

以風險評估方法建立綠色食品評估準則之研究

The Development of “Green Food” Evaluation Criteria  
Based on Risk Assessment Methods

計畫編號：NSC89-2621-Z-002-031

執行期間：88年8月1日至89年7月31日

主持人：馬鴻文 台灣大學環境工程學研究所

## 摘要

本計畫期建立與永續理念配合的「綠色」食品規劃方法。以果蔬汁為研究個案，採用健康風險評估與生命週期評估方法為架構，探討綠色食品之內涵、定義、評估準則，以及探討健康風險評估與生命週期評估的比較與結合之可能性，最終希望「建立綠色度評估」可能之技術與方法。本年度計畫研究發現，果蔬汁食品在原料取得、產品製造及消費者使用階段，均未產生嚴重的環境衝擊，但是在包材進入廢棄物管理系統之後，卻可能在焚化、掩埋，甚至資源再生階段產生污染物質。而在所有的果汁包材當中，保特瓶是大台北地區居民最常回收的材質。

關鍵字：風險評估、生命週期評估、綠色食品

## **Abstract**

As the first-year study of the “green food” project, this sub-project was aimed to collect data and information necessary for performing risk assessment, and to review the potential of integrating risk assessment and life cycle assessment in deriving the criteria for defining “green food”. Using fruit and vegetable juice as the studied subject, it was found that at the stages of raw material extraction, production, and use, there is no significant impact. However, the waste management of wasted packages, including incineration, land filling, and resource recovery, may lead to release of pollutants. Regarding the survey of recycle of packaging material, PET was found to be the material that is recycled the most in the Taipei metropolitan area.

**Keywords:** risk assessment ,life cycle assessment(LCA),green food

# 目 錄

摘要 .....	i
目錄 .....	iii
表目錄 .....	vi
圖目錄 .....	viii
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
第一節 研究背景 .....	1
第二節 研究目的 .....	2
<b>第二章 文獻回顧 .....</b>	<b>3</b>
第一節 風險評估概述 .....	3
一、 風險評估之定義 .....	3
二、 健康風險評估的發展 .....	3
三、 實施健康風險評估的架構 .....	4
四、 健康風險評估的應用 .....	8
第二節 生命週期評估概述 .....	9
一、 生命週期評估之緣起 .....	9
二、 生命週期評估之架構 .....	12
三、 生命週期評估的應用 .....	14
四、 生命週期評估的特徵與限制 .....	15
第三節 生命週期評估於食品上的應用 .....	17
第四節 生命週期評估於廢棄物處理系統上的應用 .....	19
一、 一般廢棄物管理系統概述 .....	19
二、 廢棄物管理生命週期盤查分析所需之資料 .....	21
三、 廢棄物回收模式 .....	23
四、 廢棄物管理選項之生命週期評估案例 .....	26
五、 塑膠包材廢棄物的處理及回收 .....	28

第三章	研究方法 .....	31
第一節	生產加工過程與廢棄物管理系統資料彙整 .....	31
第二節	廢棄物回收效果及其影響因之調查 .....	31
第三節	風險評估方法與生命週期評估方法之差異性比較 .....	31
第四章	現況與基本資料調查結果 .....	32
第一節	果汁工廠廢棄物初探 .....	32
一、	果汁工業之一般特性 .....	32
二、	果汁加工工業廢棄物的產生及其特性 .....	34
第二節	果汁飲料生命週期中對健康產生衝擊的來源 .....	38
第三節	果汁包材之處理現況 .....	40
一、	各種包材特性概述 .....	41
二、	各包材之使用比例 .....	43
三、	廢棄物處理系統的現況 .....	44
四、	目前各種包材的回收量 .....	46
五、	回收之後的再處理利用系統 .....	47
第四節	廢棄物回收效果及其影響因子之調查 .....	50
一、	研究目的 .....	50
二、	研究對象 .....	50
(一)	研究母群體 .....	50
(二)	研究樣本 .....	50
三、	研究工具 .....	50
(一)	開放式引導問卷 .....	51
(二)	問卷初稿的擬定 .....	51
(三)	完成正式問卷 .....	53
四、	研究步驟 .....	53
(一)	電訪員訓練 .....	53
(二)	正式施測 .....	53

(三)	問卷統計與整理 .....	53
(四)	操作型定義 .....	53
五、	問卷統計結果 .....	54
(一)	問卷所得結果統計列表 .....	54
(二)	統計結果分析 .....	56
六、	結論與建議 .....	58
第五節	執行健康風險評估的基本資料調查蒐集 .....	59
一、	焚化廠風險評估初探 .....	59
二、	掩埋場風險評估初探 .....	61
三、	資源再生廠風險評估初探 .....	62
第六節	執行生命週期評估的基本資料調查蒐集 .....	64
第七節	健康風險評估與生命週期評估的架構初步比較 .....	65
一、	生命週期評估與風險評估的關係 .....	65
二、	生命週期衝擊評估方法 .....	66
三、	生命週期評估與風險評估的限制 .....	78
(一)	生命週期評估的限制 .....	78
(二)	風險評估的限制 .....	80
四、	生命週期評估與風險評估的初步比較 .....	81
<b>第五章</b>	<b>結論與建議 .....</b>	<b>83</b>
第一節	結論 .....	83
第二節	建議 .....	85
<b>參考文獻</b> .....		<b>87</b>
<b>附錄一</b>	<b>開放式問卷及其統計結果 .....</b>	<b>90</b>
<b>附錄二</b>	<b>問卷調查問卷 .....</b>	<b>91</b>

## 表目錄

表 2-1	執行健康風險評估所需資料內容及來源	7
表 2-2	蕃茄醬生命週期各階段所含內容	18
表 2-3	蕃茄醬（糊）的廢包材處理系統情境設計	18
表 2-4	產品的潛在環境效應之衝擊分類與評估項目	21
表 2-5	盤查分析輸入及輸出資料的確認	22
表 2-6	負荷分類做為盤查資料收集	23
表 2-7	處理 1000 磅紙類或塑膠所產生之溫暖化及滲出水	27
表 2-8	英國回收玻璃所減少之環境負荷	28
表 2-9	回收選項	29
表 4-1	果汁工業廢水來源及成因	36
表 4-2	果汁工業廢水水質現況	37
表 4-3	果汁產品生命週期考量表	38
表 4-4	果汁飲料包材成分	40
表 4-5	1998 年果蔬汁（依包裝別）銷售數量統計	43
表 4-6	1998 年果蔬汁（依包裝別）銷售數量百分比統計	44
表 4-7	垃圾處理概況	45
表 4-8	87/88 年稽核認證回收量比較	46
表 4-9	各項之操作型定義及計分方法	54
表 4-10	台北縣、市選擇各種飲料容器之人數及其佔各區域中全部受訪者百分比	54
表 4-11	台北市民接受電訪者中，選擇各容器的因素統計	55
表 4-12	台北縣民接受電訪者中，選擇各容器的因素統計	55
表 4-13	台北市、縣民接受電訪者中，選擇各容器的因素統計	55
表 4-14	焚化廠風險評估基本資料	60
表 4-15	掩埋場風險評估基本資料	62
表 4-16	果汁工業之包材廢棄物生命週期評估所需之輸入及輸出資料	65

表 4-17 臨界體積法計算例.....	71
表 4-18 各溫室效應氣體不同時間尺度下之 GWP 值.....	75
表 4-19 Ecopro 各類別衝擊使用之效應指標、衝擊因子及參考因子....	76
表 4-20 各類衝擊的基本特性.....	79
表 4-21 生命週期評估與風險評估的初步比較表.....	82
表 5-1 僅考慮健康衝擊生命週期評估與風險評估的比較表.....	85

# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景

環境同時具有提供人類活動所需之能源、物質，以及接受人類活動所釋放之廢熱、廢棄物的雙重功能。唯有環境這兩項功能的持續不墜，人類活動方能永續。國內近來工業發展迅速，不但耗用許多資源，大量而複雜的廢棄物，以各種形式排放至環境中，當環境負荷超過自然之涵容力時，環境這兩項功能便受到嚴重威脅。

傳統的環境管理，焦點置於已產生廢棄物之後的廢棄物處理與已發生污染問題之後的污染整治；然而事後的彌補工作，亦需要耗用資源，甚至有造成污染的轉移之虞。因此這種發生問題然後設法解決的管理模式並非有效率的環境管理方法。

如果人類活動（如工商活動）在進行前，能預先評估其開始到結束的整個生命週期所耗用的資源及排放的廢棄物，並更進一步對其生命週期的各階段進行規劃設計以使該活動對環境的衝擊減至最小，這樣的事前預防性、全面性的規劃，方為達永續發展之最佳策略。

民以食為天，食品相關產業與生活息息相關，因此本計畫期建立與前述永續理念配合的「綠色」食品規劃方法，以四種果蔬汁（柳橙、番石榴、楊桃、及番茄汁）為研究個案，探討綠色食品之內涵、定義、評估準則，以及改善綠色度可能之技術與方法。

綠色產品的精神為省能源、低污染、可回收，因此一件產品從生產一直到棄置的生命週期中所耗用的能量、物質及排放至環境的污染物越少越符合

綠色產品的精神。然而由於不同的污染物排放特性對環境與健康的衝擊有所不同，並非僅是量的關係，便有必要從產品生命週期中所造成的環境與健康衝擊來評估其綠色度。基於此，生命週期評估方法 (Life Cycle Assessment) 為本研究提供了中心架構；該方法試圖全面性地分析產品從搖籃到墳墓各階段的物料、能源的耗用，污染物之排放及導致的環境與健康的影響，並將評估結果應用於產品與環境關係之改善。

然而生命週期評估方法中，預估環境與健康衝擊的方法未臻完善，主要原因在於該方法對物質的毒性，污染物在環境中的傳輸、轉移過程，環境的涵容力，以及受體的暴露特性等影響這些衝擊的因素之考量方式存在許多不準度。目前評估環境衝擊與健康危害較為成熟的方法乃為風險評估方法 (Risk Assessment)，其有系統地連結污染物之釋放頻率、與受體的接觸方式、以及受體因暴露而產生的效應，以對環境衝擊與健康危害做定性與定量之描述。因此本計畫擬以果蔬汁飲料為個案，樹立將風險分析方法納入生命週期評估架構內之模式；並進而分析風險與綠色食品之關係，以助於綠色食品評估準則之建立。本計畫之實施需配合其他子計畫進行物質流之基本資料蒐集，同時本計畫之成果有助於整體計畫之對綠色食品之生命週期進行規劃。

## 第二節 研究目的

1. 果蔬汁飲料生產系統與廢棄物管理系統之執行風險評估與生命週期評估所需基本資料之蒐集與適用性評估。
2. 以健康風險為主之果蔬汁飲料生產系統與廢棄物管理系統風險評估方法初擬。
3. 針對人體健康衝擊評估，探討風險評估方法與生命週期評估方法之比較，及二者結合方式初擬。

## 第二章 文獻回顧

在本計畫中所使用的評估工具為生命週期評估與風險評估，評估的對象為果汁飲料（柳橙汁、芭樂汁、楊桃汁、蕃茄汁），因此可將文獻回顧分為下列三個部分：風險評估介紹、生命週期評估介紹、生命週期評估於食品上的應用。分別從文獻中瞭解生命週期評估與風險評估的演進及實施架構，並試著找出以上述工具來評估食品類產品時，應注意的事項。

### 第一節 風險評估概述

#### 一、 風險評估之定義

風險評估是指以適當的方法或技巧來評估有害污染物在管理或處置過程中，各種有害物質排放現況或將來可能暴露之情境對人體健康或環境之影響程度。簡言之，風險評估除了包括污染物對健康及環境之影響程度外，尚須考慮這些影響所存在之不確定性。

而風險評估之意義，即為評估各種污染問題對人類與環境生物所可能造成之衝擊，並藉由此一評估方式來確認在不同情況下污染物所產生之健康性影響程度，來決定排放管制之優先順序，或者進行風險溝通，以便在有限的環境資源下做更有效的分配。

廣義而言，環境風險評估關注之對象，除一般常討論之人體健康風險外，尚有環境生態衝擊與社經福祉兩項。但是目前最受重視、評估實作案例最多、發展較為成熟者乃屬人體健康風險，因此本文探討的風險評估偏重在「人體健康風險」。

#### 二、 健康風險評估的發展

健康風險評估在美國已沿用多年，最早使用於美國食品藥物管理局，早期的一些環境及工業安全標準，就應用了風險評估方法中的劑量反應及暴露路徑分析的觀念。近年來，健康風險評估已廣泛使用於擬定農藥殘留、飲用水標準、空氣品質標準、及各種環境介質（如水、土壤、空氣、農作物、及食物等）的污染物可忍受濃度。

### 三、 實施健康風險評估的架構

人體健康風險的評估步驟依美國國家科學院（Nation Academy of Science, NAS）1983 年之建議，可概分成四個部分，依序為危害性鑑定（Hazard identification）、劑量/效應評估（Dose/response assessment）、暴露評估（Exposure assessment）、風險度推估（Risk characterization），其內容分別如下，其評估過程亦可由圖 2-1 表示：

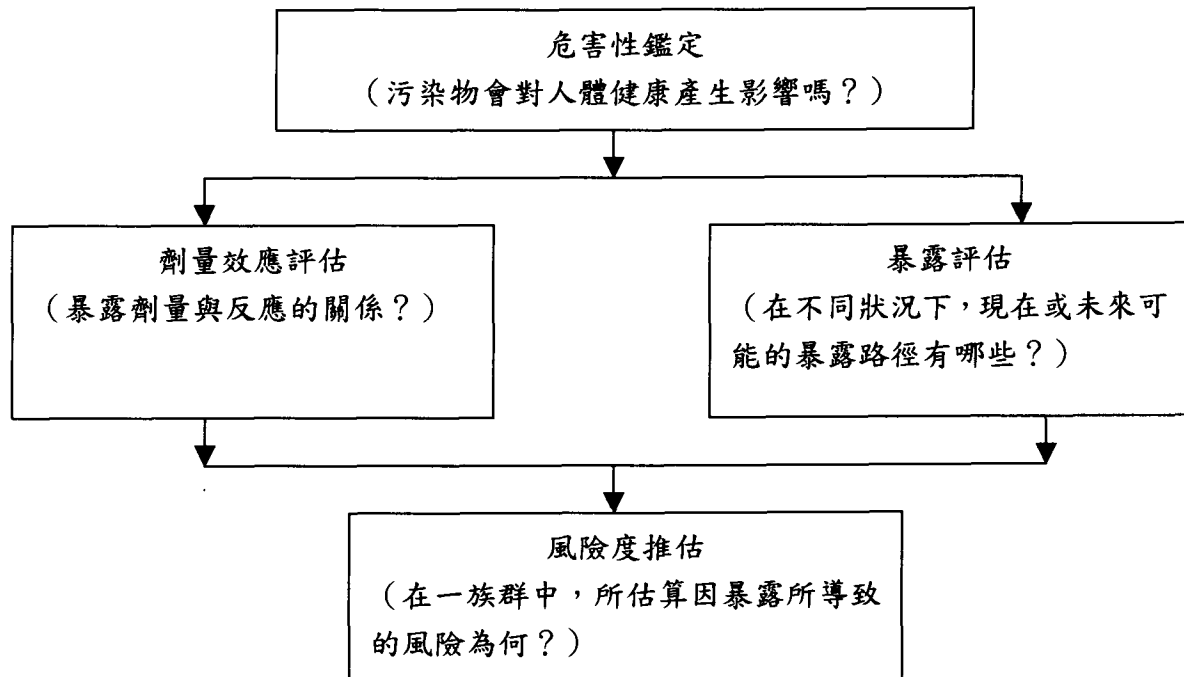


圖 2-1 健康風險評估架構

#### (一) 危害性鑑定

危害性鑑定的評估重點有二：一是某特定化學物質可能產生健康損害的種類或疾病；另一是產生傷害或疾病的暴露情況。所需之資訊則主要包括化學物質在人體內的傳輸途徑及與器官組織或細胞的交互作用。因而，進行危害性鑑定時，應針對所有可能對環境造成影響的物質，根據其物化特性與毒性做調查規劃，並進一步探討其來源與生成機制。

## （二）劑量/效應評估

劑量效應評估主要在評估某族群暴露在毒性物質環境中，其劑量與受傷害或發生疾病的對應關係。一般而言，即使有相當完備之流行病學研究，其人體暴露數據可信度仍屬偏低，因此劑量效應評估常需藉由動物實驗的數據來推估人體劑量效應，但動物數據推估仍有若干問題尚待克服。綜合而言，此一階段的主要工作在於瞭解危害性物質在環境中的分佈狀況與傳播路徑，並建立其排放量與環境值之相互關係，以及人體在不同劑量下所可能產生之反應。

## （三）暴露評估

所謂暴露評估即是實際測量或模擬計算人體在環境中受到某毒性物質之暴露程度。欲推估暴露量需要蒐集的資料包括污染物之實際濃度、重要的暴露途徑、污染物進入人體的方式、實際接收的內在劑量、及受暴露的人口大小及特性與暴露時間。一般而言，本階段主要以收集污染物質之傳輸與宿命為主要之分析項目，相關因子則主要考量為：與排放相關之控制參數、污染物質之排放量與排放點、以及累積或衰變分解之各項因子。

## （四）風險度推估

綜合上述步驟之評估結果即可計算該污染物質之風險度，並可獲得在不同情況下該物質對於人體產生影響之頻率。風險度推估通常區分為非致癌性毒性與致癌性二類，非致癌性效應主要以暴露臨界值表示；致癌風險則以人

體實際暴露濃度乘以單位致癌風險加以推算。

### **(五) 不確定性分析**

風險評估使用廣泛之資料來源與技術，即使與實際暴露相關之測量方法存在，假設與推估仍是必須的。而這些假設、參數、模式都可能產生不確定性，也是風險評估的主要限制。不確定性推估 (uncertainty characterization) 與不確定性評估 (uncertainty assessment) 此兩大工作可導致於描述不確定性時之複雜程度。

不確定性推估通常是指選出或淘汰特定資料、估計或情境等思考程序的定性討論。對簡易暴露評估，因許多數據化資料不可得，因此不確定推估是必要的。

不確定性評估屬於較數據性。其過程始於較簡易之測量 (如範圍測量) 與分析技術 (如敏感度分析)，並進一步支援暴露評估，而更複雜的量測調查，則在確定重要環境因子後，再行決策考量是否需進行。

### **(六) 執行健康風險評估所需資料內容及來源**

根據以上所述，我們可以瞭解，在執行風險評估時，每個步驟均需要使用到大量的基礎資料，因此可將進行健康風險評估的所需資料及來源，整理成如下列表一，作為在進行風險評估時，資料蒐集的方向。

表 2-1 執行健康風險評估所需資料內容及來源

風險評估步驟	所需資料	資料內容	資料來源	
危害性鑑定	化學毒性物質來源	欲評估化學物質之相關毒性、物化特性 化學物質在人體內的傳輸途徑及與器官組織或細胞的交互作用	相關毒理資料	
暴露評估	潛在暴露途徑	化學物質在環境中流佈過程分析 暴露途徑分析（包括進入人體方式，如：吸入、食入、皮膚接觸） 化學物質在環境中之演變與最終宿命分析	參考相關文獻 合理推估模擬	
	污染物濃度 (ppm、 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	接觸點之化學濃度	直接採樣分析 模式預估 生物指標分析 問卷	
	暴露期間 (day)	致癌性	長期	通常以七十年或 25550 天計算
		非致癌性	依急性、短期、慢性長期去評估	
	暴露量	在特定時間內所暴露污染濃度的量 暴露量 = $\sum (\text{特定環境中濃度}) \times (\text{在此環境之時間})$	接觸點測量法 情境評估法 劑量重建法	
	測定率	接觸率、吸收率、平均體重、平均生命	引用統計資料	

續表 2-1 執行健康風險評估所需資料內容及來源

劑量/效應 評估	劑量		每天每公斤體重暴露於污染物的量 (mg/kg • day)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 潛在劑量</li> <li>● 內部 (吸收) 劑量</li> <li>● 應用劑量</li> <li>● 傳送劑量</li> </ul>
	反應係數	致癌物	單位暴露量的終生風險 (mg/kg • day) <sup>-1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 流行病學</li> <li>● 動物實驗</li> </ul>
		非致癌物	參考劑量(RfD)	
風險度推 估	個人終生 風險	致癌物	致癌風險	劑量(mg/kg • day) × 致癌強度 (mg/kg • day) <sup>-1</sup>
		非致癌物	超過閾值則會有健康效應	
	暴露人口		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 族群年齡</li> <li>● 因不同活動形式而異的環境暴露</li> <li>● 對某種特異效應的敏感性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 特定場址戶政資料</li> <li>● 相關毒理資料</li> </ul>
	暴露人群之風險		暴露族群的風險 (cases/year)	個人終生風險 × 暴露人口

