

污染預防(p2)與生態工業區(EIP) 之概論

馮國鑫

摘要

事業廢棄物是目前世界各國最為困難處理的環境問題之一，傳統上對企業界事業廢棄物之管理都以事後藉相關媒質予以集中及掩埋、焚化等處理方式，其處理程序耗費許多能源及成本，對企業之經營形成相當的負擔，惟實際上事業廢棄物於製程上是可以藉原料的改變或製程的更新予以防止或減輕，且製程上之廢棄副產品如安排予以再利用為其他產業之原料或資源，那麼企業界是沒有事業廢棄物之管理問題，本文論述歐美先進工業國對事業廢棄物之創新管理策略(p2 污染預防與 EIP 生態工業區)理論與實務，並引述我國採行有關策略之見解，期為政府及產業界參採，引導我國事業廢棄物管理策略走向對經濟發展及環境保護更有效率之階層，締造產業永續發展之機制。

【關鍵字】1.p2 污染預防 2.EIP 生態工業區

行政院環境保護署中部辦公室 技正

一、前言

我國歷經數個階段之經濟建設，以土地上之各種資源及人力換取了經濟成長，累積了外匯存底，亦同時堆積了各種廢棄物隱藏於台灣這塊土地上，尤其現階段較難因應者為早期各產業餘留埋藏於地下之事業廢棄物，其實這些事業廢棄物之污染問題追溯於政府早期污染防治規章之缺乏，應該發生是無庸置疑的；我國對於產業界事業廢棄物之管理規章迄至民國八十年間才有完整之清除及處理規章，如「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」(七十八年訂定；八十四及八十六年間經三次修訂為較完整)、「環境保護事業機構管理輔導辦法」(八十五年訂定、八十六年廢止另訂)及「公營事業廢棄物清除處理機構管理輔導辦法」(八六年訂定、八十九年修訂)之制訂及執行，至於一般事業廢棄物再利用之管理相關規定及「有害事業廢棄物再利用許可辦法」更晚於八十五年才制訂，50 年至 80 年間工業廢棄物是何去何從，是可想而知的，其中未經妥善處理而埋藏於土地，最近幾年被發覺的就是所謂的非法棄置之不明廢棄物，大多數是無法尋跡確認責任歸屬的，政府需花費於未來清理之龐大經費，目前已被行政院環保署發現並 建檔列管者已有 170 幾處左右，有立即危害性需馬上清理場址有十幾處，於未來將有逐漸增加之趨勢，綜觀我國目前對於非法棄置廢棄物場址之處理策略尚處於規劃階段，未來有許多治理長遠且層面複雜的任務需克服。^[12,20]

如果回顧於工業先進國如美國，1980 CERCLA 之立法規範下國會訂定執行 Superfund strategy (超級基金策略)，以解決其 1940 年代工業發展至 1980 年間事業廢棄物之未妥善管理所產生之清除問題(註：依美國紐約州愛河污染場址事件「The Issue of Love Canal」調查，Hooker 化工廠於 1942 至 1953 年間共非法棄置 21,800 公噸廢化學品於租地下^[21])，依 OTA(Office of Technology Assessment)美國國會技術評估室當時估計，全美國境內將有約 10,000 個以上無法控制之非法棄置有害廢棄物場址需約 50 年之時間去清理，總政府基金花費將可能達到 1,000 億美元，當然面對那麼龐大之清理經費及長久之清理時間是無法馬上解決問題的，其依危害性等級分級處理為解決之道，因而建立 NPL 場址(國家優先清理場址名冊)優先清理一些無法

106 污染預防 (p2) 與生態工業區 (EIP) 之概論

控制的危害性場址，於 1984 年全美國已有 19,000 個無法控制的場址被發現^[1]，於 1994 年列入 NPL 場址共 1,355 個，1995 年已有 38,000 個無法控制的場址由美國環保署列入清除名冊，依美國環保署預估約未來將會有 22,000 場址列入 NPL 上。我國及其他工業先進國家之確定污染場址統計如表 1^[1,10]。

表 1 我國及先進國家之確定污染場址數量統計

國 家	場址數量	備 註
澳洲	1807	1995 年由 24155 處潛在污染場址統計
比利時	2000	1995 年統計
加拿大	5000	1993 年統計
丹麥	2200	1989 年統計
德國	143252	1994 年統計
荷蘭	25000	1991 年統計
挪威	2500	1991 年統計
英國	20000	1996 年統計
美國	1355	1994 年國家優先名單(NPL)
	38000	1995 年 EPA 列入清除名單
我國	170	2001 年統計，其中有 14 處場址有立即危害性需優先清除

資料來源：Judith Petts et al. (1997)&行政院環保署(2001)

目前台灣事業廢棄物非法棄置的問題正浮現，其時間差為相對於 1980 年間美國超級基金之治理策略約為 20 年，也正約相等於我國在工業經濟發展之時間差(一般而言台灣約落後 20 年左右)，也就是說我國將於未來數十年間將花費龐大經費來治理往昔 40 年間工業發展殘留埋藏之事業廢棄物。終究各國在工業發展之初期因環保管制法令之制訂落後，對事業廢棄物之管制不周延，而且只注重於末端管制，目前較先進之預防策略如污染預防(減廢)、事業廢棄物之再利用及交換之規章亦未於當初適時予以制訂執行。然往者以矣，來者可追，筆者以美國目前推動事業廢棄物之控制策略所謂 p2 及 Eco-Industrial Parks 為主題論述工業建設與廢棄物控制的新策

略，期為政府及產業界參採；或可為現階段產業發展獲利低迷，又面對嚴謹之環保規章之同時，達成環境保護又兼顧經濟發展之雙贏境界。

Pollution prevention (p2) 污染預防及 Eco-Industrial Parks(EIP)生態工業區之策略，其實為美國目前較創新環境管理策略之一，p2 為提供企業預防污染物之發生於原料製程之使用及管理，於製程之源頭管制污染，非屬傳統末端之污染處理，例如於製程中使用替代之原料以減少污染物，可免於花大錢於末端處理污染。

