

南華大學
環境管理研究所碩士班
碩士論文

台灣廚餘回收再利用管理機制之探討研究
—以台塑麥寮回收制度為例

A Study on the Recovery and Management Mechanism of the Food Waste
in Taiwan—The Case of Formosa Corporation Recovery System

指導教授：胡憲倫 博士

研 究 生：郭哲佑

中華民國九十二年六月

南 華 大 學

碩 士 學 位 論 文

環境管理研究所

台灣廚餘回收再利用管理機制之探討研究

—以台塑麥寮回收制度為例

研究生：鄧哲佑

經考試合格特此證明

口試委員：
申永順
鄭讚源
胡志倫

指導教授：胡志倫

所 長：陳中吃

口試日期：中華民國九十二年六月二十五日

誌謝

此篇研究論文得以付梓，絕非一人之力所能獨自完成，其間承蒙雲林縣台西鄉公所清潔隊趙世榮隊長、丁天寶隊員以及雲林縣麥寮鄉公所清潔隊王富成隊長、許登財隊員的鼎力協助，特表感謝之意；此外台塑麥寮六輕堆肥廠副廠長廖春華先生，不吝提供其寶貴之經驗與建議，更是本研究得以進行的推手，除致謝意更表敬意。感謝論文口試委員細心審閱並提供珍貴的意見，申永順博士適切指出補強之處，鄭讚源博士提出多方位的思考觀點，皆具畫龍點睛之妙，使論文更充實完整。指導教授胡憲倫博士是本研究論文的舵手，一步步引領著論文的完成，衷心感激在研究之路的細心指導。

在求學的期間，陳中獎所長及所有師長的教導與勉勵，同學間相互的扶持，使研究所的生活更添溫馨。進入研究的領域就像船舶進入了海洋，雖然眼前是一片寬闊浩瀚的世界，若無指引方向的舵手，將漫無目的隨波逐流，若無齊心合力的水手，將浮沈於瀚海到不了目的，感謝在這艘探索船上奉獻心力的每一個人。相信研究所生活的結束，並非學習的終點，而是知識追求的起點，習得之研究方法，將會是追求更多學問的工具。在人生的道路上已開啟了一扇窗，也自期能更用心的探索窗外的世界。

最後要感謝家人及親友的支持與鼓勵，更感謝妻子在這段期間的包容與體諒。

台灣廚餘回收再利用管理機制之探討研究

—以台塑麥寮回收制度為例

中文摘要

隨著經濟的快速發展及人口的與日俱增，台灣的垃圾量也日益增多，而台灣地狹人稠，且民眾對焚化爐和掩埋場興建的抗議事件時有所聞，因此推動資源回收以減少垃圾量是不得不然的趨勢。廚餘（food waste）約佔台灣地區垃圾量之 20~30%，如經由堆肥化（composting）製成有機肥料，不但能減少垃圾量，且所產生的有機肥料更可豐富日漸枯竭的地力，因此如果能妥善利用，廚餘就是資源而不是垃圾。目前處理廚餘的最常見作法，就是隨著都市的家庭垃圾一同被送進焚化爐，然而廚餘富含水分，以焚化爐焚化處理將增加補助燃料之耗費，且將會縮短焚化爐的使用壽命，並造成空氣污染，如此以能源來焚化資源，實在是不智之舉。而廚餘中富含之有機成分及油脂，更往往成為惡臭與細菌滋生之來源，將會造成環境的髒亂並影響國民的健康。台塑麥寮六輕的堆肥場，是目前台灣少有之較具規模的大型廚餘資源化中心，其集中化處理方式可減少臭味產生，且所生成的有機肥料性質穩定可增加經濟效益，為未來較適當的廚餘處理模式。因此，本研究除了探討目前台灣有機廢棄物處理的現況外，並透過問卷，實地走訪麥寮附近鄉鎮居民對於台塑收集與處理廚餘的作法之意見，以分析與研究台塑麥寮六輕所實施的廚餘回收機制作法之優缺點，期能藉此一案例，達到推廣有機廢棄物資源化之效。

關鍵字：廚餘、堆肥化、資源化、有機廢棄物、台塑麥寮六輕

A Study on the Recovery and Management Mechanism of the Food Waste in Taiwan – The Case of Formosa Corporation Recovery System

Abstract

Followed by the rapid development in economy and the centralization of the urban population, the amount of garbage in Taiwan has increased amazingly. However, the NIBY (Never In My Backyard) syndrome always results in protests when new incinerators or landfills are planning for installation. And even we can use incinerator to dispose the food waste, its high-water content and oily ingredient will reduce the efficiency of the incinerator and produce some foul smell and germ as well. Hence, how to efficiently reduce and recovery the garbage has become an eminent issue. Among all kinds of garbage, food waste is one of the most promising garbage to be recovered. Food waste is consisted of 20%~30% among all the garbage and trash in Taiwan. Through composting, food wastes can be transformed into organic fertilizer, and it can reduce not only the garbage but enrich the meager soil. Actually, food waste is resource, and only if we can handle and facilitate the food waste in a proper way, all the food waste would inevitably be turned into useless trash. It is found that the composting and recycling system for food waste at Mai-Liao country, operated by the Sixth Naphtha Plant of Formosa Corporation, has done a good job in food waste recycling. In this system, Formosa Corporation collected and recycled all the food waste in the Mai-Liao. The system successfully eliminates the stinking situation and creates economic benefits by producing organic fertilizer. The research aims to investigate whether the Mai-Liao's mechanism can be applied to elsewhere of the island other than Mai-Liao. A questionnaire was made and distributed to the residents in Mai-Liao to survey their satisfactory about the system. The results showed that Mai-Liao system could be a promising way of treating the food waste in Taiwan.

Key Words : food waste, composting, recovery, organic waste, Formosa corporation

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	i
圖目錄.....	v
表目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機與目的.....	1
第二節 研究範圍.....	2
第三節 研究方法.....	2
第二章 文獻回顧與探討.....	5
第一節 國外有機廢棄物處理狀況.....	5
一、美國.....	6
二、歐盟.....	8
三、加拿大.....	12
四、澳洲.....	12
五、日本.....	13
六、韓國.....	14
第二節 台灣地區垃圾性質.....	14
第三節 台灣地區垃圾處理方式.....	16
第四節 台灣地區有機廢棄物處理狀況.....	19
一、台灣地區堆肥經驗.....	19
二、台灣地區廚餘處理方式.....	20
三、台灣地區廚餘處理計畫.....	21
第五節 生物可分解塑膠袋的運用.....	23

一、生物可分解塑膠的定義.....	23
二、生物可分解塑膠的沿革.....	24
三、生物可分解塑膠的運用.....	24
四、生物可分解塑膠堆肥化成品分析.....	26
第三章 堆肥化處理機制.....	28
第一節 施肥之歷史.....	28
第二節 堆肥之原理與方法.....	29
一、堆肥的定義.....	30
二、肥料的定義.....	30
三、堆肥的機制.....	31
第三節 堆肥品質的判定.....	38
一、腐熟度判定.....	38
二、肥效成分.....	40
三、有害物質含量.....	41
四、異物夾雜率.....	41
第四節 堆肥之優缺點.....	42
一、堆肥的好處.....	42
二、有機廢棄物堆肥化處理之優缺點.....	43
第五節 合理化施肥.....	44
一、作物生長所需養分.....	44
二、植物營養供給原則.....	45
第四章 生命週期評估方法之應用.....	47
第一節 生命週期評估之介紹.....	47
一、生命週期評估的好處.....	47
二、生命週期評估的架構.....	48

三、生命週期評估之應用.....	50
四、生命週期評估與環保標章之關係.....	50
第二節 環保標章.....	51
一、可堆肥化之環保標章.....	51
二、可分解塑膠之環保標章.....	52
三、環保標章之認證.....	53
第三節 簡化式生命週期評估.....	56
一、簡化式生命週期評估工具.....	57
二、有機堆肥與化學肥料之簡化式生命週期評估.....	58
三、生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋之簡化式生命週期評估.....	63
第五章 麥寮六輕廚餘回收機制之探討.....	68
第一節 麥寮六輕環保簡介.....	68
第二節 麥寮六輕之廚餘回收堆肥化機制.....	68
一、麥寮六輕廚餘回收模式.....	69
二、麥寮六輕堆肥場.....	69
三、麥寮六輕廚餘堆肥化處理流程圖.....	70
四、麥寮六輕堆肥發酵條件.....	71
五、麥寮六輕堆肥臭氣處理.....	71
六、麥寮六輕堆肥場自評與未來展望.....	71
第三節 麥寮六輕廚餘回收機制之優缺點探討.....	73
一、廚餘收集階段.....	73
二、堆肥處理階段.....	73
三、成品利用階段.....	74
第四節 問卷調查統計分析.....	75
一、問卷調查的對象.....	75

二、問卷調查的內容.....	77
三、問卷調查的結果分析.....	77
四、問卷調查的結果與討論.....	89
第六章 結論、建議與後續研究.....	93
第一節 結論與建議.....	93
一、台塑麥寮六輕模式之結論與建議.....	93
二、台灣廚餘回收再利用管理機制之建立.....	94
第二節 後續研究建議.....	97
參考文獻.....	98
附錄一 產品環境責任矩陣評分準則.....	107
附錄二 問卷調查.....	122

圖目錄

圖 1.1	研究流程圖.....	4
圖 2.1	台灣地區 2000 年垃圾性質.....	16
圖 2.2	台灣地區 2000 年垃圾處理方式.....	18
圖 4.1	生命週期評估的架構.....	49
圖 4.2	一般化學肥料之產品環境責任評估雷達圖.....	62
圖 4.3	廚餘堆肥肥料之產品環境責任評估雷達圖.....	62
圖 4.4	一般塑膠袋之產品環境責任評估雷達圖.....	67
圖 4.5	生物可分解塑膠袋之產品環境責任評估雷達圖.....	67
圖 5.1	麥寮六輕廚餘堆肥化處理流程圖.....	70
圖 5.2	台西鄉飼養豬隻情況.....	78
圖 5.3	麥寮鄉飼養豬隻情況.....	78
圖 5.4	台西鄉餵養豬隻情形.....	79
圖 5.5	麥寮鄉餵養豬隻情形.....	79
圖 5.6	台西鄉廚餘餵養豬隻處理情形.....	79
圖 5.7	麥寮鄉廚餘餵養豬隻處理情形.....	79
圖 5.8	台西鄉在家用餐次數.....	80
圖 5.9	麥寮鄉在家用餐次數.....	80
圖 5.10	台西鄉廚餘佔垃圾量的比率.....	80
圖 5.11	麥寮鄉廚餘佔垃圾量的比率.....	80
圖 5.12	台西鄉廚餘回收宣傳情形.....	81
圖 5.13	麥寮鄉廚餘回收宣傳情形.....	81
圖 5.14	台西鄉廚餘回收宣導方式.....	81
圖 5.15	麥寮鄉廚餘回收宣導方式.....	81
圖 5.16	台西鄉教育宣導的滿意度.....	82

圖 5.17	麥寮鄉教育宣導的滿意度.....	82
圖 5.18	台西鄉認為廚餘處理方式.....	82
圖 5.19	麥寮鄉認為廚餘處理方式.....	82
圖 5.20	台西鄉認為適當的回收頻率.....	83
圖 5.21	麥寮鄉認為適當的回收頻率.....	83
圖 5.22	台西鄉對實施垃圾費隨袋徵收的看法.....	83
圖 5.23	麥寮鄉對實施垃圾費隨袋徵收的看法.....	83
圖 5.24	台西鄉家中廚餘處理方式.....	84
圖 5.25	麥寮鄉家中廚餘處理方式.....	84
圖 5.26	台西鄉廚餘倒入回收桶的方式.....	85
圖 5.27	麥寮鄉廚餘倒入回收桶的方式.....	85
圖 5.28	台西鄉廚餘回收後家中垃圾量的情形.....	85
圖 5.29	麥寮鄉廚餘回收後家中垃圾量的情形.....	85
圖 5.30	台西鄉廚餘回收後家中垃圾衛生改善情形.....	86
圖 5.31	麥寮鄉廚餘回收後家中垃圾衛生改善情形.....	86
圖 5.32	台西鄉回收桶放置情形.....	86
圖 5.33	麥寮鄉回收桶放置情形.....	86
圖 5.34	台西鄉回收桶附近環境情形.....	87
圖 5.35	麥寮鄉回收桶附近環境情形.....	87
圖 5.36	台西鄉民眾不願參與廚餘回收的原因.....	88
圖 5.37	麥寮鄉民眾不願參與廚餘回收的原因.....	88
圖 5.38	台西鄉廚餘回收的滿意度.....	88
圖 5.39	麥寮鄉廚餘回收的滿意度.....	88
圖 6.1	廚餘管理機制關係圖.....	95

表目錄

表 2.1	各國都市固體廢棄物 (MSW) 之數量與組成成分.....	5
表 2.2	美國 1994 年都市固體廢棄物管理設備.....	7
表 2.3	荷蘭之下水道污泥、沉積物與堆肥乾物質成分的限值 (mg/kg)	10
表 2.4	英國 1997 年堆肥物質的種類與數量.....	11
表 2.5	日本都市固體廢棄物之物理成分 (1989)	13
表 2.6	台灣地區垃圾性質.....	15
表 2.7	台灣地區垃圾清理概況.....	17
表 2.8	九十年代廚餘清運與回收再利用示範計畫表.....	22
表 2.9	生物可分解塑膠的主要用途.....	25
表 2.10	生物可分解塑膠袋堆肥化後有機質主要元素含量分析.....	26
表 2.11	生物可分解塑膠袋堆肥化後有機質重金屬含量分析.....	27
表 3.1	幾種製作堆肥材料的碳與氮含量.....	33
表 3.2	堆肥的溫度對於雜草發芽率影響之效應.....	34
表 3.3	常見病原微生物及蒼蠅溫度感受性.....	35
表 3.4	堆肥中常見好熱菌.....	36
表 3.5	良質與劣質堆肥條件.....	38
表 4.1	LCA 應用趨勢.....	50
表 4.2	環保標章規格標準制定程序與生命週期評估之配合.....	51
表 4.3	ISO 14021 「廠商自行宣告之環境訴求」標準.....	54
表 4.4	產品環境責任評估矩陣.....	57
表 4.5	有機肥料與化學肥料之比較.....	58
表 4.6	有機肥料與化學肥料製造前評分.....	59
表 4.7	有機肥料與化學肥料生產製造評分.....	59
表 4.8	有機肥料與化學肥料包裝與運輸評分.....	60

表 4.9	有機肥料與化學肥料產品使用評分.....	60
表 4.10	有機肥料與化學肥料回收與棄置評分.....	61
表 4.11	有機堆肥與化學肥料之產品環境責任評估結果.....	61
表 4.12	生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋特性之比較.....	63
表 4.13	生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋製造前評分.....	63
表 4.14	生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋生產製造評分.....	64
表 4.15	生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋包裝與運輸評分.....	64
表 4.16	生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋產品使用評分.....	65
表 4.17	生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋回收與棄置評分.....	65
表 4.18	生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋之產品環境責任評估結果.....	66
表 5.1	六輕污染防治投資費用統計.....	68
表 5.2	台西鄉九十一年十一月份人口統計表.....	75
表 5.3	麥寮鄉九十一年十一月份人口統計表.....	76
表 5.4	受訪者基本資料表.....	78

第壹章 緒論

第一節 研究動機與目的

台灣對於資源回收工作的推動已行之多年，其觀念深植民心且成效也日益呈現，但對於佔垃圾量很大比率的有機廢棄物，卻沒有一套完善的回收再利用計畫措施，使得資源回收的工作總有未盡全功之感。環保署終於在九十年度編列一億元的經費來鼓勵地方政府推動廚餘的有機資源再利用計畫，更於九十一年度持續擴大編列三億元預算推動廚餘回收再利用（陳建志，2002），顯見政府對於有機廢棄物的回收再利用已逐漸重視。

廚餘回收在得到政府單位重視之前，許多的民間社團早已默默的在推動，其中最為人所知的是宜蘭模式與台塑麥寮六輕模式，宜蘭模式著重於家庭或社區性的廚餘堆肥方式（林殿琪，2000），而台塑麥寮六輕模式則為較具規模的大型廚餘資源化中心。陳文卿、陳國帝（2002）指出，台塑公司於麥寮六輕廠針對廚餘建立之大型資源化中心規畫，為目前較具規模之處理模式。

台灣過去在各地陸續興建了二十二座堆肥場，但均因設備老舊或經營不佳已全部停止操作或報廢（謝錦松、黃正義，2001）。可見由政府所主導經營的堆肥場運作成效不彰，若能推展堆肥場的民營化，輔導民間企業投入於堆肥場的設置經營，以民間企業的經營理念來管理廚餘堆肥場，而政府單位能在廚餘回收清運方面展現公權力，提高廚餘的回收品質與回收成效，希望藉由民間企業之經營理念輔以政府單位之政策配合，達成將廚餘回收資源化之目的。未來政府所推動的廚餘回收活動應為全面性大規模的方式，台塑麥寮六輕在廚餘回收、堆肥處理、成品銷售等方面都有相當的經驗。台塑麥寮六輕堆肥場之廚餘回收處理方式，即為政府單位與民間企業合作的例子，因此，本研究將探討台塑麥寮六輕廚餘回收模式，期望可做為日後政府在推動廚餘回收資源化時之參考。

第二節 研究範圍

廚餘回收再利用主要分為兩大類，其一為將廚餘用於餵養豬隻，另外就是運用各種的方式將廚餘製成堆肥。有些養豬戶會將廚餘回收做為養豬之用，對養豬業者而言，可以節省大量飼料成本的支出，就環保的觀點來說，也的確有助於減少垃圾問題，但從公共衛生的角度來看，廚餘的來源複雜，衛生品質情況不明，可能會有未煮熟的肉類含雜其中，因此以廚餘餵食豬隻而導致疾病的風險相當高，若是對於餵食豬隻的廚餘處理不慎，易引發豬瘟、口蹄疫、肺結核及沙門氏桿菌等人畜共同傳染之疾病（陳文卿、陳國帝，2002）。然而有機廢棄物如果能以堆肥的方式處理，不僅能減少垃圾量以降低掩埋場與焚化爐的負擔，且其所產生的有機肥料更可豐富日漸枯竭的地力，改善耕地肥力不足的現象。如此將垃圾變成資源之兩全其美的作法，不失為處理有機廢棄物之適當可行的方式。

故本研究的範圍在於探討廚餘以堆肥方式處理之管理機制，然而台灣目前廚餘堆肥有許多的模式在推動，其中台塑麥寮六輕為較具規模的大型廚餘資源化中心模式，因此本研究的對象將以台塑麥寮六輕模式為例，除了對台塑麥寮堆肥場進行實際參觀訪問外，並與實際參與回收清運的台西鄉公所清潔隊和麥寮鄉公所清潔隊人員訪談，更針對回收對象的雲林縣台西鄉與麥寮鄉鄉民實施問卷調查。

第三節 研究方法

本研究除了對國內外目前有機廢棄物處理現況做歸納整理外，並運用生命週期評估的概念，更針對麥寮六輕的廚餘回收堆肥化模式進行深入的個案分析探討，並以麥寮六輕的廚餘回收對象為問卷調查的研究方向，期能瞭解麥寮六輕廚餘堆肥化的機制及民眾對於回收活動的配合度和實際執行情況，使台塑麥寮六輕的經驗能做為政府在推動有機廢棄物回收再利用時之參考。本研究方法分為文獻回顧、生命週期評估法、現地調查、問卷訪談與綜合歸納。本研究之流程如圖 1.1 所示。

（一）文獻回顧

針對堆肥之技術原理、堆肥的品質判定、堆肥的優缺點及合理化施肥等要點，進行資料收集與歸納整理。並透過期刊、雜誌、報紙、論文、官方統計報告與網站資料及民間環保團體相關資訊等資料的分析整理，以了解目前國內外廚餘等有機廢棄物處理的作法，期能借由國外有機廢棄物的處理技術，結合國內過去的發展經驗，找出一套適合台灣的廚餘有機廢棄物處理的方法。

