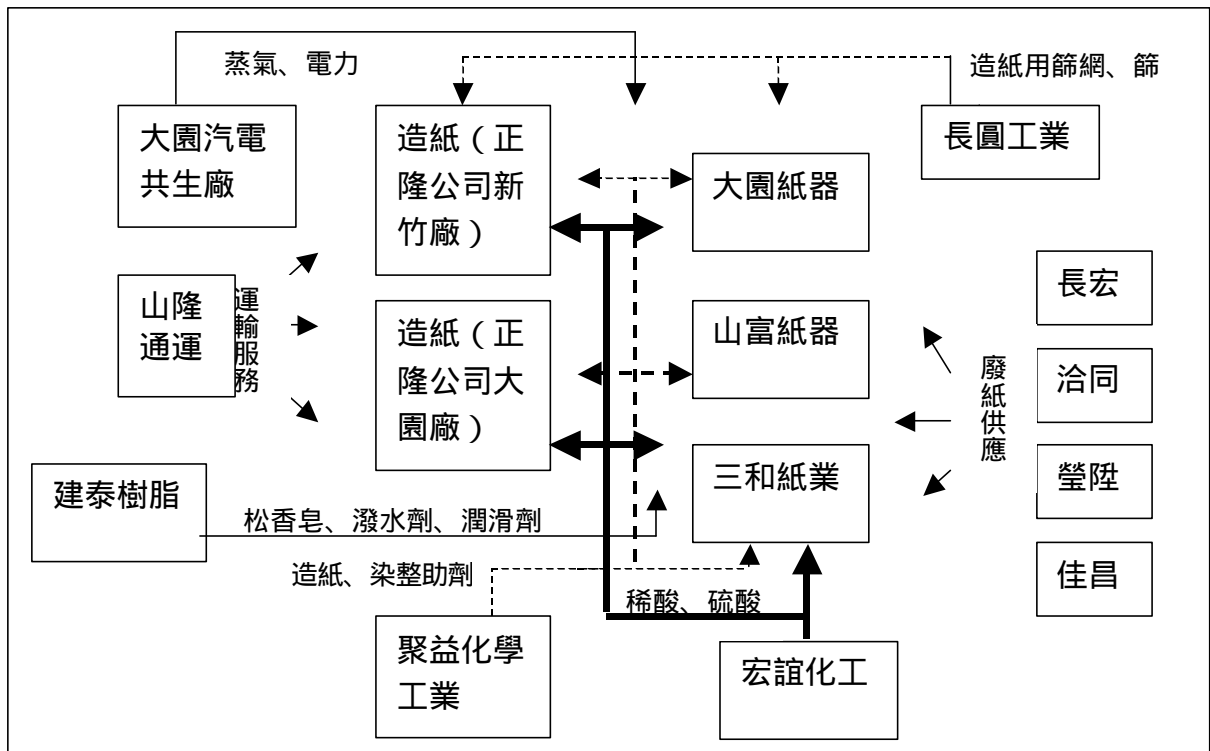


圖 4-6 正隆工業減廢中衛輔導體系 (資源循環回收鏈) 物質流向圖

對於各別成員在此體系中所形成的產業共生關係，茲以下列成員進行分述：

- (1) 正隆大園廠位於桃園縣大園鄉的工業區，為一座現代化工業用紙製造廠，主要設備包括一套汽電共生設備、兩套抄紙機及相關之備漿設備及清水與廢水處理設備，產品為瓦楞紙箱之裱面牛皮紙板和瓦楞芯紙。其生產過程所產出的廢棄物計有污泥、回爐紙、烘缸帆布及刮刀、飛灰等，除了污泥出售給附近的廢水處理廠進行處理與資源化之外，其餘的廢棄物大都在減廢計畫中予於回收再利用。正隆大園廠已積極的進行污泥與飛灰轉製為輕質骨材的實驗，及推動二級生物污泥堆肥化工作，未來將有能力進行在廠房內進行污泥資源化的工作。
- (2) 大園汽電共生公司位於桃園縣大園鄉，為一座聯合大園工業區內能源用戶所成立之能源服務公司，主要服務項目為提供能源用戶之電力及蒸氣。在此體系中，其廢棄物如飛灰、爐渣等並沒有進行廢棄物資源化的工作，其僅是在原料投入的階段減少廢水排放及降低

造水成本。

- (3) 宏誼化工股份有限公司位於桃園縣大園鄉，主要產品為硫酸鋁、聚氯化鋁(PAC) 稀酸，並代理國內各種不同的化學品。在其生產過程中，副產品(CaSO<sub>4</sub>)的產生皆由廠房本身進行回收再利用。其製程用水中所含的CaSO<sub>4</sub>及PAC自設置回收槽之後，達到製程零廢水的目標。
- (4) 聚益化學工業股份有限公司南崁廠位於桃園縣蘆竹鄉，新廠則位於桃園縣觀音工業區，主要的產品為造紙助劑、染整助劑、皮革助劑及聚尿脂樹脂。在染整用之固色及的製程中，所產出的氨氣之廢棄物以稀硫酸來做吸收，獲致的硫酸氨水溶液可做為染整廠在尼龍染色作業上之良好效果。
- (5) 瑩陞企業有限公司位於桃園縣中壢市，為一廢紙回收打包場，每月平均處理約1,200噸，其中以瓦紙為主，其他則為舊報紙、白道林紙及報表紙等，其中第一項瓦楞紙交由正隆大園造紙廠，第二、三、四項則交由桃園造紙廠。

#### 四、個案 / 情境 4：台南生物科技園區

目前階段，政府在推行的計劃計有「示範性生態化工業區」及「示範性生態化產業體系」，參與 EIPs 計劃規劃的單位計有工業研究院環安中心、中華工程及中興工程，示範性階段將在台南生物科技園區、彰濱工業區及雲林絲織專業區進行(巢志成，2000)。從國科會對於台南生技園區的整體規劃而言，其著眼的已不再只是科學園區本身的發展而已，而是以永續性的科學城(Sustainable Science City)做為發展院經濟規劃策略，以期達到科學園區和地方共生共榮的發展目標(周素卿，1998)。

台南生技園區的位址是台南縣善化鎮和新市鄉，距離台南市大約十二公里之處。台南生技園區在1996年三月開始接受廠商進駐的申請之後，大部分的申請者多是積體電路、資訊、及通訊等三大產業中的企業集團。隨著十大積體電路製造廠簽署投資意願書後，便形成了磁

鐵效應，即積體電路產業上下游（國內外）的充分回應也引發了相關的服務業與輔助性產業熱烈的響應，在 1996 年 7 月的動土典禮時，已有六十家，分屬十四種服務業與輔助性產業申請進駐台南生技園區（經濟日報，1996/7/20）。

表 4-3 顯示，台南生技園區當初的主要投資在於特殊積體電路於半導體設備產業，後來十大積體電路的加入所引發上下游廠商的投資計畫，所衍生的空間特性並不只是延伸及加強新竹科學園區的群聚特性，更可能在此群聚效應及磁鐵效應的作用之下，豐富了產業組織的網絡系統。此產業的網絡系統若以產業生態學的理论進行規劃，在園區內設置廢棄物資源化的附屬產業，提昇工業園區的資源生產力，將可進一步的「密合」( Closed ) 物質流向的迴路程度。然而，這一切目標有待政策制定者進一步的規劃。

表 4-3 台南生物科技園區所引進之產業及投資額

產業別	新竹科學園區擴廠		新設公司		總計	
	家數	投資額	家數	投資額	家數	投資額
半導體專業區	11	12,821	6	3,729	17	16,551
特殊積體電路產業	11	12,821	6	3,729	17	16,551
微電子精密機械專業區	16	416	7	272	23	688
醫療器材產業	1	2	-	-	1	2
無線通訊產業	5	52	1	5	6	57
半導體設備產業	5	103	5	255	10	357
電腦及周邊產業	5	261	1	12	6	273
農業技術專業區	-	-	4	79	4	79
生物農藥產業	-	-	-	-	-	-
製藥產業	-	-	4	79	4	79
合計	27	13,238	17	4,080	44	17,318
上列投資額計至公元				2000	2005	2010
總額(億元)				4,818	6,000	6,500

資料來源：引自周素卿（1998）。

圖 4-7 為台南生技園區在產業生態學理論架構之下進行規劃的產業生態化體系。電子機械製造、通訊產業、精密機械製造業、運輸工具製造修配業、化學品製造業、生物科技等為台南生技園區的核心產業，然而這些產業將產出廢棄物，如廢溶劑、廢蝕劑液、廢金屬、廢污泥、廢酸鹼、電子廢料等，而這些廢棄物可資源化成為環保化產品，如工業用化學品、氯化鐵、金屬、建材、有機肥、工業用酸鹼等。在園區可設置的生態化產業，例如營建業、農林業，或可將此環保化產品重新在現有的核心產業進行再利用。

生態化工業園區體系在園區的發展中趨向更「密合」的物質流向的程度，扮演重要的角色。在此體系中，園區發展與規劃當局可評估現有產業的結構，尋找處可能形成封閉迴路徑的「缺口」，加以在策劃新的成員加入及進駐時進行改善。

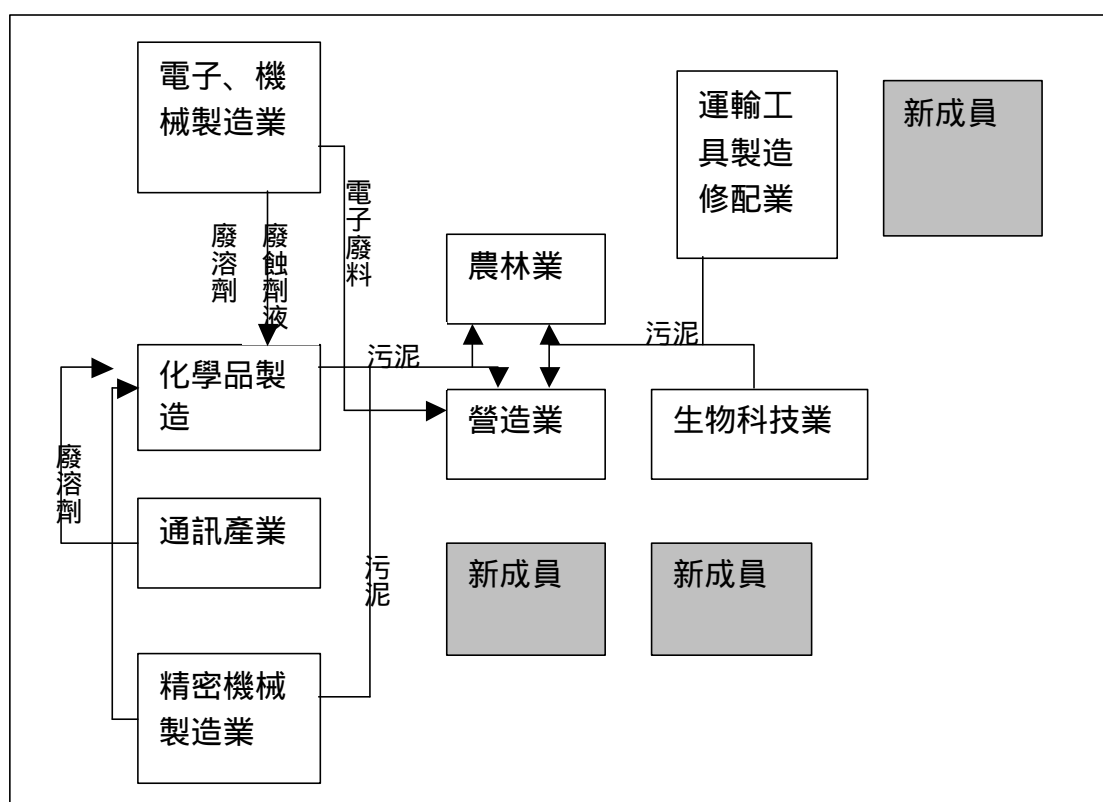


圖 4-7 台南生物科技園區物質流向圖

資料來源：引自巢志成 (2000)。

## 五、個案 / 情境 5 - 「綠色矽島」體系

隨著工業減廢的績效帶動中小企業朝往減廢中衛體系，以及產業生態化系統的領域進軍，必須要建立適當的管理系統。因為隨著廢棄物交換、工業減廢、污染預防、上下游廠商的產業共生、及生態化工業園區的推展，若達到「S」成長頂峰階段時，廠商將面臨難以突破的局面，如投入的減廢技術與環境管理成本在減廢成效中所獲得的效益會漸漸的減少。為了減少未來成本投入與產出的落差，因此必要建構一套虛擬的產業生態化管理系統，讓廠商覺得離不開這樣的機制系統。