EIP 之策略為設計廢棄物資源交換之系統於有需求之各工廠，以再利用工業園區內各廠於製程中不可避免之廢棄物產物，達成整個工業園區內零廢棄物排放，宛如生態系食物鏈運作之平衡系統，當 p2 與 EIP 這兩個策略之並行將可提供工業界提升製程經濟效率，同時減少製程中廢棄物之產生及排出，其淨效益包括降低了製造成本，又達成污染預防的目的。當目前我國製造業為因應高土地成本、人事費用及符合環保規章，於國際市場間已大大缺乏競爭力，p2 及 EIP 策略或可提供企業再出發之機會。^[3]

二、污染預防策略(Pollution Prevention)”p2”

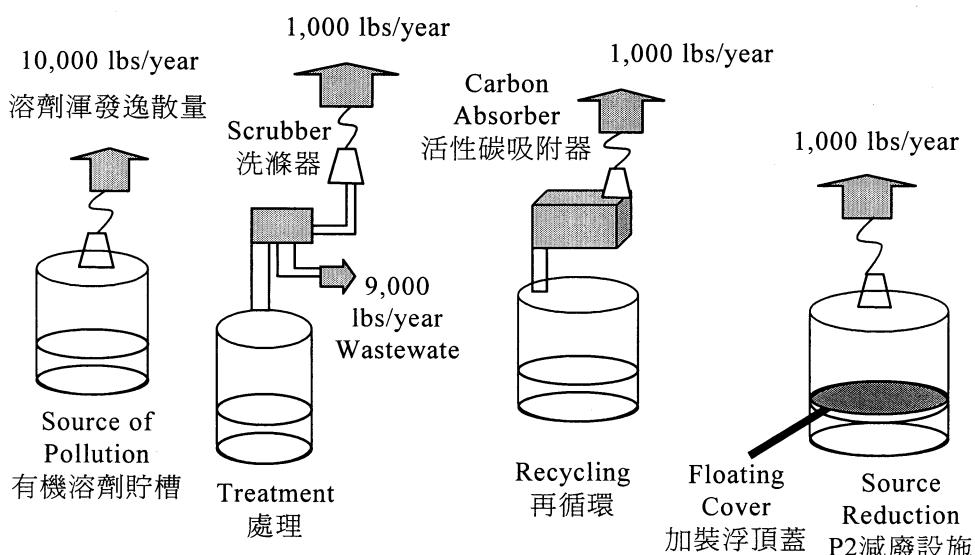
美國 1990 年制定之污染預防法(Pollution Prevention Act)已經著重於管制工業界原料使用及製程中之污染產生，其強調源頭管制為保護環境之最佳方式，在 p2 策略引進之前期，環保機關要求業者控制及清理污染物為保護環境之策略，這種傳統之管未處理方式(end-of-pipe)經常是昂貴的(如集塵設備、污水處理系統等)且無效率的，而且有時對實際污染物之防止是沒有效果的(如集塵設備僅將空氣污染物收集集中，不排放於周界，對整體空間廢棄物質並未消失或減少，況且尚須花一筆經費在處理集塵袋之廢棄物質，因此 p2 之基本原理為：

“ If pollution is not created or generated in the first place , then it does not need to be controlled nor can it be regulated.” (於製程中第一場所如無污染物產生，就沒有必要去控制或管制污染物。)

“Waste is a sign of production inefficiencies” (產生廢棄物是生產力低落的象徵)

這種污染預防之方式有如實施預防注射於人體之保健上，可達成預防疾病之目的，這種預防之方式比起生病時之治療可省事多了，終究採行 p2 策略以防止污染是優於末端處理技術來控制污染的。

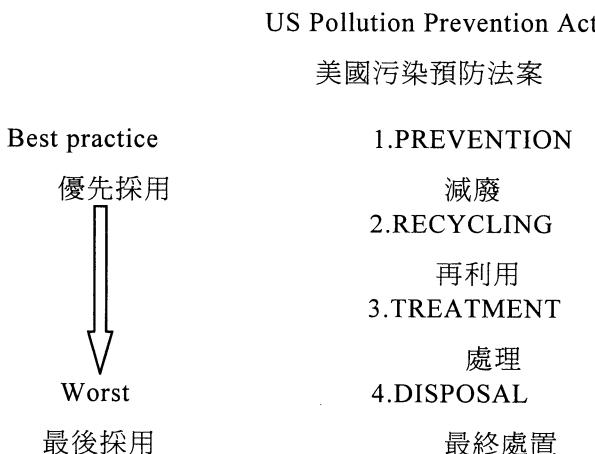
以有機化學溶劑貯槽為例，其控制化學物揮發逸散採 p2(裝置浮頂蓋「floating cover」)與各種末端處理(洗滌器、活性碳吸附器等)之示意圖如圖 1。其以裝置自動依溶劑蒸氣壓上下調整之漂浮頂蓋為一勞永逸的預防污染措施，其減低污染效果為每年溶劑逸散量可控制在 1,000 磅，與採裝置污染處理設備如洗滌器或活性碳吸附器一樣，但可免除污染防治設備的操作費及後續廢棄物質之處置費用，相對的就達成節省營運成本的經濟效益。



■ 1 有機化學溶劑貯槽 p2 範例

美國污染預防法案建立四個前後優先階層污染物管理步驟，於任何情況優先採用減廢策略於原料使用及製程，所採行之方法如研採新替代原料、調配新產品、採

用新製程及管理系統等，以達成減廢及污染預防的目的。基本上歸納成兩種方式：(一) 改變製程(二)採新替代原料以防止污染，這兩種方式也是污染預防最有效的方法，畢竟有些污染物是無法被完全防止，就必須先後採行回收使用(Recycling)、處理(Treatment)、棄置(Disposal)，因此 1990 美國污染預防法案設立了廢棄物管理之新體系如下：^[4,5]