（二）生命週期評估法

生命週期評估（Life Cycle Assessment；LCA）是在研究一個產品由搖籃到墳墓的整個產品生命週期中對於環境潛在衝擊的考量。生命週期評估所關心的是從產品之原料開採、製造、行銷運輸、消費使用到回收再利用及棄置這整個過程。所以將利用簡化式的生命週期評估方法來評估有機肥料與化學肥料對環境的衝擊比較；而在廚餘的回收過程中，塑膠袋被大量的使用，故也將對一般塑膠袋與生物可分解塑膠袋進行簡化式的生命週期評估比較。

（三）現地調查

實地至台塑麥寮六輕堆肥廠進行參觀訪談，以了解堆肥廠目前的運作情況，以及其未來之發展計畫目標。並至參與廚餘回收清運的台西鄉清潔隊與麥寮鄉清潔隊進行訪問，更跟隨著清潔隊員的廚餘回收車參與廚餘回收工作，以期能了解實際回收清運的情形與其所遭遇到的問題。

（四）問卷訪談

台西鄉與麥寮鄉為目前台塑麥寮六輕堆肥廠的回收對象，故針對參與回收的台西鄉與麥寮鄉鄉民進行問卷訪談調查，以期能了解回收對象家中廚餘產生情形、對於廚餘回收活動的認知情況、廚餘回收實際執行的情況以及對回收活動的滿意度。將問卷結果歸納分析，以做為回收活動日後改進之參考。

(五) 綜合歸納

經由文獻的探討、生命週期評估的觀念、實地的參觀訪問及問卷調查的結果，歸納分析台塑麥寮六輕模式的優缺點，提出改進的建議，期能建構一套適合台灣的廚餘回收再利用管理機制。

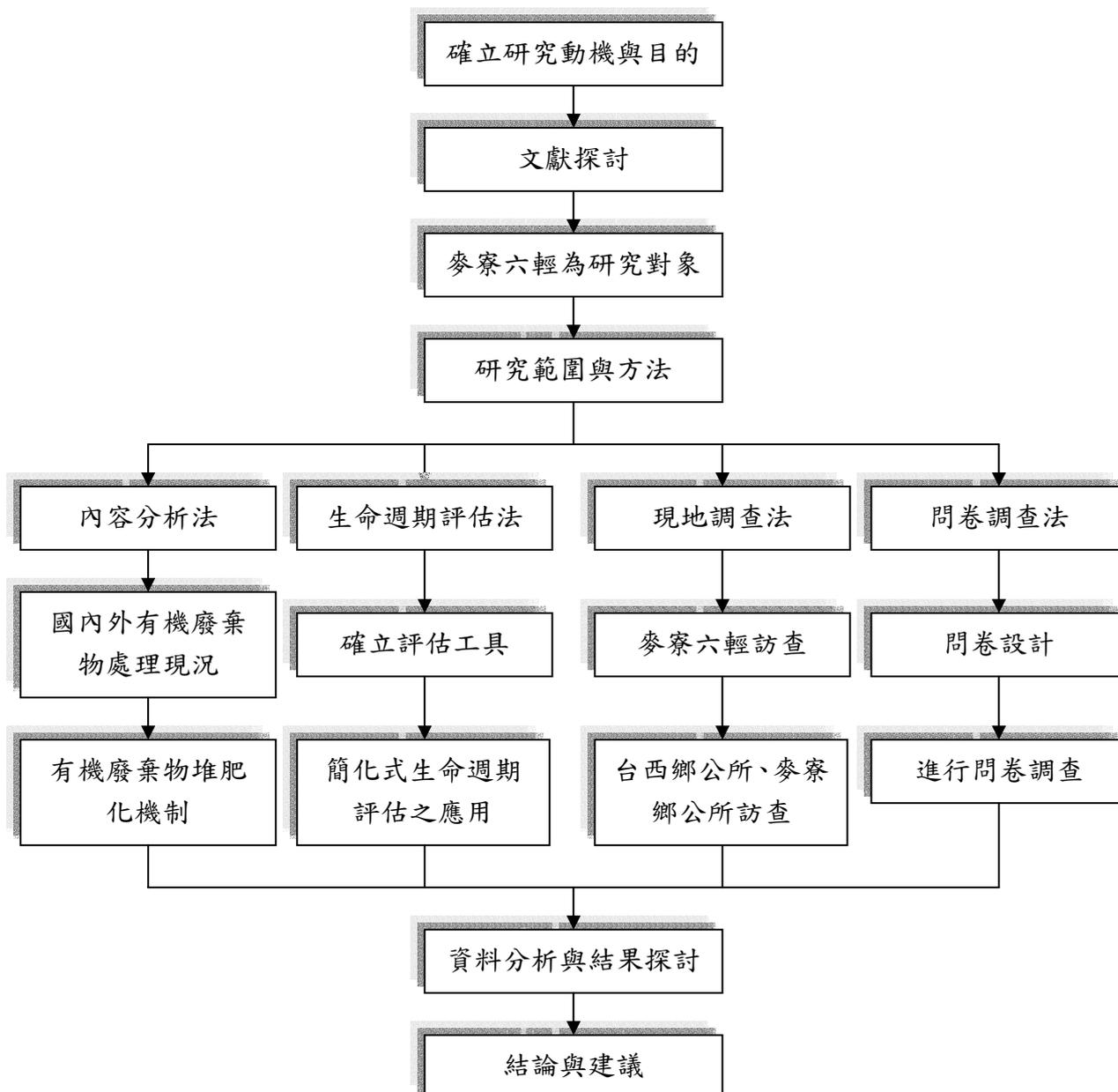


圖 1.1 研究流程圖

第貳章 文獻回顧與探討

第一節 國外有機廢棄物處理狀況

廚餘等有機廢棄物回收資源化處理，在有些國家早已行之有年，茲探討國外廢棄物處理狀況，由於國內外不論土地面積、人口結構和垃圾成分都不盡相同，雖不能照本宣科，但有許多的處理方式都可供為國內推行上之參考。表 2.1 所列為幾個主要國家的都市固體廢棄物 (Municipal Solid Waste; MSW) 的數量、組成成分與處理方式。

表 2.1 各國都市固體廢棄物 (MSW) 之數量與組成成分

	加拿大	丹麥	德國	荷蘭	瑞典	美國	日本
面積 (km ²)	9,980,000	43,000	357,000	42,000	450,000	9,160,000	378,000
人口	29×10 ⁶ (1995)	5.2×10 ⁶ (1995)	82×10 ⁶ (1995)	15×10 ⁶ (1995)	8.9×10 ⁶ (1995)	263×10 ⁶ (1995)	125×10 ⁶ (1994)
GDP	5,480 億 (1994)	960 億 (1993)	14,760 億 (1994)	2,630 億 (1993)	1,540 億 (1993)	67,360 億 (1994)	46,300 億 (1994)
垃圾量 (tons)	33.76×10 ⁶ (1992)	2.3×10 ⁶ (1993)	43.5×10 ⁶ (1993)	12.0×10 ⁶ (1993)	3.2×10 ⁶ (1991)	207×10 ⁶ (1993)	50.2×10 ⁶ (1992)
處理方式	堆肥：1.88 %	回收：22 %	回收：30 %	再利用： 22%	回收：18 % 堆肥：2 %	回收與堆 肥：22%	回收與堆 肥：10.7 %
	焚化與回 收：14.22 %	焚化：58 %	焚化：25 %	焚化：27 %	焚化：53 %	焚化：16 %	焚化： 74.3%
	掩埋：83.9 %	掩埋：20 %	掩埋：45 %	掩埋：61 %	掩埋：27 %	掩埋：62 %	掩埋： 14.9%
組成成分	紙：37.7 % 有機物： 28.7%		紙：19.9 % 紡織品： 1.5%	腐敗物： 30% 塑膠：4.2 %	紙：35-40 % 木材：1 %	紙：37.6 % 玻璃：6.6 %	有機物： 42.3% 紙：25.0 %

金屬：10.4 %	塑膠：8.0 %	玻璃：4.4 %	無機性： 0.9%	其他：9.4 %	塑膠：6.1 %	金屬：3.9 %	玻璃： 11.5%	礦物：2.9 %	腐敗物： 27%	金屬：1.0 %	玻璃：3.4 %	大型垃 圾：5.6%	辦公室廢 棄物： 14.1%	紙：17.1 %	包裝： 15.6%	紡織橡膠 皮革：1-2 %	廚餘庭院 廢物： 37-45%	塑膠：6-8 %	玻璃：4-7 %	金屬：2-5 %	其他：4-6 %	金屬：8.3 %	塑膠：9.3 %	木材：6.6 %	食物：6.7 %	庭院廢棄 物：15.9 %	其他：9.0 %	塑膠： 11.2%	紡織品： 5.5%	玻璃：2.9 %	金屬：5.1 %	橡膠皮 革：0.9%	其他：7.1 %
--------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	---------------	----------------------	-------------	--------------	---------------------	-----------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	---------------------	-------------	--------------	--------------	-------------	-------------	---------------	-------------

(資料來源：Sakai et. al, 1996)

一、美國

由表 2.2 中可看出，美國在 1994 年時有 3,558 處的掩埋場設備，這從 1988 年來是逐漸下降的（1988 年時大約有 8,000 處掩埋場）；而回收比率則是呈現穩定緩步增加的趨勢；在大型的都市固體廢棄物堆肥化設備沒有太大的改變，庭院廢棄物堆肥化設備數量從 1988 年後大量的增加；燃燒設備（包括將廢棄物轉為能量法與焚化法）的數量從 1988 年來大致不變，最多數量是在 1991 年時有 171 個營運中的設備（Eighmy and Kosson, 1996）。

在 1999 年大約有 2 仟 5 佰萬噸的廚餘進到了掩埋場，這將近是十年前的二倍數量（Faucette, Das and Risse, 2001）。1999 年共有 118 個廚餘計畫遍及美國各地，其中有 95 個是正式完整的計畫，有 9 個是試驗性的計畫，其餘 14 個是不同階段的發展計畫（Glenn and Goldstein, 1999）。美國在 1999 年時都市固體廢棄物堆肥化計畫中，有 19 個已經正常的營運，有 6 個是處在不同的發展階段，有 2 個是結束的但有可能會恢復（Glenn and Block, 1999）。

表 2.2 美國 1994 年都市固體廢棄物管理設備

管理方式	設備的數量
營運中的掩埋場	3558
回收	
街道程序	7265
減量中心	8386
物質回收設備	1243
堆肥化	
都市固體廢棄物	17
庭院廢棄物	3202
燃燒	
廢棄物轉化能量	121
焚化	27

(資料來源：Eighmy and Kosson, 1996)

堆肥系統在美國有許多複雜的層面，從後院庭園的小型堆肥處理系統至大都會區之都市固體廢棄物處理計劃，美國所實施的堆肥方式有很多種類，最常運用的是以下四種堆肥處理方式（邱政文，1999）：

- （一）靜置式（Static Pile）：是經由交錯堆疊覆置的方式以產生煙囪效應（Chimney Effect），使空氣能夠通過堆置之堆肥，這個類型相當於庭院堆肥或大型一點的堆疊。這種小型的堆置並不能始終維持足夠的溫度或保持良好的碳氮比（C：N）以產生適當的堆肥，通常其分解反應進行的時間也比較長，可長達一年，而且還不能確定能夠十分完全的分解，更何況如果沒有經常翻動以導入氧氣，則很容易產生惡臭或其他的問題，一旦發生厭氧狀態（Anaerobic condition）的話，隨即產生惡臭並散發至整個環境中。
- （二）通氣靜置式（Aerated Static Pile）：是一種運用微生物過濾系統及強迫通入空氣來解決可能會產生臭氣問題的方式，常見於注重氣味控制及快速處理的大都會中。將大量適當混合且經篩選的物質置入網絡管路或多孔管道系統之中，並經由嚴密的監控來確保適當的含氧量及濕度需求，這些系統使其維持為優氧的狀態，以提供細菌不斷的餵食

供給，進而分解有機物質。氣體的排放是經由通過一種稱作「微生物過濾槽」的微生物濾床過濾媒介釋放，這種物質通常是已成型的最終堆肥。

(三) 密閉式 (In-Vessel System)：是將可分解物質置入容器中並強制通入空氣以導入適量的氧氣，即指在容器、貨櫃或建築物內包含了翻動程序，更精確地控制其環境，以達到類似與通氣靜置系統所要求的條件。這樣的方式提供了快速的翻轉時間而加速堆肥程序的完成，但有時可能需投入較大的資本。

(四) 長條式 (Windrow System)：視可供使用的設施可分為開放型及密閉型兩種方式，也要將沉積的量與環境因素納入考量。此種堆肥方式是目前美國最常使用的方法，許多加工廠或畜牧場裡平時已經使用於廢棄物處理的工具和人員，都可以與堆肥處理系統整合在一起，能以現有的廢棄物處理設備與設施運用於堆肥的處理。但對於某些廢棄物或應用上的需求，可能還需投資加工、篩選等設備。

二、歐盟

歐盟對於廢棄物的處理訂定最高指導原則，其中對於掩埋處理的指導原則中提出，有機廢棄物禁止以掩埋方式處理，此項規範之目的是為了防範經由淋洗作用造成地下污染及防止CO₂、CH₄等導致溫室效應氣體；另外在堆肥處理指導原則中指出，堆肥之優點為降低溫室效應之CO₂、CH₄等氣體排放、增加土壤中有機質含量、改善土壤理化性質及推動綠色農業(Green Agriculture)，以作為碳的收集槽而達資源永續利用之目的。歐盟為控制堆肥品質，防範受到重金屬污染，規定製造堆肥之原料，其重金屬含量須低於下列標準：Zn (150ppm)、Cu (50ppm)、Ni(25ppm)、Cd(0.5ppm)、Pb(50ppm)、Hg(0.5ppm)、Mo(1ppm)、Se(0.75ppm)、AS(5ppm)、F(100ppm)、Cr(50ppm)。而堆肥產品重金屬含量為上述原料標準之兩倍(美國穀物協會，2001)。

近年來歐洲利用生物技術處理廢棄物的現象增加，根據調查指出至少有30%的都市廢棄物和大部分的工業廢棄物可經由堆肥或厭氧分解的生物方式處理，歐洲每年大約有6千萬噸

的可回收有機廢棄物，這佔了歐洲全部廢棄物的 40% (Barth and Kroeger, 1998)。

(一) 丹麥：

丹麥的廢棄物管理是依據「環境保護法案」的規範，其中引明其目標為 (Hjelmar, 1996)：

1. 這個法案是要促進丹麥對於自然保護和環境上有所貢獻，如對於人類生活狀態的社會發展和動植物區域的保存方面，可以在永續的基礎下進行。

2. 這個法案的目的：

- (1) 預防與對抗空氣、水、土壤和地下水污染，還有震動與噪音污染。
- (2) 倡導衛生促進規定對於環境與人類的重要性。
- (3) 限制一些未開發物質與其他資源的使用與浪費。
- (4) 促進清潔技術的應用。
- (5) 促進回收與限制可回收的物質以廢棄物方式處理。

(二) 德國：

在德國「廢棄物防制與處理法」(Law on the Prevention and Disposal of Waste) 是所有廢棄物管理條例的基礎。依據這個法律，廢棄物指的是「擁有者所要丟棄的可移動項目，或是基於公眾福祉的理由而特別要保護環境所需要處置者」，若是無法防止，則廢棄物的回收就比其他處置方式更為重要 (Vehlow, 1996)。可見在德國的法律認為廢棄物的處置方法應該以回收的方式為最優先。

德國將垃圾分為五類，即 1. 有機垃圾 (Bioabfaelle)、2. 輕型的包裝 (Leichtverpackung)、3. 舊玻璃 (Altglass)、4. 問題物質收集 (Problemstoffe zur Sammlung bringen) 及 5. 不屬於前述四類的垃圾 (Restmuell)。有機垃圾主要為食物殘餘，可將有機垃圾掩埋於自家花園當作肥料，或由資源回收車進行回收與資源化處理，其收集頻率一般為每十四天清運一次，但夏天時即自六月份至十一月中旬則為每週清運一次 (陳文卿、陳國帝，2002)。

(三) 瑞典：

要使營養與腐植土壤物質進入生態循環，需要增加有效的生物方法，大規模的開放堆肥化可以幫助達成，現在已發展出一些反應技術，可以更有效益的達到快速和完全的分解。許多城市都鼓勵個人或群體性質之較小規模的堆肥。

在瑞典目前有六個分類中心和堆肥化計畫，對於富含能量的廢棄物使之成為廢料衍生燃燒，一部分則用於堆肥，到目前為止將廢棄物作為燃料或堆肥，在市場潛能上都還是受到限制。分類中心與堆肥化計畫，每年共處理瑞典大約 130,000 噸的廢料，大約可以產生 60,000 噸的堆肥，但是可以運用於施肥市場的不到 20,000 噸，其餘就被用於做為掩埋場覆蓋之用，也有處理大眾公園和私人花園的庭院廢棄物之堆肥化設備 (Hartlén, 1996)。

(四) 荷蘭

荷蘭對於下水道污泥、黑土和堆肥之有機肥料的品質與使用有所規範，表 2.3 所列即為一些成分的限值。

表 2.3 荷蘭之下水道污泥、沉積物與堆肥乾物質成分的限值 (mg/kg)

成分	下水道污泥	沉積物	堆肥	完全堆肥
乾物質	>50%	>50%	>50%	>50%
鎘 (Cd)	1.25	1.5	1	0.7
鉻 (Cr)	75	140	50	50
銅 (Cu)	75	180	60	25
汞 (Hg)	0.75	1.5	0.3	0.2
鎳 (Ni)	30	30	20	10
鉛 (Pb)	100	120	100	65
鋅 (Zn)	300	560	200	75
砷 (As)	15	10	15	5

(資料來源：van der Sloot, 1996)

（五）英國

在英國大約有 30 萬台廚餘處理設備的使用，由於用戶的接管率達百分之百，廚餘的殘渣進入到污水廠處理屬於二級處理，可能會造成污水處理設備的故障，英國泰晤士污水處理廠亦表示不贊同家戶使用廚餘處理機處理廚餘，應朝向垃圾減量及資源回收來努力（陳文卿、陳國帝，2002）。

在 1960 和 1970 年代，有一些家庭廢棄物堆肥化計畫，但由於有時產生的堆肥品質不佳而無市場且掩埋的費用又較便宜之故，所以逐漸地這些計畫都陸續的結束了。直到 1990 年代初期，集中堆肥化管理才又再度重新開始，許多的堆肥場也再重新開放，據英國堆肥協會表示，現在大約有 70 個堆肥化設備（Gale, 1997）。

英國堆肥的產量由 1994 年的 65,000 噸增加到 1997 年時已超過 300,000 噸，但其利用堆肥來處理有機廢棄物的比率還是偏低。在英國採用的堆肥方式是以開放空氣長條式堆肥法為主，而堆肥物質的來源，超過 50% 是由公共回收中心的庭園廢棄物而來，表 2.4 所示即為英國 1997 年堆肥物質的種類與數量（Holland and Proffitt, 1998）。

表 2.4 英國 1997 年堆肥物質的種類與數量

物質的種類	堆肥數量（噸/年）
街道旁資源分類的廚房有機物	14,360
街道旁資源分類的庭園廢棄物	24,810
公共回收中心的庭園廢棄物	165,895
都市中公園或花園的庭園廢棄物	15,800
其他有機物	19,350
商業	73,000
總計	313,215

（資料來源：Holland and Proffitt, 1998）

三、加拿大

堆肥化是一個可以持續處理大部分廢棄物物質的方法，加拿大在 1992 年將近有 5.89 百萬噸的住宅、工業、商業和機構的有機廢棄物，但只有 385,000 噸（6.56%）是用回收方法處理，只有將近 413,000 噸（7.01%）使用堆肥的方式處置，而堆肥處理廢棄物中，有 315,000 噸是經由堆肥化設備中心處置，其他 98,000 噸為後院堆肥（Sawell, Hetherington and Chandler, 1996）。

四、澳洲

澳洲有足夠的開放空間和充分的掩埋場可以處理各種的廢棄物，這意謂不論在都市或鄉村選擇處理廢棄物的方法都是以最少成本為考量，相形之下，有機廢棄物回收就比較不利。但為了環境因素，必須施加壓力使原本掩埋處理的方法朝向私人或公共部門的堆肥化設備方式（Rochfort, 1998）。