#### 四、 健康風險評估的應用

由以上步驟可知，健康風險評估的理念就是希望將所有可能的風險涵蓋於評估中，並結合了化學、物理、毒理、生化、醫學、環境、數學、及統計等科學，有系統的分析污染對現在或未來造成的潛在風險。其最終目的在於維護民眾的健康，並提供環境影響評估或污染整治的參考。

目前健康風險評估的應用，有下列幾個方向：環境問題排序、勞工職業安全、環保法令訂定、公共衛生問題、及環境影響評估。

## 第二節 生命週期評估概述

### 一、 生命週期評估之緣起

生命週期評估技術之歷史沿革最早可追溯於 1969 年可口可樂公司 (Coca-Cola Co.) 對其飲料容器的評估。該公司在考量是否投入自行生產容器之過程中，決定委託美國 MRI (Midwest Research Institute) 進行評估工作。MRI 在執行計畫過程中採用了當時所謂的資源及環保範圍分析 (Resource and Environmental Profile Analysis ; REPA)，該作業系統中考量了各種環保和經濟因素，並首次將「生命週期」(由原料來源至棄置階段)之理念，對原料、能源之耗用以及污染排放條件均做一完整的計算——其可以算是生命週期評估技術之濫觴。MRI 並在執行期間亦特別引用了電腦模式進行對數據之處理。

可口可樂公司之評估結果中，首次地考量使用塑膠代替玻璃做為大包裝飲料容器，以減少對環境衝擊和資源與能源的耗用，並評估可重覆使用容器之各項優點。而該公司亦將研究成果列入公司重要策略機密，直到 1976 年才將其報告資料公開。MRI 亦在該項計畫執行之後成為生命週期評估技術運用之「重鎮」，陸續地接受了 Mobil Chemical Co. (對發泡容器與紙容器之評比)、Goodyear Co. (對保特瓶容器使用條件之研究)、美國環保署(對垃圾管理政策之評估)等等相關計畫。

歐洲各國對生命週期評估相關技術之運用乃緣起於 1972 年德國聯邦教育及科學部委託 Battelle-Institute e. v. Frankfurt (BIEV)，針對塑膠造成垃圾之問題進行評估，而其研究結果大致顯示了玻璃(可回收)容器優於塑膠容器之條件。

1970 至 80 年代歐美各國總共大約有 200 件左右之生命週期評估案例，除了少數為政府單位對廢棄物管制策略和條件的評估外，大多數均為私人企業對產品設計和研發的技術性研究，因此其成果亦多屬於保密性文件。在此

過程中，由於 1973 及 1979 年二波能源危機之影響，使得能源評估方面的研究及相關數據特別受到重視，並且產生了許多公用(主要為政府單位提供)的資料庫。

1990 年 8 月起，美國環境毒理及化學學會(Society of Environmental Toxicology and Chemistry ; SETAC)開始進行了一系列的生命週期評估技術之研討會及訓練課程，從資源保育與能源耗竭的觀點，發展到全面性污染預防的方向，使得其相關技術工具的架構得以完成並獲得各方共識，亦使得 SETAC 執世界 LCA 運用技術工具及方法建立之牛耳。而幾乎在同時段於歐洲成立的 LCA 發展之推廣學會(Society for the Promotion of LCA Development ; SPOLD)，亦在和 SETAC 充份配合之下，致力於技術運用的推動工作。

1992年國際標準組織(ISO)對於ISO 14000環境管理系列標準，正式成立技術委員會(TC 207)，並考量針對企業界建立之各項環保相關作業及文件系統中，除了需對組織有相關可供依循的標準外，對產品評估亦應提供各項技術工具—而生命週期評估則為產品評估的最基本方法，因此成立了第五工作委員會(Sub-Committee)，同時亦將生命週期評估的標準納入ISO 14040系列之中，編號為ISO14040至14043，而ISO14040與ISO14041分別於1997、1998年公布，我國也由經濟部標準檢驗局和其前身中央標準局研擬相對應之中國國家標準，亦於1998、2000年公布。因此，生命週期評估勢必成為未來對於產品環保設計上的重要評估工具。

依照 CNS14000 的解釋，生命週期評估是一項以下列方式來評估產品之環境考量面與潛在衝擊的技術：

- 彙整一份與該系統相關之投入與產出的清單；
- 評估這些投入與產出相關之潛在環境衝擊；
- 闡釋與研究目標有關之盤查及衝擊階段的結果。

簡單的說，生命週期評估方法即是藉由上游至下游的流程，整合原料開採、生產製造、產品使用及棄置等各階段對環境產生之影響，評估產品的「生

命週期」中對環境的衝擊程度。此種評估概念的轉變，使得過去在棄置階段中，環境衝擊較小的產品，極可能因為在其他生命週期階段中的衝擊量較高，而導致截然不同的分析結果。

以圖 2-2 為例，產品 A 及產品 C 雖然在最終棄置階段造成的環境衝擊較產品 B 小，但在其他生命週期階段所造成之環境衝擊卻較產品 B 為大，而且以整個生命週期評估階段來看，產品 B 對環境造成的總衝擊程度反較其他兩種產品為低。相同的比較之下，在開採、製造、使用、棄置各階段中，各項產品產生之污染均只能代表其衝擊總量(或是，污染總量或環境總負荷)的一部份。因此，在比較何類產品或製程較符合環保要求時，應由原料開採—生產製造—消費使用—棄置處理之全程進行綜合評估，而非僅由單一環節考量，此即生命週期評估之基本訴求及考量基礎。

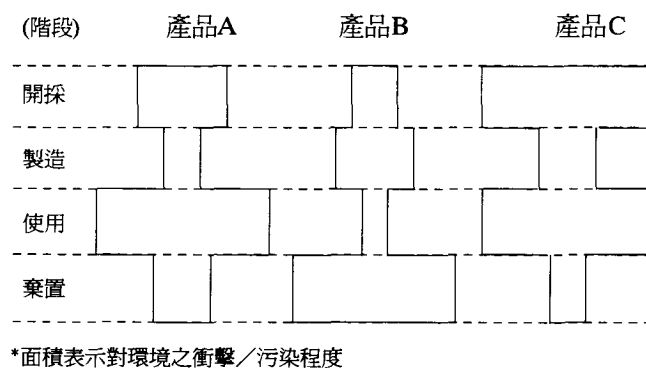


圖2-2 不同產品在不同階段產生程度不同的環境衝擊

## 二、 生命週期評估之架構

生命週期評估架構，依ISO14040標準之規範，主要由：目標與範疇界定、盤查分析、衝擊評估、闡釋等四部分構成，各步驟之間的組成關係如圖2-3所示。

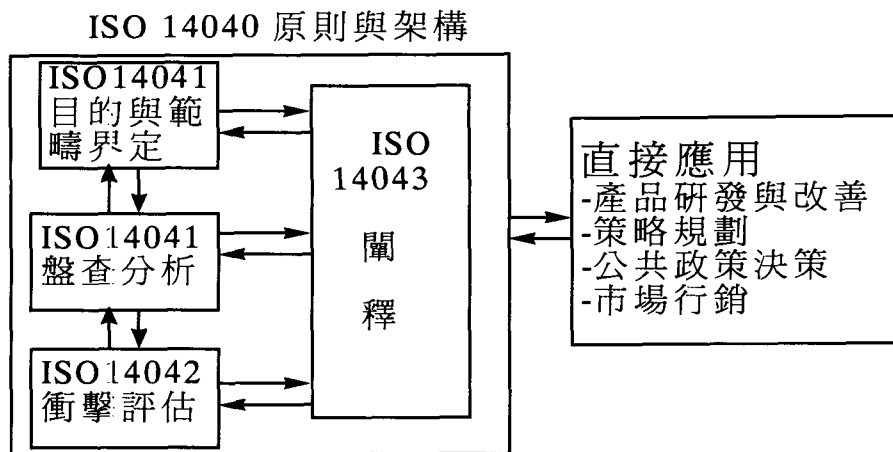


圖2-3 生命週期評估基本架構

### (一) 目的與範圍定義階段：

生命週期評估研究過程中，研究系統及範疇之界定是重要的。不同之研究系統及範疇，可能導致截然不同的結果。因此執行生命週期評估工作首重範疇之界定及相關基本條件的掌握，通常需考量下列幾點：

- 研究之系統
- 系統的功能
- 功能單位
- 系統界限
- 進行衝擊評估時使用之型態及評估範圍
- 對數據的要求
- 假設條件
- 研究限制
- 初期的數據品質要求

●評審(critical review)形式

●研究報告的形式及要求是指將評估之目的及範圍加以清楚之定義，使評估結果得以與預期之應用目標一致。

(二) 盤查分析階段：

盤查分析包含資料蒐集與計算程序，來量化一個產品系統的相關投入與產出。這些投入與產出得包括資源的使用及對與系統相關的空氣、水體及土地之污染排放。依生命週期評估之目的與範圍而定，做出對這些資料的闡釋(interpretations)。這些資料同時也構成生命週期衝擊評估的投入。

進行盤查分析的過程是反覆的。隨著資料蒐集之進行與對研究系統的進一步瞭解，新的資料要求與限制可能被鑑別出來，並需要改變資料蒐集程序，以達到研究之目的。有時新的議題會被鑑別出來，以致於需要修改研究之目的或範圍。

(三) 衝擊評估階段：

生命週期評估的衝擊評估階段，是以採用生命週期盤查分析的結果，來評估潛在環境衝擊的重大性為目標。一般來說，這個過程包含了將盤查資料與特定環境衝擊連結在一起，並嘗試瞭解這些衝擊。衝擊評估詳細的程度、被評估衝擊之選擇及採用之方法，依研究之目的與範圍而定。

此項評估得包括採用反覆過程，以審查研究之目的與範圍來決定研究的目標是否達成，或是評估後覺得無法達成時修改目的與範圍。

衝擊評估階段的諸多要項中，得包括如下：

1. 分類：將盤查資料歸類入衝擊項目。
2. 物性歸類(特徵化)：進行衝擊項目內的盤查資料之模式化。
3. 評價：在非常特定的情況下與會有意義的情況下，方能進行結果的可能集結。

另外衝擊評估階段有幾點要注意的：

- 衝擊評估的方法與科學架構仍在發展之中。衝擊項目的不同模式亦處於不同之發展階段。

- 一般來說，這個過程包含了將盤查資料與特定之潛在環境衝擊連結在一起，並瞭解這些衝擊。目前並無公認的方法可以一致地與正確地將盤查資料與特定潛在環境衝擊聯結在一起。

- 生命週期衝擊評估階段中，例如衝擊項目的選擇、模式化與評估時，會出現主觀性。透明化程度可以確保研究之假設能被清楚敘述與報告，因此對衝擊評估非常緊要。

#### (四) 生命週期闡釋階段：

闡釋階段則是整合盤查分析及衝擊評估等結果，以作為選用污染性較低之物料、生產流程改善、或提升產品設計等生產決策之參考。而闡釋階段得包括在與定義的目標一致下，不斷審查與改訂生命週期評估範圍與蒐集資料之本質與品質之反覆過程。

闡釋階段的發現結果須反映任何曾進行的敏感性與不確定性分析之結果。雖然後續的決策與行動得納入由闡釋發現中鑑別出之環境連帶事物，但由於其他因素如技術績效、經濟與社會考量面也被考慮，因此已超出生命週期評估研究之範圍。

### 三、 生命週期評估的應用

利用生命週期評估方法，最主要的是可以鑑別單一產品「從搖籃到墳墓」階段，對環境產生的衝擊，因此在理論上，生命週期評估可以應用在以下幾個方面：

- 在相同的功能要求下比較不同產品的環境衝擊
- 在一特定的標準下比較某項產品的環境衝擊
- 鑑定產品生命週期中最重要階段的環境衝擊

- 協助設計新的產品或是提供新的服務
- 組織之決策參考或依據（例如策略規劃、排序設定、產品或製程的設計或再設計）
- 指出產品發展方向的新策略

而在實務方面，依照國外運用之經驗，生命週期分析可幫助所有決策者在擬定政策時，有較多的環境考量面。生命週期分析的應用方向可歸納如下：

#### 1. 組織內部使用

- 策略規劃或環境策略發展
- 產品及製程之設計、改善及最適化
- 定義環境改善及後續追蹤改善機會
- 支援建立採購程序或規格
- 環境稽查及廢棄物減量

#### 2. 外部使用

- 行銷或支持特定的環境聲明
- 標示系統—含訂定環保標章之標準
- 大眾教育與宣導
- 公共政策之擬定

而目前由於評估技術與資料庫的限制，以下是某些不適用生命週期評估的情況：

- 無法回答個別廠址中特定的環境問題
- 不宜回答有關單項物質或資源的問題
- 不適合處理與一間公司有關的環境衝擊問題
- 不宜用來解決與單一製程相關的环境衝擊問題

#### 四、生命週期評估的特徵與限制

根據 CNS14040，生命週期評估方法的有下列一些主要特徵，換句話說，一項評估要稱做「生命週期評估」，就必須具備以下的特徵，否則就稱不上是完整的「生命週期評估」：

1. 生命週期評估須有系統且充份地提及產品系統自原物料取得至最終處置之環境考量面。
2. 生命週期評估執行的詳細程度與時程，視其目的與範疇界定而會有極大差異。
3. 生命週期評估的範疇、假設、數據品質參數、方法及結果須是透明化與可瞭解的。生命週期評估須對數據來源加以討論與文件化，並清楚與適當地溝通。
4. 視生命週期評估之預期應用，須制定條款以尊重機密性與私有權等事項。
5. 生命週期評估方法須是可修改的，以包含新的科學發現與現有最佳方法之改善。
6. 生命週期評估作為對社會大眾公布的比較性主張時，適用特定的要求事項。
7. 因為系統分析在生命週期不同階段存在著妥協交換與複雜性，並無科學根據可將生命週期評估結果簡化成單一的總分或數字
8. 並非只有單一方法可以執行生命週期評估。組織應用本標準實際施行生命週期評估時，須視使用者應用情況與要求事項而有所彈性。

因為設計架構時的考量，所有的技術都有其限制，生命週期評估亦然，所以瞭解其限制十分重要，這會使得我們在應用時更加謹慎小心。這些限制包括下列：

- 生命週期評估中所做的選定與假設（例如：系統界限設定、數據來源與衝擊類別之選擇），本質上可能是主觀的。

- 盤查分析或環境衝擊評估之模式會受其假設所限制，並非所有的潛在衝擊或應用都有模式可用。
- 針對全球性或區域性議題之生命週期評估結果，不見得適合於地區性應用。亦即，全球性或區域性情況未必足以代表地區性情況。
- 生命週期評估的正確性，可能被相關數據之可取得性或存在性、或數據之品質所限制，例如：差異、數據型式、歸納性、平均值、場址個別性。
- 盤查數據使用於衝擊評估時，會由於缺乏空間性與時間性數據，而導致衝擊結果之不確定性。此不確定性會隨著每個衝擊類別之空間與時間特徵而異。

### 第三節 生命週期評估於食品上的應用

由於本計畫是以建立綠色食品評估準則為方向，目前選定以果汁為評估及討論對象，因此蒐集了有關已進行的食品相關生命週期評估案例，發現這些案例多半將研究著重在包材和包裝系統上（Andersson,1994）。例如牛奶飲料的玻璃和塑膠包裝，在棄置和再充填方面的比較。只有少數研究將焦點擺在農業生產和工業製程上。因此，要完整地對食品做出生命週期評估（包含農業生產、工業製程、配銷、消費、包材棄置）是很不容易的。

而由 Andersson 在 1994 和 1998 年以蕃茄醬的製造為例的研究，我們可以瞭解食品生命週期各階段的劃分，如下列表 2-2

表 2-2 蕃茄醬生命週期各階段所含內容

次系統	包含的過程
農業	蕃茄和甜菜（調味用）栽種時耗用的資源
食品製程	包含蕃茄糊、香料製作
包裝	蕃茄糊、蕃茄醬製作
運輸	除了包裝之外的運輸系統
消費購買	從零售店到家中的運輸
家庭使用	儲藏在家中的冰箱

廢包材處理系統又可根據不同情境（scenarios），再另外討論，如下列表 2-3:

表 2-3 蕃茄醬（糊）的廢包材處理系統情境設計

	蕃茄糊包裝系統	蕃茄醬包裝系統
情境一（掩埋為主）	鐵桶、塑膠材料、木板 → 掩埋	塑膠材質：掩埋 瓦楞紙：80%回收、20%掩埋 木板：回收使用 100 次，再掩埋
情境二（焚化為主）	鐵桶：70%回收、30%掩埋 PP：80%焚化、20%掩埋 LDPE 和木板：焚化	LDPE：焚化 PP：80%焚化、20%掩埋 瓦楞紙：80%回收、20%焚化 木板：回收使用 100 次，再焚化

總而言之，在實施以食品為對象的生命週期評估時，有幾個方面是我們一定要加以特別注意的：

- **要注意系統邊界的劃定：**在食品這個議題上，主要在農業生產和消費層面上的考量。在農業生產方面，許多原料都是來自不同國家的不同農場，而消費層面的研究顯然也是很難去研究。

- **功能單位的設定：**在一般生命週期評估的應用上，功能單位是用來比

較不同系統間對環境衝擊和資源消耗的標準。以容器為例，通常是以能盛裝的容量做功能單位，多半是「能盛裝一升的容器包材」，若是以油漆為對象，則是設定能「塗佈某一定範圍，使用某一段期限」來作為功能單位，如塗滿1平方公尺，使用10年的油漆量。但是在食品的生命週期評估上，以重量為功能單位不盡合理，因為在消費者使用和嗜好上，並不見得是以重量為基礎。但是若是以「營養」作為功能單位，又顯得太複雜，而且營養成分容易受到倉儲方式、烹煮方法的影響。

● **資源消耗與環境衝擊難以明確分配**：農地目前部分是以輪耕的方式來種植作物，很難去指出某一種環境衝擊單單由某一物種農作物所造成的。

● **耗損量難估計**：食品在製程中、配銷、食用的有大量損耗。在這過程中所損耗的量是很能去做估算的，但是卻無法去忽視。

## 第四節 生命週期評估於廢棄物處理系統上的應用

### 一、一般廢棄物管理系統概述

一般廢棄物管理研究依廢棄物來源分成四大類，包括：

#### (1) 都市廢棄物(Municipal waste)

來自產品壽命結束後，成為都市廢棄物後開始研究，其材料並未被要求回收，而是以掩埋或焚化處理，主要計算污染物排放及能源需求。

#### (2) 礦物廢棄物(Mineral waste)

來自採礦及採石所產生廢棄物。

#### (3) 工業廢棄物(Industrial waste)

來自工業生產程序所產生廢棄物。一般工業廢棄物以掩埋處理為主，掩埋場產生之污染物，包括：掩埋排氣(Landfill gas)，有機物厭氧消化產生之混合氣體。滲出水(Leachate)，有機及無機物質滲漏出掩埋場。掩埋排氣及滲出水的量與質，與材料特性有關。

#### (4) 農業廢棄物(Agricultural waste)

在廢棄物管理方面，Grittenden & Kolaczowski (1994)在”廢棄物減量指導”中提及一個系統的環境衝擊大部分來自廢棄物，因此我們必須考慮如何減低及管理系統所產生之廢棄物。圖 2-4 顯示廢棄物減量及管理技術，其優先順序，依據決策者及環境學家的評定，大部分認為源頭消滅及減量比廢棄物經棄置、收集後再處理為佳。

在圖 2-4 中所謂最好及最壞的判斷，是以環境衝擊作基準。惟在比較一般環境衝擊時，以往並無法將不同環境衝擊合併成為一項整體環境衝擊，所謂最好及最壞並無意義。直到接受生命週期評估採用整體環境衝擊，並推導整體環境衝擊的推測，始能作為評估之基準。並評估基準可限定為單一環境衝擊或集合多種環境衝擊其值成為一類環境負荷。