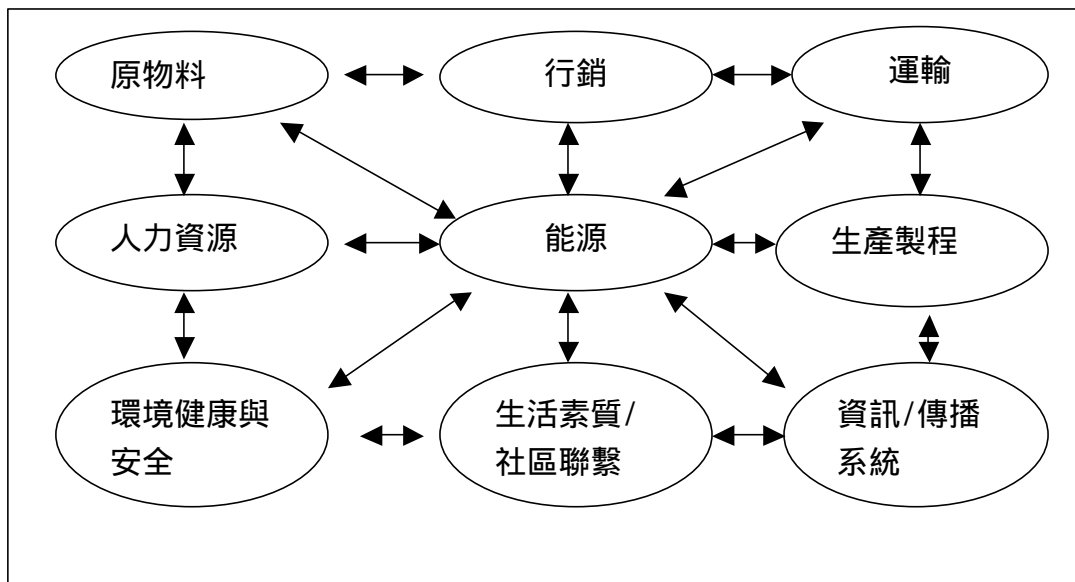


圖 4-8 「綠色矽島」之生態化管理系統

資料來源：引自鍾啟賢、胡憲倫（2001）。

虛擬生態化工業園區由每一個子系統所組成，這系統必須由生態化工業園區的行政人員規劃出一套互聯網（Network Alliance），讓每個子系統均都能在不同供需的情況下操作。例如在原物料系統中，必須設有廢棄物交換中心，以提昇資源的使用效率。我們也可規劃安全與永續的能源政策，如廢能使用、汽電共生業的催化等；行銷部分則需以綠色行銷與管理為主，並建構產品的環保標章化制度，推廣負責任之生產與消費的態度；在運輸系統中亦以產品的生命週期做為考量項目，例如在運輸行程上能源消耗的最佳化，儘量透過系統化以進

行最佳化的替代方案，並使用本土化的資源來代替舶來品等。在生產程序上，推動廠房或組織成立一個清潔生產研發部門，以提昇各行業的生產技術，並相互的共享研發的成果。當然這麼完整的管理系統如果沒有良好的資訊與傳播系統，那肯定是功虧一簣的。做為評估工業生態系統的功效，系統中的環境健康與安全及生活素質，則可以採用健康指數系統來進行評估，並做為法規符合的檢舉方式。

產業生態化管理系統整合了產業生態化體系與工業減廢系統的單一面，藉一個互動與雙向的系統體系，讓所有產業在產業生態化體系中容易的產生接觸的關係，並在管理效率上取得更好的功能。連接企業資料庫以及企業間資訊交流之環境管理資訊系統，是產業生態化管理系統必須建立的基礎建設（Infrastructure）。這個系統應該與其他的子系統串聯，並成為系統中的樞紐。在這系統中，企業可在最短的時間內與其他企業聯繫，取得資訊與服務。美國 Joint Venture Silicon Valley Network 成為世界上最成功的商業網路就是一個例子。義大利北部的 Emilia Romagna 工業區及澳洲的 TCG Group，就提供了區域企業共用的資料庫，以便各企業建立關係。這個結合了社會、經濟、環境等層面的管理系統，提供了一個達到永續發展的途徑。

虛擬生態化工業園區構想目前仍然處在思考的階段，不過園區內外的互動網絡之形成，將可與週遭的社區、企業、工業區等保持良好的生態化關係。此做法正與政府要落實「綠色矽島」的目標一致。若以 SWOT 的分析，顯見這將是產業生態化發展之未來趨勢，然而目前的法規牽制、法規風險及管理程序的問題，使到虛擬化的園區機制仍然需要進一步的評估。

## 第二節 產業生態化體系發展架構之 SWOT 分析

雖然產業生態化體系發展架構的首三個機制（廢棄物交換際資源化系統、工業減廢及污染預防系統、中衛體系）在國內已經推行多年，可是並未獲得產業全面性的參與。相對的關於這些機制的整體效益，並未得到產業充分的了解。從以往的廢棄物交換成功率而言，顯示

僅有部分的產業及廠商參與。此外，即使工業減廢與污染預防能夠讓推行此觀念的產業及廠商獲得減廢的經濟效益，也僅多在於大型企業，而中小企業的參與程度卻相當的低。此引發政府（工業局）透過工業減廢中衛體系的機制，使產業的中心工廠協助其衛星工廠達到資源的更有效之利用，然而此概念也僅是近年來政府在推動永續產業的因對方法。

優勢（Strengths）Weakness（弱勢）Opportunity（機會）Threats（威脅）是一種快速且簡單的事前分析方法。以下僅就產業生態化體系之發展架構目前所處之環境作一內外部體檢。內部分析就此發展機制進行檢查，目的在發掘此發展機制之優勢及弱勢；外部分析則是對產業生態化體系發展機制進行外部環境之檢視，目的在於發現在其環境中的機會及威脅，此四者結合起來統稱為 SWOT 分析。基此，SWOT 分析將進一步的探討這些已經推行的機制及往後將推行的機制（生態化工業園區體系、虛擬生態化工業園區體系），做為產業生態化體系發展架構方面的可行性及考量因素之探討。在本環節之 SWOT 分析中，很重要的一點是由於機制的環境不同，一個特性可以被看成優點，也可能被視為缺點，因此五個機制的具體討論將可了解箇中的差異，以便尋找最佳的施行方針。

## 一、機制 1 之 SWOT 分析

### （一）優勢

事業廢棄物資訊交換中心可建立一個最經濟與最快捷的資源化途徑。此廢棄物交換及資源化的途徑可降低廢棄物需求者的生產原料成本（免費取得獲較一般原物料低的價格），以及廢棄物提供者基於法規要求之下的最終處置成本。此外，事業廢棄物資訊交換中心採取機密式處理供需雙方的廢棄物問題，免除社區民眾的告發及反抗活動。需求雙方甚至不需知道對方是誰，這可以減少雙方的面對的法規責任（Liability）。

### （二）弱勢

事業廢棄物交換的基本目的在於減少污染及增加資源，換言之其目的在於資源化。資源化乃是單向的資源生產力的提昇，多屬於被動式。此外，事業廢棄物交換的機制並沒有質與

量、週期性等方面的法律協定，是需求者無法掌握其生產原料的數量及製程的調整程度，形成生產管理上的重大挑戰及考驗。除此，廢棄物交換中心及企業間的交換行為在於廢棄物減量及管理問題，並不十分強調資源共生及物質流向達到封閉迴路程度，因此仍然還有很多廢棄物無法處理的問題。

### （三）機會

國內的目前產業結構已趨向高科技產業，形成的事業廢棄物主要以酸鹼類、有機化學品類、有機溶劑類、及無機化學品類為多，而這些「種類多、數量少及需要較高之處理或再利用技術」的廢棄物，使大都的業者採取交換的機制來解決廢棄物處理的問題。此外，目前對廢棄物交換得有利條件是產業已漸漸的注重環境管理，因此在生產製程上已普遍的進行製程改善、廠內管理等等，使污染源分流及管理，無形中提高廢棄物的純度，因此在交換的過程較易獲得資源化廠商的要求。

### （四）威脅

一旦工業區設置廢棄物管制中心及各別產業、區域的廢棄物聯合處理體系的成立，以提昇工業區內的廢棄物之妥善處理率，屆時可能會取代事業廢棄物交換中心的角色。各產業的廢棄物將由各行各業的共同處理體系來進行集體處理。此外，未來國內的高科技產業所產出的廢棄物，可能已經非一般業者的資源化技術能及與妥善的處理，威脅到事業廢棄物交換機制的存在。

## 二、機制 2 之 SWOT 分析

### （一）優勢

組織內部的污染預防策略能夠結合污染控制及製程整合，達到全廠房的環境管理及組織的環境政策與目標。組織的生態化體系可減少污染及創造資源，減少原始原料的使用及降低廢棄物的最終處置成本。此內部的生態系統可提升組織內的資源生產力，並達到組織的競爭力提昇的效果。目前，大型企業多已採取分權式的環境管理政策，而在各廠房落實的環境政



策，例如工業減廢與清潔生產策略，其減廢效益可成為廠房進行持續改善組織生態化的原動力。

## （二）弱勢

污染預防策略，無論是清潔生產技術或是資源化的技術，都需經過組織長期間的研究與發展的結果。基此，必須要有固定的研發經費與人力資源。然而，以國內較低比率的研發經費而言，組織本身要達致零廢棄物及零排放的生產模式及目標，不僅是大型企業的難題，相信更是國內眾多中小企業無法僅以單一力量能夠達致的理想。

## （三）機會

組織的成長可助長企業多角化發展的趨勢。除了組織的核心產業之外，組織未來的發展可開創出以核心產業的廢棄物為原料使用的附屬行業，這將可增加組織的全體經濟附加價值，並可衍生更多的新興及附屬行業的誕生。例如，啤酒業的組織將核心產業所產出的副產品、廢棄物等，增設相關的附屬行業，除了可增加經濟價值之外，還可以減少副產品與廢棄物的最終處置成本。

## （四）威脅

組織持續的進行研究與發展，以達到組織內部的資源完全循環使用的目標是必須要龐大的研發經費與人力資源。在污染預防「劃」得來或「劃不來」的考量之際，組織也必須面對科技與技術研發之瓶頸與「不確定」性因素，無形中造成了組織在生產成本方面的壓力與威脅之提昇。

## 三、機制 3 之 SWOT 分析

### （一）優勢

企業合作及中衛體系形成的產業生態化體系，在技術合作與資源分享的機制之下，皆能提昇資源生產力的效果及封閉迴路的程度。此單一產業的生態化體系，可使到上下游廠商或

中心工廠與衛星工廠之間達致資源共生的經濟效益(廢棄物需求雙方可降低生產原料及最終處置之成本)企業聯繫及中衛體系機制能提昇企業於企業之間的合作關係,雙方可藉由「垂直整合」與「縱橫發展」,擴張其與關係企業及上下游廠商進行資源分享、技術轉移,以相互提昇企業競爭力的效果。

## (二) 弱勢

企業合作及中衛體系的機制並未全然的解決廢棄物的質量穩定、週期性等等,因為此合作機制並未有任何的合約所保證。此外,中衛體系形成的資源循環鏈,並未能完全的達到封閉資源路徑的程度,大都限於固體及液體的廢棄物,尤其是對於「揮發性」事業廢棄物,如廢氣、廢熱及塵灰等,難於在此機制之下取得良好的資源化機會。

## (三) 機會

企業合作及中衛體系的機制未來將有良好的發展空間。工業減廢中衛體系機制乃是近年來政府(工業局)熱烈推動的產業策略。產業在面對全球化於景氣不境的時期,企業之間的整合及合作的現象將會提昇,藉以抵抗產業呆洩不前及倒閉的危機。目前,工業減廢或其他環境管理策略的中衛體系(環境安全與衛生、環境管理認證系統、環境報告書)陸續的在經濟部與產業基金會、中技社等輔導單位聯合推動,顯得出此機制所形成的產業生態化體系的效果。

## (四) 威脅

目前的法規與支援的技術環境之未明朗化,乃是中衛體系生態化發展的最大阻力。此單一產業的生態化體系目前也同樣的面對著廢棄物聯合處理體系機制的設置之威脅。

# 四、機制 4 之 SWOT 分析

## (一) 優勢

產業生態學的觀念已經漸進的運用在工業園區的政策規劃系統與發展項目上。生態化工

業園區提供一個能讓企業組織與週遭的社區民眾之良好溝通橋樑，它融合了經濟活動及環境友善的概念，為永續發展之要素。參與園區計劃的企業組織，可提昇企業的環保形象。透過廢棄物資源化觀念，企業亦可減少生產原料的成本，並進一步催生環保產業的儘速加入及成長。