要設計建造一套密閉式的堆肥系統的成本是很大的，尤其是要加入自動化操作設備。典型的成本如要建構一個試驗型的密閉式堆肥系統就需要 100,000 澳幣，甚至於更高，而小型商業規模堆肥系統的成本相對就比較少。但是小型商業規模堆肥系統如要能普及，就必須增加對臭氣的控制、縮短反應時間、有效的殺滅病菌和避免蟲害等（Line, 1999）。

澳洲以有機專用桶方案回收家庭有機廢棄物，餐廳之廚餘回收也於 2000 年開始進行，並在公園、購物中心等公眾場合設置廚餘回收桶，目前已經有 60% 的廚餘使用堆肥方式處理，預計在 2010 年時，廚餘與庭園堆肥每年可產生 95,000 噸。另外，約有 17 萬 5 千戶的廚餘使用廚餘處理設備來處置（陳文卿、陳國帝，2002）。

五、日本

表 2.5 所示為日本幾個城市的都市固體廢棄物的物理組成，由於城市間之收集模式與基礎重量比如乾基或濕基的不同而不能相互比較，但以濕基來說，廚餘就佔了所有廢棄物的 30% 以上 (Sakai, 1996)。

表 2.5 日本都市固體廢棄物之物理成分 (1989)

	Sapporo	Tokyo	Yokohama	Osaka
紙	25.2%	44.5%	40.0%	35.7%
廚餘	46.6%	31.3%	9.8%	6.5%
布	2.4%	3.9%	4.2%	5.9%
木材廢棄物	1.7%	6.1%	5.8%	5.2%
塑膠	12.5%	7.8%	14.8%	20.3%
橡膠、皮革		0.2%		
金屬	3.7%	1.2%	5.7%	5.3%
玻璃	7.1%	1.1%	13.2%	7.1%
陶瓷		0.1%		2.7%
土壤與廢料	0.8%		6.5%	
其他		3.8%		
備註	濕基	濕基	乾基	乾基

(資料來源：Sakai, 1996)

在日本每年大約有 280 百萬噸的有機廢棄物，佔了全部固體廢棄物的 60%，估計相當於包含了 1.32 百萬噸的氮肥、0.62 百萬噸的磷肥和 0.65 百萬噸的鉀肥，雖然這些氮、磷、鉀足以滿足日本農作物的需求，但大多數的廢棄物還是進入了焚化爐與掩埋場。在日本普遍採用焚化與掩埋系統處理有機廢棄物，這會產生許多不同的問題，如產生戴奧辛毒性物質等。每年大約有 5.47 百萬噸的樹皮、木屑等木材廢棄物，其中 95% 皆很有效益的運用於紙漿生產、燃料、家畜鋪蓋等。但每年大約有 2.5 百萬噸的庭院修剪廢棄物，卻大都是焚化或掩埋。

堆肥產量與堆肥設備持續的增加，儘管從 1990 年來增加的比率是很緩慢的，但也從 1979

年不到 600,000 噸的堆肥產量成長到 1996 年的 3 百萬噸，尤其是樹皮堆肥與畜糞堆肥近年來增加較多 (Biocycle, 1999)。在日本堆肥肥料使用最多是室外樹木的栽種，其次則是盆栽的種植 (Taki, 2001)。

日本家庭以家庭型分解消滅減量型垃圾處理機方式來處理廚餘，在大型的餐廳中除了使用消滅型處理機外，也有許多是採用快速發酵機。在日本的有機廢棄物與廚餘原先大多以焚化的方式處理，但近年來致力於資源回收工作的推動，堆肥處理量已有明顯的增加 (陳文卿、陳國帝，2002)。

六、韓國

韓國有超過 90% 的有機廢棄物進到了掩埋場，包括食物有 29.1%、紙類有 12.8% 和木材類有 3.7%，在 1997 年時，共收集了 12,949 噸的廚餘，但只有其中的 9.6% 被回收，然而近年來，利用堆肥處理廚餘和其他傳統棄置物的方法漸被重視而且數量也有增加 (Kim et. al, 1999)。漢城市政府於 1997 年起，為處理廚餘問題，曾設置 650 台的小型廚餘快速發酵機於城市內，進行廚餘的資源化處理，實施一年之後，由於臭味、噪音與操作問題而宣告失敗。目前廚餘的處理是以專車進行回收的工作，之後進入五座大型資源化中心進行處理，近兩年將會有另外七座廚餘資源化中心完成，預計將可處理漢城市每日 2800 噸的廚餘 (陳文卿、陳國帝，2002)。

第二節 台灣地區垃圾性質

台灣地區垃圾性質中，有機廢棄物垃圾 (包括廚餘類與木竹稻草落葉類) 佔了總垃圾量很大的比例。由表 2.6 中可看出，歷年來廚餘類垃圾佔總垃圾量平均達到 20% 以上，而木竹稻草落葉類的垃圾量，從 81 年以來平均佔總垃圾量達到 5% 以上。廚餘類和木竹稻草落葉類都是可堆肥的垃圾，所以可堆肥的垃圾歷年來平均至少達到 25% 以上。

表 2.6 台灣地區垃圾性質

年 別		81 年	82 年	83 年	84 年	85 年	86 年	87 年	88 年	89 年	
總 計 (%)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	
物 理 組 成 (乾基)	可 燃 分	計	82.94	82.94	86.99	84.63	84.49	87.50	86.58	90.17	87.34
		紙類	24.86	27.84	29.98	32.17	30.95	29.13	32.77	35.83	26.37
		纖維布類	3.97	5.13	4.81	6.21	5.05	5.80	5.27	5.20	6.06
		木竹稻草落 葉類	5.06	5.79	4.69	5.82	5.89	4.86	4.81	4.89	3.36
		廚餘類	25.73	23.47	23.50	17.94	18.97	24.90	18.29	21.83	27.76
		塑膠類	19.14	18.01	18.90	18.27	17.83	19.57	20.14	19.85	22.00
		皮革橡膠類	1.73	1.55	0.80	0.88	1.08	1.13	0.83	0.60	1.35
		其他	2.45	1.15	4.31	3.34	4.72	2.11	4.54	1.97	0.44
	不 可 燃 分	計	17.07	17.05	13.02	15.39	15.52	12.50	13.42	9.83	12.66
		金屬類	7.07	7.65	5.78	6.05	6.28	5.33	5.66	3.80	3.73
		玻璃類	7.69	7.44	4.94	5.59	5.67	4.95	5.84	4.99	7.31
		陶瓷類	0.83	0.92	0.98	1.64	1.56	1.26	0.71	0.51	0.29
		石頭類及 5 mm 以上土 砂	1.48	1.04	1.32	2.11	2.01	0.96	1.21	0.53	1.33

(資料來源：環保署統計資料，2002)

台灣地區垃圾性質中，有機廢棄物垃圾（包括廚餘類與木竹稻草落葉類）佔了總垃圾量很大的比例，圖 2.1 為台灣地區 2000 年之垃圾性質分類圖，如圖所示，其中廚餘類垃圾佔了總垃圾量的 27.76%，而木竹、稻草、落葉類佔了總垃圾量的 3.36%，因此可知有機廢棄物垃圾佔總垃圾量的比例就高達了 31.12%（環保署統計資料，2002）。在不斷積極推動垃圾分類、資源回收之際，卻獨漏有機廢棄物垃圾的資源化處理，而其所佔之垃圾量比例又這麼高，尤其是廚餘類垃圾，實對於垃圾回收資源化之行動深感有遺珠之憾，所以唯有加強有機廢棄物的回收工作，才能將垃圾問題畢其功於一役。

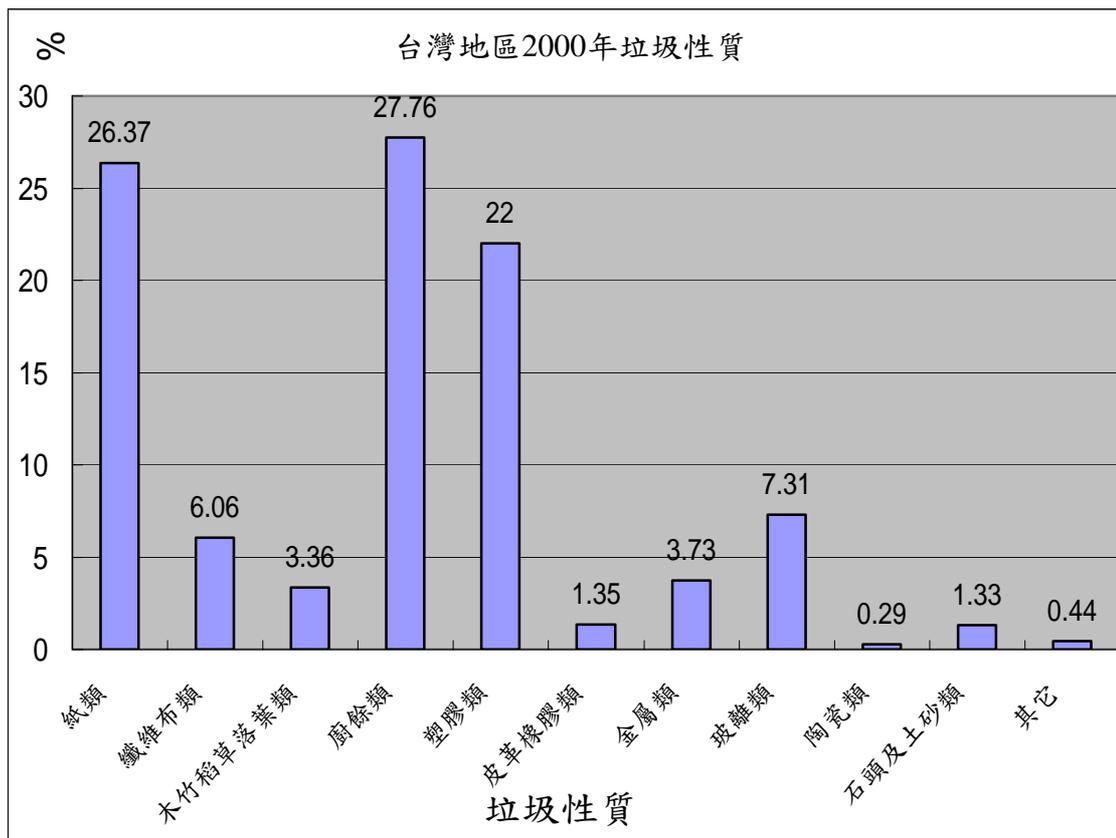


圖 2.1 台灣地區 2000 年垃圾性質

(資料來源：環保署統計資料，2002)

第三節 台灣地區垃圾處理方式

由表 2.7 中可看出歷年來台灣對垃圾的處理大都以掩埋（包含一般掩埋及衛生掩埋）和焚化爐焚化為主，兩者處理垃圾的方法佔總垃圾量的 90% 以上，以往是以掩埋的方式為主，近年來焚化爐焚化的比率逐漸提高，兩者彼此雖是互為消長的狀態，但總和還是在 90% 以上。資源回收的比率由 87 年度的 1.24% 到 90 年 1~6 月的 7.21%，呈現逐年增加的趨勢，然而堆肥的處理方式則都是維持在一個很小的比率。

表 2.7 台灣地區垃圾清理概況

垃圾清理概況

年(度) (月)別	平均每 日資源 回收量	垃圾處理方式								垃圾 妥善 處理率
		資源 回收	掩埋			焚化爐 焚化	堆肥	堆置	其他	
			計	一般掩埋	衛生掩埋					
			公噸/日	%	%	%	%	%	%	
78 年度	...	...	88.98	30.38	58.61	1.36	0.20	-	9.45	60.17
79 年度	...	...	88.04	29.90	58.14	1.14	1.65	-	9.17	60.93
80 年度	...	...	93.01	33.28	59.72	0.40	0.08	-	6.52	60.20
81 年度	...	...	90.44	26.86	63.59	3.19	0.10	-	6.27	66.88
82 年度	...	...	91.76	29.81	61.95	3.03	-	-	5.21	64.98
83 年度	...	...	89.88	24.24	65.64	4.86	0.02	-	5.25	70.52
84 年度	...	...	79.24	29.14	50.10	14.94	0.07	-	5.74	65.11
85 年度	...	...	79.15	23.93	55.22	15.62	0.03	-	5.20	70.87
86 年度	...	...	75.06	17.30	57.76	19.05	0.16	-	5.73	76.97
87 年度	306.17	1.24	74.37	12.11	62.25	19.36	0.00	3.30	1.73	82.86
88 年度	410.62	1.72	71.41	9.84	61.58	23.18	0.22	2.81	0.64	86.71
89 年度	938.17	3.94	59.97	7.28	52.69	33.90	0.00	2.13	0.06	90.53
89 年	1,305.62	5.72	54.07	8.34	45.73	38.70	0.04	1.42	0.06	90.18
90 年 1~6 月	1,560.11	7.21	46.65	6.11	40.54	44.85	0.00	1.15	0.14	92.60
國家環境 保護計畫 目標值	90 年									85
	95 年									90
	100 年									90

說明：1.獎勵民間 BOT/BOO 興建焚化廠第二期計畫奉核定興建完成，民國 100 年可提高焚化率至 90%。
2.資源回收量：87 年度至 88 年度為地方環保單位回收量；89 年度起尚含社區、學校及機關團體回收量。
3.垃圾妥善處理率=(衛生掩埋量+焚化爐焚化量+堆肥量+資源回收量)/(垃圾量+資源回收量)*100。
4.89 年度係自 88 年 7 月至 89 年 6 月底止，89 年係自 89 年 1 至 12 月底止。

(資料來源：環保署統計資料，2002)

圖 2.2 為台灣地區 2000 年之垃圾處理方式比較圖（環保署統計資料，2002），由圖示中可知，掩埋佔了垃圾處理方式的 54.07%，焚化爐焚化佔了垃圾處理方式的 38.70%，資源回收只佔了垃圾處理方式的 5.72%，而堆肥更只佔了垃圾處理方式的 0.04%。

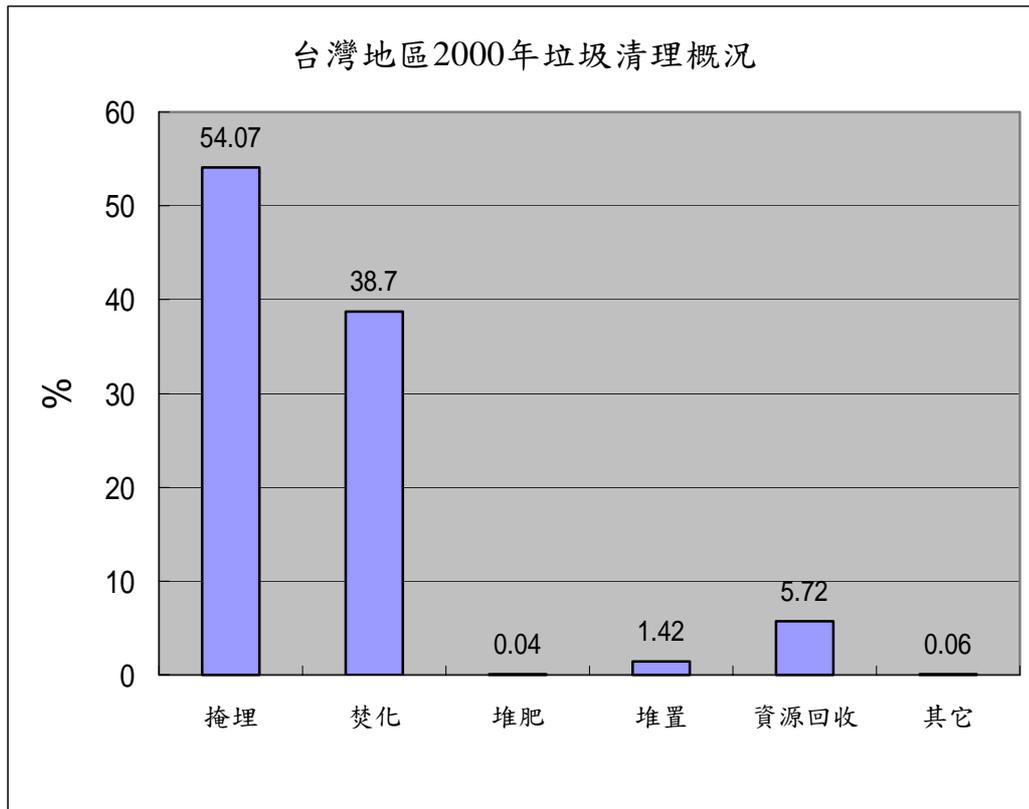


圖 2.2 台灣地區 2000 年垃圾處理方式

（資料來源：環保署統計資料，2002）

由此可知，目前台灣有機廢棄物的處理方式大都是送進了掩埋場或焚化爐。而廚餘中富含有機成分及油脂，進入掩埋場後，不但增加掩埋場的負荷量，更是造成惡臭與髒亂的來源；如以焚化爐焚化，則因廚餘中含有大量的水分，不但將增加助燃料之耗費，且會縮短焚化爐的使用壽命，並造成對空氣產生二次污染的問題。日、韓兩國及歐盟各國皆已立法，明定不可以掩埋或焚化的方式來處理廚餘垃圾，而應以其他資源回收的方案為之（林學正、陳昭湘，2001）。

第四節 台灣地區有機廢棄物處理狀況

一、台灣地區堆肥經驗

過去台灣的農夫往往自設堆肥場，將農業廢棄物及廚餘製成堆肥，台灣之堆肥化處理可說是歷史久遠。堆肥產業所會遭遇的問題包括有掩埋費用低廉、缺乏一致的堆肥生產品質標準和堆肥人員沒有充分適當的訓練等（Coker, 2000）。台灣早於 1956 年第一座的都市垃圾堆肥化實驗工廠在屏東市設置，之後陸續於各地興建 22 處堆肥場。但目前幾乎都已停止操作或報廢，檢討其原因有下列幾點（謝錦松、黃正義，1997）：

（一）近郊農地之都市化

由於工商業的發展，使得農業面積與務農人口大為減少，都市化的結果，堆肥需求量也相對地減少。

（二）農田改依賴化學肥料

因化學肥料的普遍化，且其價格低廉、使用方便，所以取代舊有的施肥方式。

（三）堆肥品質不良

堆肥材料日趨複雜、堆肥廠設備老舊簡陋及堆肥製作過程不良等，使製造出之堆肥成品品質不穩定。

（四）地方政府管理單位財源拮据，且觀念偏差

堆肥廠的經營無法達到損益平衡，應思考的是，到底是為了製造有機肥料才來做堆肥，還是為了減少垃圾量才來做堆肥。

（五）農地使用堆肥時間短

堆肥的產生大於消耗，堆肥成品大量累積的結果，使得堆肥成品的儲存形成了另一種資金上的負擔，

(六) 堆肥工廠設備簡陋造成環境污染

工廠設備的簡陋、機械維修工作的忽略及操作流程的不當，再加上二次污染防治設備的缺乏，容易造成環境的污染。

二、台灣地區廚餘處理方式

台灣地區有機廢棄物以廚餘類為最大宗，因此更顯廚餘處理的重要性，一般來說，「廚餘」(food waste) 指的是所有來自生的或熟的「生質材料」(biomass) 廢棄物(陳伯宇, 2001)。生質能、太陽能及風力能等三種天然能源可併稱為可能的再生能源(康世芳, 2002)。廚餘垃圾包括：剩菜、剩飯、菜葉、果皮、魚骨頭、肉骨頭、蛤蜊殼、海鮮、奶製品、過期腐敗的食物、泡過之菜葉、花生殼、瓜子殼、中藥渣及其他可被微生物分解之有機物(李文智, 1998)。廚餘堆肥化所遇到的困難，首先，食物不是容易處理的物質，有其富含水分、容易腐敗、產生臭味和孳生蟲卵等特性；其次，堆肥場的設置也受限於幾個因素，包括空間的缺乏、堆肥化專門技術人員之欠缺、廢液流出處理的困難和影響場址及其周遭環境的美觀等(Rynk, 2000)。