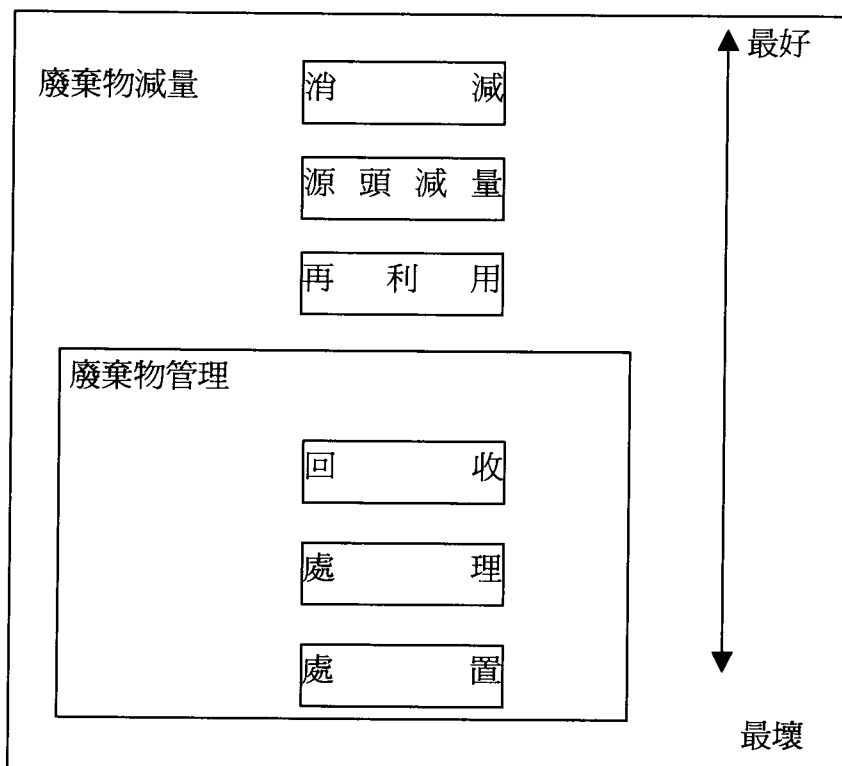


圖 2-4 廢棄物減量/管理選項的階層 (Grittenden & Kolaczowski, 1994)

衝擊分類(Impact categories)以等價因子(Equivalent factor)表示，

一般而言環境問題上的衝擊可分為資源消耗、人體健康衝擊、生態衝擊等三大類，並細分各種評估項目，說明如表 2-4 所示：

表 2-4 產品的潛在環境效應之衝擊分類與評估項目 (Lindfors et al., 1995)

衝擊類別	衝擊項目
資源消耗	能源與物質
	土地(包含濕地)
	水
人體健康衝擊	在工作環境的衝擊
	毒性衝擊(不含工作環境)
	非毒性衝擊(不含工作環境)
生態衝擊	酸雨
	臭氧消滅
	生態毒性衝擊
	優養化
	全球溫暖化
	棲地改變及生物多樣化衝擊
	光氧化物形成

## 二、 廢棄物管理生命週期盤查分析所需之資料

生命週期盤查分析研究，分五步驟進行，包括：

- (1) 定義範圍及邊界；
- (2) 收集資料；
- (3) 建立電腦運算模式；
- (4) 分析及紀錄研究結果；
- (5) 說明結果及下推論。

評估環境衝擊時，包括輸入及輸出資料的確認、衝擊分析及評估三階段。其中整體輸出及輸入資料是以系統邊界內之相關物質流、能量流、回收模式、處理單元估算，其資料多收集自其他相關文獻資料。

綜合文獻，生命週期盤查分析所需收集之輸入及輸出資料，包括：投入

系統之能源消耗；原材料消耗等輸入資料；系統排放至空氣及水體之污染、固體廢棄物污染、副產物等輸出資料。

表 2-5 盤查分析輸入及輸出資料的確認

資料的確認	項目
輸入資料	原材料，例如玻璃、水等 能源，例如煤、石油、天然氣，電力等
輸出資料	排至空氣中之污染物，例如落塵、SO <sub>2</sub> 、VOC、NO <sub>x</sub> 、N <sub>2</sub> O、CO <sub>2</sub> 排至水體中之污染物，例如 TSS、TDS、BOD、COD、Cl <sup>-</sup> 、F <sup>-</sup> 固體廢棄物 副產品
資料來源：	1 系統本身 2 燃料燃燒 3 電力生產 4 系統中使用設備、運輸工具、設施之產生量

1996 年 Barton 等人進行英國環境部委託無害性廢棄物管理系統 (non-hazardous waste management systems) 之環境負荷盤查研究。LCA 的首要步驟為生命週期盤查分析 (Life cycle Inventory analysis, LCI)，作者主要以環境負荷盤查表 (Inventory list) 進行盤查，紀錄電力消耗及使用國內可取得資料提供 CO<sub>2</sub>，SO<sub>x</sub>，NO<sub>x</sub>，煤，石油，瓦斯等相關電力供給。在資料收集時必須分開最顯著資料及廢棄物管理系統的背景資料，其中直接相關的部分須詳細資料收集。

在負荷量化 (Burden quantification) 方面：潛勢負荷確認，提供使用者一種將系統範圍內之排放物、資源、產物等綜合列表，這些負荷稱通量負荷 (Flux burdens)，在盤查分析中需量化。其次，非通量負荷，如交通擁擠及視覺干擾等會對環境造成衝擊，但在系統邊界中無法以實際物質流或能量流表示，不列入盤查量化，但可提供決策者參考。其分類如表 2-6

表 2-6 負荷分類做為盤查資料收集(Barton et al., 1996)

負荷分類		例子	資訊需求	潛勢資訊來源	
與廢棄物無關之負荷	固定	通量	使用在資本設備的資源	使用之單元操作及相關土建工作	為一般資料，來自許多來源，包括非廢棄物管理活動
		非通量	設備引起的視覺干擾	廠址/活動的位置	—
	變動	通量	燃料使用及運輸排放	單元操作及生產量的頻率/期間	一般資料，來自許多來源，在大廢棄物特性的資料允許轉換成想要的功能單位
		非通量	交通擁擠	廠址/活動的位置	—
與廢棄物有關之負荷	變動 (小範圍)	處理關係	CO, 戴奧辛, 固體顆粒(來自 MSW 燃燒)	單元操作組成處理廢棄物的型式及生產量	法令及限制值量測資料
	變動 (大範圍)	產物關係	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> (來自厭氧消化)	單元操作組成處理廢棄物的型式及生產量 (特別組成之廢棄物)	特別廢棄物管理監測資料, 詳細組成資料, 處理模式。

### 三、 廢棄物回收模式

Edwards & Schelling(1996)在研究比較不同物質回收率與焚化、掩埋選擇處理選項間所產生之環境負荷。其採用之回收模式為封閉式回收模式(Closed-loop recycling model)，如圖五所示。

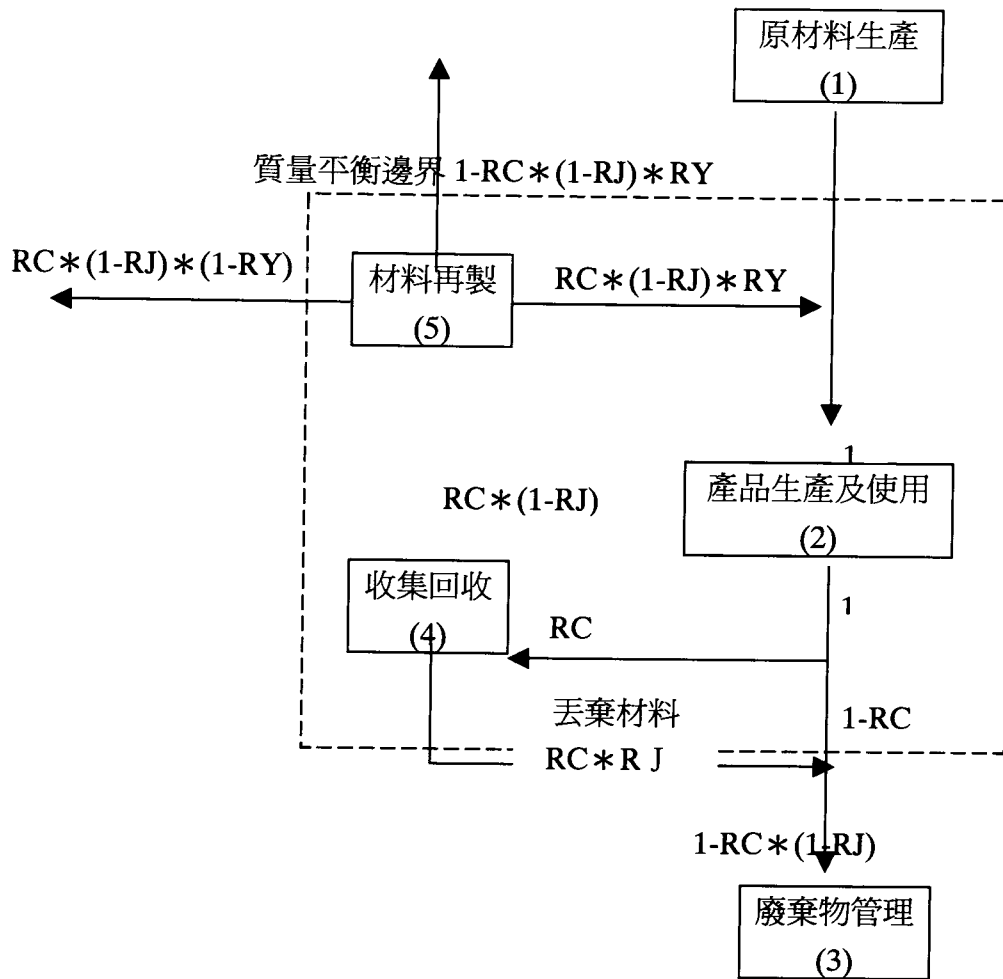


圖 2-5 回收模式。

(i) — 程序單元數；RC—再生率；RJ—丟棄率；  
RY—再製率 (Edwards & Schelling, 1996)

其中，再生率  $RC = \frac{\text{再生材料的質量}}{\text{廢棄材料的質量}}$

$$\text{丟棄率 } RJ = \frac{\text{丟棄材料的質量}}{\text{再生材料的質量}}$$

$$\text{再製率 } RY = \frac{\text{生產材料的質量}}{\text{再製材料的質量}}$$

$$\text{回收率 } R = \frac{\text{回到製程的材料質量}}{\text{廢棄材料的質量}}$$

$$= RC(1-RJ)RY$$

在一系統中，再生材料的量一般稱為利用率(Utilization rate)，如下：

$$\text{利用率 } RU = \frac{\text{用回收材料來生產產品的材料質量}}{\text{生產材料的質量}}$$

在封閉式回收模式，RU 相當是 R，且不會超過 RC。針對開放式回收模式而言，材料再生可從其他產品系統獲得。在開放式回收模式中，RU 與 R 及再生材由外系統引入之量有關。

1998 年瑞典 Finnveden 發展整合型固體廢棄物管理系統(Integrated solid waste management systems, I SWMS)，從方法論的角度討論五項議題，包括：

(1) 上游及下游系統邊界(Upstream & downstream system boundaries)

LCA 的關鍵點，是以系統概念做模擬，系統輸入及輸出資料包含整個生命週期中之環境資料，而非人為轉換資料。但在廢棄物管理系統，固體廢棄

物之系統邊界通常以來自家庭，商業等產生廢棄物後開始算起，因此上游邊界需調整。同樣地，下游邊界因物質及能源回收而改變。

(2) 開放式迴路分配問題(Open-loop allocation problem)

一種產品回收後，用於另一項產品，將造成系統邊界的紊亂，例如，開放式回收系統(如圖 2-6)。

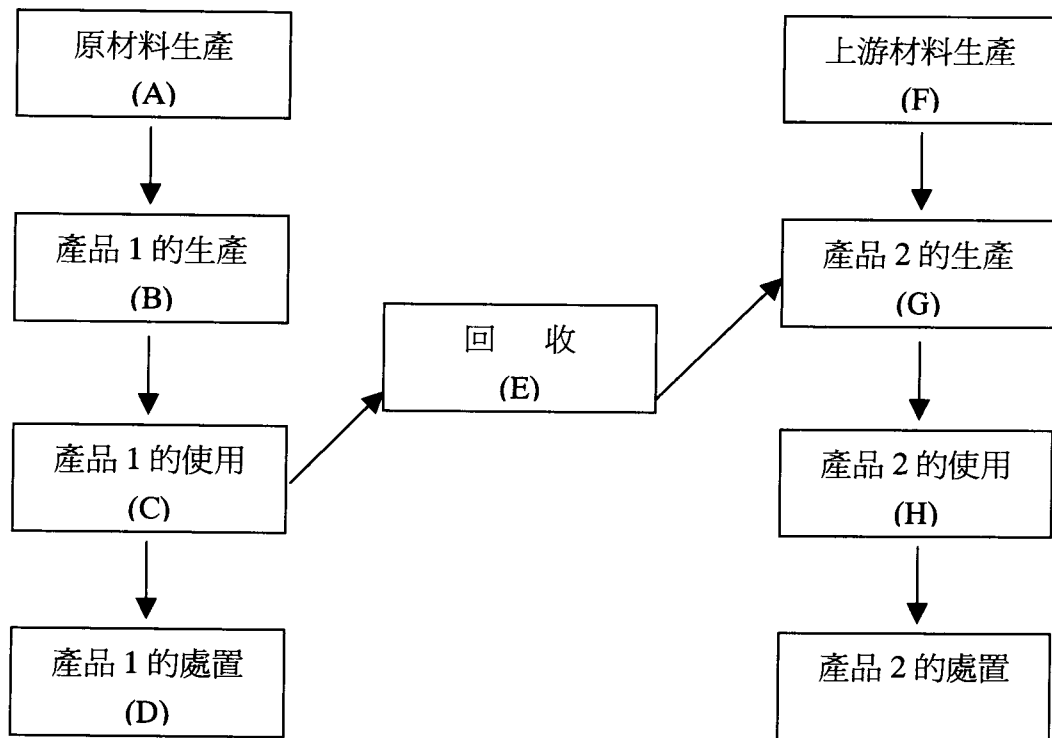


圖 2-6 開放式回收系統(Finnveden , 1998)

(3) 多重輸入分配問題(Multi-input allocation problem)：廢棄物處理程序，如掩埋及焚化，通常多為多重輸入資料的程序。

(4) 時間做為系統邊界及生命週期衝擊評估(Time as a system boundary and life cycle impact assessment)：掩埋和其他處理程序最大的不同在於時間因素。

#### 四、 廢棄物管理選項之生命週期評估案例

Hunt(1995)評估都市廢棄物中紙類及塑膠的處理選項，指出一般廢棄物處理選項以焚化、掩埋及堆肥為主。三者環境衝擊以溫室氣體及滲出水項目為標的，研究產生之溫室氣體以 CO<sub>2</sub> 及 CH<sub>4</sub> 為主，其中在好氧及燃燒時會產生 CO<sub>2</sub>，掩埋及厭氧消化產生之 CH<sub>4</sub> 多於 CO<sub>2</sub>，滲出水以 BOD，COD 為主，其生命週期評估結果如表 2-7 所示。

表 2-7 處理 1000 磅紙類或塑膠所產生之溫暖化及滲出水 (1995, Hunt)

	掩埋	堆肥	焚化	產品 LCI <sup>a</sup>
全球溫暖化(以 CO <sub>2</sub> 當量計算, 磅)				
紙類	1500~7600b	1500	1500	1500
塑膠	neg	neg	3400	1500~2000
滲出水(以 BOD 計算, 磅)				
紙類	0.8~8 <sup>c</sup>	neg	neg	3-4
塑膠	neg	neg	neg	4-8

註：a. 從產品原料開採到處置的盤查，包括分解及焚化的釋放物。

b. 10~40 年總釋放量的粗估。

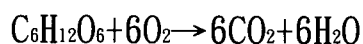
c. 基於紙類碳含量 1~10%轉換成滲出水，並移除 90%估算。

溫暖化及滲出水負荷之推估方式說明如下：

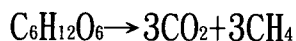
#### (1) 溫室氣體估算

二氧化碳(CO<sub>2</sub>)之估算，以化合物之化學平衡式估算，包括：

在好氧條件下，



在厭氧消化下，



甲烷(CH<sub>4</sub>)則以溫暖化潛勢指數換算(1g CH<sub>4</sub> 等於 g CO<sub>2</sub>)

#### (2) 滲出水估算

由 BOD 及碳含量之關係粗估。

1999 年英國 Edwards & Schelling，以評估玻璃回收為例，發現可減少約 30% 的環境負荷，如表 2-8 所示。

表 2-8 英國回收玻璃所減少之環境負荷(不包括收集所產生之衝擊)  
(Edwards & Schelling, 1999)

負荷		與焚化比較 每公斤再生玻璃	與掩埋比較	與焚化比較 生產及處置的%	與掩埋比較
空污的單位	[m <sup>3</sup> ]	93886.3	82498.0	31	28
水污的單位	[dm <sup>3</sup> ]	0.580	0.548	35	33
溫暖化					
20 年	[gCO <sub>2</sub> eq.]	662.1	600.5	34	32
100 年	[gCO <sub>2</sub> eq.]	509.0	467.1	34	32
500 年	[gCO <sub>2</sub> eq.]	450.7	414.1	34	32
資源耗用	[kg oil eq.]	0.123	0.117	35	34
酸沈降	[mmol H <sup>+</sup> ]	49.3	43.1	31	28
石化燃料使用	[MJ]	5.499	5.139	35	33
可再生能源使用	[MJ]	0.014	0.011	37	32
總能源使用	[MJ]	5.850	5.418	35	33
固體廢棄物生產	[g]	911.9	910.8	90	90

## 五、 塑膠包材廢棄物的處理及回收

1991 年歐洲用於包材的塑膠約 9.4 百萬噸，約佔塑膠總量的 39%。歐洲包材廢棄物指導(Draft waste directive)，預計達成 50~60%的包材廢再生棄物回收(Recovery)其中 25~45%的包材回收再利用(recycled)。塑膠回收選擇的三種主要方法及特性如表 2-9，研究並指出，Multi-centre European project 的目標為定義一適用規範，以確保回收塑膠與食物接觸後的品質及使用安全。(Castle, 1994)

表 2-9 回收選項<sup>a</sup> (Castle , 1994)

---

➤ 化學回收(chemical recycling)

廢棄物分類及清洗

塑膠破碎

單體純化(結晶化 or 蒸餾)

單體再製成塑膠

ex: PET back to terephthalic acid. plus ethane-1,2 diol ; polyolefins back to 'naphtha'.

➤ 再利用(Re-use)

容器分類及檢查

清洗

檢查

再填裝食物 or 飲料

ex: PET 飲料瓶 ; polycarbonate 牛奶瓶。

➤ 回收再用(Recycle)－亦稱物理回收

熱塑塑膠之分類

清洗

碾碎

鎔解

再塑成材料

ex: polystyrene coffee cups; PET 飲料瓶。

---

a. Options with food contact implication. Energy recovery etc. are excluded.