## （二）弱勢

目前國內的廢棄物妥善處理率仍然偏低，追根究底乃是相關的資源化法規並未良好的發揮其鼓勵、保障、推動資源化的活動。此外，國內的產業多屬於中、小型企業，設置資源化設備及相關的技術，仍然非常的有限。這些不鼓勵產業生態化發展的環境，乃成為了生態化工業園區推展的重要阻礙。

## （三）機會

產業生態化園區是後天可塑性極高的產業生態學工具。在推行的階段，政府（工業局）所提供的優惠措施、便利及經濟援助，可進一步的提昇產、官、學、研界的參與。此有利的環境，助長了生態化工業園區的成長。此外，國內目前能夠驅動產業生態化發展的機制，如廢棄物交換中心、廠房及企業的環境管理，甚至目前的中衛體系發展中心，也逐漸的發現物質封閉迴路徑的「缺口」，因此生態化工業園區的體系希望能夠密合此缺口。

## （四）威脅

基於產業生態學注重多門學科的整合及產業多樣化方針，而目前國內正趨向高科技產業的發展陸上。未來工業區內的核心產業若是以單一產業性質為主，沒有其他形成「共生」的IE機會基線的產業存在，將可能面對廢棄物無法在園區內進行生態化的威脅。

## 五、機制 5 之 SWOT 分析

### （一）優勢

虛擬生態化工業園區的機制已經成為單一場址園區發展限制之突破的做法。許多推展生

態工業園區的國家已經漸漸地認為，單一場址的園區機制可能會面對一些固有的企業不想再遷廠的問題。虛擬生態化工業園區的機制可發揮在不同地理位置上的生態化效果。

## （二）弱勢

由於廠址的範圍較廣，因此在進行廢棄物交換的時候將會增加運輸的成本。雖然如此，此交易成本可由廢棄物供需雙方平均分配，將可降低其中若一方承擔時的經濟負擔。此外，廢棄物現有的法規限制，如工業區的廢棄物須在園區內自行解決及不同等級的代處理業在跨越縣市所面對的程序上問題及規定等，將是虛擬生態化工業園區發展的主要弱點。

## （三）機會

政府在採取區域均衡發展的策略中，已經陸續在經濟發展較為緩慢的縣市進行相關的工業發展計劃，藉以提昇當地的經濟水平，並縮減國內各縣市之間的貧富懸殊問題。政府的政策顯示，取得共同均衡成長將成為施政的重點，因此各縣市將可能擁有一些工業區發展的計劃。此分布性及區域均衡發展的產業政策，未來將促使各縣市的工業區進行物質及資訊流向的共同管制措施，進一步的達到「綠色矽島」的目標。

## （四）威脅

法律風險將是虛擬生態化工業園區施行的一大威脅，例如一些不肖廠商利用此機制進行不法的做法（中途偷倒、虛報、舞弊等問題），使國內的廢棄物存量更出現問題。不過，此威脅可依據其廢棄物呈報的數量與性質，與最後所交換之結果做出評比，將可抑制不法的行為形成。

綜合上述五個驅動 IE 發展機制的 SWOT 分析，我們逐漸形成了產業生態化體系發展架構的政策分析系統。此分析系統具體提出了不同機制在內部環境中所面對的強點與弱點，並在對外的環境分析了不同機制所面對的機會及威脅的情況。以上五個驅動 IE 的發展機制所面對的優勢、弱勢、機會及威脅，有待政府施予適當的因對政策及措施，以建構完整及有效的產業生態化發展架構。

### 第三節 生態化發展機制之經濟與環境效益指標分析

從以上不同案例 / 情境的模擬分析，產業生態化之經濟與環境效益，可透過 EIP 基線(個案 1) 與其他的個案 / 情境的比較而獲得。在本研究中，主要的經濟效益之考量範圍在於企業組織。然而，對於社會的經濟效益，因資源的不足而無法推算得出。各種個案 / 情境下的效益推算，只是本研究的一項概略性的推估方法。本研究對於產業生態化發展之經濟與環境效益的推估，其實也僅是企業在參與產業生態化發展之中，視其投資回報率的高低而所做出決策之後的結果。然而，在本研究撰寫當中，國內的產業生態化推展階段仍然維持在第一至第三個機制。在資料缺乏的情況下，本研究無法呈現第四及第五個情境的估算結果。

表 4-4 產業生態化體系發展機制之經濟與環境效益指標分析

指標	個案 1	個案 2	個案 3
經濟效益	1.50 億*	1.30 億	0.73 億
原料價值 (X)			
處置成本 / 效益 (Y)			
環境效益			
廢棄物 (公噸/年)	16,448	25,000 <sup>5</sup>	129,821*
節省能源(萬 Mcal/年)	~1000	2,173.6	~1000
減少二氧化碳排放量(萬 kg- CO <sub>2</sub> /年)			
節省用水 (萬 m <sup>3</sup> /年)	500	794.2	500
	300	453.97	300
投資回報率	3	3.3 <sup>6</sup>	3.6 <sup>7</sup>
投資回報期限	年	年	年

資料來源：本研究估算； 為估計值；估算方法見附錄。

註：\* - 經濟效益的估算方法乃遵照化工所廢棄物交換資訊服務中心，為每公噸的事業廢棄物之最終處置成本是 8,000 元；此效益不加考慮社會的成本與效益 (健康、安全)，實際上總效益應當大於本研究所獲得的結果。

<sup>5</sup> 25,000 公噸/年為廢水污泥噸數。

<sup>6</sup> 正隆紙業各廠每年的減廢個案都有懸殊，最低為六件，最高至一百一十八件。本研究選擇持平方式，以減廢個案中等的大園廠為例，針對其減廢設備的投資，計算投資回報率為 3.3。

<sup>7</sup> 僅以正隆中衛體系投資回報率為例。

表 4-4 為廢棄物資源化之驅動機制在產業生態化過程中之不同個案的比較。本文在探討國內的產業生態化發展過程中，建立了四種量測指標系統：經濟效益指標、環境效益指標、投資回報率及投資回報期限。經濟效益指標乃是指產業在生態化的過程中，所兼得的原料價值及廢棄物的處置與處理成本。廠房在進行廢棄物資源化 / 生態化當中所創造的經濟效益分別為：

### 一、廢棄物之處置成本 / 利益

A 廠產生的廢棄物，已無價值可言，必須丟棄。但在環保法規下，丟棄的廢棄物需達到不造成污染或形成公害的最基本要求，因此涉及一項最終處置的成本 / 利益為  $Y_1$ 。B 廠需求 A 廠提供的廢棄物，但必須經過適當的處理，如製程的改善及相關設備的裝置，以不影響產品的品質，因此涉及到另一項的製程處理成本為  $Y_2$ 。B 廠廢棄物資源化之後所形成的「再廢棄物」必須進行最終處置或進行與 C 廠的交換，因此涉及到的一項最終處置成本為  $Y_3$ 。C 廠進行資源化所需涉及的處理成本為  $Y_4$ 。

依此類推，為達到「零排放」的目標，「再廢棄物」資源化的處置成本 / 利益為：

$$\sum_{i=1}^n Y_i \quad i = 1, 2, \Delta, n$$

亦即， $Y_i =$  達到「零排放」的目標的廢棄物處置成本 / 利益；

$i =$  廢棄物資源化之次數；

$n =$  達到最接近「零排放」之廢棄物資源化次數。

### 二、廢棄物化為原料之價值

廢棄物進行資源化之原料價值為  $X_1$ 。「再廢棄物」進行資源化的原料價值為  $X_2$ 。以此類推，在達到「零排放」的目標時，其「再廢棄物」資源化的原料價值為：

$$\sum_{i=1}^n Xi \quad i = 1, 2, \Lambda, n$$

亦即， $Xi =$  達到「零排放」目標之原料價值；

$i =$  廢棄物資源化之次數；

$n =$  達到最接近「零排放」之廢棄物資源化次數。

因此，廠房在進行廢棄物與「再廢棄物」的資源化，所創造的經濟成本 / 利益為：

$$\sum_{i=1}^n (Xi + Yi) \quad i = 1, 2, \Lambda, n$$

亦即， $Xi + Yi =$  達到  $i$  次廢棄物資源化之經濟成本 / 利益；

$n =$  達到接近「零排放」之廢棄物之資源化次數。

環境效益指標乃是指藉由資源的使用效率提昇，達到減少環境衝擊的目標。本文在評估國內產業生態化階段與機制的發展，採用一般通用性的環境量測之指標，如廢棄物量、能源耗量、二氧化碳排放量、水資源耗量，為探討產業生態化過程對於環境的影響。

在個案 1 中，「事業廢棄物交換資訊服務中心」對於每成功交換的廢棄物量，即以新台幣 8,000 元/噸位計算，相當於每噸廢棄物資源化所能節省之處置成本，這其中包含了廢棄物與「再廢棄物」資源化的成本 / 利益的考量。根據表 4-4 顯示，「事業廢棄物交換資訊服務中心」在過去至今的十三年來，成功交換了超過二十七萬公噸的廢棄物，平均的年交換量為一萬六千餘噸數，而每年帶給廠商的平均經濟受惠為 1.5 億元。然而，「事業廢棄物交換資訊服務中心」僅是進行物質的交換部分，對於減低環境的衝擊只能以廢棄物的噸數的計算。

個案 2 乃是針對正隆公司施行的污染預防及工業減廢的成果，進行產業生態化步驟的經濟與環境效益之反映。污染預防與工業減廢是個持續性的過程，其經濟利益價值的計算，考量到原料價值及處置成本 / 利益，亦即在工業減廢及污染預防中透過物質的減量與製程改善，來達到資源的最有效利用。根據表 4-4 顯示，正隆公司在過去四年來，平均每年創造的減廢效益為 1.30 億元。在環境效益方面，正隆公司的廠房 / 組織生態化使其在能源消耗、二氧化碳排放量及水資源節省方面，帶來了正面的環境友善意義。

個案 3 乃是指正隆公司「己達而兼善天下」的企業社會責任，將工業減廢概念落實到其上下游廠商，創造了資源回收鏈，亦即一個造紙業的產業生態體系。本文據其 1997 年的減廢效益，估算其在產業生態化的發展過程中所創造的經濟與環境的效益。根據表 4-4 顯示，其生態化體系中所獲得的經濟效益為 0.73 億元，在環境效益方面更達致約十三萬公噸的廢棄物之有效利用。其減廢效益雖未及正隆公司的減廢效益，然而其包容的廠商多以中小企業紙上下游，未來隨著更多的成員加入及企業的成長，減廢的效益會更為顯著與龐大。

#### 第四節 產業生態化體系發展架構之分析結果

綜合以上五個個案 / 情境及生態化發展機制之經濟與環境效益的分析，顯示不同的發展機制皆有不同生態化的成果。藉由此分析，可解釋國內在推展產業生態化體系的一種連續帶過程及其中的關係。此連續帶的發展進程若依照政府施行的政策年度而言，顯示國內的產業生態化體系是屬於線性時間的發展模式，由廢棄物減量、污染預防至產業生態化等之相關政策的執行。雖然如此，國內的生態化發展同時也具備了步驟或層次的發展形勢，更兼具實驗成果的因素，亦即廠商從瞭解減廢的經濟誘因之後及環境管理觀念的宣導，方使他們漸漸的推展生態化的政策，而自導入生態化的政策之後，各種的經濟與環境效益之成果將可成為企業邁向生態化之更深一層的驅動力。

本章節透過 SWOT 分析指出各種國內生態化機制的位置情況，發現廢棄物交換階段是



形成最小的物質與資訊之封閉迴路 ( Closed the Loop ), 其次是污染預防階段。若從前三個發展機制比較, 中衛體系基本上可達致較為封閉迴路的成就, 然而以本研究中的案例而言, 資訊流向比物質流向較為顯著, 也即上下游廠商在中衛體系的減廢輔導體系下所產生的經濟效益最為可觀。目前, 生態化工業園區的推展形勢, 將可進一步的提昇資訊與物質流向的封閉迴路, 帶來實際的經濟與環境效益肯定會比前三個發展機制更高。然而, 若以建構「綠色砂島」為目標, 單一場址的生態化工業園區必須要發揮虛擬化的功能, 也即形成工業區與工業區之間的物質與資訊流向的網絡。

產業生態化的過程是提昇資源的有效利用, 以達致物質與資訊封閉迴路的目標。因此, 以下以個案 1 - 3 的情況進行總結。以個案 1 而言, 其物質與資訊的封閉迴路所及的程度, 乃是三個比較個案中最為差者。雖然個案 1 所涉及的範圍非常的大, 可施行在整個國家的層面, 然而基於廢棄物的輸送成本、物質在通路上的天生缺陷 ( 沒有管道輸送氣體廢棄物、廢能 / 熱 ), 將難以達致封閉迴路。在「事業廢棄物交換資訊服務中心」成立之初, 政府為了對廢棄物做全面性之管理因此對廢棄物儲存、運輸、處置設有嚴峻之申報制度, 而並未對廢棄物交換及資源化有明確之規範, 這使得具潛力之廢棄物利用者裹足不前, 而減少廢棄物回收再利用之機會。因此, 未來隨著更多的法規鬆綁策略, 以及資源回收再利用法通過之後, 「事業廢棄物交換資訊服務中心」尤其是在物質的交換部分將會大幅度的增加, 並可成為工業區的廢棄物交換中心, 甚至可成為聯繫著工業區與工業區之間的虛擬廢棄物交換機制。