在美國及其他國家企業利用 p2 達成節省生產成本及防止污染雙重效益之成功個案很多，例如：紐澤西州之杜邦工廠於 1988 年採用改進製程方式減少了 MEK 溶劑之使用，廢棄之 MEK 溶劑亦同時回收再使用於製程，每年減少 450,000 磅 MEK 廢溶劑之排放，因此也節省了設置 VOC 焚化處理設施之費用，每年總計節省了 12 萬美元之花費。美國杜邦化學公司使用新製程生產丁醇，每年減少一千萬磅之丁醇污染，每年節省二百七十五萬美元。美國 Exxon 煉油廠改良生產過程每年減少酸性焦煤渣三十一萬磅，每年節省三十四萬美元。另一個案例為利用水溶液為清洗劑之噴射、清洗技術替代有機溶劑為清洗機器零件之傳統方式，在美國已相當普通的使用於各種行業，如飛機製造業、化妝品製造業等，尤其於波音公司使用這種 Better

110 污染預防 (p2) 與生態工業區 (EIP) 之概論

Engineering company 發展之新清洗技術，大量減少使用有機溶劑，而且免除了處理這些清洗後廢棄有害性有機溶劑如 MEK 等之費用。^[6,8]

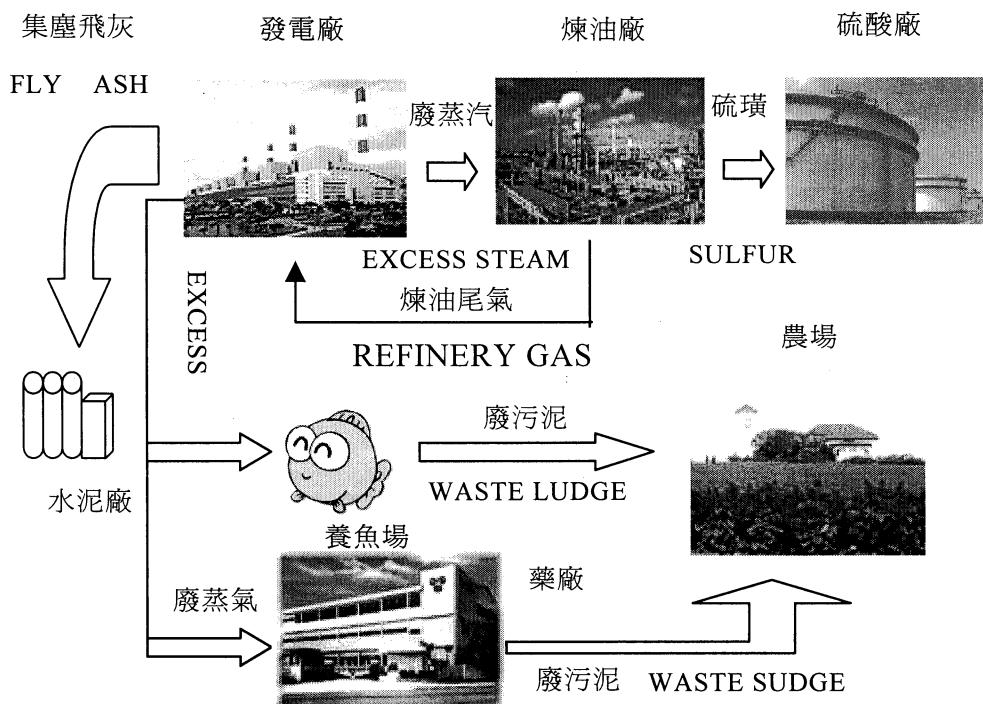
其實在國內許多的企業也陸續為污染預防而研發改變製程方式以達成減廢目的，筆者於民國八十五年間曾察訪新竹科學園區華邦電子公司，其半導體 SRAM 晶片之製程中已遵循著 p2 之原理而執行，傳統製程於矽圓片上印刷微電路之階段，必須多次使用阻光劑於生產過程中，因此清洗矽圓片上之殘餘阻光劑必須使用有機溶劑，之後還需在用水清洗殘留在矽圓(wafer)上之有機溶劑；後由華邦工程部門之改進製程，以減少矽圓印刷電路層之方式製造，而大量減少了阻光劑殘餘物及其去除作業，每年經由製程改進及減廢之過程省下 6 千萬之製造成本，對該企業經營管理而言，其減廢之效益除使製程更具經濟效益外亦同時為其產品注入環保觀念。^[11]

三、生態工業區(Eco-Industrial Parks)"EIP"

經由 p2 策略之推動也未必所有的污染都可以防止的，工業界許多製程中都會將產生廢棄之副產品(waste byproducts)是無法完全避免的，p2 之廢棄物管理系統新理念就必須接續以再利用之方式來執行，廢棄副產品之回收再利用可能於工廠就地回收(on-site recovery)或越區輸送至他工廠使用(off-site recovery)，其輸送至他廠回收再利用而工廠間將廢棄物交換作為原料之功能，正激發建造一種生態工業區之理念，亦即如締造一個工業區其各工廠之廢棄物質(或副產品)均能為區間之其他工廠當作製造原料，甚至廢熱亦回收再利用於製程等，此一理想狀態猶如生態系之食物鏈平衡現象存在一種生產者與消費者間之生態平衡系統，此整體生態工業區如為一封閉系統而言，其廢棄物質的產生量於理想狀態幾乎可為零，當然其各工廠之製程、產品項目、產量均需經質能平衡精心設計。這種充分提高能源與物料用於生產、利用及回收的製程效率具有最佳經濟效益。

最早期之生態工業區之成功個案為 1970 年代丹麥 Kalundborg，在當時該工業區內有一些工廠在地域相同性上逐漸建立了一種廢棄物質及能源交換使用來增進生產量及生產效率之合作網路，在 Kalundborg 個案上：一家生產電力供應整個城市用電之發電廠，將多餘之廢蒸氣送至鄰近之煉油廠、養魚場及製藥廠在利用為能源或