1996 年 Dubiel 探討可回收包裝材之成本評估結構，但成本評估尚無法量化，

僅先彙整分類成本形式的變化。1996 年 Kantan 認為從技術及法規理由，回收後做為塑膠原料是較歡迎的。1996 年荷蘭 Van dam 根據消費者之環境友善 (Environmentally friendly) 判斷之問卷調查，發現環境友善主要從材料及可回收性判斷，因此消費者認知的包材環境友善是基於使用後的廢棄物。

## 第三章 研究方法

本計畫第一年在於初步建立國內果蔬汁飲料生產加工過程與廢棄物管理系統所造成的健康風險之評估方法；並探討執行時可能遭遇之困難與解決方案，以利後期風險評估之進行，以及健康風險與綠色度關係之建立。本計畫之實施方法分項敘述如下：

### 第一節 生產加工過程與廢棄物管理系統資料彙整

以果蔬汁飲料生產加工系統與廢棄物管理系統所排放污染物之型態、質、量、頻率等資料之彙整為重點。

- 一、 國內現有資料之彙整。
- 二、 實廠偵測取得適用資料。
- 三、 如現有資料不完整，則需利用估計方法（如質量平衡方法）。

### 第二節 廢棄物回收效果及其影響因之調查

廢棄物回收乃為廢棄物管理系統之一環，因此必須調查廢棄物回收意願、目前廢棄物回收之方法、回收量、回收比例與執行之困難；尤其需瞭解影響廢棄物回收效果之因子，如包裝材料、包裝容量、包裝形狀、消費地點等。

- 一、 國內現有資料之彙整。
- 二、 問卷設計、調查與統計分析，以建立回收效果與上述影響因子之關係。

### 第三節 風險評估方法與生命週期評估方法之差異性比較

- 一、 生命週期評估與風險評估的關係
- 二、 生命週期衝擊評估方法探討
- 三、 生命週期評估與風險評估的限制

## 第四章 現況與基本資料調查結果

由於本計畫所探討的對象為果汁食品，因此就先以果汁工業來作為文獻蒐集的對象，而相對的，果汁包材使用、廢棄之後所產生的環境問題，更值得我們去分析探討。因此本章節將先針對果汁工廠產出的廢棄物做一探討，試著鑑別出重大的污染考量面。經由文獻資料及工廠現地調查發現，由於果汁屬於有機物，在果汁飲料本身再製程中所產生的廢棄物，多半為生物可分解性的，只有少量是洗滌用水及機具運轉所產生的污染物，因而得知果汁包材為產量最大的廢棄物來源。再由目前果汁包材的處理現況，去探討包材進入廢棄物管理系統之後的流向，進而瞭解各種材質的包材在焚化、掩埋、回收系統中，所造成的環境衝擊。最後藉由評估結果去比較生命週期評估及風險評估的差異性。

### 第一節 果汁工廠廢棄物初探

#### 一、果汁工業之一般特性

果汁工業屬於食品工業之一部份，本質上與鋼鐵、金屬、機械、化工等工業不同，雖都易造成公害，但其污染源在質的方面組成並不一樣，考量的層面也不一樣。

● **果汁原料來自自然環境：**果汁工業之來源來自農業、林業等，而此等事業，皆必須在自然環境保護下始能存在。倘若果汁工業之廢水與廢棄物任意排棄於自然界，將破壞環境，而污染了擔任原料母體的大地、水或空氣，形成惡性循環。因此比起其他工業更應負起自動自律的責任。不過近年來，台灣地區果汁工廠的原料漸有自國外進口的趨勢，導致與地域關係漸弱，失去了與土地的密切關係，有演變成猶如其他工業只有原料加工的工業型態。

● **製程需高清潔度：**果汁工業之產品直接經由人體飲食，因之受食品衛生有關法令所限制，倘若有不良產品造成消費者食物中毒，對其工廠信譽及

生產事業，將是一大打擊。因此，廠方多儘速將不用之廢棄物排出廠外，減少在場內堆積之情況。而排出之廢棄物包括原料及製程排出的廢料、廢水，且容器及設備之清洗需大量的清洗用水，導致大量且濃度甚高的廢水排出。

● **有害物質較少，有機物多：**果汁工業在原則上不向化學工業、金屬工業及電鍍工業，在製程中使用有害物質及微生物難分解物質，故對於直接危害健康或造成水體中有害物質於生物體內蓄積的情況較少。但因製程中大量排出有機物，導致廠內及水體的嚴重污染，散發惡臭，滋生蚊蠅，甚至因廢水中含多量氮、磷而造成優養化。

● **製程中微生物參與：**果汁廢水一般多採活性污泥法、接觸曝氣法、旋轉生物圓盤法等生物處理法，來處理廢水。雖然果汁工業技術涉及防止食品污染及發酵等生產技術，與微生物稍有接觸，而多採用生物處理法處理。實際上食品工業所利用之微生物與廢水生物處理所利用之微生物，種類和利用方法都不同，因此在廢水的生物處理上，需要特別留意。

● **口味不輕易改：**味覺與視覺、聽覺比較起來，為較保守的感覺，且果汁之價格受風味的影響很大，也造成果汁業界保守不願輕易大幅度改變製程的原因，深恐因口味改變失去原有市場。即使生產設備有所改變，也多限制在不改變口味的範圍內，因此要藉著改進製程，達到清潔生產的機會並不大。

● **中小企業污染防治投資少：**果汁工廠雖有較大規模之企業經營，但大都為中小零星工廠。雖然國民果汁消費量也有增加的趨勢，因而出現自動化大量生產之大企業出現，導致零星小工廠停產的現象，也因而形成果汁工廠兩極化。大企業餘建廠支出同時籌建處理設備，但又因果汁有獨特的風味特性，小企業仍有其存在之理由，則中小果汁企業之廢水處理設備投資將是一大問題。

● **廢水處理設備常需更新：**加工食品中有屬於「流行性」食品，其產品之型態一消費者之需要而變化，也受冷凍設備之普及所影響，同時也隨著國民的嗜好而變化。其設備之更新隨產品而異，故廢水處理設備也必須隨之更新。因生產設備投資折舊通常為1~2年，故廠方不願意投資在污染防治等非

生產設備上，特別是前述之零星中小企業。

● **替代性高**：近年來由於消費者的環保意識漸漸覺醒，果汁或其他食品產品又具有消費上之「可替代性」，一旦企業有不良的形象被消費者知道，將被抵制，導致營業大受影響，因此果汁等食品企業均應正視此一問題。

## 二、 果汁加工工業廢棄物的產生及其特性

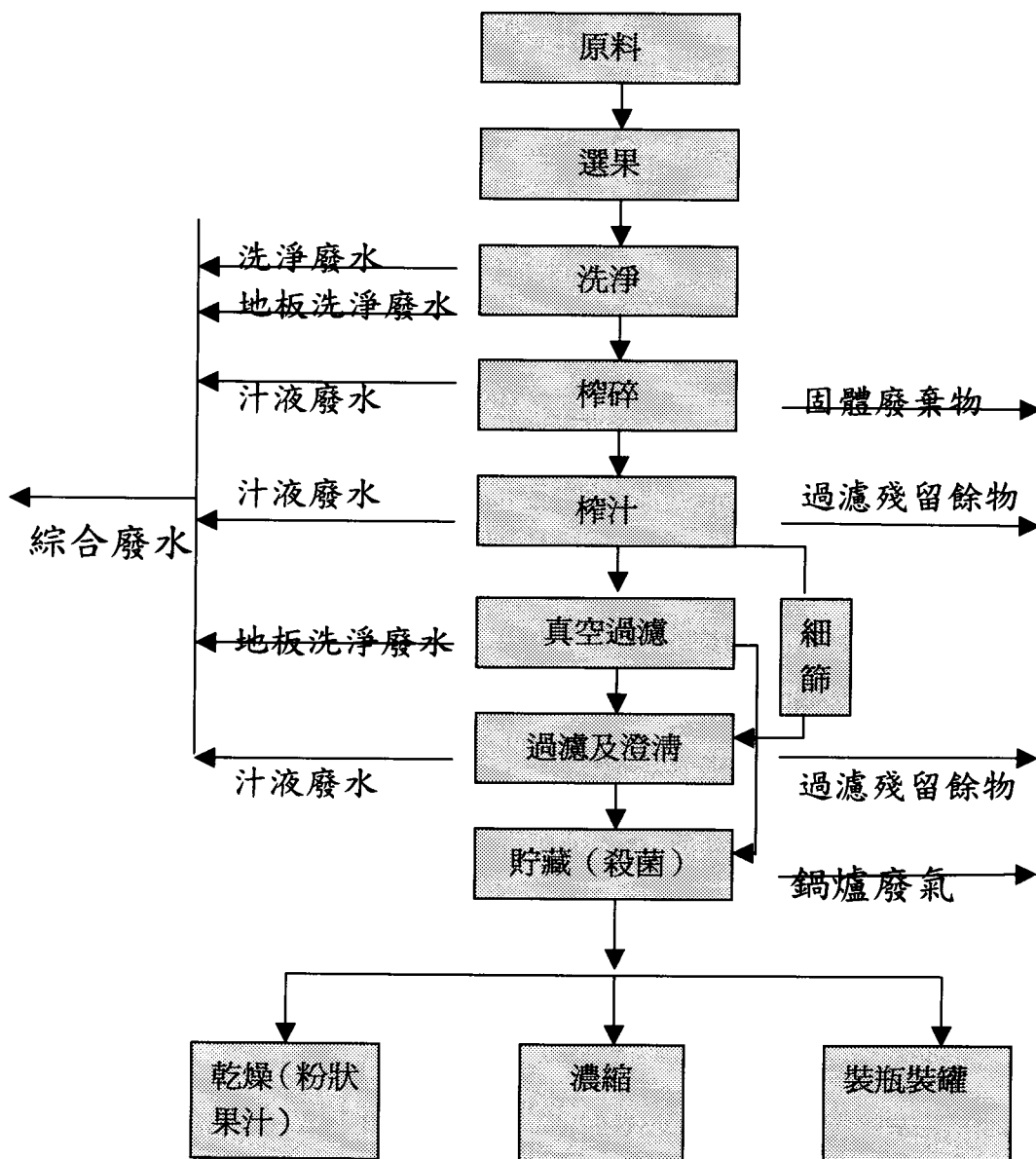


圖 4-1 果汁工業製程之廢棄物來源

### (一) 製程廢水來源：

- 原料洗淨廢水：果汁罐頭汁製造過程，首為選果，去除不合適之果實，繼而洗淨附著物，洗淨廢水中含有原料附著之灰塵，微生物農藥，以及腐敗損傷之果實果皮等塊狀固體物，與膠質懸浮物，並含有高濃度有機溶解物。洗淨廢水量依原料及洗淨方法（浸漬洗淨、攪拌洗淨及散水式洗淨）而異。

- 榨碎、榨汁過濾廢水（汁液廢水）：這種廢水的產生有以下來源，除了榨碎水果為果汁、先急激加熱後再使用壓榨機榨汁的過程外，另者為將抽出果汁以霧狀噴射於真空中或放置於真空條件中攪拌，以排除果中之空氣，再以壓榨過濾機過濾，達到清澈透明的外觀等過程溢漏出者。此等廢水中含有多量果汁及固體物，為果汁罐頭工廠廢水中，污染程度最高者，雖然近年來在生產製造上對於果汁漏液之防止已有改善，但仍免不了外漏。廢水量依原料類別而有很大的差異。

- 地板及機械設備之洗淨廢水：主要為果實去和及榨碎、榨汁等工作場所之清掃排出者，其本質與果實蔬菜罐頭並無太大差別，廢水中含有很多散落於地板及散佈於設備上固體物。廢水量亦多。

- 固體廢棄物貯藏處滲出廢水：固體廢棄物為果汁原料之莖、皮、修剪物、沙土、核心等，此等固體廢棄物的貯藏極易發生腐敗，而併同其水分滲出，污染度極高，其流出液之 BOD<sub>5</sub> 約為 50000~80000ppm，總固體物約 70000ppm。(工業污染防治團，1986)

表 4-1 果汁工業廢水來源及成因

廢水來源	廢水特性	污染源成因
原料洗淨廢水	大型固體物、膠質懸浮物、溶解性有機物含量多、BOD 甚高、少量難分解化合物	果皮、果實附著物、洗滌劑、農藥、泥土
榨碎、榨汁過濾廢水	BOD 甚高、多量固體物、含果汁濃度高	榨碎、噴射、攪拌過程溢出之果汁
地板及機械設備之洗淨廢水	含多量固體物、廢水量亦多	清掃、剝皮、整理工程排出
固體廢棄物貯藏處滲出廢水	BOD 與固體物含量極高	廢棄果皮、果核堆置腐敗

## (二) 製程廢水污染特性

廢水污染特性受產品種類、產量、用水量及產品品質要求等因素而有所差異。主要污染種類及來源如下：

- pH：工廠執行 CIP 所產生的酸洗及鹼洗排放水
- 懸浮固體物：洗瓶、洗箱、地板清洗排放水，來自果蔬汁飲料製程之原料清洗廢水、榨汁過濾廢水、以及茶飲料製程之過濾排放水。
- BOD：執行 CIP 的排放水、均質、殺菌、充填排放水、果汁、汽水飲料類製程之原料清洗水、過濾廢水及整體行業製程產生之不良品及過期製品。
- COD：執行 CIP 排放水、均質、殺菌、充填排放水，果汁、汽水飲料類製程之原料清洗水、過濾廢水，以及製程產生之不良品及過期製品。

(註：CIP(Cleaning in place 現場清洗)：工廠在生產前、生產後或生產線更換生產產品時，使用酸、鹼或熱水清洗桶槽、設備及管線等之程序。)

表 4-2 果汁工業廢水水質現況 (本研究相關計畫調查整理)

單位	A 廠		B 廠		C 廠		D 廠		
	廢水量	噸	廢水量	噸	廢水量	噸	廢水量	噸	
		22,700		39,000		20,000		16,000	
		廢水	排放廢水	廢水	排放廢水	廢水	排放廢水	廢水	排放廢水
S.S.	mg/l	605	8	737	11	86	10	40	<10
COD	mg/l	2,051	36	3,098	38	608	28	3,500	<50
BOD	mg/l	1,037	9	1,543	3	296	7		
pH		5.8	7.5	5.1	8.3	6.2	7.4	5~9	7~8

### (三) 廢氣來源及其特性：

一般果汁加工廠的空氣污染來源為鍋爐廢氣，此廢氣雖有異味，但多為生物性，對人體並無大礙。

### (四) 固體廢棄物來源及其特性：

一般果汁加工廠的固體廢棄物有下列幾項：

- 廢水處理廠污泥
- 廢機油、廢潤滑油、廢料、廢液、廢半成品、廢品
- 原物料空袋或空桶、廢容器

以上所述的廢棄物雖然會造成環境上的污染，但對人體健康並未產生直接的危害。

## 第二節 果汁飲料生命週期中對健康產生衝擊的來源

一般要進行生命週期評估，要包含產品從原料開採、產品製造、消費者使用及棄置的四個階段。以下就針對果汁產品來進行上述四個階段的檢視，並整理成如下表：

表 4-3 果汁產品生命週期考量表

	原料開採	產品製造	消費者使用	棄置
資源消耗	土地資源 灌溉用水 肥料施用 能源消耗(農業機具、運輸)	原料用水及洗滌用水消耗 能源消耗(鍋爐、機具運轉)	無	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 廢棄物收集運輸耗能</li> <li>● 資源回收處理耗能</li> </ul>
污染產生	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 空氣污染(農業機具、運輸)</li> <li>● 土壤及地下水受農藥、肥料污染</li> <li>● 腐爛果實廢棄物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 洗滌廢水(pH、BOD、COD、懸浮固體物)</li> <li>● 鍋爐廢氣</li> <li>● 有機廢棄物(果皮、果渣)</li> <li>● 氟氯碳化合物(冷凍機冷媒)</li> </ul>	無	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 空氣污染(焚化)</li> <li>● 土壤及地下水(掩埋)</li> </ul>

### 一、原料開採階段：

本年度進行探討的是柑桔(包括柳橙)汁、番石榴汁、楊桃汁和蕃茄汁，其中柑桔類果汁大部分仰賴進口，而其他果汁種類的栽種過程因地而異，因此本研究限於人力、時間，並未將此階段納入進行評估考量，也未將包材的原料開採納入研究範圍。

### 二、產品製造階段：

根據統計(工業污染防治, 1998), 我國食品業每日產生的廢棄物總量為 9,525,245 公斤/每日, 其中有害的比例為 0.14%, 跟皮革毛皮業(有害比例 28.73%)、化學材料業(有害比例 24.98%)、金屬製品業(有害比例 20.93%), 相較起來, 在果汁食品製程所排放的有害廢棄物可說是極微量的。鋁箔包因為使用過氧化氫的殺菌方式, 因此廠內過氧化氫的濃度會較高, 但是一般來說並無大礙。

### 三、消費者使用階段：

在本階段，並無任何污染產生。

### 四、棄置階段：

果汁在飲用後的廢棄包材處理系統，會因為材質與處理方式的不同，排放不同的污染物質到環境中，例如：塑膠材質進到焚化爐，可能會產生戴奧辛，而此時所產生對人體的危害才是我們所考量的重點。因此，我們考量的層面可以用下表表示：

表 4-4 果汁飲料包材成分

材質	成分	焚化處理之可能污染	掩埋處理之可能污染	回收處理之可能污染
玻璃瓶	石灰石、白岩石、矽砂、純鹼		----	運輸耗能及污染
紙盒	紙, PE	丙烯醛		運輸耗能及污染、廢水
鋁箔包	紙 (73.5%) 聚乙烯 (21%) 鋁箔 (5.5%) 印刷層	CO, CO <sub>2</sub> 丙烯醛		運輸耗能及污染、廢水
鐵罐	鐵、錫、鋁礬土			運輸耗能及污染
鋁罐	鋁礬土			運輸耗能及污染
保特瓶 (PET)	聚乙烯對苯二甲酸酯	CO, CO <sub>2</sub> 烷, 烯		運輸耗能及污染, CO, CO <sub>2</sub> 烷, 烯
PS	聚苯乙烯	CO, CO <sub>2</sub> 烷, 烯		運輸耗能及污染, CO, CO <sub>2</sub> 烷, 烯
PVC	聚氯乙炔	戴奧辛 CO, CO <sub>2</sub> HCl, HF, HBr 烷, 烯, 苯	氯乙炔單體 可能致癌	運輸耗能及污染, 戴奧辛 CO, CO <sub>2</sub> HCl, HF, HBr 烷, 烯, 苯
PE	聚乙烯	CO, CO <sub>2</sub> 烷, 烯		運輸耗能及污染, CO, CO <sub>2</sub> 烷, 烯
PP	聚丙烯	鎳污染, 可能導致肺癌及鼻癌 CO, CO <sub>2</sub> 烷, 烯		運輸耗能及污染, CO, CO <sub>2</sub> 烷, 烯

### 第三節 果汁包材之處理現況

首先我們就本研究所選定的四種果汁進行考量，去調查不同包材的使用量和使用比例。在一般的容器包材分類當中，可分為玻璃瓶、紙盒、無菌包（鋁

箔包)、鐵鋁罐裝和塑膠包材(果汁工會年報, 1999), 其中塑膠類的保特瓶(PET)單獨歸類, 其他PS(聚苯乙烯)、PVC(聚氯乙烯)、PE(聚乙烯)、PP(聚丙烯)歸類為一般塑膠。

### 一、各種包材特性概述

以下將先針對各種包材的特性作一說明：

#### (一) 玻璃瓶：

玻璃容器的特點是 1. 成型容易、2. 透明、3. 耐高溫。一般市面上常見的玻璃容器，大都是利用石灰石、白岩石、矽砂、純鹼為原料，再添加輔助劑生產，是裝填液體物質最重要的容器。

因為可以清洗再回收使用數十次之久，向為液體、飲料等所大量使用，像公賣局的酒瓶每年有數億瓶，早期的汽水、碳酸飲料亦是，家中的醬油、調味料、醬菜類、乃至化妝品都喜歡利用玻璃容器，另外醫療藥劑與化學藥品亦大量使用。

玻璃可依用途之不同而有不同的種類、形狀、顏色，目前製造玻璃的成型機也都能依瓶子的大小、形狀而有適當的自動機器。近年來由於玻璃重且易碎、運輸成本高，汽水、碳酸飲料、醬油等大部份都改成利用PET、PVC瓶來裝填了。

#### (二) 鐵罐

鐵罐在一般容器中，主要是以馬口鐵罐為主，另有無錫鋼板。馬口鐵罐是利用冷間壓延過程(cold rolling process)製成薄薄的鋼板，其表面均勻連續電鍍錫，並依鋼板的厚度、尺寸、鍍錫程度、含鋼成份比、回火度(熱處理)之不同區分成各種差異材質。馬口鐵罐可以分為三片式與二片式的構造體。前者是罐胴與前後蓋(胴底、蓋)所接合者，後者則為罐胴與底合成一體，再配合蓋接合而成。二片式又區分為無塗裝的白罐及有內面塗裝罐。

#### (三) 鋁罐

鋁罐所用的鋁板需要純度在99%以上的純鋁系、耐蝕鋁系及箔材。鋁罐近年來大量應用於罐材的主因是不會有金屬離子溶出，比重小質輕，不腐蝕、熱傳導性好。

鋁罐的製造方法大約有下列的方法，分別是淺衝拉罐、深衝拉罐、深衝拉壓平罐（國內的汽水飲料罐或啤酒製罐）、衝擊罐（噴霧罐或金屬筒類容器的製罐）。在製造鋁罐的流程原理大致如下：首先是利用衝頭與模具將鋁筒或鋁卷做擠出衝床的工作，第二則是利用車床來切螺紋或切削頭部或利削肩環或定尺寸，然後是熱處理的過程，其次是將成形之鋁筒經輸送帶來進行塗料的處理，之後是乾燥爐的處理流程，便可以透過印刷機的作業來完成所需的印製工作，再完成上蓋的動作即可完成最終作業。

#### （四）紙容器

紙容器的製造是利用處女紙漿做為原料，製成食品用之板紙，再加以折疊貼合或以模具壓製而成。板紙為了阻絕氧氣、水氣及光線，經過塗佈及貼合處理，加入其他材質製作。依結構的不同約可分為紙盒與鋁箔包。各種板紙需使用原生紙漿，以確保食品安全及容器結構強度。由國外進口的板紙，在國內進行塗佈、印刷、剪裁、成型等工作，再由各飲料廠裝填上市。紙容器的阻光性佳，儲運成本低，印刷表現功能好，飲料市場上與鐵、鋁、塑膠容器互爭鋒頭，特別是近年因其他材質需負擔回收成本，競爭力更強。

##### 紙盒

新鮮屋、利樂皇紙盒，多盛裝牛奶、果汁等。其結構自內而外分別是：PE（聚乙烯）、阻絕材質、紙板、PE、表面印刷。以此種紙盒盛裝的飲料通常保存期限不超過一個月，且需冷藏；但風味上較新鮮。