茲將台灣地區目前廚餘的處理方式，區分為一般處理方式及計畫性堆肥處理方式兩大類，並分述如下(石金福、陳民華, 2001；洪正中, 2000)：

(一) 一般處理方式

1. 隨一般垃圾丟棄

對象：一般家庭

優點：方便不用增加支出

缺點：增加垃圾量、衝擊環境

2. 養豬戶設回收站

對象：營業性與集合住宅

優點：不用付費、減少垃圾量

缺點：不能普及化、衛生問題

3.天然分解法（直接掩埋）

對象：鄉下農村

優點：方便不用增加支出

缺點：存放有臭味、孳生蚊蟲

（二）計畫性堆肥處理方式

1.廚餘桶及商業型家用廚餘機

對象：一般家庭

優點：操作簡單方便

缺點：需添加菌體與操作方式不一、可能產生臭味且有機肥料並非每個家庭都有需求

2.廚餘高速發酵機或消滅型廚餘處理機

對象：餐廳、學校或大型社區

優點：處理設備調配方式簡單、反應時間大幅縮短

缺點：產生的有機肥可能有未完全腐熟與不平衡營養成分之情況發生

3.大型的廚餘資源化中心

對象：全面性

優點：可減少臭味、噪音與環境衝擊，且所產生的有機肥料性質穩定，增加經濟效益

缺點：需設回收站與政策配合

三、台灣地區廚餘處理計畫

近年來廚餘有機廢棄物處理的問題漸受到政府的關注，環保署在九十年度編列一億元的經費鼓勵地方政府推動廚餘有機資源再利用計畫，這表示政府在廚餘回收再利用上跨出第一步，期望自此之後廚餘資源化活動能遍及各地，表 2.8 即為九十年度環保署廚餘清運與回收再利用示範計畫。

表 2.8 九十年度廚餘清運與回收再利用示範計畫表

計畫名稱	主辦單位	計畫執行內容摘要	補助經費
宜蘭縣推動廚餘等有機廢棄物回收再利用示範計畫	宜蘭縣環境保護局	宜蘭市以高溫蒸煮後養豬與堆肥處理、羅東鎮與頭城鎮以快速堆肥法處理；自然環境保護基金會負責廚餘回收堆肥化教育宣導計畫	1,500 萬元
台北市廚餘清運回收再利用計畫	台北市環境保護局	申請補助垃圾車改裝費、傾卸台、去袋機、輸送機等清運機具及廚餘堆肥營運計畫，以及推動社區自主廚餘堆肥系統試辦計畫	1,800 萬元
台北縣汐止市廚餘回收再利用及教育推廣計畫	台北縣環境保護局	以教育宣導先期建立汐止市市民廚餘回收再利用之觀念，接續建立該地區廚餘回收清運系統及建立廚餘回收廠，遠程則擴及深坑、石碇、萬里等鄉之廚餘回收再利用；另同時進行廚餘回收製作堆肥操作模式、堆肥安全性、植栽效益評估計畫，以確保廚餘再利用可行與安全性	2,000 萬元
台中市全面推動廚餘回收工作計畫	台中市環境保護局	全面宣導及回收廚餘，主要申請補助項目為媒體宣導費、宣導短片、購置廚餘回收設備、堆肥廠委託規畫費等	1,100 萬元
垃圾減量及廚餘回收處理再利用示範計畫	彰化縣環境保護局	先行推廣回收彰化市、鹿港鎮、和美鎮、員林鎮、二林鎮等五鄉鎮廚餘，經高溫蒸煮後養豬，預定每日回收廚餘 110 噸	712 萬 5 千元
垃圾減量及廚餘回收處理再利用示範計畫	雲林縣環境保護局	先行推動回收斗六市、斗南鎮、虎尾鎮、北港鎮、土庫鎮、西螺鎮等六鄉鎮廚餘，經高溫蒸煮後養豬，預定每日回收廚餘 77.5 噸	665 萬五千元
有機廢棄物回收並轉成有機堆肥示範計畫	台南市環境保護局	目前已回收勝利、崇學國小、漢唐社區、成大醫院宿舍等三十六個社區以自然堆肥與設置堆肥廠以好氧堆肥處理廚餘	450 萬元
新竹市社區與學校廚餘處理再利用示範及推廣計畫	新竹市環境保護局	選定該市有意願之學校與大型社區，以委託試辦推廣廚餘回收再利用	150 萬元
新港鄉廚餘回收再利用推廣計畫	嘉義縣環境保護局	新港國小 31 班、文昌國小 19 班、月眉國小 21 班及環境生態組成員 20 戶，以廚餘桶與自然堆肥法回收再利用	50 萬元
高雄市社區與機關學校廚餘再利用示範及推廣示範	高雄市環境保護局	選定有配合意願之大型社區及學校，設置回收站試辦廚餘回收再利用計畫	150 萬元
石岡鄉廚餘收集堆肥計畫	台中縣石岡鄉公所	針對全鄉家戶及機關、學校、餐廳之動植物、油湯類廚餘均回收，家戶發給 8 公升小型加蓋廚餘桶，機關、學校、餐廳則發給大型廚餘桶，每兩天清潔隊以資源回收車隨垃圾收集時回收至廚餘堆肥廠，以木	500 萬元

		屑與粗糠自然堆置翻堆發酵	
屏東科技大學社區與學校廚餘堆肥示範計畫	屏東縣環境保護局	收集屏東科技大學校內與周邊社區廚餘回收採厭氧發酵方式就地處理利用	90萬元

(資料來源：陳建志，2002)

第五節 生物可分解塑膠袋的運用

在廚餘的回收過程中，一般民眾習慣使用塑膠袋盛裝再丟入廚餘回收桶或回收車，如此將會造成堆肥化處理的不便，且使得製成的堆肥品質不佳，所以如能以生物可分解塑膠袋取代傳統的塑膠袋，則生物可分解塑膠袋可隨著堆肥化過程加以分解，減輕對環境所造成的衝擊。目前生物可分解塑膠袋的價格高於不可分解的塑膠袋，但是如果將處理成本列入考量，不可分解塑膠袋的處理成本是高於生物可分解塑膠袋(雍介民，2001)。傳統垃圾袋的價格較生物分解堆肥袋便宜1至1.5倍，但是以傳統垃圾袋收集廚餘等有機廢棄物的去袋程序(打開袋子及倒出廢棄物等)所需的工時較多，每立方公尺之人工去袋費用約2-6元美金，而人工去袋不僅增加成本也不衛生，且傳統垃圾袋覆土掩埋的費用也較高，因此採用生物分解堆肥袋收集有機廢棄物將為未來之趨勢(楊紹榮，2000a)。

一、生物可分解塑膠的定義

生物可分解塑膠為一種高分子的材料，使用期間可與傳統塑膠有相同之功用，而於使用過後，存在於自然界的微生物會將其分解為低分子量的化合物，最後會變成二氧化碳等的無機物(沈曉復，2000)。生物可分解塑膠在有足夠的溼度、氧氣與適當的微生物存在等的條件下，於自然掩埋或堆肥環境中，可被微生物所分解，但平時暴露於空氣中的時候並不會進行分解。依照國際標準要求，生物可分解塑膠經使用丟棄後，必須在一段合理的時間內完全分解，成為自然界中普遍存在的元素，應符合以下三項原則(朱惟君，2001)：

(一) 應完全崩解：需要完全崩解至殘留的碎片無法以肉眼辨識。

(二) 應完全分解：應於 180 天之內，表現出具有與天然的生物可分解高分子相同之生物分解速率及程序。

(三) 不具毒性：生物可分解塑膠對環境中的細菌、微生物與植物之生長能力不造成影響。

二、生物可分解塑膠的沿革

歷經了光降解性塑膠及崩解型塑膠的階段，才研發出現今之生物可分解塑膠，將此三種的特性分述如下（朱惟君，2001）：

(一) 光降解性塑膠：是在傳統的塑膠（PE、PS、PP）中加入光敏促進劑，其原理是藉由日光中紫外線能量的吸收，促成塑膠產生裂化反應，但因碎裂崩解後殘留的塑膠碎片不能分解，所以還是不能解決塑膠的問題。

(二) 崩解型塑膠：於傳統的塑膠中配加澱粉及生物發酵等成分，藉由環境中的微生物將澱粉吞噬以崩解，但其中塑膠的部分還是不能分解，還是會有塑膠碎片殘留的問題，故不算成功。

(三) 生物可分解塑膠：生物可分解塑膠又稱為「綠色塑膠」，是利用生物化學的科技，經由植物的精煉、發酵及合成等程序，製造出可被生物完全分解的生物可分解塑膠材料。可運用有機堆肥的方式將其回歸大自然之中。

三、生物可分解塑膠的運用

聚苯乙烯塑膠（PS）的特性為質脆、透明和熱穩定性佳，主要的用途在於包裝材質、絕緣材質及一般性消費產品，聚苯乙烯塑膠對於生活有好用、便宜及用完即丟的好處，也對於防治 B 型肝炎的傳染有所貢獻，但其廢棄時之最終處置，總是找不出一個完善的方式（黃武章，2000）。對於塑膠廢棄物的處理方式，掩埋法因土地取得問題而顯日益困難，而焚化法又

會有二次污染的顧慮，故對於塑膠廢棄物的處理仍以採用分解性塑膠與回收再利用等方法較為適當（楊紹榮，2000b）。近年來環保意識高漲，國際間已有許多限制及反對使用塑膠的聲音出現，愈來愈多的國家採取了較嚴格的法規來限制塑膠製品之使用（宏力生化科技股份有限公司，2000）。

對於分解性塑膠的開發研究，在歐美及日本等國已有二十幾年的歷史（楊紹榮，2000c）。美國、西歐及日本等三個主要地區在 1998 年對生物可分解塑膠的總需求量達到 1.8 萬噸，價值達 9,500 萬美元，預估需求量到 2003 年將擴大至 9.1 萬噸（洪世淇，2001）。美國穀物協會（U.S. Grains Council）近年來不斷將生物可分解塑膠等生物可分解物質，行銷推廣至世界各國（Kitch, 2001）。許多公司積極投入生物可分解塑膠的研發，使得生物可分解塑膠的應用範圍更加廣泛，如表 2.9 所示生物可分解塑膠的用途，不僅可以運用於日常生活用品，還可用於建築材料及醫療的特殊機能等。其中在堆肥材料的收集過程，若加入生物可分解塑膠袋的使用，將可提升堆肥的品質（洪世淇，2002）。

表 2.9 生物可分解塑膠的主要用途

領 域		用 途 說 明
利用於室外環境	農漁業用資材	多層薄膜、育苗用容器、魚網、釣魚線
	土木建築用資材	隔熱材料、土木工程用鑄型、水土保持用布材、護土網
	野外休閒用品	高爾夫球運動用品、釣具、登山用品、海洋運動用品
使用後難以回收或再利用的部分 (堆肥處理最有效)	食品包裝用薄膜、容器	生鮮食品的包裝托盤、速食店用容器、便當盒
	衛生用品	紙尿布、生理用品
	事務用品、衣料等	鉛筆盒、牙刷、垃圾袋、免洗衣服
特殊機能用品	徐放性	醫藥品、農藥、肥料、種子等的被覆材料
	保水性、吸水性	沙漠或荒地的育林用素材
	生體內分解、吸收	手術縫合線、飲料用包裝材的內部塗佈材料
	低透氣性、非吸著性	食品包裝薄膜、飲料用包裝材的內部塗佈材料
	低融點	包裝、製本、製袋時採用的接著劑

（資料來源：洪世淇，2002）

四、生物可分解塑膠袋堆肥化成品分析

楊紹榮 (2000d) 指出，台南區農業改良場於台南縣佳里鎮之農牧廢棄資源處理中心，進行生物可分解塑膠袋堆肥化的評估，共有三種處理方法，分別為 Mater-Bi 白色生物可分解塑膠袋內裝填榕樹落葉及未裝盛物品的白色生物可分解塑膠袋，並以處理中心原牛糞等材料為對照，其結果如下所述：

(一) 生物可分解塑膠袋在堆肥發酵槽之分解率

農牧廢棄物在堆肥發酵槽中發酵時溫度可達 50°C 以上，造成生物可分解塑膠袋在其內分解膜有卷曲情形發生，二週之後開始有破裂分解的現象，而且速度相當快，三週後其破損率可達 50~60%，四週後破損率已經達到 85~90%，五週後生物可分解塑膠袋幾乎可完全分解。

(二) 生物可分解塑膠袋堆肥化之有機質物性分析

生物可分解塑膠袋與一般堆肥（牛糞等原料）之堆肥化有機質物性的比較，在經 13 週之掩埋及翻堆後，取樣所製成的有機肥料分析其異同，生物可分解塑膠袋堆肥成品的水分含量為 54.6% 比一般堆肥的 35% 為高，有機質含量 49.1% 與對照組之一般堆肥的 46.2% 差不多，pH 值 9.02 較對照組的 7.24 要高，電導度為 10.7ms/cm 相對於對照組的 13.7ms/cm 較少。至於微生物相的含量，生物可分解塑膠袋及一般堆肥其堆肥化的有機肥料中，細菌與真菌的含量差不多，統計上並無明顯的差異，然放射菌含量則是一般堆肥比生物可分解塑膠袋為少。

(三) 生物可分解塑膠袋堆肥化之主要元素及重金屬含量

生物可分解塑膠袋堆肥化後之有機肥主要元素均較對照組為少（如表 2.10 所示），然重金屬含量以生物可分解塑膠袋所製成的有機肥較少（如表 2.11 所示）。

表 2.10 生物可分解塑膠袋堆肥化後有機質主要元素含量分析

處理	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
生物分解袋裝填榕樹落葉	1.23	0.92	1.28	3.38	0.39
生物分解袋	1.17	0.89	1.24	2.98	0.39
對照（牛糞等材料）	1.77	1.84	1.38	4.31	0.61

（資料來源：楊紹榮，2000d）

表 2.11 生物可分解塑膠袋堆肥化後有機質重金屬含量分析

處理	Fe	Cr	Cu	Mn	Zn	Cd	Pb	Ni
	(ppm)							
生物分解袋裝填榕樹落葉	2,691	3.77	92.9	189	255	0.77	3.1	4.3
生物分解袋	2,583	3.73	89.3	185	245	0.87	4.1	4.4
對照 (牛糞等材料)	4,188	8.57	208	311	740	1.17	8.8	7.4

(資料來源：楊紹榮，2000d)

第三章 堆肥化處理機制

第一節 施肥之歷史

自從神農氏教授耕種技巧之後，中國就與農耕有著密不可分的關係，中國自稱以農立國，可見農業對有悠久歷史的中國影響之巨。土壤肥力的涵養對於農業生產起了極重要的作用，由一些文獻記載中可知我國很早就對施肥有了認知。早於商湯時期，當時的宰相伊尹即教導人民使用糞來施肥。至西周和春秋戰國時代，在《詩經·周頌·良相》中說：「荼蓼巧止，黍稷茂止。」，即知道荼蓼腐爛於田中與黍稷的生長茂盛有關係；《禮記·月令篇》中載有：「季夏大雨時行，乃燒薶行水，利以殺草，如以熱湯，可以糞田疇，可以美土疆。」，這時已知腐爛的雜草可用以肥田；《荀子·富國說》中有云：「掩田表畝，刺草殖穀，多糞田是農夫眾庶之事也。」即說明農民已普遍將野草腐爛成肥料且用糞以肥田；《荀子·富國說》中又云：「今是土之生五穀也，人善治之，則畝益數盆，一歲而再穫之。」，說明對於土壤只要善治之，就會提高其肥分，甚而一年有兩穫。戰國末期，《呂氏春秋》中有曰：「厚加糞壤，深耕而細耨之。」。西漢時期，《汜勝之書》中提到：「凡耕之本，在於趣時，和土，務糞澤，早鋤，早穫。」，即說明耕種之本在於迎合時序、調和土壤與保栽；還提出：「率：九尺一樹。樹高一尺，以蠶矢糞之；樹三升。無蠶矢，以溷中熟糞糞之亦善；樹一升。」，即說明施肥的技巧；書中又說：「須草生，至可耕時，有雨即種，土相親，苗獨生，草穢爛，皆成良田。」，說明了雜草腐爛成肥，而使土壤肥沃的現象。西晉時期，郭義恭《廣志》中說：「苕，草色青黃，紫華。十二月稻下種之，蔓延般盛，可以美田，葉可食。」已有種植綠肥的概念。北魏時期，賈思勰《齊民要術》之《耕田篇》中說：「凡美田之法，綠豆為上，小豆、胡麻次之。」，「其美與蠶矢、熟糞同。」；《種葵篇》中又云：「若糞不可得者，五、六月中概種綠豆，至七、八月犁掩殺之；如以糞糞田，則良美與糞不殊，又省功力。」，都說明綠肥可用以肥沃土壤。元代時期，王禎《農書》中指出：「於草木茂盛之時，芟倒就地內掩掩腐爛，草腐而土肥美也。」，又說：「耕農之事，糞壤為急。」，「惜糞如惜金」等，都說明肥沃土壤之法及對肥料的重視。到了明代，

徐光啟的《農政全書》中提出：「苗糞如蠶豆、大麥皆是，草糞如翹、蕘、蔞、苕，江南皆特種以壅田，非野草也。」說明了綠肥受到普遍的使用；《沈氏農書》上載有：「人糞之力速，牛糞之力久，羊壅宜桑地，豬壅宜水田，一畝之花草，可耕田三畝。」可知對於各種不同施肥的方法已能巧妙的運用（羅明典，1980；漢聲出版社，1996）。

台灣在日據時代以前就有綠肥的栽培，但文獻已不可考。直至清光緒三十四年（西元一九〇八年），台灣總督府才開始獎勵綠肥的種植，選擇在有綠肥種植之處，推行綠肥模範農田並宣導其效果，使一般農民能了解綠肥的益處。台灣在光復前曾經種植綠肥之耕地面積，每年均未超過四分之一；民國二十四年經台灣總督府的獎勵推廣達到歷史的最高峰，全台灣綠肥作物栽培面積為二一八、六二〇公頃；光復初期，因化學肥料供應尚未充裕，政府除鼓勵農民種植綠肥作物，並以動物糞尿與稻草、甘蔗葉等混合製成堆肥，用以增進土壤肥力並補化學肥料之不足；民國三十四年至五十年代，因為化學肥料尚未十分普及，所以綠肥的栽培仍是維護地力及增進農作物生產的主要方式；六十年代後，由於勞力的缺乏且化學肥料大量的生產，以及土地利用效率的考量，綠肥栽培面積大量縮減而逐漸被速效性化學肥料所取代；至民國七十九年，綠肥的栽種面積降到最低，只剩下七、七一七公頃（台灣省政府農林廳，1998）。

日本方面，在平安朝代，就有施用廐肥、野草及草木灰的記錄。在「清良記」（西元1581年，天正9年）、宮崎安貞的「農業全書」（西元1696年，元祿9年）及其他的古農業書上，就將糞、糞土等字當作「肥料」、「肥潤」。「農業全書」除了糞尿之外也有記載魚貝肉、米糠、海藻及綠肥等之用法。「培養密錄」（西元1817年，文化14年），其中記載著在馬尿中含有相當於現在所稱的氯化銨、硝酸鉀的物質。在「農稼肥培論」（西元1826年，文政9年）中，就更增加肥料的種類（邱標麟，1988）。

第二節 堆肥之原理與方法

一般將堆肥的原理與方法分為厭氧反應方式與好氧反應方式兩大類。一、厭氧反應方式：

是將堆肥物堆積減少其與空氣之接觸，以厭氧性分解為主要的反應，促使有機物安定化的處理方式，傳統式的自然堆積法（window composting）即屬之，然其缺點為反應緩慢需數個月才能堆肥化。二、好氧反應方式：利用翻堆或強制送風、抽風，以好氧性分解使有機物安定化的方式，其反應快處理時間短又稱為高速堆肥化法(林駿、陳立,1994)。

一、堆肥的定義

在台灣肥料管理法（1999）第三條中對堆肥的定義為「指以有機質材料，經發酵腐熟之肥料」。「凡一切含有肥料成分的動植物與礦物質，混合堆積，經分解或固化，而成的產物均可稱為堆肥」(高明堂、簡芙蓉，1980)。堆肥（compost）是堆肥材料在堆肥化過程中的產物；然而堆肥化（composting）是指微生物把堆肥材料轉化成堆肥的生物化學過程，即微生物族群在堆肥材料中的繁殖過程，也就是堆肥材料由生物予以消化、水解後利用這些生質能源來做繁殖、生長和新陳代謝，而用化學和生物化學過程合成次生產物，再經過氧化聚合而成腐植質（humus）(林鴻淇，1999)。如能將堆肥物質確實的磨碎，堆肥化後所產生的物質不需再篩選就可完成被利用（Farrell, 2002）。