製程使用，另塵集設施產生之飛灰送至水泥廠當原料；煉油廠將將煉油剩餘之油氣輸至該發電廠當燃料以生產電力，並將廢棄之硫化物送至鄰近之硫酸廠當原料；而上述兩家養魚場及製藥廠之廢棄有機污泥經簡單之處理後，送至附近農場當肥料使用。Kalundborg 模範區可比喻為生態工業區，其規劃理念為將各工廠企業以整體性之工業生態系統看待，不可將各工廠當作一個孤島看待。當然一個完整之自然生態系統建立在一種生物間經由食物網及有機、無機物質輸送現象形成之大型生態系。同樣的在 Kalundborg 模範區內之各不同工廠是不可單獨存在之個體，必須相互依附而生存，亦即需共存共榮，必須將廢棄能源給其他工廠再利用，將廢棄物質給他工廠當原料使用，這種生態工業區因運用系統整合之機制而提升了企業效率，並促進經濟獲利性。Kalundborg 模範生態工業區之示意圖如圖二。^[3]



■ 2 生態工業區示意 ■

生態工業區在歐洲已成功的執行著，在美國、日本等已在發展執行中。美國於1993年柯林頓總統的特別委員指定四個美國城市為全國生態工業區示範個案，有德州Brownsville、田納西州Chatanooga、馬利蘭州Baltimore及維吉尼亞州Cape Charles等。

四、以 Baltimore Fairfield Eco-Industrial Parks 為例：^[7]

4.1 背景：

- 1.計畫區為一現有老舊工業區。
- 2.現有38個企業在營運(化學業13%、一般製造業27%、儲運業22%、運輸24%)。
- 3.工業區範圍佔地527公頃(=5.3平方公里)。
- 4.可直接上高速公路、鐵路及港口，地理位置靠近巴爾地摩(Baltimore)及華盛頓特區(Washington DC)。
- 5.美國政府授權地區(US Empowerment Zone)，雇主支付的工資與稅金可以退稅。

4.2 Fairfield 生態工業區策略計畫(Fairfield EIP Strategic Plan)：

- 1.任務：(Aim for a closed-loop ,zero emissions system)

建立為一個互助、合夥而對環境負責的企業體。在區內循環利用各種廢棄資源，盡可能減少廢棄物的產出及增加高附加價值的產品輸出，造成一個沒有廢棄物質排出的關閉迴路系統。

- 2.原理：(Use dynamics and principles of natural ecosystems as a model for designing industrial system)

- (1)用自然生態平衡原理來設計工業系統。
- (2)若提高能源與物料用於生產、利用及回收的效率就有經濟效益。
- (3)除非能長遠的保護地球資源與環境，不然企業的成功是沒有意義的。

- 3.基礎分析(Baseline Study)

- (1)Industrial Input/Output Analysis

工業物流輸入/輸出分析

(2)Resources and Product flow assessment(existing facilities)

資源與產品流通的評估

(3)Examine current wastes & recycling practices

審查現有廢棄物及其回收的設施作業狀況

(4)Examine current energy use patterns(audit)

審查現有能源使用樣式

Conduct environmental assessments of all sites

對區內現有開發地點執行環境調查分析

Establish computerized database for managing environmental data ,
resources and product flow , input / output information

建立電腦化的資料庫來管理環境數據、資源、以及產品流通、輸入/輸出的資訊

Link Fairfield to existing waste / energy / material / exchanges in Baltimore ,
Maryland and the US

連接 Fairfield 到現有在巴爾地摩、馬利蘭州及全美國的廢物/能源/材料交換所

Recruit new businesses to industrial park based on baseline analysis

根據以上的基礎分析，徵募新的企業加入工業區

Assist companies with pollution prevention strategies

協助各公司制定預防污染的策略

要達成 Fairfield 生態工業區策略計畫所賦予任務，其首要步驟如上述基礎分析(現況分析)，對現有工業區內的產業執行物流及使用能源等產出及輸入質量分析，以利召募對區內廢棄製程副產品或能源有利用價值的產業進駐設廠，另建立一系列的(城市、州、區域、全國性)廢棄物質資訊及交換網站是完成計畫很重要的條件，有關產業廢棄物透過自由市場供需的交換買賣網在美國已實施多年，其物質從廢金屬屑至廢酸鹼溶液等多項經由交易中心掛牌買賣，市場價格由供需面調整決定，將

114 污染預防 (p2) 與生態工業區 (EIP) 之概論

Fairfield 生態工業區連接各界交換網站，更使整體產業能減少廢棄物質產生及更具生產效率。^[3,7]

召募新企業能利用現有各場廢棄物質為原料而於工業區內設廠，必需執行現有各企業之原料、製程、產品、廢棄副產物及環境稽核等基礎分析，另對 p2(減廢)有經驗及技術的工程師必需協助新進之企業改善污染，但為了製程專利及企業機密有可能遭遇有些廠商不願意提供詳細資料等問題。

4.3 完整的生態工業區執行計畫(Complete Master Plan for EIP)：^[3]

為使生態工業區計畫更完整可行尚包括下列配合措施：

1.Design and develop new infrastructure , transportation , and waste / energy connections

設計開發新的整體周邊設施、運輸系統以及廢棄物/能源的流通管道

2.Set up Development guidelines for open space(buffers)and innovative building design

制定開發指導規範供緩衝空間及創新化廠房等設計使用

3.Develop Business Incubator Project for new startup business

開發企業培育計畫輔導新成立的公司

4.Establish EIP Environmental Regulatory Framework for standardized reporting by business , 1 stop permitting and inspection by regulators

設立 EIP 環境管理體系供企業提出標準化的稽核報告書，並可以由管制員統一發給許可並作檢查.(EPA XL)

5.Provide environmental goods labeling program (Green Mark) and establish Green Goods marketing plan

標示 Fairfield EIP 之產品環保標章，並建立環保商品的銷售計畫

為使 EIP 示範區能設立成功，對現有工業區運輸道路及公園綠帶、停車場、電力自來水及通訊等周邊設施亦需一併予以配合改善以促使該創新的工業區具有最佳的廢棄物質/ 能源的交流及運輸效率。並制定開發指導規範強調工業區內緩衝綠帶等開放空間的配置及具審美性、景觀功能的創新廠房設計。