再生處理方面，雖然紙容器使用原生紙漿，纖維長，是再生的好材料，只是受多層結構的限制，需以特殊技術將材質分離，成本相當高，且以國內的量尚無法達到經濟規模，故僅有部份下腳料的處理。

##### 鋁箔包

其板紙採用的材質較多，結構由內而外為PE、黏合層、鋁箔、PE、紙板、

印刷層、PE。這樣的結構組絕性非常好，食品無需冷藏，可延長保存期限至一年以上。

### (五) 塑膠容器

塑膠是一種高分子的合成物，分子、原子的聚合方法很多，像不規則共聚、交互共聚、鏈狀共聚或接枝共聚合等等；這些差異造成塑膠材質非常廣泛。一般針對熱反應結果，可以分成熱可塑性塑膠與熱硬化塑膠二種，前者具加熱變軟，冷卻後變硬之性質，可經多次的反覆加熱及冷卻其性質仍不變，適合加工之處理，一般所說塑膠可以回收再生即是指此種熱可塑性塑膠。至於熱硬化塑膠在加熱變軟成型後，一旦冷卻變硬就無法再加熱變軟，具有相當耐熱的性質，也造成這類塑膠很難再生利用。

日常使用的塑膠容器主要是熱可塑性塑膠，像 PE、PP、PS、PVC 和 PET，各有不同的性質，可依內容物及使用的需要做調整。

### 三、 各種包材之使用比例

根據果汁工會 1998 年的統計（如下表），紙盒、無菌包和鋁鐵罐是柳橙汁、芭樂汁、楊桃汁和蕃茄汁最常使用的包材。若就個別果汁種類看來，則柳橙汁、芭樂汁符合上述情況，但楊桃汁所使用的保特瓶比例，顯然要比其餘果汁種類來的高，而蕃茄汁則幾乎絕大部分採用鐵罐為包材。

因此若純粹從不同包材的使用比例來看，在評估柳橙汁和芭樂汁的包材時，以紙盒、鋁箔包、鐵鋁罐為主，而楊桃汁則必須考量鋁箔包和保特瓶，蕃茄汁則只需考量鐵鋁罐即可。

表 4-5 1998 年果蔬汁（依包裝別）銷售數量統計

	PET	玻璃瓶	紙盒	無菌包	鋁鐵罐裝	其他塑膠包材	合計
柳橙汁	220480	168715	21950726	9000632	9779320	4716412	47836285
芭樂汁	139320	0	10599468	3219327	8188553	0	22146578
楊桃汁	4090194	0	654000	15617504	665900	0	21027598
蕃茄汁	0	0	0	58308	10102758	0	10161666
合計	4449994	168715	33204194	27895771	28736531	4716412	101172127

1998 年果蔬汁（依包裝別）銷售數量統計（僅列出上述四種）

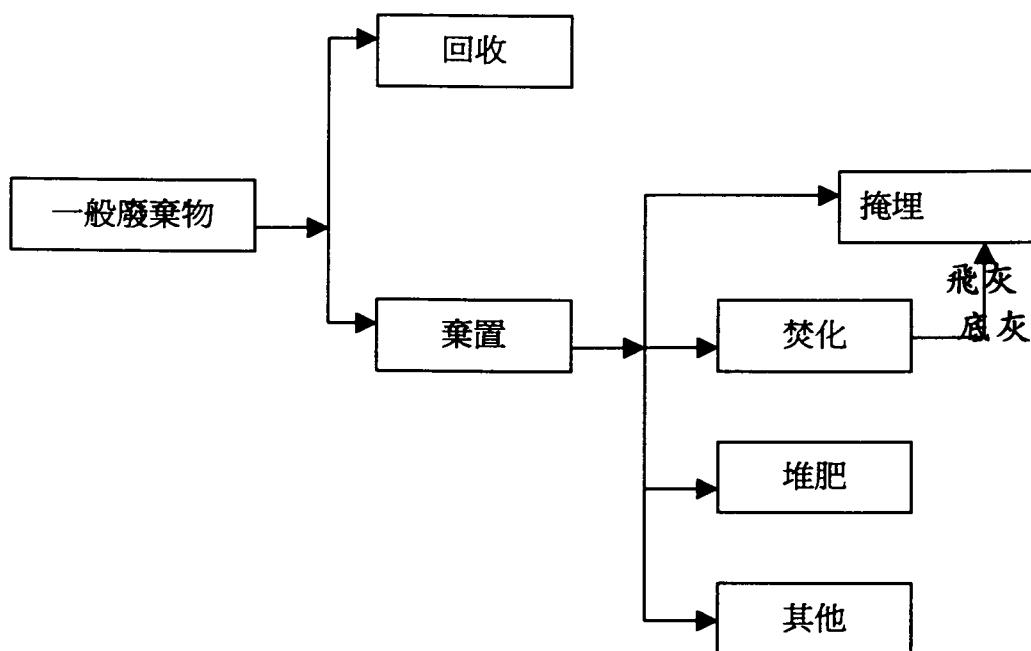
資料來源：果汁工會年報 1999 年版

表 4-6 1998 年果蔬汁（依包裝別）銷售數量百分比統計

	PET	玻璃瓶	紙盒	無菌包	鋁鐵罐裝	其他塑膠包材	合計
柳橙汁	4.64%	0.35%	45.89%	18.82%	20.44%	9.86%	100.00%
芭樂汁	0.63%	0.00%	47.86%	14.54%	36.97%	0.00%	100.00%
楊桃汁	19.45%	0.00%	3.11%	74.27%	3.17%	0.00%	100.00%
蕃茄汁	0.00%	0.00%	0.00%	0.57%	99.42%	0.00%	99.99%

#### 四、廢棄物處理系統的現況

目前國內的廢棄物除了回收之外，就進入廢棄物清除處理系統（如下圖 4-2），大多數為掩埋與焚化，少數堆肥。而果汁包材為一般廢棄物，若未進行回收，則進入了掩埋和焚化體系。日前環保署公佈的八十八年度資料（如下表），仍以掩埋處理佔大部分，為 73.16%，焚化為 21.71%，堆肥 0.22%，但焚化的比例正在逐年升高，環保署表示，目前正在基隆市、宜蘭縣、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、南投縣、台南縣、花蓮縣、台東縣、澎湖縣興建大型垃圾資源回收（焚化）廠，預計自九十年年度以後陸續完工運轉，屆時台灣地區垃圾焚化處理率將可提昇至七〇%以上。



註：其他包含（任意傾棄、就地燃燒、填充低地）

圖 4-2 一般廢棄物處理體系

表 4-7 垃圾處理概況

年度別	掩埋	焚化爐焚化	堆肥	堆置	其他
	%	%	%	%	%
78 年度	88.98	1.36	0.20	-	9.45
79 年度	88.04	1.14	1.65	-	9.17
80 年度	93.01	0.40	0.08	-	6.52
81 年度	90.44	3.19	0.10	-	6.27
82 年度	91.76	3.03	-	-	5.21
83 年度	89.88	4.86	0.02	-	5.25
84 年度	79.24	14.94	0.07	-	5.74
85 年度	79.15	15.62	0.03	-	5.21
86 年度	75.06	19.05	0.16	-	5.73
87 年度	74.36	19.36	0.01	3.30	1.73
88 年度	73.16	21.71	0.22	2.75	0.63

資料來源：行政院環保署網站

但是，從廢棄物（廢包材）的生命週期評估觀點來看，焚化及掩埋的處理方式，究竟何種方式才能最節省資源、對環境產生的衝擊最小，這也正是我們要探討的。

日前環保署也正鑑於目前公告應回收的一般廢容器項目中，部分材質具有量小質輕或沾有食物殘渣而回收困難，計畫將這些材質排除在資源回收之列，而以熱能回收的方式來處理，包括免洗餐具、鋁箔包及養樂多瓶等。環保署計畫從明年（90 年）開始正式實施。

環保署指出，過去台灣的垃圾處理都以掩埋方式處理，一些長期不易腐化成分的材質，才考慮以資源回收的方式來處理，現在台灣的焚化爐建設逐漸完成，再參考國外資源回收趨勢，以「熱能回收」代替「資源回收」的政策已趨成熟。

而所謂的熱能回收，就是特定材質的廢容器，未來將不再進入回收體系，而是直接進入垃圾車，送進焚化爐焚化，來產生熱能，將廢容器轉化為熱能來回收，這項政策一旦定案，民眾在做資源回收時，就可以直接排除這些特定的廢容器，直接投入垃圾車中。

目前環保署考慮列入熱能回收的廢容器包括免洗餐具（含紙製、保麗龍、塑膠等材質的杯、盤、碗）及小型容器（鋁箔包、養樂多）二大類，將先就免洗餐具類進行熱能回收的可行性進行考量。

#### 目前包材的回收方法

目前回收的管道大致尚可分成四個：

- (1) 販賣點回收管道：包括有償回收點、無償回收點、其他回收點
- (2) 舊貨商回收管道：古物商、舊貨商、拾荒商
- (3) 家戶垃圾分類回收管道：家庭、學校、社區

其他回收管道：加油站、遊樂區、機關團體

#### 五、目前各種包材的回收量

根據環保署 88 年度的資料（下表 4-9），我們可以發現廢玻璃容器、廢保特瓶（PET）容器、廢鐵容器，是目前在回收數量上較多的種類，而廢鋁容器、廢塑膠容器（PS、PVC、PP、PE）、廢紙盒、廢鋁箔包的回收數量則相對較少，但也有可能是使用的數量較少。

表 4-8 87/88 年稽核認證回收量比較（資料來源：環保署科技室）

	廢鐵容器 (ton)	廢鋁容器 (ton)	廢玻璃容 器(ton)	廢玻璃容 器(ton)	廢保特 瓶(PS 容瓶)(ton)	廢保特 瓶(ton)
87 年稽核 認證回收 量	22,114	2,912	33,627	48,740	2,606	100.68
88 年稽核 認證回收 量	55,193	8,264	42,223	54,912	2,686	205.87
	廢 PVC 容 器(ton)	廢 PP/PE 容瓶(ton)	廢紙容 器(ton)	廢紙容 器(ton)	廢紙容 器(ton)	廢紙容 器(ton)
87 年稽核 認證回收 量(ton)	4,729	5,215	0.00	1,972	2,572	6,472
88 年稽核 認證回收 量	2,582	11,573	0.00	2,809	0.00	4,878

## 六、回收之後的再處理利用系統

基於食品容器安全衛生上的考量，除了玻璃外，回收之廢容器並不能再作為食品容器的原料，而各種材質的回收處理流程如下：

**廢紙回收再利用流程：**

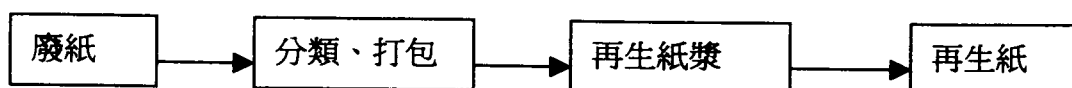


圖 4-3 廢紙回收再利用流程

回收的廢紙交給古物商或資源回收車後，會被送到大盤的廢紙商處分類打包，然後送到紙廠經過打漿、脫墨、抄紙、乾燥後，做成再生紙。使用廢紙來造紙比用原木紙漿可減少 75% 的空氣污染、35% 的水污染、60% 的用水 40% 的能源消耗，並可減少大量的廢棄物。

**廢鋁罐回收再利用流程：**

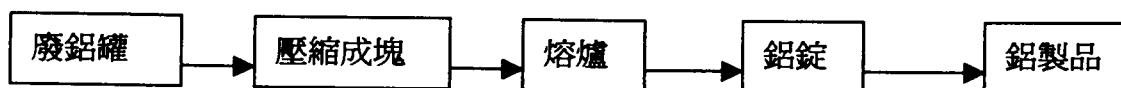


圖 4-4 廢鋁罐回收再利用流程

用回收的鋁罐來製鋁，比用鋁礬土能減少 82% 的能源消耗、85% 的空氣污染、80% 水污染與 90% 的廢棄物。

**廢鐵罐容器回收再利用流程**



圖 4-5 廢鐵罐容器回收再利用流程

用回收的鐵罐來煉鐵比用鐵礦能減少 52% 的能源、68% 的空氣污染、72% 的水污染與 95% 的廢棄物。

### 廢塑膠容器回收再利用流程

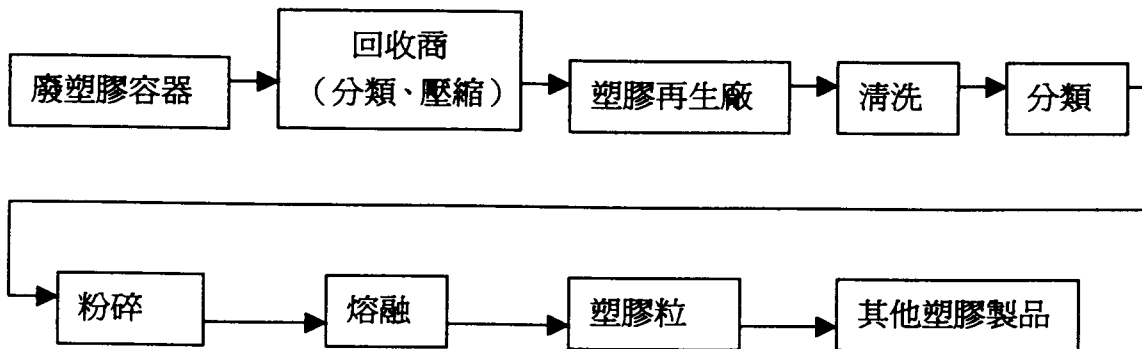


圖 4-6 廢塑膠容器回收再利用流程

回收後的塑膠瓶大部分均倚賴人工分類。然後各類塑膠瓶分別被壓縮打包，送往再生工廠，經過粉碎、清洗、乾燥等過程，再製成二次塑膠原料。這些原料可以用來製造各式塑膠品。以 PET 為例，使用回收的二次料比用原料能夠減少 50% 的能源、60% 的空氣污染、20% 的水污染與 90% 的廢棄物。

### 廢玻璃容器回收再利用流程

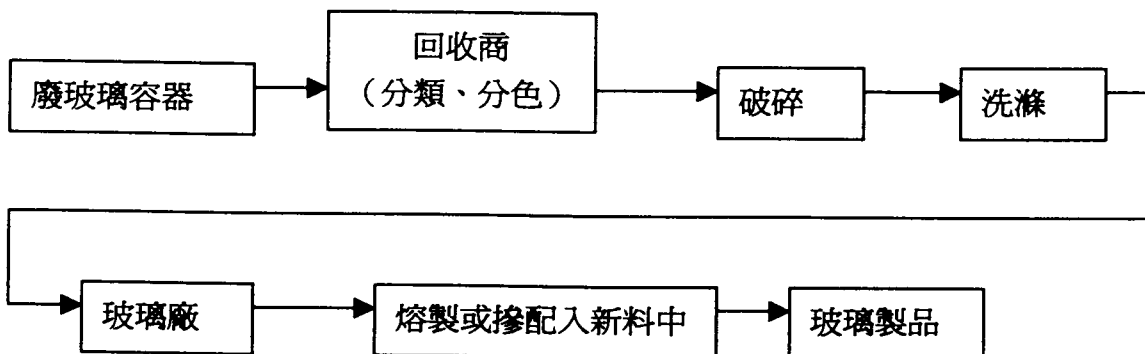


圖 4-7 廢玻璃容器回收再利用流程

玻璃瓶回收前應先沖洗晾乾，避免打破而發生危險。回收玻璃如果能夠依透明、綠色、褐色三色來分類更好。日光燈、電燈泡、玻璃窗、鏡子、瓷器盤子等因含有害物質或其他成份，不可和玻璃瓶混合回收。

回收後的玻璃瓶經分類、破碎、去雜質後，會被送入玻璃熔爐內以製造新的玻璃製品。使用回收的二次料比用原料來製造玻璃能夠節省 38% 能源、減少 50% 的空氣污染、20% 的水污染和 90% 的廢棄物。

## 第四節 廢棄物回收效果及其影響因子之調查

### 一、 研究目的

藉由問卷調查的方式，獲取第一手資料，瞭解在現行的資源回收體系當中，何種材質的包材為民眾最願意去回收。以作為往後果汁工廠在選用包材時的決策參考，使得包材在回收上的設計更符合現況。

### 二、 研究對象

#### (一) 研究母群體

本研究選擇的研究對象為大台北地區的居民，但考量到台北市在今年(89年)七月已開始實施垃圾處理費隨帶徵收，會影響民眾對於資源回收的認知與行為，因此，研究母群體再區分為為全台北縣及台北市居民。根據台北市政府提供的資料民國八十八年七月底台北市人口統計為2,647,614人，約兩百六十五萬人。台北縣民國八十八年六月底人口統計為3,537,707人約三百五十萬人。所以台北縣市人口總數約六百二十萬人。所以本問卷的樣本母群體為六百二十萬人。

#### (二) 研究樣本

##### 1. 決定抽樣單位

以八八年度中華電信之有登記住宅用戶之台北縣、市居民為母群體。根據中華電信提供之電話簿台北市有登記住宅電話者共91萬戶；台北縣為65萬戶；台北縣市共156萬戶。

##### 2. 決定抽樣數量

限於研究時間及人力，預計抽取約1024份樣本。計算電話簿上有登記住家電話者共1959頁，故決定取台北縣市之住宅電話偶數頁之第二行第三列為研究樣本。若第一通電話不成功則另隨機取同一頁進行電話訪問。

### 三、 研究工具

本研究採問卷調查法進行，問卷的編製過程係先已開放是引導問卷所篩選出的顯著信念(salient beliefs)，在配合本研究的理論架構及參考相關

研究之問卷，編製而成。問卷編製的程序為：開放式引導問卷、擬定問卷初稿、完成正式問卷。

### (一) 開放式引導問卷

為編製正式問卷中有關果汁廢容器包材回收的各種情境因素，需先編擬開放式引導問卷，以篩選出現頻率較高的因子，作為研究對象之顯著信念。

本開放式引導問卷的問題是以自由回答的形式，在不經提示的情況下，請研究對象盡量的列出對於果汁廢容器包材回收意願的影響因素，以獲得受訪者在相關議題上的顯著信念。

開放式引導問卷的內容主要包括下列三個題目：

1. 請問就您所知，有哪些果汁飲料容器，在飲用後是必須進行資源回收的，請將容器材質種類列舉出來（請盡量列舉）：
2. 就您本身而言，哪一種（或哪幾種）材質的果汁飲料容器是您所最常進行資源回收的？
3. 接上題，請問您為何最常回收此種材質的果汁飲料容器？（請盡量列舉）

本問卷中，第一題是為了瞭解受訪者對於目前廢一般容器回收的認知程度，事實上，所有的果汁容器包材，即保特瓶、塑膠瓶、鋁箔包、玻璃瓶、鋁鐵罐、紙盒，都包含在環保署公告進行回收的廢一般容器當中（詳見廢棄物清理法第十之一條及一般廢棄物回收項目及一般廢棄物分類方式 中華民國八十八年九月十六日(八八)環署廢字第〇〇六二五五四號公告），第二、三題則是為了瞭解受訪者對於各種廢包材的回收意願及容器本身所造成的影響因素。

受訪對象：

大台北地區居民 143 份 時間：2000 年 7 月 8 日

地點：台北縣市街頭

### (二) 問卷初稿的擬定

問卷收回後，依據受訪者回答的結果加以整理歸類後，按各題答案的出

現頻率排列，基本上篩選總頻率前 70% 的答案為顯著信念，以作為正式問卷設計的依據。此次開放式引導問卷所得結果，依照各答案出現頻率高低排列順序，分別如下：

**1. 必須進行回收的廢果汁容器材質：**

- (1) 鐵鋁罐(92.31%)
- (2) 鋁箔包(77.62%)
- (3) 保特瓶(70.63%)
- (4) 玻璃瓶(64.34%)
- (5) 塑膠瓶(29.37%)
- (6) 紙盒(20.28%)

**2. 最常進行回收的廢果汁容器材質：**

- (1) 鐵鋁罐(63.64%)
- (2) 保特瓶(57.34%)
- (3) 鋁箔包(47.55%)
- (4) 玻璃瓶(31.47%)
- (5) 塑膠瓶(13.99%)
- (6) 紙盒(11.19%)

**3. 最常回收此種材質的因素：**

- (1) 回收點普遍(21.68%)
- (2) 有獎勵金(18.88%)
- (3) 體積小，易壓扁(16.08%)
- (4) 回收後再利用價值高(15.38%)
- (5) 回收前清洗容易(14.69%)
- (6) 使用量大(11.89%)
- (7) 掩埋或焚化後會產生公害(9.79%)

- (8) 回收後再處理容易(9.09%)
- (9) 體積太大，佔去生活空間(6.29%)