二、肥料的定義

在台灣肥料管理法（1999）第三條中對肥料的定義為「指供給植物養分或促進養分利用之物品」。在日本的肥料管理法中提到，肥料的定義為「提供植物之營養，或有利植物栽培，使土壤發生化學的變化為目的之施於土地者及提供植物營養為目的之施於植物者」(張仲民，1991)。農作物栽培於土壤中，土壤供給作物吸收的要素中，因作物對氮（N）、磷（P）、鉀（K）的需求量高，而且土壤中易於缺乏，無法充分供給，故需要以肥料補充，因此該三成分係所謂之肥料的三要素（陳榮五、陳鴻堂、賴文龍，2000）。而一般認為含有該三要素成分中任何一種以上者就是肥料。

三、堆肥的機制

選擇一個適當又具特色的堆肥技術方法，要有幾點考量：(1) 處理方式及規模大小，要考量所需處理的數量。(2) 濾液要有適當的處理，以免造成二次污染。(3) 臭氣的處理。(4) 發酵過程有效控制。(5) 堆肥處理要兼具美觀。(6) 法規制度的配合。(7) 要考量整體的經濟效率 (Marion, 2000)。然而對於臭味控制的要點：(1) 潮溼的堆肥原料在腐敗之前就應混入進行堆肥。(2) 將水分調整為最適狀態 (55~65%)。(3) 供給充足的空氣。(4) 使用生物濾床以去除臭味。(5) 運用一些基本常識的管理，如生產時間、季節的控制和注意風向與鄰近居民間的相對關係等。(6) 邀請鄰近的居民到廠區內參觀，並對其所抱怨的事項應有所回應 (Goldstein, 2002)。

茲將一般堆肥化發酵機制區分為發酵前、發酵中與發酵後等三個階段，並分別將其基本條件的原則敘述如下：

(一) 堆肥發酵前階段

1. 易腐熟之材料選定

適合運用堆肥的處理方式是因其富含含有充分有機物質，為了要增進堆肥化的效率，應先將混入的塑膠、金屬、玻璃等異物以及不適合堆肥化之物質予以去除。然而將非堆肥化物質去除有以下之目的 (謝錦松、黃正義，1997)：

- (1) 能增加發酵槽之反應容積。
- (2) 能避免纖維類及繩索類捲入，或者木、竹、金屬等卡入堆肥之搬送裝置及翻堆裝置。
- (3) 將混入之乾電池等重金屬類物質去除，因其在後處理之分選上相當的困難，最後會留存於堆肥成品中。
- (4) 將不適合堆肥化的物質去除，能避免防害發酵反應。

2. 適當之材料顆粒尺寸

一般最適宜的堆肥原料顆粒大小尺寸為 2.5~7.5 公分，粒徑太大則分解慢，粒徑太小會造

成空氣供應不足，產生厭氧的情形（張乃斌，1997）。

（二）堆肥發酵中階段

1. 微生物

堆肥發酵有關的主要微生物包括細菌、絲狀菌及放線菌三類，剛開始由溫性細菌、絲狀菌先行分解醣類、蛋白質並使溫度提高，接著再由好熱性細菌、絲狀菌、放線菌等大量的生育、分解，最後再經由中溫性微生物的持續分解作用而臻腐熟（林財旺，1999）。

一般有機物堆肥原料中含有充分的微生物，不需特別添加微生物，若有微生物不足之虞，則可於堆肥原料中混入腐熟堆肥，即將部分腐熟堆肥或水肥污泥種植（seeding）於堆肥原料中以增加微生物菌源，或增加微生物分解酵素，縮短堆肥的時間，一般迴送 1~5% 之熟肥可收良好堆肥反應之效。良好的有機質肥料，除了可提供養分以為植物生長之需及改良土壤的效果外，也必須提供有益微生物適合生存的環境，而良好的微生物有機質肥料通常具有下列幾點特性（蔡宗武，2002）：

- （1）可以提供營養源以促進作物及有益微生物生長。
- （2）良好的有機質降解效果，可增進土壤肥力及土壤改良效果。
- （3）標的有益微生物含菌量穩定，可大量增殖，並發揮其功能。
- （4）提高肥料施用效能，降低作物肥料需用量，降低生產成本。
- （5）促進作物生長、產量及品質，減少病蟲害發生。
- （6）商儲壽命長，品質穩定，可長時間儲放。

2. 水分

一般生垃圾含水量通常在 40~65% 之間，而製造堆肥最合適的水分含量為 50~60% 左右。含水量過高時有利於厭氧菌生長，將引起厭氧發酵降低有機物質分解速率，且不利於真菌、好氣性細菌及放射菌之生長，而真菌、好氣性細菌及放射菌是堆肥化過程中最主要的微生物，故含水量太高不利於堆肥之發酵腐熟；含水量過低時不利於微生物的繁殖，會增加堆肥化過

程所需要的時間，含水量低於 12~15%時，微生物的活動幾近於停止（簡宣裕，1999）。

3.碳氮比 (C/N)

若是直接施於土壤中的有機物質之碳與氮的比值太大，初期會因為微生物的大量生長，而使得土壤中的氮素、磷素及鉀素減少，於是作物相對缺乏可吸收利用的營養素，特別明顯的是有效性氮濃度的減少，此外由於微生物的快速生長，造成作物根部周圍環境缺氧、溫度過高，且產生如有機酸與酚酸等對作物有害的化學物質。若是直接施於土壤中的有機物質之碳與氮的比值太低，則會有局部產生高濃度氨氣的現象，對耕種的作物造成毒害。因此一般有機物質需經由堆肥化發酵的過程以穩定化學性與物理性，才不致於傷害土壤及作物。

堆肥的有機質堆肥原料之碳與氮比值大時，雖然有充足的碳化合物做為微生物的活動能量，但是因為氮含量的比例少，碳氮比的下降速度較為緩慢，故堆肥發酵的時間也就需要較長，須長達三、四個月甚或半年以上。堆肥的有機質堆肥原料之碳與氮比值小時，因為氮含量的比例較高，所以在堆肥發酵的過程之中會產生大量氨氣而揮發，而造成了氮素減少的現象。

一般基質最適宜的碳與氮的比值應調整在 30 以下較有利於發酵，幾種製作堆肥材料的碳與氮含量如表 3.1 所示，可作為堆肥製造時的參考（簡宣裕，1999）。

表 3.1 幾種製作堆肥材料的碳與氮含量

種類	碳 (%)	氮 (%)	碳氮比 (C/N)
豬糞	43	3.0	14.3
雞糞	34	4.2	8.1
牛糞	51	2.7	18.8
稻草	53	0.7	76.0
稻穀	53	0.6	88.3
廢棄菇類木屑	45	0.7	64.3
闊葉樹樹葉	55	1.2	45.8

（資料來原：簡宣裕，1999）

4.溫度

堆肥材料因呼吸作用每消耗一克的葡萄糖就會產生 4.2Kcal。處於靜態堆肥的條件之下，微生物菌群成長到其產生的熱量大於所散失的熱量時，中心部位在一段時間之後就可達到 70℃ 的高溫狀態。

發酵之過程，最少應有三天以上達到 60℃ 以上的發酵溫度。堆肥發酵初期為中溫期，中期為高溫期，末期則降至中溫，最後至常溫。一般的堆肥發酵法，在堆積後的第一天溫度可達 50℃，2~3 天後升至 60℃，最高可達 73~75℃。表 3.2 中可看出溫度對雜草種子發芽率的影響，表 3.3 表示出病原菌、寄生蟲及蒼蠅等對溫度的感受性（王銀波，1999）。由此可知除了表 3.4 所示之好熱菌外，憑藉堆肥發酵的過程可以殺滅大部分的病原菌、寄生蟲卵、蒼蠅卵及雜草種子等（袁紹英，2001）。

表 3.2 堆肥的溫度對於雜草發芽率影響之效應

種類	發芽率 (%)		
	在堆肥表面低於 50℃ 放 11-14 日	堆肥中 60℃ 放 2 日	對照組
<i>Digitaria adscendens</i>	96	0	74
<i>Penicum villosum</i>	72	0	87
<i>Cyperus microiria</i>	56	0	30
<i>Cheopodium album</i>	26	0	16
<i>Portulaca oleracea</i>	85	0	91
<i>Amaranthus blitum</i>	68	0	70
<i>Acalypha australis</i>	7	0	51
<i>Oryza sativa</i>	75	0	98
<i>Hordeum vulgare</i>	16	0	96

（資料來源：王銀波，1999）

表 3.3 常見病原微生物及蒼蠅溫度感受性

類別	病名	病原	溫度、時間	感受性
病毒	新城雞病	Paramyxovirus	56°C , 6hrs	+
	傳染性支氣管炎	Coronavirus	56°C , 15min	+
	傳染性喉頭氣管炎	Herpesvirus	30°C , 5min	+
	馬立克病	Herpesvirus	60°C , 5min	+ (or -)
	雞痘	Poxvirus	60°C , 8min	+
	家禽流行性感冒	Orthomyxovirus	56°C , 30min	+
	傳染性滑氏囊炎	IBDV	56°C , hrs	+ (or -)
	口蹄疫	Picornavirus	70°C , 15sec	+ (or -)
	假性狂犬病	Herpesvirus	70°C , 5min	+
	豬瘟	Togavirus	60°C , 10min	+
	傳染性胃腸炎	Coronavirus	45°C , 45min	+
細菌	黴漿菌症	Mycoplasma	56°C , 30min	+
	離白痢	Salmonella	60°C , 5min	+
	傳染性可利查	Haemophilus	55°C , 6min	+
	巴氏桿菌症	Pasteurella	60°C , 30min	+
	葡萄球菌症	Staphylococcus	60°C , 60min	+
	豬丹毒	Erysipelothrix	56°C , 10min	+
寄生蟲	球蟲症	Coccidia	45°C , 24hrs	+
	蛔蟲症	Ascarids	54°C , 5min	+
蒼蠅卵		45°C , 24hrs	+	
蒼蠅蛆		60°C , 12hrs	+	

＋：不活化或死滅。－：有感染性。

(資料來源：王銀波，1999)

表 3.4 堆肥中常見好熱菌

種名 生育最高	溫度 (°C)	備註
Bacillus acidocaldarius	70	好氧性菌
B. brevis	60	
B. coagulans	60	
B. stearothermophilus	70	
Clostridium tartarivorum	60	嫌氧菌
C. thermoaceticum	60	
C. thermosaccharolyticum	60	
Desulfotomaculum nigrificans	70	
Lactobacillus thermophilus	65	
Micromonospora vulgaris	62	
Micropolyspora caesia	65	
M. faeni	65	
Pseudonocardia thermophila		
Streptococcus thermophilus	55	
Streptomyces thermoviolaces	60	
S. rectus	60	
Thermoactinomyces sacchari	70	
T. vulgaris	70	
Thermomonospora curvata	65	
Thermoplasma acidophila	65	好氧菌
Thiobacillus thermophilica	75	

(資料來源：袁紹英，2001)

5. 酸鹼值 (pH 值)

在堆肥材料中之水分多而氧氣少的地方容易會產生有機酸，若是所產生的酸當量大於堆肥材料中的鹼性度 (alkalinity) 則會有酸性反應，如此對細菌的繁殖有不利的影響，因為細菌、放射菌等在堆肥化過程中相當重要的微生物，適合生長於微鹼性及鹼性的環境，故應維持偏微鹼性，即 pH 值約在 7~8 之間。一般生垃圾之 pH 值大約在 5~8 之間，自然堆積法在最初的 2~3 月間的 pH 值會先下降至 5 以下，其後再昇至 8.5 左右，然在好氧條件之下，pH 值可維持在中性左右。此外，應防止 pH 值超過 8.5，以免氮會形成 NH₃ 遺失。

6.通氣

在堆肥發酵的過程中，有機物的分解作用是由好氧性微生物，因此氧氣的供給對於好氧性微生物的增殖為不可缺少的條件，所以應適時供給氧氣以為好氧分解之需(林財旺，1999)。堆肥化過程之空氣量至少應有 50% 的原有氧濃度剩餘量，一般氧氣之供給可分為機械翻堆及強制送風兩種。

7.翻堆

靜態堆積體之外圍部分容易散熱和失水，在消化分解的過程中經常的翻堆攪拌是很重要的，因其可防止乾燥、硬化，並使水分及溫度能夠均勻，然而翻堆的頻率可視操作種類而不同。除非情況特殊，否則應避免連續不斷地翻攪，不必要的翻堆並無好處且浪費能源，一般在一次發酵初期可每天翻堆一次，而在二次發酵末期三天左右才攪拌一次即可。

(三) 堆肥發酵後階段

1.粉碎、篩選

雖然在前處理階段已將大部分混入堆肥原料之夾雜物去除，但在最後的處理階段還有些碎玻璃、小塑膠片等必須要去掉，此外，一些比較粗大的堆肥也須要經過粉碎的處理階段才可製成精緻的堆肥成品。一般常用的設備有旋轉篩、振動篩、磁力選別機、風力選別機和慣性分離機等(楊盛行、林正芳、林鴻祺，1996)。

2.成品袋裝儲藏

堆肥成品的儲藏亦對堆肥的品質有很大的影響，經堆肥化處理的有機質材料，藉由微生物的分解作用而呈現穩定的狀態，但是在適當的水分及溫度狀況之下，堆肥成品仍舊會繼續發酵，因而導致碳素會以二氧化碳的型式散失，且養分則會進一步礦化，尤其是硝酸態氮含量的增加，會造成袋裝或大堆的堆肥長期儲藏之後其重量會減少，所以堆肥成品的儲藏非常的重要。

第三節 堆肥品質的判定

由於堆肥標準和品質規範的制定，因而使得堆肥工業在最近二十年間不斷的發展，遍及了整個西方國家（Brinton, 2001）。良好的堆肥品質在農業的使用上，除了要具有適當的肥效外，還應以不污染環境為原則。表 3.5 所示為優良堆肥品質與劣質堆肥品質之比較（林財旺，1999）。

表 3.5 良質與劣質堆肥條件

良質堆肥	劣質堆肥
方便於搬運施用	
1.乾濕適當（約 35%）	1.含水率過高或過低
2.無臭味及無污穢感	2.有臭味及骯髒感
3.符合良好衛生條件	3.不衛生
對植物、土壤具安全感	
1.有機質已穩定	1.有機質分解尚未穩定
2.碳氮比例低於 20 以下，不會產生氮固定化作用	2.碳氮比例高於 20 以上
3.無含毒性物質及有害成分	3.尚含毒性物質及有害成分
對植物生長及土壤有改良效果	
1.肥料成分含量高	1.肥料成分含量低
2.有改良土壤理化性狀及生物相之效果	2.無改良效果

（資料來源：林財旺，1999）

一般堆肥品質的評價標準包括腐熟度判定、肥效成分、有害物質含量及異物夾雜率等，分別敘述如下(林駿、陳立，1994)。

一、腐熟度判定

所謂「腐熟」是堆肥原料加以堆肥化處理，將容易分解的有機質或對生育有害的物質，藉由微生物的分解作用加以分解而呈穩定化（洪嘉謨，1999）。施用穩定化的堆肥，對土壤和

作物不會產生不良的影響且有增加或維持地力、提高作物生產等功能。然而「腐熟度」所指的是實際上不同的腐熟程度，如未熟、中熟、完熟等不同的腐熟度。一般對腐熟度的簡易判定有以下幾種方式（林財旺，1999）。

（一）堆肥溫度變化

堆肥發酵過程在數天內溫度急遽上升，可高達 70~80°C，高溫持續幾天後會緩慢的下降，在此時進行翻堆且供給氧氣，溫度會再度的上升，如此反覆幾次之後堆肥溫度會下降至常溫狀態，雖再進行翻堆溫度也不會上升，則可認定為完全腐熟的堆肥。

（二）有機質殘存率判定

在堆肥化的處理過程中，由於有機質的分解穩定而腐熟，其灰分增加、碳素減少以致碳氮比下降，所以測定有機質殘存率時，有機質因分解而減少，經一段期間後則呈穩定不變。若有機質殘存率呈現穩定不再有變化時，可以判定為完熟堆肥。

（三）發芽率試驗

取風乾的堆肥 5g 放入三角瓶加 100c.c.的水，製成濃度 5%之萃取液，並且放置於 80°C 的恆溫冰箱，振盪一小時冷卻後用紗布和濾紙過濾。然而試驗的方法是在培養皿之濾紙上注入 10c.c.的抽取萃液，播撒 50 粒蘿蔔種子於 20°C 的種子發芽溫箱，經過三天後觀察種子的發芽率，由發芽率來判定堆肥是否完熟，發芽率 100%表示堆肥腐熟度最完全。

（四）圓形濾紙圖形顯示判定法

先將濾紙浸泡於 0.5%硝酸銀溶液後烘乾，再取欲測試的堆肥材料 1g 加入 100c.c.0.1N 苛性鈉溶液中，然後取上澄液吸入濾紙，若明顯呈顯齒狀突起圖形則為已腐熟之堆肥，若未顯示齒列狀突起而呈圓滑則為未腐熟之堆肥。

（五）綜合性狀判定

另有一些綜合性項目的判定標準，如堆肥符合下列標準者為最完全腐熟，反之則為不完

全腐熟。

- 1.發酵日數：60~90 天。
- 2.堆肥顏色：呈黑褐色。
- 3.材質形態：輪廓崩毀，均勻細小。
- 4.臭氣：沒有臭味，有堆肥發酵味。
- 5.含水率：呈乾燥狀態，手壓不成塊。
- 6.發酵溫度：發酵高溫達 70°C 以上。
- 7.翻堆次數：翻堆 6~7 次以上。
- 8.pH 值：8~9。
- 9.COD：降低 85%。
- 10.耗氧率：低於 25%。
- 11.總有機物：60%~70%。
- 12.C/N 比：10~20。

二、肥效成分

肥效成分指的是氮、磷、鉀三要素及鈣、鎂等次要元素的含量，一般堆肥中肥效成分的標準如下。

- (一) 氮含量：2~2.5%
- (二) 磷含量：2%
- (三) 鉀含量：1~2%

此外有機堆肥還有一些化學肥料所缺乏的土壤改良功效，以下為有機肥料對於土壤的物理性改良效果。

- (一) 膨脹鬆軟的功能使土壤團粒化。
- (二) 由於堆肥成品為深黑色，具有提升地溫的效果。

(三) 增加水土保持的功用。

(四) 增加保肥性。

(五) 增加緩衝的功能。

三、有害物質含量

都市垃圾中有各式各樣的廢棄物混雜其中，若是製造堆肥的垃圾裡含有重金屬等的有害物質，當堆肥成品施用之後，不但會對土壤造成污染，而且有害物質又會累積於農作物中，最後對人體健康造成危害，所以在堆肥化的過程中，有害物質的去除更顯重要。有害物質含量在堆肥品質評價標準中也是非常重要，以下為我國國家標準有害物質含量上限。

(一) 汞：2ppm

(二) 鎘：5ppm

(三) 鎳：25ppm

(四) 砷：50ppm

(五) 鉛：150ppm

(六) 銅：150ppm

(七) 鉻：150ppm

(八) 鋅：500ppm

四、異物夾雜率

由於都市垃圾性質日趨複雜多樣化，尤其是塑膠和玻璃普遍的使用，使得堆肥原料中混入異物的機率增加，因此對堆肥的品質影響甚巨。塑膠不易腐化、玻璃造成危險，所以應致力去除堆肥原料中的混雜物，可由推行家庭垃圾分類、篩選技術的提升及推動生物可分解塑膠袋的應用，來提升堆肥的品質。