個案 2 為組織內部的生態化系統, 然而基於生態化技術的瓶頸, 以及組織核心產業為重, 忽略了組織多角化的發展, 如投入更多符合產業群聚的事業之「以副產品驅動的新興行業」( Spin-Off)。正隆公司已經由傳統的核心產業, 發展成為一個多角化的企業組織。除了國內與之聯營的關係企業之外, 更在美國、德國及泰國設置造紙產業。目前, 其國內的關係企業計包含資訊科技產業、機械、運輸、汽電共生、塑膠、及傳統的核心產業 ( 造紙業 )。以目前正隆公司施行的工業減廢及污染預防策略, 就其成果而言, 已經塑造了不少的經濟與環境效益。未來, 除了核心產業的減廢施行外, 與關係企業的合作與整合, 相信更可塑造更佳的生態化之效益。

個案 3 乃是藉由中衛體系結構的機制，推動工業減廢與污染預防策略，並進一步達致產業生態化的目標。本研究現階段僅是針對正隆減廢中衛體系進行探討，所獲的經濟與環境績效，相信也可以證明中衛體制對於產業生態化的貢獻之處。以製造行業類別區分，國內就有二十四個不同的產業，若各行各業界形成產業生態體系，並隨之各個產業體系進行整合與合作，相信亦可擴大國內的產業趨向生態化的目標。目前國內的經濟陷入低潮，許多中小企業已無法對抗衰敗的景氣而紛紛倒閉，此外此連帶關係也影響到大型企業的擴展。因此，中衛體系的機制的垂直與縱橫之整合，可以促進產業之間的互動關係，並一同攜手合作進行推展產業生態化，並共同提昇組織的競爭力之目標。

## 第五章 法規與技術因素對於驅動 IE 的發展

完善的法規及措施是推動資源化工作另一股龐大助力，也惟有透過法規方能夠驅動國內的 IE 機制，推動及推廣產業生態學的觀念，來達到「綠色矽島」的理想。環保署為了鼓勵工廠進行廢棄物資源回收再利用工作的順利進行，已經先後修正發佈「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」、「環境保護事業管理辦法」中相關事業廢棄物再利用條文，並致力於達致「資源回收再利用法（草案）」，改善國內的廢棄物之存量問題。另外為提高工業廢棄物之妥善處理率，經濟部及環保署於 1993 年 1 月 30 日會銜公告「推動工業廢棄物處理體系輔導要點」，積極推動事業廢棄物減量、資源回收及處理示範計畫。此外，資源化的技術研發也對於 IE 的發展扮演著重要的角色。因此，目前階段最能夠驅動 IE 的發展因素，便是法規與技術的影響力。

本章節將說明法規與技術因素在產業生態化的發展過程中所扮演的角色，並且嘗試透過各種不同的個案 / 情境來模擬分析對其形成的影響。本章節將以資源化相協調及變遷的法規及各種措施與技術，嘗試探討其對於 IE 發展的影響力。前半部為各相關的資源化法規的介紹，而後半部則採取不同個案 / 情境比較方式，分析在法規與技術發展的變遷之中的 IE 之驅動機制與連續帶發展之關係。

### 第一節 驅動 IE 發展之法規因素

環保署於 1995 年 7 月 19 日修正發佈「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」（共計七章五十四條）明列事業廢棄物再利用條文。在第五章第三十一條，「一般事業廢棄物再利用之類別及管理方式，未經環保署公告而擬進行再利用的一般事業廢棄物，得檢具再利用計畫，及向地方主管機關申請核轉中央主管機關核准」。目前環保署已公告廢紙、廢鐵、煤灰、水淬爐石、高爐石、轉爐石及脫硫渣等項目為可再利用之一般事業廢棄物。依照規定，若經公告之一般事業廢棄物，凡是業者符合再利用用途者，可不經個案核准手續即可逕行再

利用。

為達到國內事業廢棄物管制、追蹤及施行減量措施，「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」亦在第三十二、三條則是一般事業廢棄物之再利用應符合的規定，包括再利用之用途、輸出規定，並以登記有案之工廠為限，而且再利用前的貯存也須符合規定。在第三十四條，一般事業廢棄物之機構每年應於六月及十二月底向事業機構所在之主管機關申報備查。為達到強化以再利用方式處理事業廢棄物，在相關法規的第六章第三十六條說明，事業廢棄物經中央主管機關及中央目的事業主管機關認定，以再利用方式較符合資源永續使用方式者，不得以再利用以外方式進行最終處置。

雖然目前環保署公告的一般事業廢棄物仍然有限，然而各自事業廢棄物單位可進行其他未經公告的事業廢棄物再利用的申請手續。為達到管制與追蹤目的，申請者必須向廢棄物產生地主管機構，核轉中央主管機關列明以下資料：(1)事業機構與再利用機構之工廠合格登記證明；(2)事業廢棄物的來源、名稱、種類、數量及成份分析；(3)事業廢棄物的再利用方法、原理、種類、數量及成份分析；(4)事業廢棄物再利用後剩餘廢棄物之處理及最終處置方式；(5)事業廢棄物之再利用清運方式；(6)再利用用途符合主管機關或目的事業主管機關相關規定之證明等。

事業廢棄物的性質，例如有害事業廢棄物再利用，除了須依據「廢棄物清理法」(共計第六章三十六條)第十八條之規定，有害事業廢棄物之輸入、輸出、再利用，應先有中央主管機關許可之外，亦須遵照環保署於 1996 年 6 月 26 日公告的「有害事業廢棄物再利用許可辦法」(共十五條)。

為了配合回收再利用之工作推展，環保署於 1995 年 10 月 11 日發佈「環境保護事業機構管理辦法」(共計四章四十六條)。此法案的目的在於監督環境保護事業(代清理公司)妥善的經營事業廢棄物清除、處理或環境檢驗測定之業務。廢棄物之再利用符合廢棄物清理法及相關法規之規定者，不受此項限制，亦即只要中央主管機關核備後，代清理公司即可合法從事廢棄物回收再利用業務，管理辦法亦即由個案申請制簡化為核備制，使回收再利用的推

展進度施行更為順暢。

目前，國內十四種所謂溶出毒性事業廢棄物（金屬冶煉工業、煉油工業、石油化學工業、染顏料及其中間體製造工業、鈦白粉製造工業、石綿及其製品工業、鍊焦工業、金屬表面處理工業、紡織染整工業、皮革工業、廢料回收工業、鎳、銅、鉛及水銀電池工業、酸鹼工業、農藥、環境衛生用藥製造業）都必須通過有害事業廢棄物溶出試驗（TCCP）標準。然而，在這些事業廢棄物中，其實隱藏著非常多的資源化契機。由於主管機關判斷手續較繁、不清楚各產業可能產物、不瞭解依其組成份性質進行歸類等之有害事業廢棄物定義與歸類方式的缺點，無形中形成資源化及廢棄物交換的重大阻力。

依據「事業廢棄物貯存清楚處理方法及設施標準」，再利用之事業機構必須檢具再利用計劃，向地方主管機關申請轉中央主管機關核准，使整個資源化過程，繁瑣加上冗長，故事業機構寧採可用新的原料，也不願使用資源化的材料。此外，目前國內對於廢棄物的認定或歸類方式也比較概括，無法就定何者為「廢棄物」（Waste）、何者為「附產品」（Co-Product）及何者為「副產品」（By-Product）（名詞界定，見第壹章之名詞界定），若僅以「有害」即「無害」事業廢棄物區分，將降低資源使用效率，無形中是種浪費。因此，藉由「資源回收再利用法草案」的落實，採用產源管理的方式，透過三種資源回收種類，由各中央主管機關及環保署分層的執行，相信在資源回收之廢棄物認定與公告的過程中，更多的廢棄物能儘速的回到再生產的線上。

目前在擬定的資源回收在利用法草案（廢管處 1999 年 1 月 18 日），目的在與促進資源永續利用，兼顧環境保護與經濟成長。本法的擬定有助於釐清國內一般廢棄物與事業廢棄物的種類及司法之權利，取材於 1976 年美國資源回收在利用法案，可知國內在於廢棄物管理方面已經落後於美國近四分之一個世紀。本法共有六章六十六條，分布為總則、產源管理、第一類在省資源回收再利用、其他再生資源之資源回收在利用、管制措施、輔導及獎勵。

依據此法，事業廢棄物舉凡包括工、商、廠、礦、農、林、漁、牧、醫藥、營建等從事生產、製造、運輸、販賣、服務等活動之機構及其他中央主管機關指定之機構。本法定義「再

生資源」(Recovered Resources)為「廢棄物清理法」所稱之廢棄物，具可回收再利用之性質，並經由中央主管機關公告制定者。「回收再利用」(Resources Recovery)指將具可直接回收再利用性質的廢棄物，自產生源收集，直接或間接作為能源、原料、燃料、肥料、飼料、添料、土壤改良劑或其他境中央相關主管認定用途之行為。依據上述「再生資源」與「回收再利用」的需求，一般廢棄物與事業廢棄物分為三個種類，以利管理。

第一類：指物品或其包裝、容器經食用或使用後具不易清除或處理、含長期不易腐化之成分、含有害物質之成分且可具回收再利用之性質，並經行政院環境保護署公告者。

第二類：指除第一類以外，具可回收再利用之性質，且兼具技術及經濟可行性，經中央主管機關公告者。

第三類：指上述兩類之外，具有強制再利用之必要性，經行政院環境保護署公告者。

針對上述三種「資源」的分類，事業廢棄物資源化將有更多類似第二類的情形出現。各中央主管（依其產生源在中央生產事業為經濟部、營建業為內政部、農、林、漁、牧業為農業部），指定業者必須向他們辦理及申請、資源回收費計算、繳費方式、流程、期限、抵扣、減免、退費等。在資源回收再利用法草案對於廢棄物資源化的鼓勵面方面，明定公告之製造業、輸入業、執行再生資源回收再利用之成效優良者，得依規定減免或扣抵應繳交之資源回收費。

依據此法案第二章之產源管理方面，設置第九條為「為了有效利用再生資源，第一類中央主管機關的向各中央目的事業主管機關指定公告事業於研發、設計、製造、生產、銷售或工程施工等階段，應進行下列的事項」：(1)選用清潔生產技術；(2)使用一定比例之回收料；(3)使用經指定材質或規格指物品、容器或包裝；(4)使用有助於拆解、分類回收之結構或裝配方式或為有助於分類回收之標示；(5)回收可重複再利用之物質。

此外，資源回收再利用法草案所訂定的法則面，也具有推動廢棄物資源化的功能。例如，違反上述第九條第二項（使用一定比例之回收料）及第二十五條第二項（再生資源之運用、

資源回收再利用方法、申報、檢測及其他應遵行之辦法)，處新台幣十萬元以上一百萬元以下罰鍰，必要時地方主管機關報請中央主管機關轉請目的事業主管機關，予以歇業處分。

## 第二節 驅動 IE 發展之技術因素

在進行事業廢棄物資源化之前，廢棄物的成分特性與形成的途徑必須要事先瞭解，方可掌握其資源化方向及可行性。評析事業廢棄物資源化的考量範圍包括其成分、濃度、不純物標準及複合化的程度，而其數量、重量、容積等也是相關的考量重點(鄭智和、黃進修，1997)。

資源化技術是以追求最適化之附加價值為目標，因此技術之發展或應用即其關鍵所在。分離技術乃是廢棄物資源化過程中之重要應用方法，包括蒸餾、分餾、電析、電解、水解、離子交換、溶劑萃取、逆滲透及超過濾等。業者可採用蒸餾、分餾的技術進行電子業、塑膠業、印刷業的溶劑的回收再利用，並採用電析方式進行電鍍廢水的回收再利用等。

目前國內的環保產業正在復甦當中，其技術的發展與環保法規的制定與執行息息相關。事業廢棄物的處理即是目前也是未來十年內之焦點環保問題，其重點則在於廢棄物再資源化之技術及改變傳統的生產方式，迎向 IE 及「零排放」技術之研發，創造永續發展。