另建立企業培育計畫以輔導新成立的企業能於 EIP 示範區內成功的營建，這些

輔導培育計畫包括對新進駐的企業提供減免廠房租金的優惠措施及給予免費技術轉移的協助等。

於 EIP 示範區內服務企業的行政部門需建立一種創新的、對企業具服務性且對環境保護具效率的行政機制，例如示範區內公務部門(政府行政機關)的各種管制體系，能提供企業一種標準化的報告(或表章)，可由該工業區的管制員(或單位)統一發給許可並作查核(單一窗口、事權統一)，避免複雜而無效率的行政管制體系，使企業體與公部門(政府機構)之交涉程序更簡單並具行政效率，這樣企業對各種政府行政規章將更容易因應，這種管理方式即為美國環保署在 Project X L(eXcellence Leadership)計畫中所提倡，一種具經營效益、減少文書作業、且對企業合作又友善的創新環境保護管理措施。^[Ref.9]

EIP 示範區內的企業所製造的產品，因其在極具環境保護特性、無廢棄物質排放的工業區內生產，在政府部門輔助下賦予環境產品標章(Green Goods or Green Mark)，以協助其建立環保商品的銷售計畫。

五、我國目前事業廢棄物再利用及管理

我國事業廢棄物之管理制度在民國八十年前均停留在規範廢棄物之末端處理體系(掩埋、焚化等)，屬前述 p2 廢棄物管理新體系中之處理(treatment)及最終棄置(disposal)階層，至於事業廢棄物再利用(recycling)之管理機制於民國八十五年間才開始，對於可再利用廢棄物項目及行為主要分為通案公告及個案核准兩部分：

1. 通案公告部分：依據「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第三十一條，由環保署會商目的事業主管機關，以通案方式將可再利用之一般事業廢棄物種類(含來源、用途及管理方式)公告週知，可由相關企業界遵照從事再利用之行為，即屬該類公告項目種類之一般事業廢棄物，業者無須事前經申請核准即可從事再利用之行為，但仍需遵照各種類公告之來源、用途及管理方式才能合法再利用，迄九十年十月止已由環保署公告再利用之項目計有廢鐵、煤灰、廢鈷錳觸媒、廢酸性蝕刻液等共三十九項如表二。

表 2 環保署已公告之「一般事業廢棄物再利用類別及管理方式」**(迄至 90 年 10 月止，共 39 項)**

類別	來源	用途
廢鐵	事業機構及廢棄物清除機構收集之廢鐵	煉鋼原料
廢紙	事業機構及廢棄物清除機構收集之廢紙	紙類製品原料
煤灰	燃煤發電廠及燃煤鍋爐產生之飛灰及底灰	混凝土添加材料、水泥原料、工程填地材料、製磚材料、人工骨材及建材原料
水淬高爐石 (渣)	一貫作業鋼鐵廠煉鐵高爐產生之水淬爐石 (渣)	高爐水泥及普通水泥原料、混凝土膠結性材料、陶瓷原料、肥料原料、土木及工程填地材料等
廢木材(板、 屑)	事業機構產生之廢木材(板、屑)	木製品添加料、肥料原料、紙漿原料、吸油材料、燃料、製漿原料添加物
廢玻璃(瓶、 屑)	事業機構產生之廢棄物清除機構收集之廢 玻璃瓶(瓶、屑)	玻璃、陶瓷磚製品、瀝青混凝土添加材料及混凝土添加材料之原料
廢白土	食用油製造業食油脫色製造產生之廢白土	水泥生料、植物性食用油製造業添加於其所生產之油子粕、有機肥原料及燃料
廢陶瓷、 磚、瓦	陶、瓷、磚、瓦製造廠及事業機構產生之廢 陶、瓷、磚、瓦(屑、塊、粉)	陶、瓷、磚、瓦之原料
廢單一金屬 料(銅、鋅、 鋁、錫)	事業機構及廢棄物清除機構收集之廢單一 金屬料	銅、鋅、鋁、錫製品之原料
廢酒糟、酒 粕、酒精醪	酒廠或酒精工廠產生之廢酒糟、酒粕、酒精醪	飼料原料、有機肥原料及培養土原料
廢塑膠(容 器)	事業機構及廢棄物清除機構收集之廢塑膠 (容器)	塑膠製品、燃料之原料、鋼鐵廠之輔助燃料
瀝青混凝土	瀝青混凝土挖(刨)除料	瀝青混凝土原料、填料

表 2 環保署已公告之「一般事業廢棄物再利用類別及管理方式」(續)

廢鑄砂	鑄造製程所產生之廢鑄砂	水泥原料、道路工程級配料、耐火工程材料、混凝土填料、瀝青工程填料、土木填筑材料、磚瓦原料、鑄砂原料等
石材廢料 (板、塊)	石材開採、裁切、加工廠產生之石材邊料及下腳料	再製石材(板、磚、塊)原料、大理石邊料壓碎後作爲水泥或石灰石原料及道路工程級配料，花崗石邊料壓碎後做爲水泥原料及道路工程級配料、蛇紋石邊料壓碎後作爲工業用蛇紋石原料、肥料原料
石材污泥	石材經由切割、研磨程序產生之石材污泥	水泥原料、固化製品(人工漁礁、消波塊)原料、海堤固化養灘工程基材、化工原料、廢氣吸附原料、肥料原料(現蛇紋石泥漿)
電弧爐煉鋼 爐碴(石)	以電弧爐煉鋼方式所產生之電弧爐煉鋼爐碴(石)	道路工程級配料、混凝土骨材、水泥原料及工程填地材料等
感應電弧爐 爐碴(石)	以感應電爐熔煉鋼鐵方式所產生之爐碴	道路工程級配料、混凝土骨材、水泥原料及工程填地材料等
化鐵爐爐碴 (石)	以化鐵爐熔煉鋼鐵方式所產生之爐碴(石)	道路工程級配料、混凝土骨材、水泥原料及工程填地材料等
禽畜糞	飼養家禽、畜所產生之禽畜糞(含經固液分離後之糞渣及墊料)	有機質肥料及植栽培養土之原料
菸砂(骨、屑)	香菸製造廠、菸葉加工廠所產生之菸砂(骨、屑)	有機質肥料及植栽培養土之原料
蔗渣	製糖工業製程產生之蔗渣	土壤改良、有機質肥料之原料、動物飼料及鍋爐燃料
蔗渣煙爐灰	製糖工業燃燒蔗渣鍋爐產生之煙爐灰	土壤改良、有機質肥料、植栽培養土之原料
製糖濾泥	製糖工業製程產生之濾泥	土壤改良、有機質肥料、植栽培養土之原料
食品加工污 泥	食品飲料業具廢水二級生物處理設施產生之污泥或由生產過程中所產生之含動植物性殘渣污泥	有機質肥料及植栽培養土之原料
釀酒污泥	酒類釀造配製業及啤酒製造業具廢水二級生物處理設施產生之污泥或由生產過程中所產生之只含動植物性殘渣污泥	有機質肥料、植栽培養土之原料
漿紙污泥	製漿、紙及紙製品製造業具廢水二級生物處理設施產生之污泥或由生產過程中所產生之只含動植物殘渣污泥	鍋爐燃料及建築用人工骨材等