### (三) 完成正式問卷

將以上經由開放式問卷得到的答案，編排成問卷，並考慮到垃圾費隨袋徵收的影響，所以決定在最後補充這方面的題目，希望可在調查當中得知民眾的認知與行為。

## 四、 研究步驟

問卷的施測過程分成三階段，分別是(1)電訪員訓練；(2)正式施測；(3)問卷統計與整理；以下將分別說明之。

### (一) 電訪員訓練

由於預計施測的問卷份數約一千份所以需要數名電訪員一起配合，為使施測過程順利、確保表達方式一致，在正式施測之前，由問卷設計者詳細說明問卷目的、方法、問卷內文字定義等。務使問卷的誤差減至最小。

### (二) 正式施測

施測時間自民國八十八年七月十九日至民國八十八年八月十九日。

### (三) 問卷統計與整理

實際電訪樣本數台北市 384 份；台北縣 588 份，總共 972 份。有效樣本共 964 份，其中台北市 384 份；台北縣 580 份。有效樣本約佔實際電訪之 99.18 %。

### (四) 操作型定義

本研究各變相之操作型定義及其計分方法整理如下：

1. 要求受訪者選出『一種最常進行回收』之果汁飲料容器
2. 針對受訪者在 1. 所選擇的容器，進一步詢問願意回收的變因。
3. 表 4-9 說明各項之操作型定義及計分方法

表 4-9 各項之操作型定義及計分方法

變項	操作型定義	計分方式
回收方便	便收集好回收物後，拿到附近的回收點很方便	是=1 否=0
體積小，易壓扁	不佔空間，方便運送至回收點。若為不可壓扁者(如玻璃則視為否)	是=1 否=0
有獎勵金	獎勵金是否為願意回收支誘因；若無獎勵金者假設有，尋問其回收意願	是=1 否=0
回收後再利用價值高	回收後可在製成其他有用的產品	是=1 否=0
掩埋或焚化後會產生公害	直接掩埋或焚化會產生公害	是=1 否=0
使用量大	家中使用量大，所以願意回收	是=1 否=0
回收前清洗容易	清洗容易所以願意回收	是=1 否=0
體積大，佔去生活空間	是否因為佔生活空間所以願意回收	是=1 否=0
實施垃圾費隨袋徵收	(限台北市) 88.7.1 實施的垃圾費隨袋徵收對回收是否有影響？	是=1 否=0

## 五、問卷統計結果

### (一) 問卷所得結果統計列表

一、將問卷所得結果統計列表如下：

表 4-10 台北縣、市選擇各種飲料容器之人數及其佔各區域中全部受訪者百分比。

區域	台北市		台北縣		台北縣、市	
	選擇人數	人數百分比	選擇人數	人數百分比	選擇人數	人數百分比
鋁箔包	40	10.4	64	11.0	104	10.8
保特瓶	190	49.5	342	59.0	532	55.2
玻璃瓶	10	2.6	25	4.3	35	3.6
塑膠瓶	72	18.8	60	10.3	132	13.7
紙盒	17	4.4	27	4.7	44	4.6
鐵鋁罐	55	14.3	62	10.7	117	12.1

表 4-11 台北市民接受電訪者中，選擇各容器的因素統計。

(各因素所得總分/該容器選擇人數\*100)

台北市	回收方便	體積小	獎勵金	再利用	公害	使用量大	清洗容易	佔空間	隨袋微收
鋁箔包	65.0	80.0	25.0	42.5	57.5	70.0	40.0	27.5	62.5
保特瓶	73.7	38.9	24.2	45.8	67.9	56.3	56.8	42.6	51.6
玻璃瓶	50.0	0.0	10.0	50.0	40.0	20.0	50.0	20.0	70.0
塑膠瓶	68.1	16.7	12.5	51.4	70.8	50.0	51.4	31.9	56.9
紙盒	70.6	64.7	29.4	76.5	47.1	41.2	41.2	35.3	88.2
鐵鋁罐	60.0	41.8	18.2	54.5	58.2	47.3	40.0	34.5	69.1

表 4-12 台北縣民接受電訪者中，選擇各容器的因素統計。

(各因素所得總分/該容器選擇人數\*100)

台北縣	回收方便	體積小	獎勵金	再利用	公害	使用量大	清洗容易	佔空間
鋁箔包	40.6	50.0	15.6	26.6	35.9	43.8	25.0	17.2
保特瓶	73.4	47.1	24.3	39.2	62.0	59.4	43.3	48.0
玻璃瓶	80.0	8.0	16.0	80.0	68.0	48.0	64.0	60.0
塑膠瓶	73.3	30.0	11.7	33.3	66.7	63.3	55.0	46.7
紙盒	66.7	55.6	11.1	51.9	59.3	48.1	37.0	40.7
鐵鋁罐	75.8	64.5	11.3	40.3	61.3	71.0	38.7	33.9

表 4-13 台北市、縣民接受電訪者中，選擇各容器的因素統計。

(各因素所得總分/該容器選擇人數\*100)

台北縣/市	回收方便	體積小	獎勵金	再利用	公害	使用量大	清洗容易	佔空間
鋁箔包	58.7	79.8	18.3	30.8	45.2	74.0	25.0	23.1
寶特瓶	73.5	44.2	24.2	41.5	64.1	58.3	48.1	46.1
玻璃瓶	71.4	5.7	14.3	71.4	60.0	40.0	60.0	48.6
塑膠瓶	70.5	22.7	12.1	43.2	68.9	56.1	53.0	38.6
紙盒	68.2	59.1	18.2	61.4	54.5	45.5	38.6	38.6
鐵鋁罐	68.4	53.8	14.5	47.0	59.8	59.8	39.3	34.2

## (二) 統計結果分析

### 1. 最常被回收的容器

在台北縣、市、及兩者合併統計下，最常被回收的均是保特瓶。排名第二的容器台北市是塑膠瓶(18%)；台北縣是鋁箔包11%(塑膠瓶10.3%)；台北縣、市合併仍是塑膠瓶(13.7%)位居第二。

### 2. 推究保特瓶被回收最多的因素：

在台北市的部分選擇保特瓶為其最常回收的容器的市民中有73.7%的人認為和回收方便有關；其次67.9%的市民是為了避免直接焚燒及掩埋所帶來的公害；再來56.8%認為和保特瓶清洗容易有關；而有56.3%的人認為和使用量大有關。所以歸因保特瓶會讓民眾願意回收的主要因素為回收方便，(因為有定期每禮拜兩天的回收車、大廈管理中有回收資源垃圾)。令人有些意外的是台北市實施垃圾隨帶徵收後對保特瓶回收方面的影響並不大(51.6%)，而獎勵金對保特瓶的回收影響更小(24.2%的人認為獎勵金是願意回收保特瓶的因素，而且目前只有保特瓶有提供獎勵金的兌換，並於89年四月降為每支五角)因此可以大膽推論：保特瓶的獎勵金制度使民眾很早就知道保特瓶可以回收，而目前的情況是，就算獎勵金消失對於回收的影響也不大，因為現在的台北市民的回收概念已經內化為對環境保護的使命感及回收的方便性。

在台北縣的部分，選保特瓶為最常回收的民眾中，有73.4%的人認為回收方便為願意回收的原因之一；其次有62%的人認為避免公害為原因之一；第三因素則是使用量大(佔59.4%)；第四個因素是體積大，佔空間(43.6%)。排名第一和第二項因素台北縣、市相同。而且獎勵金在台北縣、市均為排名最後願意回收的因素，所以推論台北縣、市中民眾的回收概念類似，首先考慮的都是回收的方便性、公害的避免。

### 3. 推究台北縣、市民眾願意回收塑膠瓶的因素

在台北市部分，塑膠瓶是排名第二常被回收的飲料容器(佔市民 18.8%)，其中願意回收的原因公害的考量位居榜首(70.8%)，再來是回收方便(68.1)不過這兩個差異不大，第三名則是垃圾隨帶徵收的因素。而在台北縣則是回收方便(73.3)、公害考量(66.7%)、使用量大(63.3)為前三大因素。由此觀察出回收塑膠瓶的原因和保特瓶的考量類似。

#### 4. 推究台北縣、市民眾願意回收鋁箔包的因素：

在台北縣、市鋁箔包的回收因素均以體積小、使用量大、回收方便位居前三大回收因素。現代人生活忙碌，有時買大罐裝的飲料喝不完，保存期限也是一個問題，所以有些人選擇買鋁箔包，又因為鋁箔包可以壓扁好收集所以很多人願意回收，但鋁箔包的回收處理流程比較麻煩，而且沖洗不便是鋁箔包的缺點。

#### 5. 推究台北縣、市民眾願意回收鐵鋁罐的因素：

和前面不太一樣的是，台北市居民選擇最常回收鐵鋁罐的民眾中有 69.1% (最多) 選擇隨袋徵收的因素；其次是回收方便(60%)；再來是公害的考量(58.2)；再來是回收後再利用價值高(54.5)。而台北縣居民則是以回收方便(75.8) 位居第一；其次是使用量大(71.0%)；再來是易壓扁(64.5)。因此在鐵鋁罐的部分民眾考量的因素，台北縣、市間稍有不同。若兩各區域合起來看則依序為回收方便(68.4)、使用量大(59.8)、公害(59.8)、易壓扁(53.8)。

#### 7. 推究台北縣、市民眾願意回收紙盒的因素：

在台北市的部分，最常回收紙盒的民眾中有 88.2% 是未配合垃圾隨袋徵收而回收紙盒；有 76.5% 有考量到紙盒回收再利用價值；而 70.6% 的民眾則是認為回收方便是願意回收紙盒的原因之一。台北縣的部份 66.7% 的民眾有選回收方便(最多人選)；其次是公害的考量(59.3)；再來是易

壓扁 (55.6) 及回收再利用價值 (55.9)。

#### 8. 推究台北縣、市居民願意回收玻璃瓶的因素：

在台北市的部分以玻璃瓶為最常回收的容器中，70%的人認為和垃圾費隨帶徵收有關；其次回收方便、在利用價值、清洗容易均為 50%。而台北縣則是回收方便、在利用價值均為 80% (最高)、選擇玻璃瓶的縣民中 68% 有考量到公害因素。可見在玻璃瓶的回收因素中垃圾費隨帶徵收、回收方便、在利用價值為民眾叫常考量的因素。

### 七、 結論與建議

在這次的電訪統計中我們發現，保特瓶是民眾最常進行回收的資源垃圾、其次為塑膠瓶；而最不常被回收的是紙盒 (可能和使用量有關)。民眾最常考量願意回收的因素為回收方便與否，目前由於有垃圾車每週兩次的資源回收以及有些大廈有專門的回收箱，所以尚稱便利。台北縣、市選擇以保特瓶、鋁箔高、塑膠瓶、鐵鋁罐為最常回收的容器，其中使用量大為第二多因素。鋁箔包和紙盒則以易壓扁而成為民眾願意回收的容器。而公害的考量也是一般民眾常考慮到的因素。

由上面的結論我們大致知道，方便的回收系統、加強環保意識、業者在包材上盡量選擇以民眾常回收的材料 (如保特瓶、塑膠瓶)、政府落實垃圾隨帶徵收，使民眾確實進行回收、使民眾瞭解回收後的再利用情形，均可以促進飲料罐的回收體系更趨完善。另外，我們發現目前施行的獎勵金制度已經無法提高民眾的回收意願了，也許是因為金額太少，或大廈回收方便，或民眾的道德感提高了，可見台北地區民眾在乎的回收因素正因時代不同而改變。但是此種結論是否可適用在台灣其他相對未那麼都市化的地區，仍有很大的疑問，有待進行更進一步的研究。不過，我們倒是可以大膽的說，雖然保特瓶的獎勵金金額多寡不再是一般民眾關心的焦點，但由於政府的大力宣導，卻大大加強了民眾對於保特瓶回收的認知，這確實有收到教育民眾的效果。

## 第五節 執行健康風險評估的基本資料調查蒐集

本研究將重點放在包材進入廢棄物管理系統之後的風險，所以必須先蒐集相關的基本資料，包括在焚化廠、掩埋場一般會產生的污染物，以及場址附近的人口資料、氣候條件等，以下將所需資料的格式分成焚化爐及掩埋場，分別列出。

### 一、焚化廠風險評估初探

根據環保署統計資料，民國 88 年，國內的廢棄物有 21% 以焚化處理，然而垃圾焚化會排放許多有害物質，直接或間接造成空氣、食物鏈和其他環境介質之污染，而可能對現有生態環境與人體健康造成莫大的衝擊。根據歐美針對焚化廠周圍居民之研究調查，發現有具統計意義之癌症病例（尤為胃癌、結腸癌、肝癌及肺癌）和非癌症病例（尤為呼吸道、生殖及免疫系統）增加之趨勢。焚化爐排放的有害物質中含有多種有毒空氣污染物(hazardous air pollutants)，包括有毒重金屬（如砷、鎘、汞、鉛、鉻、鎳、鈹、鋇、銀等）、多環芳香族碳氫化物（PAH）、多氯聯苯（PCB）、以及世紀之毒戴奧辛類化合物等，這些物質之毒性、生物蓄積性對人體健康威脅甚大。因此將針對此方面進行資料蒐集。

表 4-14 焚化廠風險評估基本資料

焚化爐											
污染源產生形式		空氣污染物					廢水	固體廢棄物 (灰渣)			
來源		煙道排放廢氣					灰渣貯坑 廢水 洗煙廢水 鍋爐廢水	底灰 (燃燒完全之殘渣及不完全燃燒之餘量)	飛灰 (鍋爐與集塵灰所收集)		
有害污染物種類		PCB	HCl	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	氟化物	Dioxins	重金屬	較少	Pb	Cd
人類吸入最低致死濃度											
潛在暴露途徑											
污染物濃度											
暴露期間	致癌性										
	非致癌性										
暴露量											
測定率											
劑量											
反應係數	致癌物										
	非致癌物										
個人終生風險	致癌物										
	非致癌物										
暴露人口											
暴露人群之風險											

## 二、掩埋場風險評估初探

依據環保署民國 88 年的資料，廢棄物以衛生掩埋處理的比例佔 73%，而使用焚化處理的 21%，灰份及殘渣也仍須最終處理，因此衛生掩埋法目前在台灣仍是處理處理廢棄物的主要方法。

根據研究顯示，廢棄物在掩埋後，其生化反應可概分為五階段，即 1. 最初適應期、2. 過濾期、3. 酸化期、4. 甲烷發酵期、5. 最終穩定期，在各階段，因不同之生物活動及生化反應，所產生之氣體種類及產氣量亦不相同。此外，如廢棄物之不同及含水率，掩埋場構造及操作條件、掩埋時間及環境條件（溫度、濕度、pH、雨量等）均會影響掩埋場所排放氣體之種類及數量。許多研究顯示，掩埋場氣體之生成除了五種主要成分（即甲烷、二氧化碳、氫、氧、氮）外，尚有其他微量氣體（trace gas），而這些微量氣體由於可能具有較高危害性，可能影響人體健康，因而逐漸受到重視。

一般而言，掩埋場所產生之微量氣體依其組成可分成六類，即 1. 芳香族碳氫化合物、2. 鹵化碳氫化合物、3. 硫化物、4. 飽和及不飽和碳氫化合物、5. 酸性碳氫化合物及有機醇、6. 無機化合物及惰性化合物。這些微量氣體可能來自原已存在廢棄物中之有機物質經物理作用而釋放出，或廢棄物經生物或化學作用而產生。

又根據其他文獻可知，掩埋場廢水中之有毒物質可能包含以下兩類：1. 揮發性有機物（volatile organic compounds, VOCs）2. 重金屬。有研究指出，不正確的固體廢棄物掩埋方式與封閉處理會污染附近土壤與水源，進而使居住之民眾產生肝功能不正常之情形，癌症與其他疾病。揮發性有機物質之成分、濃度會隨不同掩埋場型態而有所不同，而重金屬中，鉛、鎘、鐵、汞則不因上述原因之差別，而普遍存在於各型掩埋場之土壤與滲出水中。而鉻與鎳等重金屬則會隨不同掩埋場而有所不同。

表 4-15 掩埋場風險評估基本資料

		掩埋場										
污染源產生形式		空氣污染物					水污染					
來源		掩埋場排放					滲出水					
有害污染物種類		苯	氯乙烯	二氯甲烷	三氯乙烯	四氯乙烯	重金屬					揮發性有機物
							鉛	鎘	汞	鉻	鎳	
人類吸入	最低致死濃度											
潛在暴露途徑												
污染物濃度												
暴露期間	致癌性											
	非致癌性											
暴露量												
測定率												
劑量												
反應係數	致癌物											
	非致癌物											
個人終生風險	致癌物											
	非致癌物											
暴露人口												
暴露人群之風險												

### 三、資源再生廠風險評估初探

這部分的資料蒐集可依照材質不同而分類，每種材質的資源再生廠所耗

用的資源、產生的污染也各各不同，資料將在整理後列於下年度的報告當中。

## 第六節 執行生命週期評估的基本資料調查蒐集

根據前述章節的分析，果汁工業在生產流程產生之廢棄物以有機物為主，經妥善處理後對環境產生之危害不大。較可能出現污染危害之廢棄物以廢棄包裝材料為主，因此本研究在評估果汁工業廢棄物之環境衝擊時，所需之輸入及輸出資料除生產流程所投入之原料及產出之產物、副產物外，將以果汁使用後之廢棄包裝材料為研究標的。

由文獻分析可知，輸出及輸入資料取決於系統邊界內之相關物質流、能量流、回收模式、處理單元等因素。因此要決定收集那些資料，需先界定研究系統之目標與邊界，並考慮那幾類環境負荷適合作為環境衝擊的評估指標。

在廢包材原料方面，國內常用者以紙盒、鋁鐵罐、無菌包、寶特瓶、塑膠、玻璃瓶等為主，而果汁包材則以鋁鐵罐、無菌包最多。

在能源方面，將視廢棄物所採用之處理方式及使用能源而定，台灣地區廢棄物處理目前多以掩埋處理為主，焚化處理佔少數，但有增加之趨勢。因此輸入資料，可考慮收集回收、掩埋、焚化三處理選項之相關物料操作能源、運輸耗能資料。

輸出資料以三處理選項所產生之空氣污染、水污染、廢棄物等排放，及熱回收副產物為主，詳細之輸入及輸出資料如表 4-16 所示。

表 4-16 果汁工業之包材廢棄物生命週期評估所需之輸入及輸出資料

資料種類	項目	單位	處理方法		
			回收	掩埋	焚化
輸入資料	原物料 (紙, 無菌包、 鋁、鐵等材料)	Kg 包材/T 果 汁產生量	回收量 (廢包材產生量)	掩埋量	焚化量
	其他原物料 (水、氧氣等)	Kg 物料/T 果 汁產生量			
	投入能源 (煤、燃油、天然 氣, 電力等)	L 油品/T Kwh/T	廢棄物資源回收 再生場操作耗能	廢棄物掩埋場操 作耗能	廢棄物焚化場 操作耗能
	運輸耗能 (運輸公里、汽 油、柴油等)	Km/ T l/T	回收物收集運輸 耗能	廢棄物送至掩埋 場運輸耗能	廢棄物送至焚 化場運輸耗能
輸出資料	排至空氣中之污 染物 (落塵、SO <sub>2</sub> 、 VOC、NO <sub>x</sub> 、N <sub>2</sub> O、 CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、H <sub>2</sub> S 等)	ppm M <sup>3</sup> /D	回收場之排放氣 體污染及量	掩埋場之排放氣 體污染及量	焚化場之排放 氣體污染及量
	排至水體中之污 染物 (TSS、TDS、BOD、 COD、Cl <sup>-</sup> 、F <sup>-</sup> 等)	mg/l M <sup>3</sup> /D	回收場之排放水 污染及量	掩埋場之排放水 污染及量	焚化場之排放 水污染及量
	固體廢棄物	T M <sup>3</sup>	處理剩餘物	掩埋廢棄量	焚化灰渣
	副產品	T M <sup>3</sup>		CH <sub>4</sub>	熱能回收

## 第七節 健康風險評估與生命週期評估的架構初步比較

### 一、生命週期評估與風險評估的關係

在進行生命週期評估的四個步驟中，以「衝擊評估」的實施內容與健康風險評估的關連性最高；依照 SETAC 對衝擊所作的定義，所謂的衝擊其實

是指「對衝擊結果的合理預期」，也就是將盤查階段之負荷和污染排放的資料分配到不同的衝擊類別中，然後透過一連串特徵化的方法，企圖去量化出此一負荷或污染排放對潛在衝擊的貢獻大小。