資源化的技術開發之項目大部分分為科技專案研發範圍，民間研發因資料甚少，故在本節探討的資源化技術乃根據工研院能資所及化工所彙整之環保技術為主要依據(表 5-1)。

表 5-1 國內的資源化技術

技術項目	技術內容重點	技術水平評估	差距（年）
低污染小型套裝式焚化爐	針對現有之小型 2t/d 以下之焚化爐，配加高溫濾材及高溫除酸技術，達到無污染及高處理效率之目標。	工研院具有整合技術，與先進國如日本的小型焚化爐之情況近似。	同步
電漿處理技術	利用高溫電漿將有毒性廢液完全分子化，形成無毒性分解物。另外亦可利用本技術將灰渣（如垃圾灰渣）或有害物質（如石綿）加以玻璃固化處理。	工研院能資所已進行數年之研發，但尚未有商業化運轉之實例。美、法、日交有這方面的技術。	5
灰渣及污泥資源化建築骨架產品	利用燃煤飛灰、汽電共升飛灰、垃圾焚化灰渣及石材污泥等廢棄物為主要原料，以造粒、冷結、燒結及發泡等技術之造成具有粒狀、輕質及強度特性的骨材，以替代石質骨架作為水泥體等建材使用。、、	工研院的人工骨材技術，單顆粒破碎強度在 20KG 以上，比重可分為 1.3~1.5、1.0~1.3、1.0 以下等三種產品。歐美國家在這方面的發展已有數十年。	2
工業廢棄物資源化技術： (1)廢塑橡膠資源化技術 (2)高科技工業廢棄物資源回收技術	研發化學回收再生技術，建立製程及觸媒的控制能力，將廢塑橡膠還原成化石基本原料。開發一連續自動拆解之整廠技術並回收有價值零件。對於無法回收之電子零件則高溫蒸餾或低溫萃取方式取得有價金屬。對於最後之殘渣將進行資源化並妥善處理之。	在國科會支持下，國內大學進行熱製解的基礎研究；成大環工所與加州環工所已建立 24/d 實驗工廠。目前尚無可連續拆解處理之技術。	1  5

資料來源：引自「產業技術白皮書」(1997)。

工研院化工所自 1992 年起先後將「鍍鉻廢液污泥之處理」及「含重金屬污泥資源化」列為研發題目。經過幾年來的努力已將鉻污泥的處理方法建立完成，即於老化鉻廢液中直接加入苛性鈉、調整 pH 值，使鉻酸形成鉻鹽，鉻鹽可應用於鉻黃之製造，此法可使污泥量比



傳統的還原中和法減少 95%，並已獲得中華民國之專利，對於減少含鉻污泥極具效益。另外，也利用濕式方法來處理含重金屬污泥，預期能回收硫酸銅、硫酸鎳、硫酸鋅等產品，目前也已在實驗室獲得成功，據初步評估此法具有經濟可行性。

### 第三節 法規及技術因素對於產業生態化發展機制之影響

法規的內容如「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」、「環境保護事業管理辦法」中相關事業廢棄物再利用條文及「資源回收再利用法（草案）」，皆能影響國內的產業生態化發展機制達致產業生態學的目標。在技術環境中，廢棄物回收再利用、資源化及資源替代的技術，以及能源與水資源處理及「連串」（Cascading）技術，亦是影響產業生態化進程的重要因素。

本節將對於上一章的五個情境進行討論：

#### 一、「資源回收再利用法（草案）」對於五個個案／情境的影響

1. 個案／情境 1：由「事業廢棄物交換資訊服務中心」所促成的廢棄物成功交換案件中，不少也具有有害事業廢棄物的成分。廢棄物若要進行資源化，尤其是具有溶出毒性事業廢棄物，供需雙方皆事先向環保署進行申報及檢具廢棄物資源化的計劃書向有關單位申請。「事業廢棄物交換資訊服務中心」除了促成廢棄物的資源化過程，亦須在進行廢棄物交換輔導時，給予廠商了解現行廢棄物相關法令之規定，並協助他們依法進行廢棄物的貯存，協助法令的宣導。然而，若「資源回收再利用法（草案）」通過，其中廢棄物之第二分類「具有回收再利用之性質、技術及經濟可行性、經中央主管機關公告者」，將促使更多的事業廢棄物給予法定的資源化訴求。目前所公告者相當的有限（廢紙、廢鐵、煤灰等等），然而在「資源回收再利用法（草案）」的環境下，事業機構的中央主管機關將有權利公佈資源化的訴求；中央主管機關可能將公告者擴大至各產業的污泥、廢油、廢溶劑、廢塑、橡膠及電子廢料等等具有技術與經濟可行性的廢棄物。此廢棄物一旦經公

告之後，「事業廢棄物交換資訊服務中心」不須再與廠商之間維持機密式的交換環境，且將促成相關回收業者設置處理與資源工廠，進而帶動產業或以廢棄物生態化／資源化體系的發展。

2. 個案／情境 2：目前造紙業的中央主管機關（經濟部）並未公告廢紙以外而予於資源回收的其他廢棄物。其實，國內的造紙（紙漿）業所產生的廢棄物約 850 噸／天（乾質）（張漢昌，1999）；其中以廢水污泥為主要廢棄物，而其他廢棄物計有廢紙渣捲索、散漿排渣及漿料排渣等。由於紙渣污泥可資源化製成建材原料及發熱值很高（約 1,387 至 3,300kcal/kg）的垃圾衍生燃料（Refuse-Derived Fuel，簡稱 RDF）等，因此若經濟部公佈此訴求，將可進一步的促進造紙業的生態化環境。目前，正隆公司的汽電系統是以煤及原油來發電及產生蒸氣，若經濟部促使污泥資源化成 RDF，將可能夠減低煤及原油的使用量。
3. 個案／情境 3：在正隆工業減廢中為體系中，除了一些不須檢具廢棄物再利用的計劃書之申請，如廢紙回收業及造紙、紙器業，其他行業如化工業、機械業及能源業所產出的事業廢棄物，皆須通過溶出毒性事業廢棄物的檢定。在「資源回收再利用法（草案）」通過之後，經濟部將可給予此資源回收體系更有利的環境來進行合作及資源化的環境，如不需要提出資源化及廢棄物交換的申請程序，便可自由地廠房之間形成交換的活動。
4. 個案／情境 4：台南科技工業區乃是以電子、機械製造、化工業、通訊產業、生物科技業等之高科技領域產業為主。這些產業所形成的有毒廢棄物比率比一般的產業更高，因此若要進行廢棄物資源化的工作，業者必須擁有該領域的資源化技術及須向環保署提出廢棄物再利用的申請。在「資源回收再利用法（草案）」通過之後，園區管理局或各事業機構的中央主管機關將可合力的共同處理園區內的事業廢棄物，如設置廢棄物共同處理機制、電子廢料資源化廠等，使園區內的廠商不須再檢具廢棄物資源化計劃向有關單位提出申請，縮短廢棄物處理的期間。
5. 個案／情境 5：在「綠色矽島」的願景規劃中，「科技島國」已經成為國家政策發展的主

要策略。隨之改變的便是產業結構的轉型，而高科技產品的出口率也逐年的增加。由於「資源回收再利用法（草案）」注重廢棄物的產源管理及施予中央主管機關視當時的技術與經濟考量而有權利公佈廢棄物之資源回收的種類，目前，國內的事業廢棄物總量約為 20mT/a，其中約有 60%以上可以進行資源化（巢志成，2000）。因此，一旦「資源回收再利用法（草案）」通過之後，各中央主管機關將更有效率的管制各別行業的廢棄物總量，並達致綠色矽島」的願景。

## 二、資源化的技術內容對於五個情境的影響

1. 個案 / 情境 1：廢酸乃是「事業廢棄物交換資訊服務中心」一項重要的廢棄物資源化案例。以國內各鋼品製造的酸洗廢液為例，每年的產出量可達 81,000 噸左右（張漢昌，1999）。在案例中發現，廢酸資源化的業者為成功交換者之最，並且逐年增加當中，顯示國內資源化業者在此方面的技術與經濟可行性能及之處。例如，在成功的交換案例中，業者對於化工廠產生的廢鹽酸經過過濾及加入純鹽酸的過程，資源化製成氯化鐵（溶液）。此外，利用水解分離方式，在酸性污泥中回收硫酸；採用離子交換技術，在電鍍或相片清洗液中回收金屬（鉻、鋅、銅）等。
2. 個案 / 情境 2：正隆紙業為減少回爐紙，改善了其製程技術，即採用自動換紙設備，代替人工換紙，減少了回爐紙量。在改變原料方面，減少塗佈點分的使用；改善供水系統，穩定水源及水質，藉以改善製程中的污泥脫水藥品之使用量。目前，利用紙渣污泥資源化製成 RDF，做為汽電系統之煤與原油的替代品，將可節省造紙（紙漿）的成本。正隆紙業目前並沒有如此的做法，可能是成本投資的問題，因為整套 RDF 的製造流程便須設置百萬元以上的設備。International Paper 公司已經早在 1982 年就將紙渣污泥製成類球性的 RDF；此種固狀的 RDF 在燃燒焚化時，可減少氮氧化物（NO<sub>x</sub>）的生產量及空氣污染（張漢昌，1999）。
3. 個案 / 情境 3：正隆減廢中體系中的成員各自在廢水回收、廢棄物處理、節能、噪音、

物料管理及有效利用的減廢項目之技術層面上，獲致實際的經濟效益。正隆中衛體系資源回收鏈，也可在互動的交流過程中進行資源回收等的技術轉移。由於體系內設有汽電共生業，其實在其能源與蒸氣的生產過程中，廢熱與廢氣將可進一步的進行再利用，例如藉由輸送管的方式駁接至大園鄉內的其他成員（正隆大園廠、宏誼、山富紙業及大園紙器廠），進行發電及烘乾使用。

4. 個案 / 情境 4 及個案 / 情境 5：電子業及印刷業的廢溶劑可藉由蒸餾、分餾方式進行回收再利用；金屬酸洗液透過離子交換技術而獲致回收再利用；採用逆滲透的方式，將紡織業之染料回收、鍍銀、鎳、鋅廢液回收。目前，國內的工業區在妥善處理所產出的廢棄物處理率，漸漸的達到 80%以上及國內的普遍妥善處理率達到 60%（行政院經濟建設委員會，2000），顯示國內的廢棄物資源化的技術正穩健的成長當中。

## 第陸章 結論與建議

本論文透過文獻回顧與分析，了解產業生態學的理论與分析方式對於傳統永續發展研究限制之突破。綜觀全文，筆者乃將產業生態化的發展過程解釋為一個連續帶的關係，並藉由現階段之 IE 驅動機制，「以小窺大」的從最小層次之生態化範圍，推展至最大層次的生態化範圍，建構「綠色矽島」的目標。本文之研究試圖建構台灣的產業生態化機制，即事業廢棄物交換及資源化、工業減廢與污染預防、中衛體系、生態化工業園區及虛擬生態化工業園區方式，再藉由經濟與環境效益之指標，建立國內產業生態化發展的估算與分析方法，以做為一項落實產業生態化政策的經濟與環境影響之評估。最後則依據國內的資源化法規之修定及資源化技術的發展情況，進行法規與技術的趨勢推估與情境分析的工作，以檢視透過產業生態學的理论建構台灣成為「綠色矽島」的可行性。本章為總結和餘論。總結緊扣第壹章之研究動機和問題意識做一全文總括，餘論則提呈了筆者的研究限制，並提出後續研究之建議和方向。

### 第一節 研究結論

茲將本文之總結概述如下：

#### (一) 釐清產業生態學為永續發展的落實方法之研究方向。

自從 Frosch 和 Gallopoulos 於 1989 年提出了產業共生體系的觀念，遂引發了後進學者對此概念進行產業生態學相關理論、應用方法及工具等方面的研究。產業生態學的理论其實並非獨創，而是整合目前的策略進行重新設計，其效法自然生態系統之環環相扣和生生不息而形成產業共生體系。生物界的超然力，促使晚近學者採取生物模擬的方式，以類比的思考為原則，進一步落實應用永續發展之概念。具體而言，生態系統中的四個原則（循環、多樣性、地緣化、循序漸進）倘若真的能夠在產業生態系統中加以實踐，則永續發展之目標的完成將指日可待。

## （二）檢視國內外推行產業生態化發展的理論、應用方法及工具。

產業生態學理論、應用方法、工具等的研究，目的在於探討永續發展的過程，從中獲知應當如何在現有的產業環境策略進行整合與重新設計。筆者在撰寫此論文的過程中，一再思索此產業生態學的理論應用與工具該如何進行分類，是依據線性時間分類、步驟分類、實驗成果分類或利弊分類法？究竟何者較妥貼呢？綜觀過往十餘年來之產業生態學理論發展，筆者發現大部分的研究發現皆可歸納為線性時間分類、層次及步驟分類等兩大類。