表 2 環保署已公告之「一般事業廢棄物再利用類別及管理方式」(續)

畜牧污泥	農、牧業具廢水二級生物處理設施產生之污泥或由生產過程中所產生之只含動植物殘渣污泥	有機質肥料、植栽培養土之原料
紡織污泥	紡織業具二級生物處理設施產生之污泥或由生產過程中所產生之僅含動植物殘渣污泥。但再利用為有機質肥料之原料者，限定為棉、毛紗業及棉、毛梭織布業(送由農民、農民團體、農業產銷班或農業企業機構所附設之堆肥場者需僅含棉、毛之動植物殘渣)	有機質肥料之原料、建築人工骨材、磚、瓦、窯業、水泥窯或鍋爐燃料等
廢矽藻土	食品加工業、酒精及酒類釀造業產生之廢矽藻土	有機質肥料、植栽培養土之原料
廢食用油	食品加工業、餐飲速食業產生之廢食用油	飼料原料、肥皂原料、硬脂酸原料
廚餘	餐飲業、事業機構、公眾食堂、機關團體等所產生之廚餘廢棄物(俗稱餿水)及超商或大型賣場拆除外包裝之過期食品	動物飼料、土壤改良、有機質肥料、植栽培養土之原料等
廢橡膠	事業機構所產生或廢棄物清除機構所收集之廢橡膠	輔助燃料、建材原料、瀝青混凝土原料、橡膠製品原料、油品煉製原料
茶渣	食品飲料業茶飲料生產過程產生之茶葉殘渣	有機質肥料及植栽培養土原料
咖啡渣	食品飲料業咖啡飲料生產過程產生之咖啡渣	有機質肥料及植栽培養土原料
廢鈷錳觸媒	純對苯二甲酸氧化反應之廢鈷錳觸媒	鈷錳觸媒原料
鈷錳塵灰	純對苯二甲酸製程污水生物處理廠污泥焚化爐之含鈷錳飛灰及底灰	鈷錳觸媒化學品原料
菇類培植廢棄包	菇類培植廢棄包	有機質肥料及土壤改良原料.外包廢塑膠依公告方式再利用
營建(建築)廢棄物	施工建造、建築拆除、裝修工程及整地刨除所產生之營業(建築)廢棄物	營建工程材料、工程填地道路工程級配料、骨材、建材、混凝土添加料水泥原料等
廢酸性蝕刻液	1.印刷電路板製造業之內層或外層蝕刻製程以酸性蝕刻液(氯化鐵或鹽酸及雙氧水)溶蝕銅箔基板上之銅面，產生含銅離子(濃度在50g/L以上)之酸性廢液 2.金屬基本工業及金屬表面處理業之酸洗製程以鹽酸溶蝕鐵材或鋼材，產生含鐵離子(濃度在100g/L以上)之酸性廢液	作為產製酸性蝕刻液、氯化鐵、氯化亞鐵、多元氯化鋁、銅(銅粉)、銅鹽或銅化學品(如氯化(亞)銅、碳酸銅、硫酸銅、醋酸銅、氫氧化銅、氧化(亞)銅)

2.個案核准部分：

- (1)一般事業廢棄物部分，如再利用之項目非屬前述公告之範圍，則需以個案方式依八十五年六月十日訂定「未經公告再利用類別及管理方式之一般事業廢棄物再利用計劃申請程序」之規定，由產生源(事業機構)及再利用機構共同提出申請，由產生地環保主管機關轉請環保署審查核准。
- (2)有害事業廢棄物部分，依據「廢棄物清理法」第十八條規定，其再利用行為必須依據八十六年六月二十六日施行之「有害事業廢棄物之再利用許可辦法」規定，以個案方式，由產生源(事業機構)及再利用機構共同提出申請，由產生地環保主管機關轉請環保署審查核准。

九十年十月二十四日新修正廢棄物清理法公告實施，依新法第三十九條之規定事業廢棄物再利用許可權屬已移中央各目的事業主管機關，嗣後企業界申請事業廢棄物再利用案將向經濟部、農委會等機關申請核准，預期各申請作業辦法訂定後未來事業廢棄物再利用形態將更跨進一步，廢棄物資源化之使用方式將更頻繁。依據九十一年一月九日訂定之「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」及九十一年四月十五日訂定之「農業事業廢棄物再利用管理辦法」，經濟部及農委會將環保署公告之事業廢棄物通案再利用種類增修訂並重新公告，並訂定各公告事業廢棄物之再利用管理方式(該種類若已重新公告則環保署前公告之該項目種類即行廢止)，目前經濟部共公告四十三項，農委會共公告六項。如事業廢棄物不在通案公告之種類範圍內，業者需依各公告之事業廢棄物再利用管理辦法，事前以個案方式申請核准再利用，核准後方可進行事業廢棄物再利用行為。