## 二、生命週期衝擊評估方法

依照美國環境毒理及化學協會（Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC）對衝擊評估所作的定義，所謂的衝擊評估其實是指「對衝擊結果的合理預期」，也就是說，依照衝擊評估架構處理盤查資料的方式，重點並不是描述一項產品在其生命週期中實際發生的環境衝擊為何，而是在於依照擬定之方法架構下所預期之環境衝擊是否合理。SETAC 所擬定之衝擊評估架構分為分類、特徵化、評價三個步驟：

### （一） 分類（Classification）

進行分類的首要工作就在確定個案研究中所要關心的是那些類別的環境衝擊，在關心的環境衝擊類別確定之後，就將在盤查清單中，會造成那些衝擊之環境負荷或污染排放因子歸類到該環境衝擊類別之下。不同的因子可能引發相同的環境衝擊，而一個因子也可能引發數類的環境衝擊。至於分類的方式，SETAC 建議可分為以下四類：

- 生態健康：如生態系之結構、功能、歧異度等；
- 人類健康：如急性後果（如意外、曝露和火災）、慢性後果（如疾病）；
- 資源耗竭：如可更新資源（流量）、不可更新資源（存量）；
- 社會福利：如環境品質、自然資源生產力的降低等。

也有其他的學者提到不同的分類方式，一般性的環境問題可分為三種型態：

- 耗竭性問題：為有關係統輸入面的環境問題，如非生物性資源、生物性資源。
- 污染性問題：為有關係統輸出面的環境問題，如臭氧層破壞、全球

暖化、酸雨、光化煙霧、優養化、噪音、對人類毒性、對生態毒性等等。

- 擾動性問題：為與系統輸入及輸出面無關的問題，如沙漠化、廢棄物掩埋等等。

## (二) 特徵化 (Characterization)

特徵化的主要意義，就是選擇一種衡量衝擊的方式，透過特定評估工具之應用，將不同的負荷或排放因子在各型態環境問題中之潛在衝擊加以分析，並量化成相同的型態或是同單位的大小。例如可以各種溫室效應氣體之效應量，全部以 CO<sub>2</sub> 之當量來表示，或是將不同之致癌化學物之致癌性用相對之致癌風險來表示等等。特徵化的方法可以應用在單一的衝擊類別之內，而無法用在不同的衝擊類別之間。

## (三) 評價 (Valuation)

不同的環境衝擊類別之間彼此並沒有特定的連結，也沒有市場價格來作為比較的基礎，在特徵化的步驟後，得到的是單項環境問題類別的衝擊加總值，評價則是將這些不同的各類別環境衝擊問題給予相對的權重，以得到整合的衝擊指標，使決策者在決策的過程中，能夠一次完整的捕捉及考量所有面向的環境衝擊，不會因資訊的偏頗、差異或缺乏比較而被蒙蔽。目前比較流行的評價方式，如願付價格法、分析層級程序法、衝擊分析矩陣法等，上述的方法都牽涉到人為主觀價值的判斷，在不違背理性和邏輯思考的原則下，賦予一相對價值的權重。由於評價牽涉到主觀價值判斷，因此整合型的環境指標性數值在應用上會有其爭議性。

在上述的架構之下，衝擊評估有兩個原則必須強調：

### (一) 因果關係對衝擊評估而言並非必要

如前所述，既然衝擊只是對結果的合理預期，實際的因果關係就不必要，圖 4-8 (丁執宇，1997) 之二氧化硫的排放即為一例。

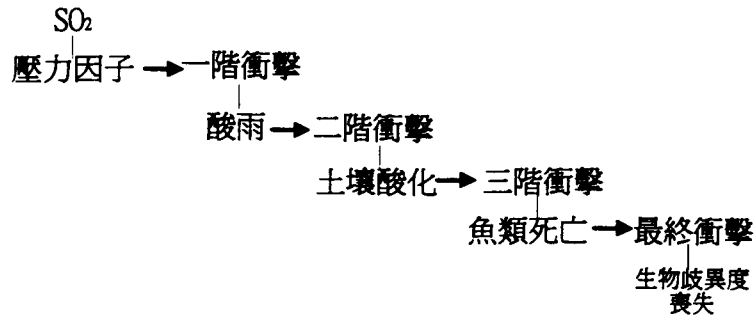


圖 4-8 二氧化硫和實際衝擊之間的連結

在圖 4-8 中，排放的二氧化硫最後到底造成多少生物歧異度的喪失，要證明像這樣的因果關係通常是困難的。因此，SETAC 希望能藉由排放量、排放潛值、預期的環境濃度和可能的曝露量等方式，將清單資料和環境衝擊連結起來。

## (二) 非恕限值（閾值）的假設

環境系統本身有其同化物質的自淨能力，此即為環境的容受力。有些物質的排放要在環境中累積到一定的量之後，才會對環境產生影響，此一累積量即為環境容受的恕限值（閾值）。在上述的衝擊評估架構下，要找出某一產品之當量負荷或排放量的恕限值是是不可能的，因為既然衝擊評估只是對衝擊結果的合理預期，衝擊評估就不足以預測某一產品或製程最終的環境衝擊損失，因此，衝擊評估的另一個假設是，只要有壓力因子的存在，就會有環境衝擊。

## 環境衝擊量化之層級

環境衝擊之量化即為上述衝擊評估架構中特徵化之工作，一般衝擊評估隨選擇衡量衝擊的方式可分為五個層級，隨著層級的提高，對評估衝擊所需資訊的質跟量及特定性的要求也愈高。

### (一) 負荷評估 (Loading assessment)

在此層次中，盤查分析的相關資料只是簡單的羅列出來，也可能根據它們的潛在衝擊加以分類。量化的方式乃視各衝擊因子所造成的衝擊皆為一樣重要，依據衝擊之有無、相對大小、或是“少就是好 (Less is Best)”等方式來表現。此一層次的方法並不考慮各衝擊因子間的替代效應 (trade-off effect)，也無法完全反應各衝擊因子之濃度或排放量的差異性。圖 4-9 (楊致行，1996) 即為類似的例子

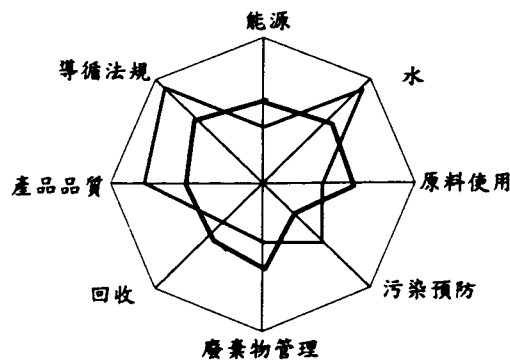


圖 4-9 負荷評估之表現型態之一

#### 應用方法

##### 1. 檢核表法 (checklist approach)

檢核表基本上為一分類矩陣，將清單項目 (如 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>，原油使用，固體廢棄物等) 與特定的衝擊 (如大氣環境的溫室效應、可見度等) 加以關聯。檢核表法僅比較清單項目的數據，而未評估潛在的衝擊。

##### 2. 相對大小法 (relative magnitude method)

在特定的衝擊類別下，根據生產系統投入及產出的水準 (數量或體積)，表示不同清單項目與環境衝擊加以關聯。

### (二) 當量評估 (Equivalency assessment)

在此層次中，盤查分析的資料是依據某一當量因子作為轉換的基礎來加總，有下列幾種方法：

##### 1. 環境標準關係法 (environmental standards relation, ESR)

此法唯一加權體系，其進行步驟如下：

- (1) 確認環境保護主管機關所訂定的環境品質標準。
- (2) 轉化各介質每種化學物質的環境品質標準的濃度為 mg/mole。
- (3) 指認所有介質中轉化濃度（單位為 mg/mole）的最大值，再以此值除以其他值，即可導出個別化學物質的權重因數。

ESR 體系利用環境品質標準推算個別化學物質的權重因數代表社會、政治、管制及科學的意見與價值，但並非每種化學物質均已訂立不同環境介質的品質標準。

## 2. 衝擊潛勢法 (impact potential)

針對某些衝擊類別，採用某種計算法估計清單項目的衝擊潛勢。這些衝擊潛勢計算法將清單分析所獲不同型式的數據轉化為共同的單位（即評估基準一致化），使可在某一衝擊類別下進行比較或總和。衝擊潛勢法目前僅應用於少數衝擊類別。潛勢函數多根據一些假設，而使其科學可靠性令人質疑。

## 3. 環境優先策略法 (environmental priority strategy, EPS)

此系統根據各種物質有關環境衝擊的價值判斷，提供製造系統全面環境衝擊的半量化計算法。EPS 系統採用環境指數 (indices) 將清單項目轉化為環境衝擊的量度。指數計算係將待評估的每種物料耗用或污染物排放，針對衝擊的範圍、分佈、頻率及強度、持久性、貢獻杜、改善難易度等六項因子予以配分，再彼此相成產生單一得分。這個單一得分即以「環境負荷單位」(environmental load unit, ELU) 為量度單位。環境指數(ELU)與物料消耗量或污染物排放量相乘即得「環境負荷值」(environmental load value, ELV)。EPS 系統主要假設為 ELV 與清單項目數值之間存在一種線性關係。事實上，其間的關係可能較為複雜。又 EPS 系統用於計算 ELV 的環境指數 ELU 依賴價值判斷。

#### 4. 臨界體積法 (Critical Volume Method)

所謂的臨界體積法，是指將盤查清單中之各因子，稀釋到符合相對之法規標準（或恕限值）時，所需的排放介質體積（如水、空氣、土壤等），並可將同一介質之臨界體積加總起來，得到每單位產出之臨界體積值，表 4-17 為臨界體積法之一例。其定義為：

$$\text{臨界體積} = \frac{\text{污染物排放量 (g)}}{\text{法規標準 (排放恕限值) (g/Vol)}}$$

表 4-17 臨界體積法計算例

排放物	單位產出排放量	法規標準	臨界體積 (水)
BOD	50 g	20 mg/L	2500 L
COD	60 g	30 mg/L	2000 L
SS	40 g	20 mg/L	2000 L
臨界體積總和			6500 L

此一方法之優點包括：

- 已經應用於一些實際的案例中，且有國際的知名度。
- 對於訂有區域排放標準的污染物，數值計算簡單明瞭。
- 可分別表示在不同介質中之數值。

其缺點則包括：

- 無法考慮一些非化學性的衝擊因子，例如光線輻射、噪音等。
- 法定值的訂立常基於政治及經濟上的考慮，缺乏科學依據。
- 並非所有污染物都訂有法定值。
- 並未考慮污染物的沈積及擴散等現象。
- 臨界體積值會隨法規值改變或科學知識更新而需經常修正。

#### 5. 生態乏值法 (Ecological Scarcity Method)

生態乏值法又可稱之為生態評點模式 (Ecopoint Models)。

所謂生態評點的定義是：

$$\text{ecopoints} = 1/F_c \times F/F_c \times C$$

其中：

$F_c$ ：臨界流量 (critical flow)，指不會引起生態系統負面效應的最大流量。

$F$ ：現有環境負荷流量 (actual flow)

$F/F_c$ ：生態乏值 (Ecological Scarcity)，如果現有環境負荷流量大於臨界流量 ( $F > F_c$ )，表示生態系統和資源被過度利用。

$C$ ：無因次指數 (dimensionless factor)， $10^{12}$ ，避免有過大的負指數值出現。

依此模式所得的結果，可得到能量、空氣和水等三類乏值，由於單位一致，此三類之生態乏值可以加總起來，而得到單一的乏值。

應用此一模式的好處有：

- 對於空氣、水、土壤的污染排放、資源的耗損，以及一些非化學性之壓力因子，都能夠用單一的指標值來表示。
- 此一生態指標方程式能夠以非線性關係來量測生態乏值，例如可以對於超過臨界值的流量賦予一更重的權數，以突顯其嚴重性。
- 無論是區域性、國家性或是國際性的空間尺度都適用。

應用此一模式的缺點則有：

- 生態指數不容易決定，要得到不同團體的認同也有困難。
- 生態指數必須隨著科學新知的認定而修正。
- 雖然原則上可行，但實際上並未考慮污染排放的擴散和降解。
- 加總的結果降低了透明度，而且會予人主觀認定過強的印象。
- 衛生和職業安全並未在現行系統的考量之內。

### (三) 毒性、持續性及生物累積性評估 (Toxicity, Persistence, and Bioaccumulation Assessment)

在此層次中，盤查分析的資料則考慮特有的化學屬性，危害排序法 (Hazard Ranking) 即屬於此一層次的評估方法。危害排序法是根據產品在生命週期中所排放出的污染物，考量其致癌性、生物之累積性、生物降解迅速或不迅速、或是根據生物之急性毒性 (LC<sub>50</sub>)、慢性毒性 (NOEL) 等試驗數據，進行定性的評估，以其危害性低、中、高的方式加以排序。此方法對尚未建立毒性資料之排放物並不適用，目前此方法主要是用在人體健康之衝擊評估。

### (四) 一般曝露/ 效應評估 (Generic Exposure/Effects Assessment)

在此層次中，排放物的加總是針對某些特殊物質的排放所導致的曝露和效應作一般性 (而非特定) 的分析，有些時候會加入背景濃度的考量，屬於此一層次的評估方法，有 Mackay unit world 模式、典型環境模擬 (canonical environmental modeling)，以及荷蘭 Leiden 大學環境科學中心 (CML, Center for Environmental Science) 所發展之效應導向法 (Effect-oriented Method)。

#### 1. Mackay unit world 模式

此模式協助闡釋毒性物質在自然環境中遷移及轉化的機制。此法最早針對新發展或使用過的化合物在其上市及排放置環境中可能產生的環境行為及其效應而發展的評估方法。Unit world 模式的基本觀念為逸度 (fugacity)，其在 unit world 法中用於計算物質的分配 (partitioning)。假想的 unit world 水平面積為 1km<sup>2</sup>，大氣高度 10km，30% 的面積為厚度 3cm 土壤覆蓋，70% 的面積為平均深度 10m 的水覆蓋，內有沈積物厚度 3cm。unit

world 含有水、空氣、土壤、沈積物 (5ppm)，水生物(0.5ppm)。unit world 在數學上係以一組熱力學方程式表示，描述一種化學物質投入 unit world 後在不同組成部分的分配及轉化，因此，此法可用於決定及比較不同物質對環境個別組成部分的衝擊。

unit world 法僅著重於化學物質的歸宿，而未涉及人體健康效應，又其結果無法以實驗觀察驗證，故目前尚無實用案例。

## 2. 典型環境模擬 (canonical environmental modeling)

典型環境模擬與 unit world 法相似，但較為複雜及逼真。典型法採用模擬參考環境，或稱「典型環境」，如一般的河川、湖泊或其他生態系統，其常代表一般區域內某一類的生態系統。典型的環境模擬需要廣泛的環境參數（如河川流量、介質中有機物含量）。美國環保署在其 Exposure Analysis Modeling System (EXAMS) 中採用典型環境觀念評估農藥在一般河川、湖泊及河口的環境歸宿。

典型環境模擬法一如 unit world 法並未量化環境衝擊本身。又針對一地區的多個污染源累積排放，典型法如法處理亦不明確。

## 3. 效應導向法 (Effect-oriented Method)

效應導向法是以問題導向的方式，將清單項目中的各因子，依其可能有之環境衝擊給予一單位排放量的衝擊指數，在表 4-18 中列出不同時間尺度下、各氣體相對於 CO<sub>2</sub> 之 GWP 值，以 100 年為例，一公斤 N<sub>2</sub>O 氣體之排放量其潛值相當於 270 公斤之 CO<sub>2</sub> 排放量。

表 4-18 各溫室效應氣體不同時間尺度下之 GWP 值

Trace gas	20 年 GWP 值	50 年 GWP 值	100 年 GWP 值	200 年 GWP 值	500 年 GWP 值
CO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1
CH <sub>4</sub>	35	19	11	7	4
N <sub>2</sub> O	260	270	270	240	170
CFC-11	4500	4100	3400	2400	1400
CFC-12	7100	7400	7100	6200	4100
HCFC-22	4200	2600	1600	970	540
CFC-113	4600	4700	4500	3900	2500
CFC-114	6100	6700	7000	7000	5800
CFC-115	5500	6200	7000	7800	8500
HCFC-123	330	150	90	55	30
HCFC-124	1500	760	440	270	150
HFC-125	5200	4500	3400	2200	1200
HFC-134a	3100	1900	1200	730	400
HCFC-141b	1800	980	580	350	200
HCFC-142b	4000	2800	1800	1100	620
HFC-143a	4700	4500	3800	2800	1600
HFC-152a	530	250	150	89	49
CCl <sub>4</sub>	1800	1600	1300	860	480
CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	360	170	100	62	34
CF <sub>3</sub> Br	5600	5500	4900	3800	2300

除了衡量全球暖化之溫室效應潛值之外，其它尚有衡量臭氧層破壞之臭氧層破壞潛值 (Ozone Depletion Potential, ODP)、衡量光化煙霧之光化臭氧形成潛值 (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP)、衡量酸雨之酸沈降潛值 (Acidification Potential, AP) 等，皆為被廣泛接受之特徵化指標值。此外，在不同提供環境衝擊之 LCA 電腦軟體中，也有發展

其特有之特徵化指標。表 4-19 為 Ecopro 軟體中使用之效應指標、衝擊因子及參考因子。由於應用此法可對每一類之環境衝擊議題發展出一個特徵化的指標，因此頗受到 LCA 模式者使用的喜愛。

表 4-19 ECOPRO 各類別衝擊使用之效應指標、衝擊因子及參考因子

衝擊類別	效應指標代號	衝擊因子	參考因子
全球暖化	GWP <sub>100</sub> : Global Warming Potential	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CHX, CF <sub>3</sub> Br	CO <sub>2</sub>
臭氧層破壞	ODP: Ozone Depletion Potential	CHX, CF <sub>3</sub> Br	CFC-11
光化學氧化形成物	POCP: Photochemical Ozone Creation Potential	ACH, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , CHX, CF <sub>3</sub> Br, CH <sub>4</sub> , NMVOC, PAH	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
酸沈降	AP: Acidification Potential	HCl, HF, NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	H <sup>+</sup>
優養化	NP: Eutrophication Potential	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , NO <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , COD, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , TN	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
對生態毒性	ECA: Ecotoxicity	ACH, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, metal, Ni, Zn, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
對人類毒性	HC: Humantoxicity	ACH, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , CO, Pb, Mn, Hg, metal, Ni, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , Zn, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , As, Ba, Cd, Cr, Cu, CN, Fe, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
非生物性資源耗損	E-15 AD: Abiotic Energy Depletion		

- 註：1. CHX：Halogenated hydrocarbons (碳氫鹵化物)  
 2. ACH：Aromatic hydrocarbons (芳香烴類)  
 3. NMVOCs：Non-methane VOCs (非甲烷類揮發性有機物)

應用此一模式的優點有：

- 對每一類環境衝擊議題皆可得到一般性的效應值，簡單明瞭。
- 對於非專業背景的環境管理決策者而言，此一模式所得的結果更容易讓其了解其產品或活動的環境衝擊面向為何。

應用此一模式的缺點則有：

- 並非所有類別之環境衝擊皆可得到一般性的曝露效應值。

- 利用科學知識所判定之效應指標值，會有準確性之疑慮。
- 隨科學知識的累積和進步，模式中之效應值必須不斷的修正。

#### (五) 特定位址曝露/ 效應評估 (Site-Specific Exposure/Effects)

在此層次中，排放物的加總是針對某些特殊物質的排放所導致的曝露和效應作特定位置的分析，而必須考慮到特定位置的背景濃度。

##### 1. 生態風險評估

此法為評估暴露於環境壓力因子(stressors)下可能發生不利生態效應的程序。概念評估架構包括問題界定、暴露及效應分析、風險評估。生態風險評估模式目前正在發展階段。進行全面性生態風險評估需要投入大量的資源，而未必符合比較性 LCA 的需求。

##### 2. 人類健康風險評估

特定廠址評估/效應評估可採用傳統的風險評估方法，其組成部分包括危害確認、劑量效應評估、暴露評估及風險評估。執行一項全面性的人類健康風險評估，技術及資源需求均大，應用於產品的 LCA 有其侷限性。

由上述可知，衝擊評估的層級若越高，所需的評估資料與背景值則越精細，與健康風險評估的關係則越密切。而一般有關產品生命的週期評估所考量的環境議題均為全球性的大尺度環境議題為主，例如：臭氧層破壞、全球暖化、酸雨、優養化，與廣義定義中的環境風險評估當中的生態風險評估顯然在考量尺度上較接近。

而衝擊評估作業的主要問題在於可用數據的欠缺。目前隨著評估層次的啼聲，通常數據需求增加，而可用的數據減少。現有的環境數據僅能支持某些層次二至層次三的評估模式。層次四及層次五則需要高品質、特定製程、