第四節 堆肥之優缺點

根據美國農業部門表示，美國每年大約有二億噸的表土流失（U.S. EPA530-F-97-043, 1997）。在美國有超過三十個遍佈各地之軍事地點的土壤受到了炸藥的污染，美軍發現利用堆肥化的方式處理，可以有效的復育這些受污染的土壤（U.S. EPA530-F-97-045, 1997）。堆肥可以幫助貧瘠的土壤得以恢復，堆肥可以增加植物需要但喪失的結構、腐殖質和營養物等，以復育其消失的地區；濕地泥土中的有機質，自從十七世紀以來就不斷的減少，現今在美國濕地中的有機質只剩下十七世紀時的一半（U.S. EPA530-F-97-046, 1997）。任何土壤復育計畫的最終目標，就是要使之回復至原本的狀態，這些計畫包括種植的再進行以穩固處理過的土壤，此外，堆肥可以促進植物生長以減低污染的程度，堆肥不但供給各種植物土壤也提供了營養分（U.S. EPA530-F-97-042, 1997）。種植的專家發現，堆肥不但可以豐富土壤、更可以幫助抑制疾病和避免蟲害。堆肥的益處包括可以使栽種者節省金錢、減少殺蟲劑的使用和保存天然資源。堆肥可以達到疾病控制的四個可能機制：（1）有益微生物成功的獲取養分。（2）有益微生物製造出抗菌的物質。（3）有益微生物成功的消滅病原體。（4）植物的抗病基因被活化（U.S. EPA530-F-97-044, 1997）。

一、堆肥的好處

透過生物分解的程序可使自然界的廢棄物回到自然的碳循環，其最主要的產物是生質能（biomass），可作為種子成長之用，生質能的形成過程比焚化更能將碳固定於自然界（謝宗廷、馬振基，2001）。以堆肥法處理有機垃圾，除了可以達到垃圾減量、資源回收之效外，其所製成的有機肥料更可將有機物回歸自然，堆肥有以下幾點好處使之成為良好的土壤改良劑（謝錦松、黃正義，2001）。

- （一）土壤性質顯著改良：有機物富孔隙率，除增加通氣性外而且可以保持水分，減少表面逕流量及土壤流失率。

- (二) 減少化學肥料的需求量：因堆肥的使用，使得土壤具有保持化學肥分的機能而不易流失，所以能減少化學肥料的需求量。
- (三) 增進微生物的活動，促進植物的成長：植物根部在含有機土中的生長速率為不含的 8 倍；土壤中礦物質分解的主要動力亦需靠微生物的作用，礦物質在分解之後，植物才能加以吸收利用。
- (四) 堆肥中的微生物可保有容易流失的溶解態氮肥及磷肥：因堆肥中部分的溶解態氮及磷將會轉化為微生物體中的有機物，而微生物將會再釋出以供植物之營養。

二、有機廢棄物堆肥化處理之優缺點

堆肥的確有成為土壤改良劑的功能，然而以堆肥化處理的方法有以下幾項之優缺點（林駿、陳立，1994）。

(一) 優點：

1. 可使有機廢棄物回歸自然：堆肥化是唯一可以使天然有機物回歸自然的方法。
2. 堆肥收益可回收處理成本：若是經營得當，堆肥將有相當的收益，因而降低垃圾處理的成本。
3. 可同時處理多種工業廢棄物：如食品廠、紙廠、鋸木廠、皮革廠、家畜糞尿等廢棄物，甚而污水處理廠之污泥亦可合併處理。
4. 便於有用物質回收：有機廢棄物分類回收後，剩餘之資源垃圾更易回收，如紙張、玻璃、塑膠品及金屬等。
5. 所需土地面積較掩埋小：堆肥廠所需的土地面積不必像掩埋場一樣大，而且可重覆的處理，其相對處理量較掩埋場大。
6. 操作容量彈性大：可經由倉儲及磨碎機操作時間的延長，加以容納超出的數量。
7. 不受天候的影響：堆肥廠可設置於室內，將不會受到天氣的影響。

(二) 缺點：

- 1.成本介於焚化法與掩埋法之間：堆肥法的建造成本及操作維護費雖較焚化法便宜，但卻比掩埋法貴。
- 2.市場不穩定，有時需倉儲：堆肥的需求受季節性農作情況不同而改變，因此有時成品需要大量的儲存。
- 3.需熟練的堆肥操作技術人員：堆肥化的操作有其技術性，故其操作人員需有一定的經驗技術。
- 4.需分離會損害機械設備的堆肥原料：一些玻璃、塑膠及金屬等物質，會損害磨碎機等設備，需先將之分離。
- 5.需去除影響堆肥品質的物質：有些物質混入堆肥原料中，將會降低堆肥的品質，因此需先將其去除。
- 6.用地不易取得：堆肥廠終究是處理垃圾的地方，一般居民不願與之比鄰而居，所以用地的取得較不易。

第五節 合理化施肥

一、作物生長所需養分

作物的生長需要各種養分要素，然土壤中所含的各種養分大多以化合物的形態存在，而作物真正需要的只是化合物中的某一些元素，這些作物必須的要素之中，除了碳(C)、氫(H)、氧(O)等三者主要是由大氣和水得到外，其餘的大多必須要經由肥料施用而得，所以也稱之為肥料元素。依照作物對這些肥料元素正常需求量的多寡，又可將之分為以下三級。

- (一) 主要元素：氮(N)、磷(P)、鉀(K)等三元素為作物需求量最多，故此三者為主要元素又稱肥料三要素。

(二) 次要元素：作物的需求量僅次於主要元素，鈣 (Ca)、鎂 (Mg)、硫 (S) 等三元素稱之為次要元素。

(三) 微量元素：硼 (B)、鐵 (Fe)、錳 (Mn)、鋅 (Zn)、鉬 (Mo)、銅 (Cu)、氯 (Cl) 等稱之為微量元素，也是作物所必須而需求量較小。

二、植物營養供給原則

植物的栽培及作物的生長有其在營養學上的法則與原理，在肥料的施用上要了解這些特殊的限制因素，才能進行合理化的施肥。特將植物營養供給的原則說明如下(莊作權，1997)：

(一) 最少養分律

合理化施肥即要注重各種養分元素之間的平衡，因植物在生長過程中對各種不同養分元素有一定所需的比率，所以在植物生長的環境中養分元素皆要達到最小的需求量，若有成分含量不足，則植物的生長就受成分含量比例最小的養分元素支配影響，其他含量較多的養分元素亦受其限制，此即為最少養分律或最低因子限制律。

(二) 報酬漸減律

對於作物施加某種養分，在其他必須的養分充足時，若增加其養分量則生產量可增加，然而隨著養分增加到一個限度之後生產量就漸次減少，即稱為報酬漸減律。

(三) 有機肥料之碳氮比 (C/N)

一般有機質之碳氮比常高達 60 以上，直接施用時作物不但無法加以吸收，且其分解時還會耗損土壤或肥料中的氮素，若能經由堆肥化的過程將碳氮比降至 20 左右，才較適合作物的生長。

(四) 養分間之拮抗作用

植物生長對於養分元素的需求有其一定的比例，若是某一種養分元素施用過量，對植物

可能產生直接的毒害作用，間接的影響是會形成相關元素之間的拮抗作用，造成植物養分吸收及運輸等的抑制作用。

(五) 連應作用

兩種肥料的施用其效應大於每種分別施用之合，稱之為正連應作用，反之，若施用兩種肥料其效應小於每種分別施用之合，則稱之為負連應作用。如加施氮肥和氮磷合施都為提高磷肥之效果，比分別施用之效果為大，此即為正面之連應作用。

第四章 生命週期評估方法之應用

第一節 生命週期評估之介紹

生命週期評估 (Life Cycle Assessment ; LCA) 是在研究一個產品由搖籃到墳墓的整個產品生命週期中對於環境潛在衝擊的考量，所使用的是一些科學方法的模式來盤查，並得到一個量化的結果。生命週期評估就是將產品的生命週期中所產生的污染排放、能源消耗及資源消耗等環境的衝擊因子 (stressors)，以客觀的科學方法探討其分別對不同自然環境或環境受體之衝擊，因此又稱為產品生命週期評估。目前已經有許多生命週期評估之電腦資料庫軟體，如 Boustead (英)、R. F. Weston (美)、ChemSystems 的 LIMS (美)、EMPA 的 EcoPro (瑞士)、PIRA International (英)、Charlimers Industriteknik (瑞典)、Environmental Conscious Design Support System (美)、Pre 的 SimaPro (荷蘭) 等都已經發展至某個程度的實用性 (呂穎彬，1998)。

一、生命週期評估的好處

國際標準組織於 1997 年 6 月公布生命週期評估之原則與架構的 ISO 14040 國際標準。國際標準組織通過此標準之目的，是認為生命週期評估有以下四方面的助益 (丁執宇，1998a)：

- (一) 鑑別產品在生命週期各細節處環境考量面的改善機會。
- (二) 產業界、政府或非政府機構之決策 (例如策略規劃、優先順序設定、產品或製程的設計或再設計)。
- (三) 環境績效相關指標及其量測技術之選擇。
- (四) 市場行銷 (例如環境訴求、環保標章計畫或環保產品宣告)。

二、生命週期評估的架構

一個完整的生命週期評估之架構（如圖 4.1 所示），包含了四個部分，將分述如下（林素貞、胡秋蘭，1999）：

（一）目標及範疇界定（Goal and Scope Definition）：生命週期評估作業之目的與範疇須充分完善地予以定義，以確保研究的深度、廣度及詳細程度皆能顧慮的到，並且充分的含蓋既定之目的。生命週期評估是一項反覆性的技術，因此，在作業進行之中，隨著資訊進一步的被搜集，作業範疇就應視需要而修改。在範疇界定中需要考量的主要重點如下：

1. 單一系統之功能或多系統比較時，各子系統之功能
2. 功能單位
3. 研究之系統及系統之界線
4. 系統各部分之分配程序
5. 所選擇之衝擊種類、衝擊評估方法及闡釋之方式
6. 原始資料的品質要求
7. 假設及限制
8. 鑑定審查的格式
9. 研究要求之報告形式與格式

（二）盤查分析（Life Cycle Inventory；LCI）：盤查分析包含數據搜集與計算程序，以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與系統相關的資源使用和對空氣、水體及土地之排放。從這些數據引申的闡釋，視生命週期評估之目的與範疇而定。這些數據亦構成生命週期衝擊評估的輸入項目。

（三）衝擊評估（Life Cycle Impact Assessment；LCIA）：生命週期評估中之衝擊評估階段，其目標係用生命週期盤查分析結果，以評估潛在環境衝擊的重大性。一般而言，此過程包括聯結盤查數據與特定環境衝擊，並嘗試瞭解這些衝擊。其詳細程度、受評估衝

擊項目之選擇及採用方法，視作業之目的與範疇而定。衝擊評估之步驟可分為以下三個部分：

1.清單分類 (classification)：在此階段首先建立清單項目與潛在衝擊之關連性，並以衝擊評估網路的方式來說明。

2.特徵化 (characterization)：所謂特徵化是指將衝擊項目內之盤查資料模式化，特徵化的結果會隨衝擊評估所達到之層次而有所不同。

3.評價 (valuation)：衝擊評估之評價是根據特徵化階段導引出之相關衝擊指標，再賦予其衝擊類別相對的權重，以得到綜合性的衝擊指標。

(四) 闡釋 (Interpretation)：闡釋是生命週期評估中，合併盤查分析與衝擊評估的觀察結果，或在生命週期盤查作業時，僅將盤查分析的觀察結果，與界定的目的與範疇整合一致之階段，以達成結論與建議。

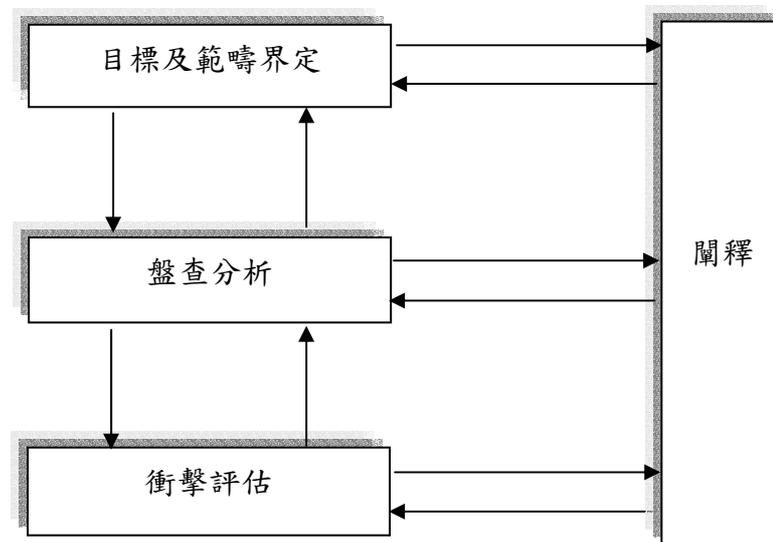


圖 4.1 生命週期評估的架構

(資料來源：Graedel, 1998)

三、生命週期評估之應用

生命週期評估能滿足各執行面之決策需求，表 4.1 說明了各方在過去、現在及未來對 LCA 之應用情況（丁執宇，1998b）。

表 4.1 LCA 應用趨勢

	政府	企業體	非營利單位
(過去) 已建立之應用領域	◎作為法規管理工具：如環保標章、包裝材廢棄物之應用等	◎產品、服務、系統功能環境負荷之鑑別與比較 ◎市場宣告 ◎向消費者訴求（如環保標章）	◎作為政府及企業體批判之跳板 ◎產品、製程及各項議題資訊之來源
(現在) 日益迫切之應用領域	◎用來決定優先管制項目之排序 ◎用來訂定標準	◎採購時之說明（採購者、供應者之挑戰） ◎產品設計 ◎策略規畫及優先項訂定	◎環保標章觀點之基準 ◎活動優先項之選擇
(未來) 有潛在需要之應用領域	◎策略形成 ◎確立是否應誘導或抑制某種新的財經手段 ◎大眾教育	◎策略形成 ◎大眾教育 ◎成功之指引 ◎優良商品之環境說明	◎由數個非營利單位共同建立之 LCI, LCAs, PLAs”綱要”

（資料來源：丁執宇，1998b）

四、生命週期評估與環保標章之關係

生命週期評估之運算參數與研究範疇的界定相當不易，且所需使用的原始資料也十分龐大，建立的時間必須較長；環保標章制度為綠色消費意識，任務之執行有其急迫性，所以目前環保標章應盡量充分融入生命週期評估的觀念與技術，但生命週期評估只能視為研擬決策過程中一個十分重要的支援工具，並不能主導整個環保標章規格標準制定過程。表 4.2 為環保標章規格標準擬定過程應用生命週期評估的步驟相互配合（張憶琳，1996）。

表 4.2 環保標章規格標準制定程序與生命週期評估之配合

	環保標章規格標準擬定過程	生命週期評估在環保標章中的步驟
第一階段	初步階段（包括商品項目選取）	
第二階段	市場調查	
第三階段	盤查	目標定義與適用範圍規畫 盤查分析
第四階段	環境衝擊評估	衝擊評估 提出規格標準建議
第五階段	制定規格標準	
第六階段	提送委員會決議	

（資料來源：張憶琳，1996）

第二節 環保標章

環保標章制度及藉由具公信力的執行單位提供驗證核可的產品，並標以簡易明瞭之標章，使消費者在選購時可清楚辨視較有利於環境的產品，從而促使廠商生產有益於環境之產品。

一、可堆肥化之環保標章

我國堆肥環保標章規格標準之內容（李勝隆，1997）：

- （一）本項堆肥之種子發芽率須達 80%（含）以上。
- （二）堆肥場周界之惡臭物質，包含氨氣、硫化氫、硫化甲基、硫醇類、甲基胺類及其他經中央主管機關指定公告之物質，須符合「固定污染源空氣污染物排放標準」。
- （三）堆肥之品質及包裝標示須符合中央目的事業主管機關所訂之肥料管理相關規定。

(四) 同一產品，若僅包裝容積差異時，視為同一產品。

(五) 標章使用者的名稱及住址須清楚記載於產品或包裝上。標章使用者若非製造業者，製造業者的名稱及地址須一併記載於產品或包裝上。

(六) 產品包裝上須標示「有機資材再利用」。

二、可分解塑膠之環保標章

可分解塑膠產品之分解速率與產品性質有關，分解能力標準依照產品範圍訂定如下（王先登，1996）：

(一) 使用可分解塑膠之農業用資材：產品於標準測試條件下，經日光照射相當於 150 天內或掩埋 150 天內可分解成小於 16 平方公分之碎片。

(二) 使用可分解塑膠之包裝材：產品於標準測試條件下，經日光照射相當於 300 天內或掩埋 300 天內垃圾袋可分解成小於 16 平方公分之碎片，緩衝材、發泡容器失重率大於 50%。

(三) 使用可分解塑膠之衛生器材：產品於標準測試條件下，經日光照射相當於 300 天內或掩埋 300 天內失重率大於 50%。

(四) 使用可分解塑膠之消費性產品：產品於標準測試條件下，經日光照射相當於 300 天內或掩埋 300 天內失重率大於 50%。

若能使用環保標章規格標準的可分解塑膠之包裝材取代傳統塑膠袋作為廚餘袋，將會更增加廚餘回收的效益。然而「使用可分解塑膠之包裝材」的環保標章規格標準如下（偉盟工業，2001）：

(一) 包裝材係指垃圾袋、緩衝材、發泡容器。

(二) 產品依 ISO 14851、ISO 14852 或 ISO 14855 方法檢測時，產品分解度須達 50%（含）

以上。

(三) 產品中不得含有環保署公告之毒性化學物質。

(四) 若產品只有尺寸大小、包裝量之差異時，視為同一產品。

(五) 標章使用者的名稱以及住址須清楚記載於產品或包裝上。標章使用者若非製造者，製造者的名稱及地址須一併記載於產品。

(六) 產品或包裝上須標示「使用可分解之塑膠」。

三、環保標章之認證

我國的環境標章係以「省能源、低耗能、可回收」做為其產品環境訴求重點，並根據生命週期的觀念，制定產品規格標準，經環保標章審議委員會討論通過後，開放供廠商申請使用。其目的為鼓勵事業單位於原料取得、產品製造、行銷、使用、回收再利用及廢棄處置過程中，能夠節省資源或降低環境污染。此制度不但有利於企業形象之塑造及提升，並讓消費者能清楚選擇對環境負荷較小的產品，使綠色產品及綠色消費能真正提升環境品質，並減少不必要的資源浪費。未來工作重點將包括（史濟元，1998）：

(一) 融入產品生命週期評估觀念，擬訂合理且適切之環保標章產品規格標準。

(二) 更積極正面鼓勵業者申請，加強標章使用者之監督管理以提升標章之公信力。

(三) 擴大宣導綠色消費觀念，以綠色消費力量刺激綠色產品之生產。考慮徵收標章使用費，期望能朝自給自足之目標努力。

(四) 推動環保標章國際相互承認，提升產品規格標準與國際同步，以避免未來可能遭遇之綠色貿易障礙。

為了促進生物可分解產業的發展，國際間已發展出數個生物可分解材料的認證制度。「可堆肥化」(Compostable) 標誌是由國際生物可分解產品組織 (International Biodegradable

Products Institute, BPI) 及美國堆肥協會 (U.S. Composting Council, USCC) 所共同推出，此標誌是頒發給能夠快速、完全及安全堆肥化的塑膠類產品 (于寧，2001)。在 1990 年正式公告實施的 ISO 14851、ISO 14852、ISO 14855 三個標準，就是為了統一國際的檢測基準，作為以後生物可分解材料檢驗的標準依據；經檢測通過後，即可獲頒生物可分解材料的可堆肥性認證標章，特將各國之認證標章分列如下 (朱惟君，2001；偉盟工業，2001)：

(一) 美國：「COMPOSTABLE」

(二) 歐盟：「OK compost」

(三) 德國：「DIN CERTCO」

(四) 日本：「GreenPla」

國際標準組織 (ISO) 將 ISO 14021 「廠商自行宣告之環境訴求」標準，納入其主導之國際環境管理系列 (ISO 14000 系列) 標準中。此標準主要是針對產品的環保特性做出定義並附查證及測試方法，例如可堆肥化、可分解、省能源、可回收等。廠商不一定要採用 ISO 14021 標準進行其環境訴求，但廠商在進行環境訴求時有意違反標準之規定，則政府機構可以利用公平交易法或其他保護消費者權益之相關法規予以懲罰。特摘錄「可堆肥化」與「可分解」之測試與查證方法列於表 4.3 (于寧，1998)。