依據經濟部工業局推估，目前台灣地區各類事業廢棄物中工業廢棄物之年產出量約 1,931 萬公噸，除資源化再利用約 1,137 萬公噸(58.9%)，其他經廢棄物清除處理機構可處理及工廠及共同(聯合)處理體系處理外，每年尚約有 539 萬公噸(28%)之事業廢棄物需妥善處理，各類工業廢棄物現況產出量及回收率調查資料如表三 [Ref.13]，其中以熔鑄礦渣、集塵灰、金屬、塑膠、化學物質(純度較高者)等項回收再利用率較高，而無機污泥及燃燒灰渣再利用率最低各僅 0.4%。依工業建設、環境保護政策及廢棄物再利用比率現況之發展，我國未來工業廢棄物之產生量將逐年增

120 污染預防 (p2) 與生態工業區 (EIP) 之概論

加，至民國 100 年工業廢棄物之年產出量將達 2,615 萬公噸，再利用量僅 1,120 萬公噸(43%)，尚需妥善處理量達 1,595 萬公噸(57%)，未來工業廢棄物產生量之推估如表四^[14]，因此為解決事業廢棄物與日俱增且無法處置之困境(註：許多有害工業廢棄物尚無法處理，如電子業之廢有害性有機溶劑或企業界廢棄之含多氯聯苯電容器等，採限期貯存之暫時措施)。

表 3 工業廢棄物現況資源回收率

一般工業廢棄物種類	產量	資源回收現況	
	公噸/年	回收比率	回收量(公噸/年)
廢塑膠	375,609	50.1%	188,180
廢木材	210,979	4.4%	9,199
纖維廢棄物	176,226	42.4%	74,790
動植物性殘渣	842,787	58.7%	494,800
其他廢棄物	1,061,798	58.7%	623,382
有機污泥	229,063	40.9%	93,778
生物污泥	513,499	48.1%	247,044
廢溶劑	22,247	14.0%	3,115
廢酸	41,654	20.9%	8,697
其他化學物質	6,300	50.1%	3,156
無機污泥	2,801,468	0.4%	10,926
燃燒灰渣	187,704	0.4%	732
鎔鑄礦渣	8,138,996	98.1%	7,981,099
集塵灰	1,575,994	50.0%	787,997
玻璃或陶瓷	194,265	23.8%	46,177
廢油	148,194	20.0%	29,639
廢液	58,467	20.0%	11,693
觸媒	8,491	5.0%	425
金屬	1,223,545	50.0%	611,773
廢電池	1,731	5.0%	87
廢紙	712,014	20.0%	142,403
合計	19,312,072	58.9%	11,369,091

表 4 工業廢棄物產生量推估表

廢棄物量 (萬噸)年	工業廢棄物 產生量	一般廢棄物 產生量	一般廢棄物 再利用量	有害廢棄物 產生量	有害廢棄物 再利用量
民國 87 年	1,821	1,674	585	147	5
民國 88 年	1,843	1,692	637	151	6
民國 89 年	1,906	1,750	689	156	7
民國 90 年	1,970	1,809	741	161	9
民國 91 年	2,034	1,869	776	165	10
民國 92 年	2,097	1,926	813	171	11
民國 93 年	2,162	1,984	847	178	13
民國 94 年	2,226	2,043	883	183	14
民國 95 年	2,291	2,102	919	189	15
民國 96 年	2,356	2,161	955	195	16
民國 97 年	2,420	2,220	990	200	17
民國 98 年	2,485	2,279	1,025	206	19
民國 99 年	2,550	2,337	1,061	213	20
民國 100 年	2,615	2,396	1,097	219	21

而事業廢棄物除工業廢棄物外尚有醫療、營建、國防、學校及農業廢棄物等其年產生量(89 年)分別約為 7.46、3.53、5.27、5.21 及 654 萬公噸^[13]，更形成政府及企業界規劃廢棄物處理場廠之壓力，基於臺灣地區土地資源有限，因此我國為提升事業廢棄物處理能力，以資源化方式解決廢棄物處理問題，是目前刻不容緩的必要環保措施。

至於事業廢棄物污染預防(pollution prevention)之管理策略尚未制度化，但在目前環境影響評估法之規範下，於開發行爲之環境影響評估相關書件審查作業中，依據「開發行爲環境影響評估作業準則」第二十一條之規定，要求開發單位對於施工及營運期間所產生之廢棄物、廢氣、廢熱或廢(污)水，評估其回收及再利用之可行

性^[15]，然其達成 p2 減廢之功能從開發計劃製程規劃階段執行者也僅對需執行環境影響評估之少數重大開發行為，如以前述設置有機化學溶劑儲槽為例，查國內近年執行過環境影響評估開發計畫案例，於各環境影響評估相關書件定稿本承諾規劃設置浮頂蓋(p2 污染預防)之化學品儲槽者有：士新儲運公司於高雄港 73 號碼頭設置二甲苯化學品儲槽開發計畫(1996)、匯僑公司於台中港西五碼頭後線設置甲苯及汽油儲槽開發計畫(2000 年 6 月)、和桐化學公司投資台中港西七號碼頭後線設置汽油儲槽開發計畫(2001 年 5 月)、友亦油品公司頭投資台北港東碼頭設置油品儲槽開發計畫(2001 年 8 月)等，而對一些舊固定貯存槽改裝化學溶劑或油品之開發計畫並未強制設立浮頂蓋減廢設施；因此對一般工業製程要求 p2 之規範尚缺乏，需政府主管機關關於未來進一步制定相關之管理策略。^[16,17,18,19]

六、結論與建議

在美國對於如何保護環境而不傷害經濟成長是一項很重要的課題，當傳統的工業發展模式或環境保護政策無法有效的控制污染，且使企業經營有障礙時，政府有責任制定新策略業界能保護環境而不阻礙業務發展的方法。