本文結合上述分類的精髓，應用耶魯大學教授 Chertow (1999a) 所提出之產業生態化的連續帶 (Continuum of Industrial Symbiosis) 理論架構，做為研究驅動國內 IE 發展之機制的討論方式。筆者相信此理論架構將有助於了解不同層次 (企業、社區、國家) 在追求生態化的過程，依照本身的優劣位置來擬製生態化的發展模式。本文歸納當前台灣國內之情況，認為有五個驅動 IE 的發展機制將有效達致永續發展的目標，並實踐台灣成為「綠色矽島」的理想。此即事業廢棄物交換及資源化系統、工業減廢及污染預防系統、中衛體系、生態化工業園區體系及虛擬生態化工業園區體系。

## （三）針對國內產業生態化體系的發展架構進行經濟與環境效益指標之分析。

藉由不同驅動 IE 發展的機制，本研究採用情境分析及個案研究法以形成五個類式的比較分析，並透過經濟與環境效益的指標，以分析及評估不同生態化階段或層次之影響。本文所分析之個案 / 情境 1 - 3 的量化結果，說明如下：

- 「事業廢棄物交換資訊服務中心」在過去的十三年以來，成功地交換了 277,985 公噸的廢棄物，平均的年交換量約為十六萬公噸數，而每年平均創造的經濟利益為 1.5 億元。然而，「事業廢棄物交換資訊服務中心」僅負責進行物質的交換部分，因此其對減低環境的衝擊只能以廢棄物的噸數加以計算。未來，隨著更多的法規鬆綁策略，以及「資源回收再利用法」之通過與實施，「事業廢棄物交換資訊服務中心」在此物質的交換部分將會大幅度的增加，並成為工業區的廢棄物交換中心，甚至可成為聯繫各工業區之間的虛擬廢棄物交換機制。

- 正隆公司在過往的四年中，平均每年創造的減廢效益為 1.30 億元。在環境效益方面，正隆公司的廠房 / 組織生態化使其在能源消耗、二氧化碳排放量及水資源節省方面，具有正面的環境友善意義。
- 本研究根據正隆減廢中衛體系於 1997 年的減廢效益，推估其在產業生態化的發展過程中所創造出的經濟與環境效益。據所得數據顯示，其生態化體系獲得了 0.73 億元的經濟效益，而在環境效益方面則高達十三萬公噸的廢棄物之有效利用。中衛體系機制的垂直與縱橫之整合，可以促進產業之間的互動關係，並共同攜手推展產業生態化，以提昇組織的競爭力。

#### (四) 法規與技術因素對於驅動 IE 機制的影響。

法規的內容如「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」、「環境保護事業管理辦法」中相關事業廢棄物再利用條文及「資源回收再利用法(草案)」，皆能影響國內的產業生態化發展機制達致產業生態學的目標。在技術環境中，廢棄物回收再利用、資源化及資源替代的技術，以及能源與水資源處理及「連串」(Cascading)技術，亦是影響產業生態化進程的重要因素。筆者在分析「資源回收再利用法(草案)」的通過及資源化技術的內容對於五個情境之影響時，發現廢棄物的產源管理及事業機構的中央主管機關所扮演的重要角色，以及國內資源化技術的穩健成長跡象，經形成產業生態化一個良好的發展環境。

## 第二節 研究限制

在國內，產業生態學的相關研究，仍然處於萌芽的階段，研究性質屬多偏重於實證或理論鋪述的初探。本文藉由個案之探索性研究，欲針對國內的產業生態化機制進行分析與探討以落實台灣成為「綠色矽島」的理念與目標。然而，此理論架構仍屬於對產業發展之邏輯推測，其中生態化發展機制之經濟與環境效益指標的推估，因而落於簡略及不足詳實。兼且，礙於時間和能力的限制，文獻資料之蒐集有缺完善，加之筆者未能針對所有的產業生態化機

制進行普遍調查，實乃本文之不足，促使全文僅限於片面性的論述，而未有燭照全局之能力。況且，由於目前國內的產業生態化發展仍處於開發中階段，本文之量化數據因此僅限於針對現階段的機制進行探討，對於尚在規劃中的生態化工業園區及虛擬生態化工業園區，則因毫無數據可取，而無法進行各個個案及情境之數據比對。此外，在筆者所建構之生態化機制中，除了「廢棄物交換資訊服務中心」之資料可謂相當完備外，其他諸如正隆紙業及正隆減廢中衛輔導體系之相關數據的取得仍相當有限，不免影響全文之量化結果。凡以上所述，則有待筆者或有意研究此論題者在後續研究中加以修正、補足。

### 第三節 建議與後續研究之方向

#### 一、建議

從以上所得，可見筆者在此論文中建議以產業生態學的理论來建構「綠色矽島」，將有助於台灣產業的「出路」與國家的永續發展。茲簡述如下：

##### （一）強化現有驅動 IE 的機制

如前文所述，國內現階段能夠驅動 IE 的機制計有「廢棄物交換資訊服務中心」、組織資源化和生態化中衛體系。這些機制在國內的產業環境中經有相當長的一段歷史，亦是政府在推行有關產業生態化體系時的優勢。由於產業具備了環境管理之基礎，現有的產業政策有必要重新整合當前的環境管理策略，並加以再設計，以賦予「綠色矽島」新的推動力。

本文建議將「廢棄物交換資訊服務中心」推展至虛擬的生態化工業園區形式。基於台灣島國面積不多之現實困限，虛擬化的廢棄物交換中心能夠聯繫工業區與工業區之間對於廢棄物資源化之需求問題。此外，國內新興規劃的工業區屬性多以高科技為主題，而在如此的工業區環境之下，要形成封閉迴路式的物質流並不是一件簡易的事，這是因為生態化工業園區有賴於綜合性的園區屬性之故。「廢棄物交換資訊服務中心」的機制若想要突破此困境，其除了進行封閉迴路式的物質流外，更可進行資訊流，如分享經驗及產品促銷等活動。



## (二) 積極規劃未來驅動 IE 發展的藍圖

有關國內生態化工業園區的規劃行動，除了工研院於 1998 年國家永續會的報告，得到中央主管口頭承諾外，並未見有任何更進一步的整合計劃。直至 1999 年，工業局方開始以彰濱工業區及台南科工區為範例，來推行生態化工業園區概念之相關計劃。

本文建議將產業生態化的發展計劃納入國家發展及建設之主流項目中以因應時勢發展。目前在「綠色矽島」國家建設計劃中，產業生態學仍僅處於「宣導」期間，並無較完整的發展計劃書面世。鑒此，筆者建議政府採用以下的發展策略：

### (1) 建立產業生態化之機會基線 ( Opportunity Baseline )

針對國內的產業結構與發展情況，評估國內的產業混合 ( Industry Mix ) 物質流向及地方性情況，是否符合生態化園區的基線，並採取「量身定做」方式，向國內全面性的推導產業生態化發展計劃。

### (2) 建立環保企業及市場資訊資料庫

藉由企業組織的未來發展去向、理念及產品或服務，確定其是否合乎產業生態化園區規劃的合格候選者，日後作為園區發展的候選名單。

### (3) 與環保融資及環保基金會建立聯盟關係

確定國內外之環保融資單位，例如銀行、環保基金會等，以企業聯營及技術轉移方式，取得資金及產業生態化技術，推動國內的產業生態化發展。

### (4) 與環保法規機關建立改善作業環境的合作關係

政府與環保法規機關建立合作關係，營造一個更鼓勵於產業生態學發展的法規制度，例如參與計劃的企業透過合法簽約方式，承諾遵照合約內容進行廠務生產與開發事項。

## (5) 建立資訊科技之應用配套及聯繫

建設全球性的資訊科技聯絡網系，做為各別產業生態化園區相互交流、推廣、宣導等的管道。此外，資訊科技聯絡網系的建構也必須擁有資訊技術的配套，例如地理資訊系統 (GIS)，以做為區域性之資源、物資流向、市場分析等的評估。

## 二、後續研究方向

### (一) 國內工業區物質與資訊流網絡之研究

此研究方向相當於針對國內的工業區，進行資源永續利用推動之策略。目前網際網路的趨勢，加深了產業電子化之推動策略。因此，工業區內的企業組織藉由電子化的管理制度，使物質流向如產源、製程、庫存、行銷規劃等等，將可進一步的進行封閉迴路的管制。並且，藉由自由的資訊流向關係，更能達致區域性、多元產業的物質平衡之原則。此外，藉由全球性的資訊科技聯絡網系，可做为各別產業生態化園區相互交流、推廣、宣導等的重要之媒介，並且透過資訊技術配套，例如地理資訊系統 (GIS)，作為區域性之資源、物資流向、市場分析等的評估。

### (二) 生態化工業園區的發展對於利害相關者之影響評估

產業生態學的觀念已經逐漸成為企業追求卓越表現的新規範。它開創創新的路徑，給予企業進行作業及推動經濟的發展。產業生態學的發展在經濟與環境利益之間，尋求平衡並致力於維護其永續性發展。此外，不同利益相關者如民眾、社區等，皆可透過產業生態學理念及發展計劃而獲得利益，例如擴張區域性的商業及就業機會、增加稅務營收、提昇環境的健康品質、增進教育 / 研究與事業 / 生涯規劃之機會等。對於企業組織的利益則包括提昇組織與產品的形象、提昇環境效益、可取得更高的營利、營造優質績效的工作場所等等。

### (三) 示範性生態化工業園區之生態效益指標分析

生態效益指標系統的建構，用以做為生態化工業園區之招商依據，乃為一項園區動態發展的衡量之系統架構。生態效益的觀念乃在於提昇資源生產力，透過環境及財務指標進行研擬生態化工業園區的實質經濟與環境效益。由於此指標架構具有園區發展之參考性依據，故將形成各種行業之間的機會基線，可做為園區長期發展的方向。

## 參考文獻

中文部分：

1. 自由電子新聞網，2001/5/13，「竹市隆恩圳魚屍綿延五公里」  
(<http://www.libertytimes.com.tw/2001/new/may/13/today-c7.htm>)
2. 行政院經濟建設委員會，2000，*新世紀國家建設計劃：民國九十至九十四年計劃暨民國一百年展望*，台北：行政院經濟建設委員會編印。
3. 西美霞、蔡俊朗，1996，「工業污染防治技術輔導」，*中華民國八十五年工業年鑑*：1153-1168。
4. 李燈銘，2000，「正隆公司永續發展推動策略」，*永續產業資訊雙月刊第二期*，經濟部工業局編印。
5. 李龍堯，1996，「污染防治工業」，*中華民國八十五年工業年鑑*：883-890。
6. 事業廢棄物交換資訊服務中心，2000a，*1987年至2000年之統計表*。
7. 事業廢棄物交換資訊服務中心，2000b，*環境保護署2000年6月21日工作檢討報告*。
8. 周素卿，1998，「科學園區的另一個發展版本：台南科學園區」，*台灣社會研究季刊*，32：125-163。
9. 林建元，1993，*台灣地區工業區開發之基本研究(一)：資訊設備需求特性之研究*，經濟部工業局。
10. 紀效娟，1996，「工業合作推動計劃」，*中華民國八十五年工業年鑑*：977-991。
11. 胡憲倫，2000a，「二十一世紀企業經營的新思維」，*環境與管理研究*，1(1)：49-76。
12. 胡憲倫，2000b，「產業永續發展的必要進程」，*示範性生態化產業體系研討會論文集*，行政院環境保護署主辦。
13. 凌韻生、劉厚連、陳迥立，1998，「工業區之編定與管理」，*中華民國八十七年工業年鑑*：1258。
14. 徐嘉立、張君正，1998，「工業減廢、環境管理與中衛體系——旺宏電子經驗」，*工業污染防治*，65：101-111。
15. \_\_\_\_\_，1997，*產業白皮書*，經濟部工業局編印。
16. 巢志成，2000，「產業生態化概念」，*示範性生態化產業體系研討會論文集*，行政院環境