表 4.3 ISO 14021 「廠商自行宣告之環境訴求」標準

環境訴求	定義	限制	測試	查證
可堆肥化	產品、包裝或它們的一部分，經由堆肥程序，生物分解為一種均勻並穩定之腐土性物質。	1. 在下列條件下，不得使用此環境訴求： (1) 無改良土壤之實際效用時。 (2) 在堆肥期或後續期利用期的任何時間，釋放出有毒物質。 (3) 顯著降低產品或組件的堆肥化速率。 2. 「可堆肥化」之訴求應：	1. 應使用 ISO DIS 14855 標準方法進行測試。 2. 堆肥過程之間或之後，應不得檢查出有害物質。 3. 應確認堆肥設	測試條件、測試結果及所要求的資訊應均已公開化。

	<p>(1) 說明堆肥化設施或過程。</p> <p>(2) 如僅為產品的一部分為「可堆肥化」時，應有說明。若採購者需自行將該部分分離，亦應說明如何分離。</p> <p>(3) 如該產品不宜納入某種堆肥化程序時，應予說明。</p> <p>3.如係在家庭中進行堆肥化程序時，應符合下列之額外要求事項，否則不可使用此訴求：</p> <p>(1) 如需將產品變更始能堆肥化，或堆肥化後還需額外處理時。</p> <p>(2) 如需利用一般家庭中很難擁有之設備（除堆肥製造單元外）或特殊技術時。</p> <p>4.如非使用家庭式堆肥器時，則</p> <p>(1) 在產品或包裝之銷售地區，應有足夠之堆肥化設施。</p> <p>(2) 如無足夠之堆肥化設施，應有解釋性陳述，使採購者了解其實用性有限制。但若僅說明「若有設施，本產品可堆肥化」是不夠的。</p> <p>5.「可堆肥化」訴求，必須含有在控制條件下，生物可分解性與可堆肥性之評估。</p> <p>6.在下列案例下，可使用此類訴求：</p> <p>(1) 於特殊設施進行大量回收物質之堆肥化時，收集設施之資訊應予公開。</p> <p>(2) 如係由採購者進行小規模之家庭堆肥化時，則應將家庭堆肥相關資訊提供給採購者。此類堆肥化應不需除設備與一般即可取得之材料外的特殊知識或技術。</p> <p>7.在堆肥化過程之間或之後，均不得有害物質之產生。</p>	<p>施與家庭堆肥知識與設備的相關資訊已公開化。</p>	
--	--	------------------------------	--

可分解/ 可生物分 解/可光 分解	1.產品或包裝的一種特性。可促使其分解後成為易於釋放於環境中之物質。 2.除非特別註明,在「限制」與「查證」中所述及之「可分解」一詞,代表各種型的可分解性。	1.「可分解」之訴求應說明特定測試方法,終止點及到達終止點所需之時間。此外,本訴求亦應與該產品或包裝被棄置之環境相關。 2.於控制之標準條件下,產品或包裝經評估確有某種程度之可分解性時,才可進行此類訴求。 3.分解過程之間或之後,均不得有有害或有毒物質產生。	1.視產品之曝露方式,決定應以好氧或厭氧方式測試。 2.如係好氧方式,應採用 ISO DIN14851 或 14852 之方法。 3.如係厭氧方式,應採用 ISO/CD14853。 4.分解過程中,應不得檢查出有害物質。	測試條件、測試結果及所要求資訊應均已公開化。
----------------------------	---	---	---	------------------------

(資料來源：于寧，1998)

第三節 簡化式生命週期評估

傳統之環境衝擊決策關心的是產品本身，但是生命週期評估的決策模式，所關心的卻是整個系統。所謂的系統可能是含蓋從產品之原料開採、製造、行銷運輸、消費使用到回收再利用及棄置這整個過程，或是其中的某些階段。但由於生命週期評估之作業流程繁雜費時，且所需之環境相關資料數量龐大，如要徹底執行雖力疾奔走也常有力不從心之感。胡憲倫、許家偉（2003）認為，現有國外的 LCA 軟體對國內產業界應用而言，都太過於複雜，完整的 LCA 模式評估目前在國內做並不適合，因此簡化 LCA 應是比較可行的研究及發展方向。簡化式生命週期評估(Streamlined LCA, SLCA)，特別是矩陣式評分系統(Matrix scoring system)，同時保有了評估生命週期每一個階段環境衝擊的特性，又可以有節省大量時間及成本的優點，如果純就產品環保化設計及改善環境的角度來看，SLCA 應該更能適合國內企業現況。

一、簡化式生命週期評估工具

產品環境責任 (environmentally responsible products ; ERPs) 評分，是美國 AT&T 公司在產品設計階段，用以評估可以改善之產品生命週期階段 (蘇宗榮，1998)。將生命週期階段和環境顧慮形成如表 4.4 所示之 5×5 的評估矩陣，其中生命週期有五個階段納入考慮包括製造前、生產製造、產品包裝與運輸、產品使用、以及產品回收與棄置，而每一個生命週期階段也都有五個要考慮的環境顧慮因素包括材料選擇、能源使用、固態殘留物、液態殘留物及氣態殘留物。則矩陣共有 25 個元素，每一元素所給的評分是由 0 到 4 分，分數越高代表其所造成的環境衝擊越小，分數越低則表示對環境的衝擊越大，如 4 分就是最小的衝擊影響，而 0 分就是產生了最大的衝擊，所以對環境影響衝擊最小的產品環境責任評分最高可達一百分。依據矩陣的評分可將之畫成雷達圖，雷達圖中的黑點代表其所在向位的得分，越靠近雷達圖中心表示其對環境影響越小，越靠近雷達圖外圍表示對環境影響越大，所以從雷達圖上可以很清楚的看出那些生命週期、那個考量因素對環境影響比較大，可針對其進行改善。本研究也將依據 Graedel 對此評估矩陣所制定的給分標準 (見附錄一)，自行分別針對有機堆肥與化學肥料、可分解塑膠袋與一般塑膠袋進行評估比較。

表 4.4 產品環境責任評估矩陣

生命週期階段	環境顧慮				
	原料選擇	能源使用	固態殘留物	液態殘留物	氣態殘留物
製造前	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)
生產製造	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	(2,5)
包裝與運輸	(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(3,5)
產品使用	(4,1)	(4,2)	(4,3)	(4,4)	(4,5)
回收與棄置	(5,1)	(5,2)	(5,3)	(5,4)	(5,5)

(資料來源：Graedel, 1998)

二、有機堆肥與化學肥料之簡化式生命週期評估

台灣化學肥料的施用使於日本割據台灣之初，早在 1901 年時就由日本政府輸入化學肥料，台灣使用之化學肥料可分為以下四大類（張研田，1982）：

- （一）氮素肥料：包括硫酸銨、硝酸銨鈣、氰氮化鈣及尿素等。
- （二）磷素肥料：包括過磷酸鈣及溶製磷肥等。
- （三）鉀素肥料：包括氯化鉀及硫酸鉀等。
- （四）合成肥料：包括磷酸銨、化成氮磷、過磷銨及複合肥料等。

將以廚餘有機肥料與一般化學肥料進行簡化式生命週期評估，表 4.5 所列為有機肥料與化學肥料之比較。表 4.6 為製造前評分、表 4.7 為生產製造評分、表 4.8 為包裝與運輸評分、表 4.9 為產品使用評分、表 4.10 為回收與棄置評分、表 4.11 為評估結果。

表 4.5 有機肥料與化學肥料之比較

功能	有機肥料	化學肥料
營養成分的供給	能提供氮、磷、鉀、有機酸、氨基酸及多種微量元素	只能提供某些特定的成分，例如氯化鉀只能提供氯離子及鉀離子
供給營養之速率	屬緩效性的長期肥料	屬速效性的短期肥料
陽離子交換能力	因含許多有機質，故有較多陰電性部分可吸附大量陽離子，連帶著使營養成分不易因淋洗而流失	化肥溶解後即成離子狀態，故不具有離子交換能力
保肥力	大	無
保水力	強	無
改良土壤的能力	可改變土壤的物理、化學、生物性，使土質保持鬆軟	不具改良土壤的能力，只能提供固定的營養成分
調節土壤溫度	可	無
通氣性	可促進土壤團粒結構之形成，所以可以改善土壤的通透性	無
對逆境的抗性	可提供作物良好的土壤環境，使植株生長健壯，所以對不良的氣候條件或病害有較強的抵抗能力	由於營養供需不平衡，植株生長勢較弱，對逆境的抗性也較差

（資料來源：陳能敏，1996）

表 4.6 有機肥料與化學肥料製造前評分

要素名稱	要素評估與解釋
一般化學肥料	
原料選擇 (1,1)	1 (使用氮及硫酸等化學原料)
能源使用 (1,2)	2 (原料取得耗費較多能源)
固態殘留物 (1,3)	2 (原料取得過程中，產生些許固體廢棄物)
液態殘留物 (1,4)	2 (原料取得過程中，產生些許廢液)
氣態殘留物 (1,5)	1 (原料取得過程中，會產生空氣污染)
廚餘堆肥肥料	
原料選擇 (1,1)	4 (以廚餘等有機廢棄物為原料)
能源使用 (1,2)	2 (原料取得耗費較多能源)
固態殘留物 (1,3)	4 (原料取得過程中，不會產生固體廢棄物)
液態殘留物 (1,4)	2 (原料取得過程中，產生些許廢液)
氣態殘留物 (1,5)	3 (原料取得過程中，產生些許空氣污染)

表 4.7 有機肥料與化學肥料生產製造評分

要素名稱	要素評估與解釋
一般化學肥料	
原料選擇 (2,1)	1 (以氮及硫酸等化學原料製造原料)
能源使用 (2,2)	1 (製造的過程中，會耗用大量的能源)
固態殘留物 (2,3)	3 (製造的過程中，產生較少的固體廢棄物)
液態殘留物 (2,4)	2 (製造的過程中，產生些許的廢液)
氣態殘留物 (2,5)	2 (製造的過程中，產生些許的空氣污染)
廚餘堆肥肥料	
原料選擇 (2,1)	4 (以廚餘等有機廢棄物為製造原料)
能源使用 (2,2)	1 (製造的過程中，會耗用大量的能源)
固態殘留物 (2,3)	4 (製造的過程中，不會產生固體廢棄物)
液態殘留物 (2,4)	4 (製造的過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (2,5)	2 (製造的過程中，產生些許的空氣污染)

表 4.8 有機肥料與化學肥料包裝與運輸評分

要素名稱	要素評估與解釋
一般化學肥料	
原料選擇 (3,1)	4 (包裝材料可用生物可分解塑膠或再生紙袋)
能源使用 (3,2)	1 (包裝與運送過程會耗用能源)
固態殘留物 (3,3)	4 (包裝材料可製成堆肥再利用)
液態殘留物 (3,4)	4 (包裝運輸的過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (3,5)	2 (包裝運輸的過程中，會產生些許空氣污染)
廚餘堆肥肥料	
原料選擇 (3,1)	4 (包裝材料可用生物可分解塑膠或再生紙袋)
能源使用 (3,2)	1 (包裝與運送過程會耗用能源)
固態殘留物 (3,3)	4 (包裝材料可製成堆肥再利用)
液態殘留物 (3,4)	4 (包裝運輸的過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (3,5)	2 (包裝運輸的過程中，會產生些許空氣污染)

表 4.9 有機肥料與化學肥料產品使用評分

要素名稱	要素評估與解釋
一般化學肥料	
原料選擇 (4,1)	1 (化學肥料過度使用會造成土地的酸化)
能源使用 (4,2)	4 (產品的使用過程中，不需耗用能源)
固態殘留物 (4,3)	4 (產品的使用過程中，不會產生固體廢棄物)
液態殘留物 (4,4)	4 (產品的使用過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (4,5)	3 (產品的使用過程中，會造成些許有害氣體)
廚餘堆肥肥料	
原料選擇 (4,1)	4 (產品的使用過程中，沒有使用消耗性原料)
能源使用 (4,2)	4 (產品的使用過程中，不需耗用能源)
固態殘留物 (4,3)	4 (產品的使用過程中，不會產生固體廢棄物)
液態殘留物 (4,4)	4 (產品的使用過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (4,5)	4 (產品的使用過程中，不會造成空氣污染)

表 4.10 有機肥料與化學肥料回收與棄置評分

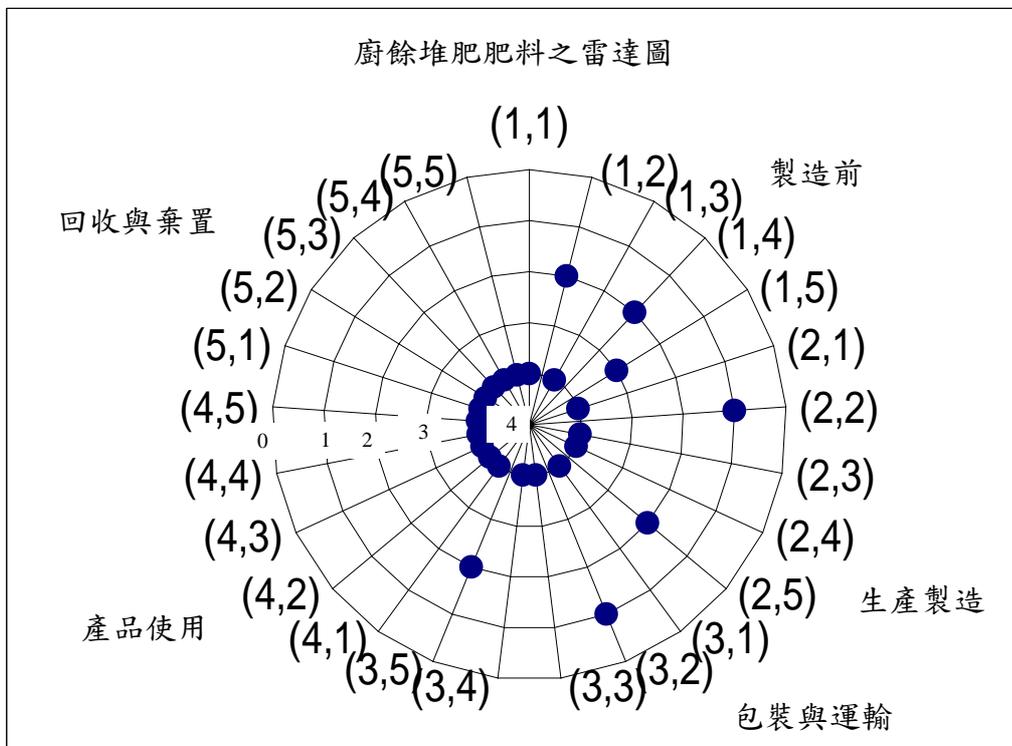
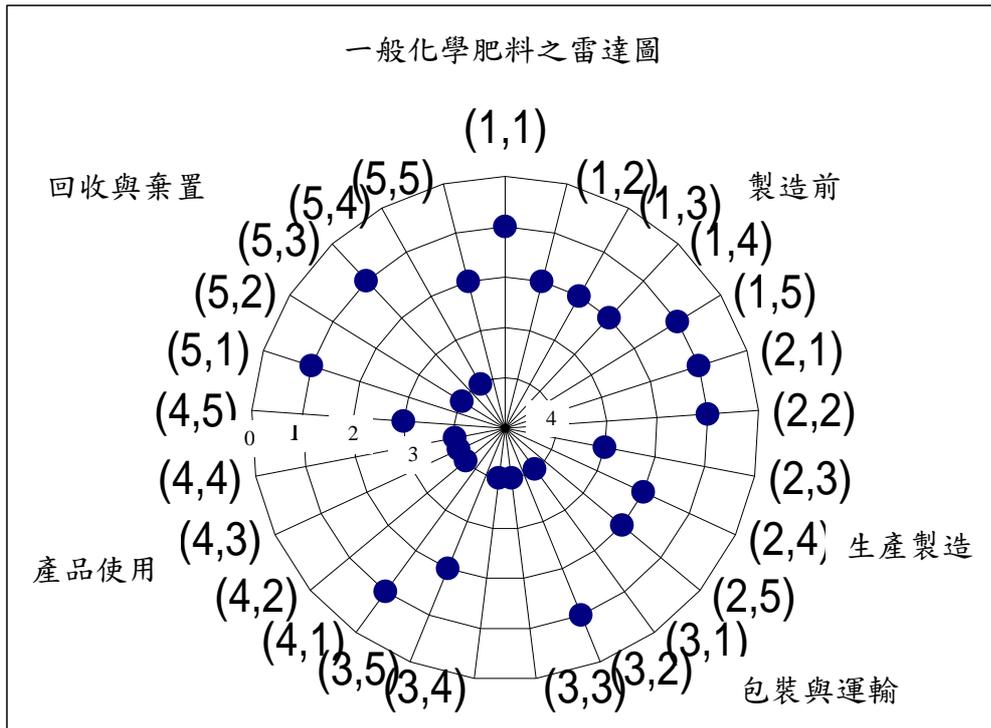
要素名稱	要素評估與解釋
一般化學肥料	
原料選擇 (5,1)	1 (產品幾乎不能回收再利用)
能源使用 (5,2)	4 (產品的處理過程中，不需要耗用能源)
固態殘留物 (5,3)	1 (產品是由不可循環的原料組成)
液態殘留物 (5,4)	4 (產品的處理過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (5,5)	2 (產品會有些許昇華揮發現象)
廚餘堆肥肥料	
原料選擇 (5,1)	4 (產品可回收再利用)
能源使用 (5,2)	4 (產品的處理過程中，不需要耗用能源)
固態殘留物 (5,3)	4 (產品的處理過程中，不會產生固體廢棄物)
液態殘留物 (5,4)	4 (產品的處理過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (5,5)	4 (產品的處理過程中，不會造成空氣污染)

表 4.11 有機堆肥與化學肥料之產品環境責任評估結果

生命週期階段	環境顧慮					合計
	原料選擇	能源使用	固態殘留物	液態殘留物	氣態殘留物	
製造前	1	2	2	2	1	8/20
	4	2	4	2	3	15/20
生產製造	1	1	3	2	2	9/20
	4	1	4	4	2	15/20
包裝與運輸	4	1	4	4	2	15/20
	4	1	4	4	2	15/20
產品使用	1	4	4	4	3	16/20
	4	4	4	4	4	20/20
回收與棄置	1	4	1	4	2	12/20
	4	4	4	4	4	20/20
合計	8/20	12/20	14/20	16/20	10/20	60/100
	20/20	12/20	20/20	18/20	15/20	85/100

註：上方的數字是一般化學肥料；下方的數字是廚餘堆肥肥料

由評估之結果可看出，廚餘堆肥肥料之使用比一般化學肥料對環境的衝擊較小。一般化學肥料評估之雷達圖如圖 4.2 所示；廚餘堆肥肥料評估之雷達圖如圖 4.3 所示。



三、生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋之簡化式生命週期評估

在廚餘收集的過程中，許多民眾還是習慣用塑膠袋盛裝廚餘，但卻會造成廚餘在堆肥化時的困擾，將對生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋進行簡化式生命週期評估，以了解用生物可分解塑膠袋作為廚餘回收袋之可行性。表 4.12 即為生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋特性之比較。表 4.13 為製造前評分、表 4.14 為生產製造評分、表 4.15 為包裝與運輸評分、表 4.16 為產品使用評分、表 4.17 為回收與棄置評分、表 4.18 為評估結果。

表 4.12 生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋特性之比較

	生物可分解塑膠	傳統塑膠
原料基質	自然植物精煉發酵合成之原料	以石油為基質
環保衛生功能	可完全被微生物分解	無法在大自然中分解
廢棄污染程度	適用於任何廢棄物處理方法，均不會造成環境污染	造成大量垃圾，嚴重污染生態環境
回收效益	導入有效堆肥系統，形成有機回收系統和回收經濟效益	不易回收，清除油漬與菜渣，實務上窒礙難行且造成水資源浪費

(資料來源：葉清琨，2002)