為總和及為平均的清單數據。現有的清單分析數據尚不足以支持大部分層次四及層次五的衝擊評估。

現有的衝擊模式的應用因 LCA 環境屬性大都針對化學性環境壓力，又由於可用數據不足，有的模式則涉及價值判斷，可能增加評估結果的不確定性。在資源耗竭的衝擊評估方面，目前一般應用的是資源消耗比分析法，將能源、物料消耗的大小與其供應量或儲存量比較，以評估自然資源的衝擊。

在產品生命週期衝擊評估架構中，分類評估的衝擊評估模式用於說明特定清單項目對衝擊的貢獻。然而，每個生命週期的執行案例，都有其不同的應用目的與評估範疇，在人力、物力上的資源也是有限，可選擇適當的衝擊評估模式，以求得資源的有效利用。

### 三、 生命週期評估與風險評估的限制

#### (一) 生命週期評估的限制

衝擊評估在經過特徵化的步驟之後，會得到代表各面向之環境衝擊的數值化指標，數值的大小代表了系統所選擇的衝擊類別的負荷狀況，以提供此系統在地球資源、生態健康及人類健康等環境議題一個簡潔有力的答案，但問題是這項指標可能有下列的三種狀況：

1. 它所量化的各類衝擊結果有可能是經由錯誤生命週期盤查統計和計算而來。
2. 同一個系統可能只是因為定義罕見夠的衝擊種及種類不同，就會產生不同的結果。
3. 同一類衝擊種類可能只是因為使用不同的模式運算，就會得到不同的特徵化指標。

根據美國環保署的認定，衝擊應是下列各項參數的函數：位置、介質、時間、排放率、暴露途徑、環境介質的傳布、環境的持續性、移動性、生物可及性、累積性、毒性、排放濃度、特定生態系統或有機體的同化能力、效應的恕限值等等。

由上可知，衝擊產生的機制是異常複雜的，但依據 SETAC 所討論的衝擊評估架構，是以科學性的認知，來判斷盤查分析中的資料有無造成衝擊的壓力因子，只要有壓力因子的存在，就認定是有衝擊，然後再依資料品質的程度來選定衝擊評估的終點，最後以特徵化的方式，將壓力因子轉化為數值化的指標，用來代表系統的實際環境負荷或衝擊。所以特徵化的數值指標並不是經由判定的衝擊中點而來的，因此在過渡簡化衝擊參數的情況下，衝擊評估和選定的衝擊評估終點的連結性仍然具有爭議。

衝擊評估還有另一個準確性的問題。環境的運作過程和機制是非常複雜的，但是衝擊評估的基本假設卻不符合一些狀況的基本特性，表 4-20（丁執宇，1997；Owens, 1996）為各類衝擊的基本特性。

表 4-20 各類衝擊的基本特性

衝擊種類	空間性 (Spatial)	時間性 (Temporal)	劑量反應 (Dose Response)	恕限值 (Threshold)	準確性 (Accuracy Relevance)
全球暖化	全球性	100/10 年	線性(?)	無(?)	很好
臭氧層破壞	全球性	100/10 年	線性	無	很好
酸沈降	流域/區域性	數年	非線性	有	好
優氧化	區域/地方性	數年	線性	有	好-差
光化煙霧	區域/地方性	小時/天	完全非線性	無(?)	差
生態毒性	地方性	小時-年	非線性	有	差
棲地喪失	區域(?) / 地方性	10/數年	非線性	有	非常差
生物歧異度	區域(?) / 地方性	年	非線性	有	非常差

(?) 表答案有不確定性

而衝擊評估的兩個基本假設是：

1. 它所假設的衝擊效應完全視依據線性的狀況推倒而來的。但由表可知，事實上有些環境衝擊的發生是非線性的。
2. 生命週期衝擊評估的另一個假設是，所有衝擊的發生是不必有恕限值存在的，系統輸出端所有的排放物軍備認為會保至衝擊。然而，許多衝擊的發生與否還是會取決於恕限值的。而且，有許多系統的排放物並不會導致任何的後果或是環境的負面影響。
3. 由於過渡簡化衝擊發生的參數，引入的壓力因子與判定的衝擊終點之間

的連結性過於薄弱，使得衝擊評估技術用來評估衝擊的可及性令人質疑。

- 進行「環境管理」的最終目的是「永續發展」，其意義包含有時間及空間的因子，但生命週期評估因缺乏時間與空間上的考量，無法完全做到。

- 風險評估因為考量時空差異，可以在「潛勢因子」方面得到較具有意義的結果，傳統的生命週期評估通常以「特徵因子」來整合盤查結果，在「特徵化」轉換的過程中，容易忽略了盤查資料的位址差異和其他相關變數，是造成生命週期評估最後的結果產生誤差的原因之一。

- 在生命週期評估的應用中，因為牽涉諸多的選擇和條件假設的限制，所以結果會帶有若干主觀的成份。

- 衝擊評估可能會因盤查分析使用的模型或本身假設的限制，而無法評估所有的環境衝擊類別，或是其結果並不完整。

- 生命週期評估的焦點是放在全球和區域性的議題，可能不適合應用於地方性的議題。

- 它是一個整合性的資料庫，包含所有參數的量化資料。

- 盤查分析或環境衝擊評估之模式會受其假設所限制，並非所有的潛在衝擊或應用都有模式可用。

- 針對全球性或區域性議題之生命週期評估結果，不見得適合於地區性應用。亦即，全球性或區域性情況未必足以代表地區性情況。

- 生命週期評估的正確性，可能被相關數據之可取得性或存在性、或數據之品質所限制，例如：差異、數據型式、歸納性、平均值、場址個別性。

- 盤查數據使用於衝擊評估時，會由於缺乏空間性與時間性數據，而導致衝擊結果之不確定性。此不確定性會隨著每個衝擊類別之空間與時間特徵而異。

## (二) 風險評估的限制

風險評估的不確定性大致可能有下列幾個方面：

- 情境不確定性(描述性錯誤、組合錯誤、專業判斷錯誤)

- 參數不確定性(測量錯誤、採樣錯誤、變異性及一般性或替代性資料)
- 程式不確定性(關係性錯誤、模式錯誤)

#### 四、生命週期評估與風險評估的初步比較

● 藉由風險評估，可以得到過程透明化的衝擊評估；而生命週期評估由於牽涉跨介質與客觀整合量化等議題，處理方式與分析方法一般皆較為複雜，在衝擊評估階段大多以電腦分析軟體為輔助工具，然而不同的生命週期評估軟體，其背後的盤查資料與衝擊評估模式也不相同，評估結果也會不同。

● 藉由風險評估可以判斷哪些有害因子危害性較大，需要再研究；而生命週期評估通常只基於「質量」來設計功能單位，較偏重於「量」的陳述。

- 風險評估可以在不確定性和簡化假設上，得到清楚的訊息。
- 風險評估與其他用來評估資源或環境的工具，具有相容性。
- 若風險評估納入生命週期評估當中，可以在不更動整體架構下，涵括更詳細的時間及空間資訊。

表 4-21 生命週期評估與風險評估的初步比較表

	風險評估	生命週期評估
考量層面	有害污染物質的危害	1. 有害污染物質的危害 2. 資源耗竭問題
適用範圍	1. 環境問題排序 2. 勞工職業安全 3. 環保法令訂定 4. 公共衛生問題 5. 環境影響評估	1. 內部使用 ● 環境策略發展 ● 產品及製程之設計、改善及最適化 ● 環境稽查及廢棄物減量 2. 外部使用— ● 行銷或支持特定的環境聲明 ● 訂定環保標章之標準 ● 大眾教育與宣導 ● 公共政策之擬定
評估導向	有害污染物質	環境議題
評估對象	人體健康風險：人體 環境生態風險：生態環境 生活品質風險：生活品質	資源使用、人體健康、生態影響
主要考量的環境議題	人體健康風險	生態健康、資源耗損
次要評估項目	環境生態風險和生活品質風險	涵括社會福利、人類健康
評估過程	透明化	因使用軟體而不同
時間因子考量	有	沒有
空間因子考量	有	沒有
評估的議題尺度	較小（為地區性）	較大（為全球性）
技術成熟度	較成熟	盤查分析技術較成熟，衝擊評估尚在發展中

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

1. **綠色食品的重點：**本計畫是經由生活環保的考量出發，選擇「食、衣、住、行」生活必須四件事當中的「食」，為研究的方向，最後選定「果汁」來作為探討的對象。以對環境衝擊、對人體健康影響的角度來看，果汁的原料、製程及使用階段，並沒有顯著的衝擊，重點反而落在做為容器的包材材質上，不同的材質，棄置之後，如何在廢棄物管理系統中被處理？又因為不同的處理方法而導致了哪些環境衝擊？反倒成為最後要考量的重點。因此，我們認為，一般包裝食品的環保程度，與包材的選用有密不可分的關係，但是對某些食品而言，則不見得如此。如豬肉食品，根據研究，一頭豬產生的污染量（BOD）是人的四到七倍，造成了南部河川的污染，當中以高屏溪流為甚，使得自來水公司必須加入更多的氯來消毒，形成更多可能致癌的三氯甲烷，危害到民眾的健康。
2. **包材的生命週期評估：**本計畫的研究重點，經過現況調查及評估後，以果汁包材進入之廢棄物管理系統為研究範圍，雖然以廢棄包材為主，但並未將包材的原料開採、製造階段納入，因此評估範圍只有「廢棄包材處理系統」，不能算是「果汁包材生命週期評估」，更稱不上是「果汁食品生命週期評估」。
3. **資料的蒐集：**本計畫為第一年度的計畫，主要在篩選出果汁對環境衝擊當中，最大的顯著性考量面。並且為將來要對果汁包材進行評估的工具——風險評估與生命週期評估，蒐集相關的資料，選用適當的模式。但是這兩個評估工具所需要的資料均非常龐大且複雜，國內目前環境資料庫仍在建構當中，而且資料蒐集及公文往返極為費時費力，目前只蒐集到一般性的資料，而在第二年度計畫進行時，一方面將繼續資料的蒐集工作，另一方面則將數據經過適當的整理後，建立可供分析應用的本土化資料庫，因此本年度報告當中，未將現有已蒐集到的資料納入。
4. **廢棄物回收因子調查結果：**本次電話訪問調查結果，發現大台北地區的民眾

最常進行回收的廢容器材質是保特瓶和塑膠瓶，表示民眾對此二種材質的回收有較多的認知，因此回收的效果較好。但這是否就表示採用保特瓶和塑膠瓶比較容易回收，所以是相對較環保的，答案並不盡然。因為在使用多的情況下，固然有部分被回收，然而有更多數量流入到廢棄物管理系統中，在經過焚化、掩埋後，其產生的危害也較大，因此，要避免陷入「容易回收，就是環保」的迷思與弔詭中。另一個要注意的是，本次研究調查的對象是大台北地區的民眾，因為生活水準與居民普遍素質上的差異，他們的認知，不一定能代表全台灣地區的民眾，若要瞭解其他地區民眾的認知，則有待更進一步的研究。

5. **生命週期評估的實施：**要實施生命週期評估，需要有龐大的資料庫作為運算的基礎，而評估的模式目前市面上有好幾套軟體，如：Boustead Model、SimaPro、GaBi 等，本研究預計在第二年計畫當中，選擇適當的軟體，來加以評估應用。而 ISO 也在 2000 年 3 月公布了 ISO14042、ISO14043 兩項標準，使得有關於生命週期評估運用的方法和原則更形明確，本計畫所預計施行的生命週期評估，將依照此原則實施。
6. **風險評估的實施：**在廢棄物管理系統當中，除了回收以外，主要就是焚化與掩埋。本研究原本想試著找出各材質在焚化及掩埋處理中，會產生何種環境衝擊，藉此來考量各材質的綠色度，然而，經過進一步研究才發現，在目前要連結某一特定污染物與單一材質有其困難。因為在目前的廢棄物焚化和掩埋系統當中，是同時將許多不同成分的廢棄物一起處理，無法確實判定污染物的來源為何，況且在不同溫度、濕度的條件下，各化學物質之間的交互作用會產生何種污染物，仍無法明確釐清，因此在這方面仍須藉重基礎研究的結果。
7. **評估工具的比較：**本研究的評估工具採用了生命週期評估與風險評估，評估的終點是人體健康。經過兩個評估工具在架構與功能上的比較，發現生命週期評估所考量的環境議題是屬於大尺度的，偏向於全球環境議題，當中雖然也有考量到人體健康的層面，但是並未考慮到地域性及時間性的差異，亦未

考量有毒物質的恕限值，僅以簡單的線性比例關係計算，導致呈現出來的結果存在較大的不確定性。而風險評估則是以評估某地區遭受某特定污染物的衝擊為目的，評估範疇上偏向於小尺度，可考量時間性與地域性。兩者的功能上原本即有不同的適用情況，有互補的功用，是否可以整合成一套系統，則有待進一步的研究。

8. 人體健康衝擊的考量：若是僅考慮人體健康衝擊，則風險評估與生命週期評估可以表 5-1 來表示。

表 5-1 僅考慮健康衝擊生命週期評估與風險評估的比較表

	風險評估	生命週期評估
使用時機	估算單一系統造成健康衝擊之機率與程度	比較各種系統在健康衝擊上之影響
採取觀點	絕對觀點	相對觀點
時空差異性	考慮	不考慮
不確定性	較低	較高
評估的污染物	單一污染物質	多種污染物質
劑量效應的恕限值	考慮	不考慮

## 第二節 建議

1. 未來兩者若欲進行結合，可朝著以下幾種方向進行思考：

- (1). 將風險評估方法納入生命週期評估之中：

考量在不同評量目的下，將風險評估方法定位在生命週期評估架構的不同位階中，隨評估目的及選定範圍的不同，彈性運用風險評估方法以補生命週期評估之不足。

- (2). 將生命週期評估的概念納入風險評估之中

目前風險評估多是針對產業活動在使用及棄置階段造成的污染，若能將評

估範疇拉大，涵蓋原料開採及產品製造階段，將可以擴大風險評估的應用範圍。

(3). 兩種評估方法各取所長，進行結合：

抽取兩種評估方法的重要元素，兼顧兩者的基本精神，試著開發出新的評估技術。舉例來說，生命週期評估方法以不確定性之增加換取複雜性之減少，風險評估則相反。然而如何在「不確定性」及「複雜性」當中，兼顧評估結果有效性和成本效益，且完成更具代表性的評估結果，亦為目前可以研究的方向之一。甚至可利用決策支援系統，隨著評估的目的與範疇，選用適當的評估模式。

(4). 結合地理資訊系統，強化空間差異性之表達：

無論是風險評估或是生命週期評估，為了要能更準確的表達評估結果在空間上的差異性，與地理資訊系統結合已是目前必然的趨勢。

2. 本土化環境資料庫的建立：

不管是生命週期評估或是風險評估，擁有詳實而可靠的資料庫，是減少評估結果不確定性的最重要因素。然而目前所採用的評估資料及數據，多為引用國外資料，但未必符合台灣本土的現況，因此建立台灣本土資料庫，才能在評估台灣地區性的相關議題上，得到符合現況的描述。

## 参考文献

### 英文部分

1. Amato, A. et al., 1996, "Development of Quantitative Methodology for Assessment Embodied Energy of Recyclable and Reusable Materials/Products," *Ironmaking and Steelmaking*, Vol. 23, No. 3, 235-241.
2. Assies, J. A., 1998, "A Risk-based Approach to Life-cycle Impact Assessment," *J. of Hazardous Materials*, Vol. 61, No. 1-3, pp. 23-29.
3. Barton, J. R. et al., 1996, "Life Cycle Assessment for Waste Management", *Waste Management*, Vol. 16, 35-50
4. Finnveden, G. et al., 1995, "Solid Waste Treatment within the Framework of Life-cycle Assessment," *Journal of Cleaner Production*, Vol. 3, No. 4, 189-199.
5. Finnveden, G. and Ekvall, T., 1998, "Life-cycle Assessment as a Decision-support Tool—the Case of Recycling versus Incineration of paper," *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 24, 235-256.
6. Finnveden, G., 1999, "Methodological Aspects of Life Cycle Assessment of Integrated Solid Waste Management Systems," *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 26, 173-187.
7. Herrchen, M. et al., 1997, "ELA1.0—A Framework for Life—cycle Impact Assessment Developed by the Fraunhofer—Gesellschaft, Part A: the conceptual Framework," *Chemosphere*, Vol. 35, No. 11, 2589-2601.
8. Hertwich, E. G., 1998, "Evaluating Toxic Impact Assessment Methods: What work best?" *Environmental Science and Technology*, Vol. 32, No. 5, pp. 138A-144A.
9. Huijbregts, M. A. J. et al., 2000, "Priority Assessment of Toxic Substances in Life Cycle Assessment, Part I: Calculation of Toxicity Potentials for 181 Substances with the Nested Multi-media Fate, Exposure and Effects Model USES --- LCA," *Chemosphere*, Vol. 41, 541-573.
10. Huijbregts, M. A. J. et al., 2000, "Priority Assessment of Toxic Substances in Life

- Cycle Assessment ,Part II :Assessment Parameter Uncertainty and Humen Variability in the Calculation of Toxicity Potentials ”,*Chemosphere*,Vol 41,575-588.
11. Hunt, R.G.,1995,”LCA Considerations of Solid Waste Management Alternatives for Paper amd Plastics,” *Resources, Conservation and Recycling* , Vol.14,225-231.
  12. International Organization for Standardization, 2000, ISO 14042, Geneva, Switzerland.
  13. International Organization for Standardization, 2000, ISO 14043, Geneva, Switzerland.
  14. Lepper,P. et.al.,1997,”ELA—A Framework for Life—cycle Impact Assessment Developed by the Fraunhofer—Gesellschaft,Part B – Basic Functionality of ELA Explained with an Example: Impact Assessment of Alcohol Sulphates Based on Oleochemical and Petrochemical Sources,”*Chemosphere*,Vol 35,No 11,2603-2618.
  15. Owens, J.W., 1996,“LCA Impact Assessment Categories—Technical Feasibility and Accuracy”, *The International Journal of Life Cycle Assessment*,Vol 1,209-217.
  16. Owens, J.W., 1997,“Life-cycle Assessment in Relation to Risk Assessment: an evolving perspective”, *Risk Analysis*,Vol 17, No 3, 1.
  17. SETAC,1998,”Evolution and Development of the Conceptual Framework and Methodology of Life-cycle Impact Assessment,”*Http://WWW.setac.org*
  18. Wada,Y. and Miura,H.,1997,”A Quantitative Evaluation Method for the Environmental Impact of Product Recycling and Its Application,” *Technology Reports of Kansai University* 39,Mar,185-196.

中文部分：

1. ISO 14000 相關詞彙中英文對照表，經濟部中央標準局，1996.
2. 丁執宇，"ISO 14040 生命週期評估架構之探討與應用"，國立中興大學資源管理所論文，1997
3. 沈宏文，"以健康風險評估觀點看 RCA 污染事件"，第十一屆環境規劃與管理研討會論文集，1998
4. 李育明、張育誠、單啟明，"環境風險評估於生命週期衝擊量化之應用模式研擬初探"，第十一屆環境規劃與管理研討會論文集，1998
5. 阮國棟、簡慧貞，"暴露評估技術及暴露評估計畫之進行"，第六屆環境規劃與管理研討會論文集，1993
6. 經濟部工業局工業污染防治技術服務團，食品工廠廢水防治手冊，1986
7. 魏連邦，"產品生命週期衝擊評估方法論"，第九屆環境規劃與管理研討會論文集，1996
8. 魏連邦、李清華，"生命週期評估結果有效性及不確定性之探討"，第十一屆環境規劃與管理研討會論文集，1998
9. 鄒宗達、李育明、陳宗文，"垃圾焚化場環境風險評估初探"，第十二屆環境規劃與管理研討會論文集，1999

網站資料

1. 工研院網站，<http://www.itri.org.tw/homepage/b/t400/lca/>
2. 行政院環保署網站，<http://www.epa.gov.tw/>
3. 保綠網站，<http://www.recycle.org.tw/hb/hbindex.htm>

# 附錄一 開放式問卷及其統計結果

## 開放式問卷

您好！這是一份不記名的問卷，請您仔細閱讀下面題目，然後詳細回答。非常謝謝您的合作！

[名詞說明]:

資源回收:收集、再處理、出售、和利用曾被視為垃圾的東西

1. 請問就您所知，有哪些果汁飲料容器，在飲用後是必須進行資源回收的，請將容器材質種類列舉出來（請盡量列舉）：
2. 就您本身而言，哪一種（或哪幾種）材質的果汁飲料容器是您所最常進行資源回收的？
3. 接上題，請問您為何最常回收此種材質的果汁飲料容器？（請盡量列舉）

(謝謝您，辛苦了!請您再檢查一遍，確定每個題目都有作答)