保護署主辦。

17. 張漢昌，1999，*廢棄物污染與處理*，台北：曉園出版社。
18. 產基會，1997，*正隆公司工業減廢中衛體系專輯*，財團法人台灣產業服務基金會編印。
19. 郭祥亭，1996，「工業發展回歸生態系統運作之理念介紹」，*經濟部工業污染防治報導*，9(101): 1-3。
20. 陳萬淇，1995，*個案研究方法*，台北：華泰書局。
21. 馮新輝，1995，「提昇製造業合作競爭力與團結圈活動」，*中華民國八十四年工業年鑑*：1105-1115。
22. \_\_\_\_\_，1995，*中華民國八十四年年鑑*，經濟部工業局編印。
23. 楊奉儒，2000，「資源化技術鏈結形成生態化共生體系評估」，*示範性生態化產業體系研討會論文集*，行政院環境保護署主辦。
24. *經濟日報*，1996/7/20。
25. 經濟部，1996，*工業減廢成果發表會：東元電機工業減廢輔導體系書面資料*，經濟部工業局編印。
26. 經濟部工業局，1999，「經濟部工業局八十八年一月份重要措施」(<http://www.moeaidb.gov.tw/method/important/88/8801.htm>)
27. 經濟部工業局，2000/8/11，「經濟部工業局新聞稿」(<http://www.moeaidb.gov.tw/news/news/n890811.htm>)
28. 劉偉成，1998，*事業廢棄物管理專案研究計劃*，行政院環境保護署。
29. 鄭智和，1994，「廢棄物交換／資源化實例介紹」，*廢棄物交換／資源化研討會論文集*，工業技術研究院化學工業研究所主辦：29- 57。
30. 鄭智和、黃進修，1997，「事業廢棄物資源化探討」，*化工資訊*：31- 44。
31. 鄭智和、鍾美華，1996，「『稀有金屬』之回收與資源化」，*工業污染防治*，59：145- 157。
32. 鄭智和、關家倫、鍾美華，1996，「國內外廢棄物交換系統實施概況」，*工業污染防治*，59：86- 195。
33. 鍾美華、鄭智和、黃進修、關家倫、黃素清，1998，「台灣事業廢棄物交換之推廣及成效分析」，*海峽兩岸研討會論文集*。
34. 鍾國輝、孔憲法，2000，「生態化工業園區規劃分析工具 DfE 應用之探討」，*2000 年國土論壇研討會論文集*。

35. 鍾啟賢、胡憲倫，2001，「傳統產業從工業減廢、環境管理至工業生態推展之研究 - 以正隆紙業為例」，*科技管理學刊*（已被接受）。
36. 蘇宗榮，1998，「清潔生產與 ISO 14000」，*工業污染防治*，66：69-76。

英文部分：

1. Allenby, B.R. (1996) “The Conceptual Framework of DFE at AT & T.” In *Design for Environment: Creating Eco-Efficient Products and Processes*. J. Fiksel ed., U.S.: McGraw Hill.
2. Allenby, B.R. (1999) *Industry Ecology: Policy Framework and Implementation*. New Jersey: Prentice-Hall.
3. Anastas, P.T., and J.J. Breen. (1997) “Design for The Environment and Green Chemistry: The Heart and Soul of Industrial Ecology.” *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp.97-102.
4. Andrew, C.J. (1999) ‘Putting Industrial Ecology into Palce: Evolving Roles for Planners.’ *Journal of American Planning Association*, Volume 65, Number 4, pp. 364-375.
5. Anrnold, M.B., and R.M.Day. (1998) “The Next Bottom Line: Making Sustainable Development Tangible.” World Resources Institute Report.
6. Applied Sustainability, LLC. (1999a) “North Texas By-Product Synergy Project: Meeting Minutes.” First Working Meeting, September 22, 1999.
7. Applied Sustainability, LLC. (1999b) “Tampico By-Product Synergy Demonstration Project: Executive Summary.” Business Council for Sustainable Development-Gulf of Mexico.
8. Ashford, N.A. (1997) “Industrial Safety: The Neglected Issue in Industrial Ecology.” *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp.115-121.
9. Ashford, N.A., and R.P. Côté. (1997) An Overview of The Special Issue,” *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp.i-iv.
10. Ayers, R.U., and U.E.Simonis, eds. (1993) *Industrial Metabolism Development through Industrial Ecology: Restructuring for Sustainable Development*. New York: United Nation University Press.
11. Ayres, R.U., and U.E.Simonis, eds. (1994) *Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development*. New York, NY: United Nations University Press.
12. Berkel, R., and M.Lafleur. (1997) “Application of An Industrial Ecology Toolbox for The Introduction of Industrial Ecology in Enterprises –II.” *Journal of Cleaner Production*, Volume

- 5, Number 1-2, pp.27-37.
13. Berkel, R., E. Willems, and M. Lafleur. (1997) "Application of An Industrial Ecology Toolbox for The Introduction of Industrial Ecology in Enterprises –I." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp.11-25.
  14. Boons, F.A.A., and W. Baas. (1997) "Types of Industrial Ecology: The Problem of Coordination." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp. 79-86.
  15. Business Council for Sustainable Development-Gulf of Mexico. (1997) "By-Product Synergy: A Strategy for Sustainable Development–A Primer," Radian International LLC.
  16. Chao, C.C.( 1999 ) "Promotion and Development of Industrial Eco-System in Taiwan, R.O.C." Proceedings Of International Conference On Cleaner Production And Sustainable Development, Taiwan, pp. 512-519.
  17. Chertow, M.R. (1999a) "The Eco-Industrial Park Model Reconsidered." *Journal of Industrial Ecology*, Volume 2, Number 3, pp. 8-10.
  18. Chertow, M.R. (1999b) "Industrial Symbiosis: A Multi-Firm Approach to Sustainability." 1999 Greening of Industry Network Conference, 1 July, 1999.
  19. Chertow, M.R., and D.C.Esty eds. (1997) *Thinking Ecologically: The Next Generation of Environmental Policy*. New Haven: Yale University Press.
  20. Cleveland, C.J., and M.Ruth. (1998), "Indicator of Dematerialization and Material Intensity of Use." *Journal of Industrial Ecology*. Volume 2, Number 3, pp.15- 50.
  21. Colby, M.E. (1990) "Environmental Management in Development: The Evolution of Paradigms." World Bank Discussion Paper 80, Washington: World Bank.
  22. Commoner, B. (1997) "The Relation Between Industrial and Ecological Systems." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1- 2, pp. 125-129.
  23. Côté, R.P., and T. Smolenaars. (1997) Supporting Pillars for Industrial Ecosystem." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp. 67-74.
  24. Denison, R. (1994) "Evaluating Environmental Impact." *Industrial Ecology: U.S. /Japan Perspectives*, National Academy of Engineering.
  25. DeSimone, L.D, and F. Popoff. (1999) "Eco-Efficiency: The Business Link to Sustainable Development." Himalaya Foundation.
  26. Dillon, P.S. (1994) "Implication of Industrial Ecology for firm," *The Greening of Industrial Ecosystems*. B.R. Allenby and D. J. Richards eds., Washington: National Academy Press.

27. Diwekar, U., and M.J. Small. (1999) "Industrial Ecology and Process Optimization." *Journal of Industrial Ecology*, Volume 2, Number 3, pp. 11-13.
28. Duchin, F. (1994) "Input-Output Analysis and Industrial Ecology," *The Greening of Industrial Ecosystems*. B.R. Allenby and D. J. Richards eds., Washington: National Academy Press.
29. Ehrenfeld, J.R. (1997) "Industrial Ecology: A Framework for Product and Process Design." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp.87- 95.
30. Ehrenfeld, J.R., and N.Gettler. (1997) "Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg." *Journal of Industrial Ecology*, Volume 1, Number 1, pp. 67-79.
31. Erkman, S. (1997) "Industrial Ecology: A Historical View." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp. 1- 10.
32. Esty, D.C., and M.E. Porter. (1998) "Industrial Ecology and Competitiveness: Strategic Implications for The Firm." *Journal of Industrial Ecology*, Volume 2, Number 1. pp. 35-43.
33. Forward, G., and A.Mangan. (1999) "By-Product Synergy." *The Bridge* (The Quarterly Magazine of The National Academy of Engineering), Volume 29, Number 1 (Spring).
34. Frosch, R.A. (1995) "Industrial Ecology: Adapting Technology for Sustainable World." *Environment* 37 (10), pp.16-27.
35. Frosch, R.A. (1992) "Industrial Ecology: A Philosophical Introduction." Proceedings of the National Academy of Sciences 89 (February): pp. 800- 803.
36. Frosch, R.A., and N.E. Gallopoulos. (1989) "Strategies for Manufacturing." *Scientific American* 261 (3), pp. 34- 45.
37. Garner, A., and G.A. Keoleian (1995) "Industrial Ecology: An Introduction." University of Michigan National Prevention Center for Higher Education: Ann Arbor.
38. Graedel, T.E. (1994) "Industrial Ecology: Definition and Implementation." *Industrial Ecology and Global Change*. R.H Socolow, C.Andrew, F.Berkhout, and V. Thomas eds., Cambridge: Cambridge University.
39. Graedel, T.E., and B.R. Allenby. (1995) *Industrial Ecology*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
40. Grant, J. (1997) "Planning and Designing Industrial Landscape for Eco-Efficiency." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp. 75-78.
41. Hammer, W.B. (1996) "What's is The Relationship Among Cleaner Production, Pollution Prevention, Waste Minimization and ISO 14000?" First Asian Conference on Cleaner



Production in Chemical Industry, Dec. 9-10, 1996, Taipei.

42. Hammond, A., A. Adriaanse, E. Rodenburg, D. Bryant, R. Woodward. (1995) "Environmental Indicator: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in The Context of Sustainable Development." Washington: World Resources Institute.
43. Herman, R., S.A. Ardekani, and J.H. Ausubel. (1989) "Dematerialization." *Technology and environment*. J. H. Ausubel and Hedy E. Sladovich eds., Washington: National Academy Press.
44. Hond, F. (2000) "Industrial Ecology: A Review." *Regional Environmental Change*, Volume 1, Number 2, pp. 60-69.
45. Keckler, S.E., and D.T. Allen. (1999) "Material Reuse Modeling: A Case Study of Water Reuse in An Industrial Park." *Journal of Industrial Ecology*, Volume 2, Number 4, pp. 79-92.
46. Korhonen, J. (2001) "Four Ecosystem Principles for An Industrial Ecosystem." *Journal of Cleaner Production*, Volume 9, pp.253-259.
47. Korhonen, J., M. Wihersasri, and I. Savolainen. (1999) "Industrial Ecology of A Regional Energy Supply System: The Case of The Jyväskylä Region, Finland. *GMI* 26 (Summer), pp. 57-67.
48. Larson, E.D., M.H. Ross, and R.H. William. (1986) "Beyond The Era of Material." *Scientific American*, Volume 254, Number 6, pp. 24-31.
49. Lee Zarnikau. (1999) "By-Product Synergy." International Conference on Cleaner Production and Sustainable Development 1999, December 16, 1999, Taipei.
50. Lowe, E.A. (1993) "Industrial Ecology: An Organizing Framework for Environmental Management." *Total Quality Environmental Management*, Volume 3, Number 1, pp. 73-85.
51. Lowe, E.A. (1997) "Creating By-Product Resource Exchange: Strategies for Eco-Industrial Parks." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp.57-65.
52. Lowe, E.A., S.R. Mohan, and Holmes. (1996) "Fieldbook for The Development of Eco-Industrial Parks." Research Triangle Institute.
53. Martin, S.H., K.A. Weitz, R.A. Cushman, A. Sharma, R.C. Lindrooth, and S.R. Mohan. (1996) "Eco-Industrial Park- A Case Study and Analysis of Economic, Environmental, Technical and Regulatory Issues." Research Triangle Institute.
54. Ngo. T.H. (1999) "Opportunities for Waste Water Minimization in Textile Industry in Hanoi." Proceedings Of International Conference On Cleaner Production And Sustainable Development, Taiwan, pp. 60-68.