我國處於開發中國家之行列，經濟及人口之持續成長是必然的，基於土地資源少，相對於環境的污染負荷也會持續沉重的，另限制於巴賽爾公約(the Basel Convention)，國內有許多有害性事業廢棄物是無法輸出於國外處理的(例如台塑汞污泥境外處理事件，被退運回國內處理)，於當前工業經營效率獲利低迷又失業人口攀升的時空，企業界目前面臨經營獲利低落又環保規定限制雙重壓力，處於進退兩難之困局，如何制定創新的策略，提供企業既能保護環境而不防礙企業經營的有效方法，應為目前政府部門急需積極籌謀之處。在眾多先進工業及環境管理策略中，污染預防 p2(pollution prevention)及生態工業區 EIP(eco-industrial parks)的策略是取代傳統工業運作的有效措施。

我國工業界對於 p2 的採行，除前述華邦電子於製程改進而有效減廢的案例外，多年來在經濟部委託污染防治服務團的指導下，在企業界製程中是有不少的成功案例，至於全面性的執行應從制度面立法上開始，除已制訂各污染管制的法規外，應

速從工業生產製程及原料上訂定污染預防的相關預防策略，改往製程的更上游來著手改善污染，避免企業界及政府稟持傳統一味花大錢於末端處理，無益於經營效率。

對於 EIP 的採行，可於台灣本島北、中、南三區各擇一產業項目及廢料交換較配對適切且運輸條件、周邊設施較完備的工業區(註：依目前國內各工業區申請設置廢棄物清理及再利用機構之比率，環保署統計 1999 年 7 月至 2001 年 7 月事業機構申請事業廢棄物再利用之核准案件北部地區以桃園縣最多佔 75 件集中於觀音工業區、中部地區以台中縣最多佔 12 件集中於幼獅工業區、南部地區以高雄縣最多佔 20 件，南部地區事業廢棄物處理及再利用業集中於大發工業區)，因此初步建議在北部地區可選擇觀音工業區、中部地區可選擇幼獅工業區、南部地區可選擇大發工業區，但尚需進一步就各工業區進行產業項目配對分析、周邊配合設施及其它分析研究後確認，依前述 *Fairfield EIP Strategic Plan* 的實施步驟示範執行，進而檢討分析後再推廣於其他工業區。

但為確保 EIP 策略的可行，建議政府環保部門對於廢棄物管理及再利用等相關規章必須配合檢討增修訂，如製程廢棄物經簡易方法可再利用的項目及種類應檢討分析後廣為公告(我國至目前通案公告可再利用之事業廢棄物種類僅經濟部公告四十三項，農委會公告六項，共四十九項)，避免繁瑣的申請許可過程，並可供再利用的產業廢棄物或副產品應推動成立市場交易網路，其供需量及價格均可由市場自由交易機制決定，從鄉鎮至縣市進而全國面建立再利用廢棄資源交流網(這些事業廢棄物如不再利用勢必將進入處理、棄置管道，將形成資源的浪費並造成另一層次的環境負荷)；進而從制度面上，資源回收再利用法案應配合儘速實施；另對 EIP 產品的財稅優惠及加註綠色環保標章等，政府主管部門予以配合執行，研參歐美國家的先進策略及經驗。^[20]

”Waste is a sign of production inefficiencies”(廢棄物的產生為生產效率不彰的象徵)，執行 p2(污染預防)及 EIP(生態平衡工業)策略為環境保護與經濟發展雙贏的有效措施，可營造我國未來企業永續經營及提升競爭力的新環境。

專門名詞

p2 : Pollution Prevention, 污染預防、污染防治或減廢措施。

EIP : Eco-Industrial Parks, 生態工業區，或也有文獻稱 ” 生態平衡工業區 ” 。

CERCLA : (the Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act) 美國全面環境應變、賠償及責任法案，1980。

NPL : (National Priority List) 美國運用超級基金執行清理之危害性無法控制的廢棄物棄置場址優先清理名冊。

EPA XL : Project XL(eXcellence and Leadership), 美國環保署推動的一種創新的策略計畫，藉由各式各樣之創新做法，使達成環保部門與企業體間對於環境保護事務能有效率且為友善合作的互動關係。

參考資料

1. SUPERFUND STRATEGY (Congress of the United States , Office of Technology Assessment, Washington D. C., OTA-ITE, 1985)
2. Environmental Science Technology, Vol. 21, No. 4, 1987
3. p2 & Eco-Industrial Parks seminar(DEP TAIWAN, 1996), Kong S. Chiu, EPA US
4. Waste Reduction Resources Center
(<http://www.owr.ehnr.state.nc/wrrc1.htm>)
5. EnviroSense-US Government p2(<http://es.inel.gov/>)
6. p2 Case Studies(<http://se.inel.gov/ep3/ep3300.html>)
7. Fairfield Eco-Industrial Park
(<http://www.cfe.cornell.edu/wei/fairfield/fEIP>)
8. Better Engineering Company (Hunt Valley, MD, US)
9. EPA Project XL (<http://www.epa.gov./Project XLC/file2.htm>)
10. Risk-Based Contaminated Land Investigation and Assessment (Judith Petts et al., 1997)

11. 華邦電子公司(Tommy Chang, Winbond Electronic Corp.新竹科學園區，1996)
12. 廢棄物清除處理機構及事業廢棄物再利用申請作業相關法規彙編(行政院環境保護署 2000 年 12 月)
13. 未來十年一般事業廢棄物足額中間處理及最終處置設施容量規劃報告 (行政院環境保護署,2001 年 7 月)
14. 全國事業廢棄物減量及妥善處理規劃專案工作計畫(環境資源研究發展基金會,2000 年 9 月)
15. 開發行爲實施環境影響評估作業準則 (行政院環境保護署 2001 年 8 月)
16. 高雄港第 73 號碼頭興建計畫環境影響評估報告補充修訂本(士新儲運公司 1995 年 1 月)
17. 台中港西五號碼頭後線設置油品儲槽開發計畫環境影響說明書定稿本(匯僑公司 2000 年 12 月)
18. 台中港西七號碼頭後線設置油品儲槽開發計畫環境影響說明書定稿本(和桐化學公司 2000 年 12 月)
19. 友亦油品儲存槽新建工程環境影響說明書核定本(友亦企業有限公司 2001 年 8 月)
20. 著作者業務資料彙整