55. Nobel, C.E. (1998) "A Model for Industrial Water Reuse: A Geographic Information System (GIS) Approach to Industrial Ecology." *Thesis M.A.*, University of Texas, Austin.
56. Oldenburg, K.U., and K.Geiser. (1997) "Pollution Prevention and .or Industrial Ecology." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1- 2, pp. 103-108.
57. Parto, S. (1999) "Sustainability and Local Economic Development: Can Regions "Learn" to Become Sustainable?" 1999 Greening of Industry Network Conference, 1 July, 1999.
58. Pauli, G. (1997) "Zero Emissions: The Ultimate Goal of Cleaner Production." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp.109-113.
59. Pauli, G. (1998) *Upsizing: The Road to Zero Emissions, More Jobs, More Income and No Pollution*. U.K.: Greenleaf Publishing.
60. Pleshette, E.R., G.E. Pitts, C.F. Murphy. (2000) "Eco-Industrial Development As A New Strategy for End of Life Management of Eletronic Equipment." IEEE, pp. 335-340.
61. Rejeski, D. (1997) "Metric, Systems and Technological Choices." *The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management*. D.J. Richards ed., Washington: National Academy Press.
62. Rejeski, D. (1999) "Learning Before Doing: Simulation and Modeling in Industrial Ecology." *Journal of Industrial Ecology*, Volume 2, Number 4, pp. 29-43.
63. Richards, D.J., and R.A. Frosch. (1997) *The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management*. D.J.Richards ed., Washington: National Academy Press.
64. Richards, D.J., B.R. Allenby, and R.A. Frosch. (1994) "The Greening of Industrial Ecosystems: Overview and Perspective," *The Greening of Industrial Ecosystems*. B.R. Allenby and D.J. Richards eds., Washington: National Academy Press.
65. Sagar, A.D., and R.A. Frosch. (1997) "A Perspective on Industrial Ecology and Its Application to A Metals-Industry Ecosystem." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1- 2, pp. 39-45.
66. Sandra, W. (1996) "Coors's Ten Ways to Prevent Pollution by Design." *Design for Environment*. J. Fiksel ed., U.S.: McGraw Hill.
67. Schwarz, E.J., and K.W. Steininger. (1997) "Implementing Nature's Lesson: The Industrial Recycling Network Enhancing Reginal Development." *Journal of Cleaner Production*, Volume 5, Number 1-2, pp. 47-56.
68. Socolow, R.H. (1994)" Six Perspectives from Industry Ecology." *Industrial Ecology and*

- Global Change*. R.H Socolow, C.Andrew, F.Berkhout, and V. Thomas eds., Cambridge: Cambridge University.
69. Stahel, W.R. (1997) "The Functional Economy: Cultural and Organizational Change." *The Industrial Green Game- Implications for Environmental Design and Management*. D.J. Richards ed., Washington: National Academy Press.
  70. Stern, P.C., T.Dietz, V.W.Ruttan, R.H Socolow, and J.L.Sweeney. (1997) *Environmental Significant Consumption: Research Direction*. Washington: National Academy Press.
  71. Stigliani, W.M., S. Andeberg, and P.Jaffé. (1993) "Industrial Metabolism and Long Term Risk from Accumulated Chemicals In The Rhine Basin." *Industrial Environment*, Volume 16, Number 3, pp. 30-35.
  72. Tibbs, H. (1992) "Industrial Ecology: An Agenda for Environmental Management." *Whole Earth Review* (Winter), pp. 4-16.
  73. UNIDO (1995) "From Waste to Profit." *The Indian Experience- Final Report of DESIRE Project*, UNIDO, Geneva.
  74. Von Weizsäcker E. (1998) "Dematerializaion." *Managing a Material World: Perspective in Industrial Ecology*. P.Vellinga, F.Berkhout, and J.Gupta eds., Dordecht : Kluwer.
  75. Wallner, H.P. (1999) "Toward Sustainable Development of Industry: Networking, Complex and Eco-Clusters." *Journal of Cleaner Production*, Volume 7, Number 1, pp. 49-58.
  76. Weijnen, M.P.C., G.P.J. Dijkema, R.M. Stikkelman. (1997) "Methods and Indicators for Evaluation of Industrial Eco-Efficiency at Macroscale." European Roundtable on Cleaner Production, 1-3 November, 1997, Oslo, Norway.
  77. Wernick, I.K., and J.H. Ausubel (1997) "Industrial Ecology: Some Directions for Research (Pre-Publication Draft)" Program for Human Environment, The Rockefeller University with the vishnu group for the Office of Energy and Environmental Systems, Lawrence Livermore National Laboratory.
  78. Wernick, I.K., and J.H. Ausubel. (1995) "National Material Flows and The Environment." *Annual Review of Energy Environmental*, 20, pp. 463-492.
  79. Wernick, I.K., and J.H. Ausubel. (1995) "National Material Metrics for Industrial Ecology." *Resources Policy*, Volume 21, Number 3, pp. 189-198.
  80. Wernick, I.K., P.E. Waggoner, and J.H. Ausubel. (1998) "Searching for Leverage to Conserve Forests: The Industrial Ecology of Wood Products in The United States." *Journal of Industrial Ecology*, Volume 1, Number 3, pp. 125-145.

## 附錄

經濟與環境的效益估算：

1. 經濟效益 (元 / 年) = 原料價值 (X) + 處置成本 / 利益 (Y)

$$= \sum_{i=1}^n (X_i + Y_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

2. 環境效益 (噸 / 年) = 廢棄物 + 能源 + 二氧化碳 + 水

個案 1：

1. 經濟效益 (元 / 年) = 1.5 億元<sup>8</sup>

2. 環境效益 (噸 / 年) = 廢棄物 = 16,448.872 公噸<sup>9</sup>

$$= A+B+\dots+R$$

( A=111.823 ; B=1,708.173 ; C=345.630 ; D=87.207 ; E=3,464.512 ; F=3,769.466 ;  
G=246.253 ; H=302.692 ; I=93.115 ; J=30.131 ; K=256.307 ; L=315.692 ; M=693.461 ;  
N=16.153 ; O=12.446 ; P=4,092.461 ; Q=4,557.230 ; R=1,150.276 ) ; A=有機化學品類、  
B=無機化學品類、C=有機溶劑類、D=油脂蠟類、E=酸類、F=鹼類、G=廢觸媒類、H=  
金屬類、I=塑膠類、J=橡膠類、K=織品類、L=皮革類、M=木類、N=紙類、O=灰渣類、  
P=礦渣類、Q=污泥類、R=其他類。

\* 能源、二氧化碳、水等 = 無從估計<sup>10</sup>。

<sup>8</sup> 「廢棄物交換資訊服務中心」從 1977 年至 2000 年因成功交換而廠商直接獲得的經濟利益 (每公噸廢棄物以新台幣 8,000 計算) 為 20 億元, 平均每年經濟利益所得為 1.5 億元。廠商若不進行交換其廢棄物, 則須投入新台幣 8,000 來處置上述每公噸之廢棄物。此每公噸的處置成本只是一項平均的估計方法, 事實上不同的廢棄物種類與成分, 皆有高低的處置成本之分。

<sup>9</sup> 「廢棄物交換資訊服務中心」從 1977 年至 2000 年因成功交換的事業廢棄物噸數為 277,985 公噸, 因此平均每年的成功交換噸數約為 16,448 公噸。

個案 2 :

1. 經濟效益 (元 / 年) = 1.303303 億<sup>11</sup>

2. 環境效益 (噸 / 年) = 廢棄物+能源+二氧化碳+水

廢棄物 (廢水污泥) = 2.5 萬公噸

\* 國內的造紙 (紙漿) 業所產生的廢棄物約 850 噸/天 (乾質),

其中約有 65% 為廢水污泥, 因此污泥量約為 550 公噸 (張漢昌, 1999); 1997 年國內的紙及紙板產量約為 4,500 萬公噸(Pulp and paper International, 1998, July); 1999 年正隆紙業的產品產量(文化用紙及工業用紙)約為 100 萬(李燈銘, 2000)。

\* 由此推算, 國內的造紙 (紙漿) 業所產生的廢棄物 (乾質) 約為 30 萬公噸, 其中的廢水污泥量約為 20 萬公噸。相對的每生產一公噸的紙, 產生的廢棄物就相約為 0.06 公噸 (廢棄物對產品產量的比率為 1 : 150)。因此, 生產 100 萬的產品產量, 產出的廢棄物量約為 6 萬噸, 其中的廢水污泥量約為 3.9 萬公噸。

\* 正隆紙業目前的廢水污泥回收使用比率約為 66%(產基會, 1997)。因此, 正隆紙業每年的廢水污泥回收量約為 2.5 萬公噸。

能源節省量(Mcal) = (1997-1998)

= 2,173.6 萬 Mcal<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> 事實上, 廢棄物交換及資源化的過程能夠減少廢棄物供需雙方所投入的處置成本, 例如將廢棄物供應者的廢棄物納入廢棄物需求者的生產線上, 能減少廢棄物供應者的資源投入, 無形中可以減少能源、二氧化碳、水等資源的耗用。本研究因缺乏這方面的數據, 因此無從估計。

<sup>11</sup> 正隆公司自 1996 年施行的減廢, 至 1999 年所創造的經濟效益合計為 5,2132.13 萬元, 平均每年的淨得為 1,3033.03 萬元。

<sup>12</sup> 1997 年正隆公司工業用紙之單位產品能源耗用量為 1,715Mcal/T紙, 而 1998 年的耗用量下降至 1,689 Mcal/T紙。若以 1997 年的工業用紙產量 83.6 萬噸為標準, 1997 年總工業用紙的能源耗量為 143,374 萬 Mcal, 而 1998

CO<sub>2</sub> 節省排放量(kg- CO<sub>2</sub>) = ( 1997-1998 )

$$= 794.2 \text{ 萬 kg- CO}_2^{13}$$

節省用水 ( m<sup>3</sup> ) = ( 1989-1999 )

$$= 453.97 \text{ 萬 m}^{314}$$

個案 3 :

1. 經濟效益 ( 元 / 年 ) = 0.73 億<sup>15</sup>
2. 環境效益 ( 噸 / 年 ) = 廢棄物+能源+二氧化碳+水

廢棄物

- ◆ 廢紙 ( 噸 / 年 ): 洽同 - 24,000 至 30,000 噸 ; 長宏 - 42,000 噸 ; 瑩陞 - 24,000 噸 ; 佳昌 - 36,000 噸

\* Sub-Total =126,000 至 132,000 噸

- ◆ 污泥 ( 噸 / 年 ): 大園廠 62.5 噸 ( 獲利 50 萬元/年 ;

$$500,000/8,000^{16}=62.5 \text{ 噸 )}$$

: 新竹廠 287.06 噸 ( 資源化 229.65 萬元/年 ;

$$2,296,500/8,000=287.06 \text{ 噸 )}$$

---

年總工業用紙的能源耗量為 141,200.4Macal , 其中的能源耗量節省了 2,173.6 萬 Macal。

<sup>13</sup> 1997 年正隆公司工業用紙之單位產品 CO<sub>2</sub> 排放量為 687.5 kg- CO<sub>2</sub>/T 紙, 而 1998 年的 CO<sub>2</sub> 排放量下降至 678 kg- CO<sub>2</sub>/T 紙。若以 1997 年的工業用紙產量 83.6 萬噸為標準, 1997 年總工業用紙的 CO<sub>2</sub> 排放量為 57,475 萬 kg- CO<sub>2</sub>, 而 1998 年總工業用紙的 CO<sub>2</sub> 排放量為 56,680.8 kg- CO<sub>2</sub>, 其中的 CO<sub>2</sub> 排放量節省了 794.2 萬 kg- CO<sub>2</sub>。

<sup>14</sup> 1989 年每噸紙用水量為 17.5m<sup>3</sup>, 到 1999 年下降至 12 m<sup>3</sup>, 若以 1991 至 1999 平均產品產量 82.54 萬噸計算, 10 年來平均節省用水達到 453.97 萬 m<sup>3</sup> 的用水量。

<sup>15</sup> 以正隆中衛體系為例, 平均投資額是 185 萬, 平均效益是 666 萬 ( 投資回報率是 3.6 ), 經濟效益淨值是 0.73 億元。

<sup>16</sup> 新台幣 8,000 元乃因廠房進行廢棄物回收利用而所節省上述廢棄物進行最終處置之成本換算的經濟價值。

\* Sub-Total =349.56 噸

- ◆ CaSO<sub>4</sub> (噸 / 年): 宏誼 90 噸 (副產品回收再利用 ;

$720,000/8,000=90$  噸)

\* Sub-Total =90 噸

- ◆ 下腳、原料空桶清洗回收 (噸 / 年): 建泰 45.75 噸 (廢棄物減量

與回收再利用 ;  $366,000/8,000=45.75$  噸)

\* Sub-Total =45.75 噸

- ◆ 棧板、紙管、油墨呆泄品、油墨廢水 (噸 / 年): 山富、大園紙器、

三和 46.55 噸 (物料管理與有效利用 ;

$250,000+32,403.2+90,000/8,000 = 46.55$

噸)

\* Sub-Total =46.55 噸

- ◆ : 長圓 ( 刀具回收利用 ) 洽同 ( 回收鐵、塑膠 ) 長宏 ( 回收鐵、塑膠、廢機油、冷切水 ) 瑩陞 ( 回收鐵、塑膠 ) 佳昌 ( 回收鐵、塑膠、廢機油、冷切水 ) 山隆 ( 原裝胎改製再製胎 );

$95,000+420,000+465,000+110,000+275,000+750,000/8,000=264.37$  噸

\* Sub-Total =264.37 噸

- ◆ 煤渣、煤灰資源化 : 汽電共生公司 ( 200,000 元/8,000 )

\* Sub-Total = 25 噸

\* Total = 129,821.23 噸

能源(Mcal)：大園廠、新竹廠、汽電共生公司（節能 - ）

\* Total 1000 萬/年

CO<sub>2</sub> 節省排放量(kg- CO<sub>2</sub>)：汽電共生公司、山隆（廢氣排放檢測 - ）

\* Total 500 萬/年

節省用水 ( m<sup>3</sup> )：大園廠、新竹廠、汽電共生公司（廢水回收、節水）

\* Total 300 萬/年