表 4.13 生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋製造前評分

要素名稱	要素評估與解釋
一般塑膠袋	
原料選擇 (1,1)	1 (以非再生石油為原料)
能源使用 (1,2)	2 (原料取得耗費較多能源)
固態殘留物 (1,3)	2 (石油取得過程中，須掘油井產生些許固體廢棄物)
液態殘留物 (1,4)	2 (石油取得過程中，產生些許廢液)
氣態殘留物 (1,5)	1 (掘井設備的使用，會產生空氣污染)
生物可分解塑膠袋	
原料選擇 (1,1)	4 (使用種植之植物作物為原料)
能源使用 (1,2)	3 (原料取得耗費較少能源)
固態殘留物 (1,3)	4 (植物取得過程中，不會產生固體廢棄物)
液態殘留物 (1,4)	3 (植物取得幾乎不產生廢液)
氣態殘留物 (1,5)	3 (植物取得只產生些微空氣污染)

表 4.14 生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋生產製造評分

要素名稱	要素評估與解釋
一般塑膠袋	
原料選擇 (2,1)	1 (以石油為製造原料)
能源使用 (2,2)	1 (製造的過程中，會耗用大量的能源)
固態殘留物 (2,3)	3 (製造的過程中，產生較少的固體廢棄物)
液態殘留物 (2,4)	2 (製造的過程中，產生些許的廢液)
氣態殘留物 (2,5)	2 (製造的過程中，產生些許的空氣污染)
生物可分解塑膠袋	
原料選擇 (2,1)	4 (以耕作植物為製造原料)
能源使用 (2,2)	1 (製造的過程中，會耗用大量的能源)
固態殘留物 (2,3)	4 (製造的過程中，產生之固體廢棄物可作堆肥)
液態殘留物 (2,4)	2 (製造的過程中，產生些許的廢液)
氣態殘留物 (2,5)	2 (製造的過程中，產生些許的空氣污染)

表 4.15 生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋包裝與運輸評分

要素名稱	要素評估與解釋
一般塑膠袋	
原料選擇 (3,1)	1 (包裝材料也是使用一般塑膠)
能源使用 (3,2)	3 (產品重量輕，運送過程耗用較少的能源)
固態殘留物 (3,3)	2 (包裝不可循環再利用)
液態殘留物 (3,4)	4 (包裝運輸的過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (3,5)	2 (包裝運輸的過程中，會產生些許空氣污染)
生物可分解塑膠袋	
原料選擇 (3,1)	4 (包裝材料可用生物可分解塑膠)
能源使用 (3,2)	3 (產品重量輕，運送過程耗用較少的能源)
固態殘留物 (3,3)	4 (包裝材料可製成堆肥再利用)
液態殘留物 (3,4)	4 (包裝運輸的過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (3,5)	2 (包裝運輸的過程中，會產生些許空氣污染)

表 4.16 生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋產品使用評分

要素名稱	要素評估與解釋
一般塑膠袋	
原料選擇 (4,1)	4 (產品的使用過程中，沒有使用消耗性原料)
能源使用 (4,2)	4 (產品的使用過程中，不需耗用能源)
固態殘留物 (4,3)	4 (產品的使用過程中，不會產生固體廢棄物)
液態殘留物 (4,4)	4 (產品的使用過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (4,5)	4 (產品的使用過程中，不會造成空氣污染)
生物可分解塑膠袋	
原料選擇 (4,1)	4 (產品的使用過程中，沒有使用消耗性原料)
能源使用 (4,2)	4 (產品的使用過程中，不需耗用能源)
固態殘留物 (4,3)	4 (產品的使用過程中，不會產生固體廢棄物)
液態殘留物 (4,4)	4 (產品的使用過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (4,5)	4 (產品的使用過程中，不會造成空氣污染)

表 4.17 生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋回收與棄置評分

要素名稱	要素評估與解釋
一般塑膠袋	
原料選擇 (5,1)	1 (產品幾乎不能回收再利用)
能源使用 (5,2)	2 (產品的處理過程中，需要耗用能源)
固態殘留物 (5,3)	0 (產品的處理過程中，會產生固體廢棄物)
液態殘留物 (5,4)	4 (產品的處理過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (5,5)	0 (產品的處理過程中，會造成空氣污染)
生物可分解塑膠袋	
原料選擇 (5,1)	4 (產品可裝成堆肥再利用)
能源使用 (5,2)	4 (產品的處理過程中，不需要耗用能源)
固態殘留物 (5,3)	4 (產品的處理過程中，不會產生固體廢棄物)
液態殘留物 (5,4)	4 (產品的處理過程中，不會產生廢液)
氣態殘留物 (5,5)	4 (產品的處理過程中，不會造成空氣污染)

表 4.18 生物可分解塑膠袋與一般塑膠袋之產品環境責任評估結果

生命週期階段	環境顧慮					合計
	原料選擇	能源使用	固態殘留物	液態殘留物	氣態殘留物	
製造前	1	2	2	2	1	8/20
	4	3	4	3	3	17/20
生產製造	1	1	3	2	2	9/20
	4	1	4	2	2	13/20
包裝與運輸	1	3	2	4	2	12/20
	4	3	4	4	2	17/20
產品使用	4	4	4	4	4	20/20
	4	4	4	4	4	20/20
回收與棄置	1	2	0	4	0	7/20
	4	4	4	4	4	20/20
合計	8/20	12/20	11/20	16/20	9/20	56/100
	20/20	15/20	20/20	17/20	15/20	87/100

註：上方的數字是一般塑膠袋；下方的數字是生物可分解塑膠袋

由評估之結果發現，一般塑膠袋對於環境的衝擊都遠比生物可分解塑膠袋來的高。一般塑膠袋不管是在原料的取得、製造、運輸、使用及回收的過程中，對於環境的衝擊都遠比生物可分解塑膠袋來的高。

所以，生物可分解塑膠袋的使用的確可改善一般塑膠袋所帶來的環境破壞，唯其製造技術尚不穩定且其價格較一般塑膠袋高，是否可達到普及的推廣，還有一段努力的空間。期望日後政府不僅是在法規的制定上或者是獎勵輔導業者在研發技術的突破上都能再更加盡力，使我們能達到永續發展的目標。一般塑膠袋評估之雷達圖如圖 4.4 所示；生物可分解塑膠袋評估之雷達圖如圖 4.5 所示。

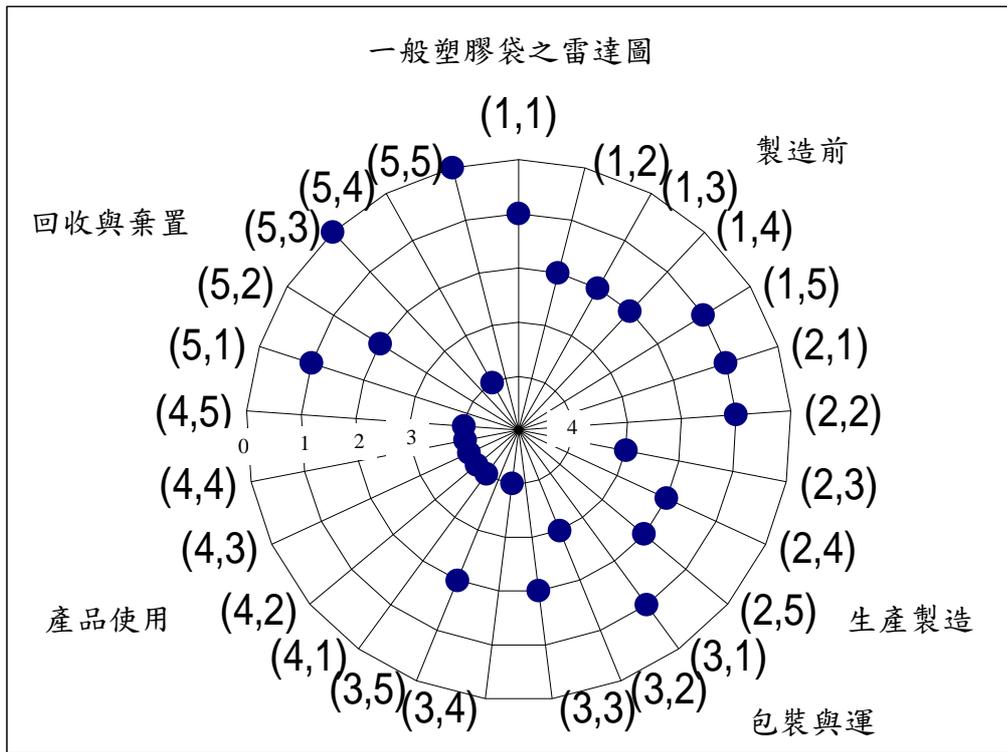


圖 4.4 一般塑膠袋之產品環境責任評估雷達圖

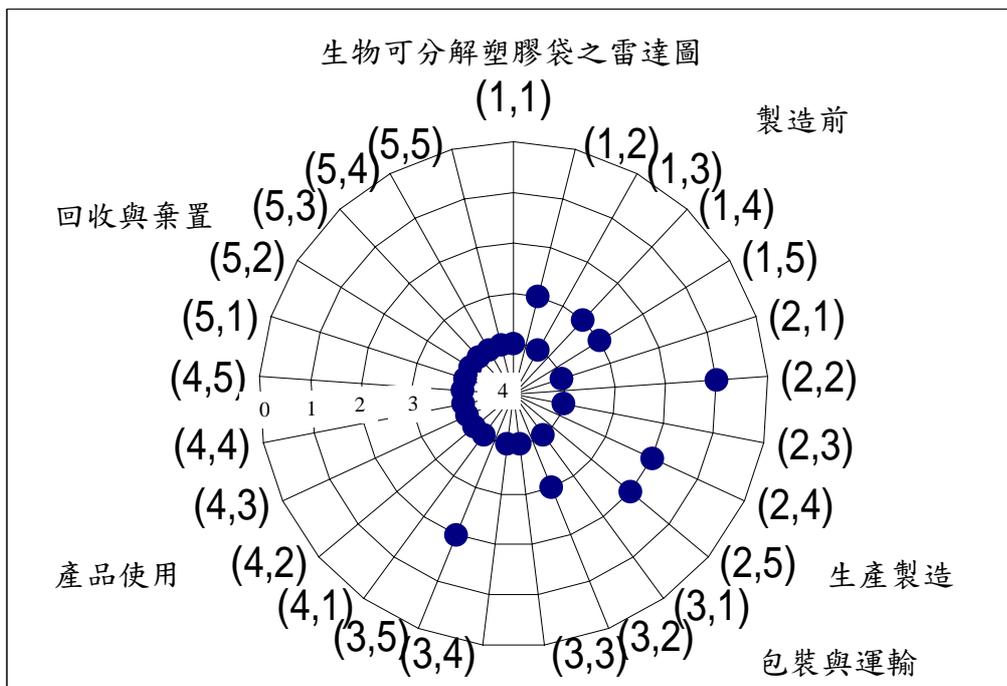


圖 4.5 生物可分解塑膠袋之產品環境責任評估雷達圖

第五章 麥寮六輕廚餘回收機制之探討

第一節 麥寮六輕環保簡介

台塑企業於 1986 年獲准興辦烯烴廠暨相關工業建廠投資計畫，即六輕投資計畫。於 1991 年選定在雲林縣離島基礎工業區之麥寮區及海豐區進行填海造陸，籌建石化工廠、發電廠及專用港等三大項目，共計五十個廠區，總計投資金額約新台幣 4,000 億元，已於 1998 年中陸續完工、試車。麥寮六輕建廠於雲林縣最北端濁水溪出海口，南北長約 8 公里，沿海岸線向外延伸約 4 公里之外海地帶，整體基地面積廣達約 2,600 公頃（其中開發造地的面積約 2,096 公頃），是台灣目前最大之石化專業區。六輕在廢氣、廢水、廢棄物及噪音等污染防治設備上投入相當多的經費，如表 5.1 所示，其防治費用達 748 億，佔總投資金額 4,000 億之 18%（南亞環工中心，2001）。

表 5.1 六輕污染防治投資費用統計

項 目	投資金額（新台幣億元）	備 註
廢氣處理投資費	506.0	污染防治費用約為 748.5 億元，佔總投資費用 4,000 億元之 18%。
廢水處理投資費	125.3	
廢棄物處理投資費	113.5	
噪音防治投資費	3.7	
總計	748.5	

（資料來源：南亞環工中心，2001）

第二節 麥寮六輕之廚餘回收堆肥化機制

在固體廢棄物污染防治措施上，六輕廠區對其事業廢棄物是採行區內完全自行處理模式，不僅設有焚化爐及掩埋場等用以處理廢棄物，且確實執行垃圾分類，進行廢鋁、鐵罐及塑膠瓶、保特瓶和廢紙等的資源回收工作，另設置堆肥廠以處理廚餘。然而麥寮六輕之廚餘

回收堆肥化機制如下所述(郭哲佑、胡憲倫,2002;南亞塑膠公司麥寮廚餘堆肥場簡報資料)。

一、麥寮六輕廚餘回收模式

麥寮六輕除了對廠區內的廚餘實施回收外，還針對鄰近的雲林縣麥寮鄉及台西鄉進行廚餘回收的工作。其回收的方法包含以下三種模式：

(一) 六輕廠區模式

對象：一萬五千多名員工

方式：定點(餐廳)放置廚餘回收桶，由麥寮六輕負責收集

頻率：每天

數量：每日約 3,000kg

(二) 麥寮鄉模式

對象：全鄉十二個村(全面實施的有施厝村、麥津村、麥豐村和橋頭村)

方式：定點放置廚餘回收桶，由麥寮六輕負責收集，91年8月轉由麥寮鄉公所清潔隊收集

頻率：每週三次

數量：每日約 5,000kg

(三) 台西鄉模式

對象：台西村、海口村、海南村、五港村、光華村及海北村等，共二千八百多戶，約一萬多人(未來將擴及全鄉十五個村)

方式：定點放置廚餘回收桶，由台西鄉公所清潔隊收集

頻率：每週三次

數量：每日約 3,000kg

二、麥寮六輕堆肥場

(一) 構造：密閉隧道式堆肥發酵設備。

(二) 配置：包含調整材儲存區、混合室、兩座 6M 寬發酵槽。

(三) 廠房面積：880 坪。

(四) 建廠費用：新台幣三千萬元。

(五) 建廠時間：2000年8月~2000年12月。

(六) 處理量：30,000kg/day (包含調整材)。

三、麥寮六輕廚餘堆肥化處理流程圖

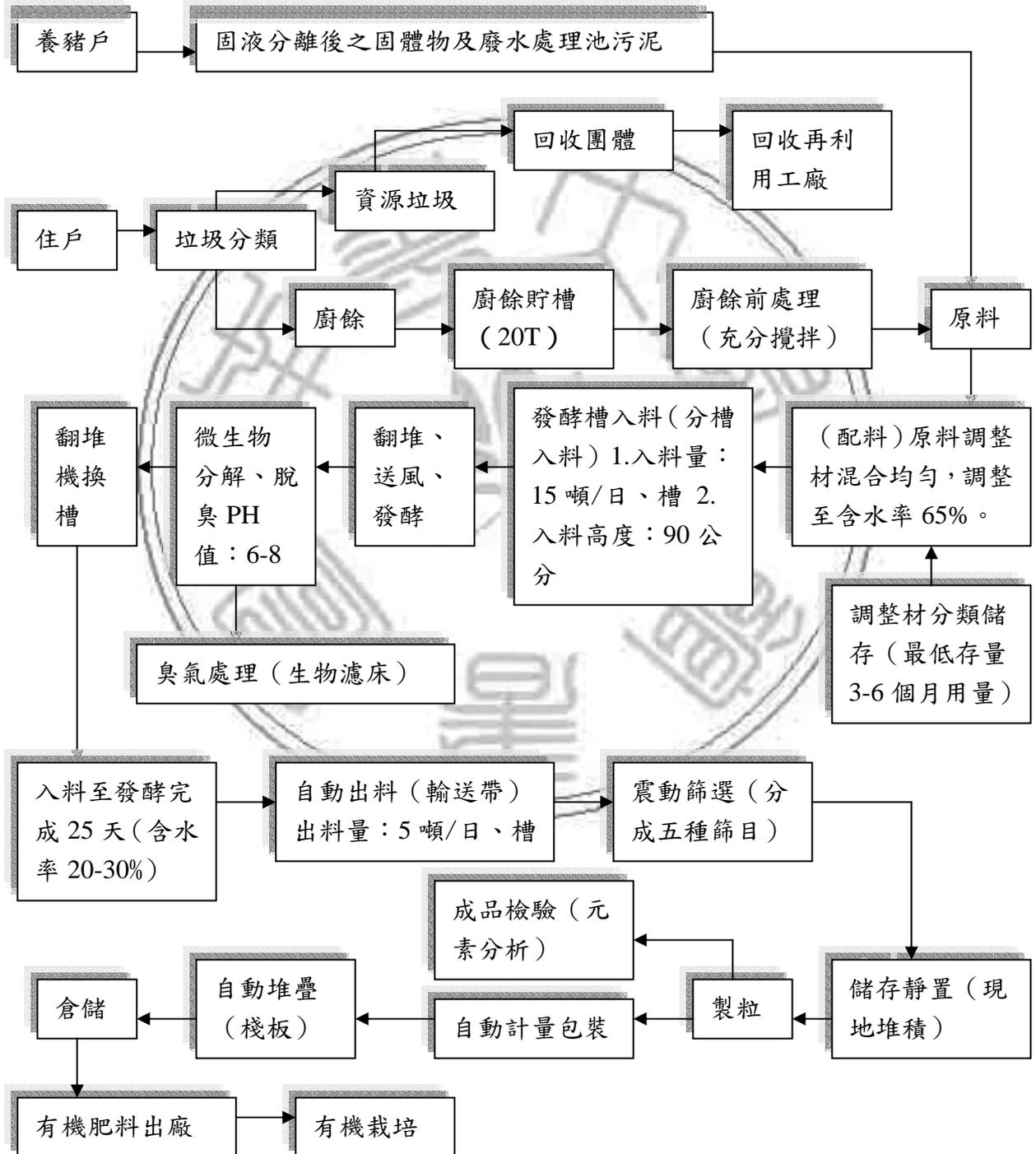


圖 5.1 麥寮六輕廚餘堆肥化處理流程圖

(資料來源：南亞塑膠公司麥寮廚餘堆肥場簡報資料)

四、麥寮六輕堆肥發酵條件

- (一) 微生物：不需特別添加微生物。
- (二) 水分：加入填充材，使廚餘的水分調整為 60%。
- (三) 碳氮比 (C/N)：將填充材混合加入，使碳氮比值為 30：1。
- (四) 溫度：區分為三期
 - 1. 低溫期：60°C 以下，約 5~6 天。
 - 2. 高溫期：65°C~75°C，約 14 天。
 - 3. 熟化期：漸至常溫，約 5 天。
- (五) pH 值：6~8。
- (六) 空氣：送風量為 0.2~0.3NM³/M²。
- (七) 翻堆：每天翻堆一次，每次 4 小時/槽

五、麥寮六輕堆肥臭氣處理

- (一) 臭氣經由抽風機抽至脫臭槽，以生物濾床脫臭處理。
- (二) 臭氣通過脫臭材時間約 100 秒，處理量 0.3NM³/M²，脫臭效果可達 99%。
- (三) 脫臭槽必須要維持溫度在 38°C~43°C 及水分在 45% ~55%，以提供微生物優良之繁殖條件。
- (四) 發酵廠房內亦需保持負壓狀態，避免臭氣外洩。

六、麥寮六輕堆肥場自評與未來展望

依據麥寮六輕堆肥場人員對於其廚餘回收堆肥化機制的自我評價可歸納為以下幾點：

- (一) 宣導的成效：初期的宣導方式是針對回收對象發放宣傳單，隨後鄉公所清潔隊也以宣傳車進行宣導，使民眾對於廚餘回收有了初步的概念，但要能落實廚餘回收工作最重要的是公權力的介入與民眾的自覺。
- (二) 回收的成效：目前廚餘的回收率大約為 70%，相較於初期已有大幅的成長，麥寮鄉由初期平均每日回收 5 噸成長至今平均每日回收 9 噸，台西鄉由初期平均每日回收 3 噸

成長至今平均每日回收 5 噸，但還有需要努力的成長空間。

- (三) 回收的品質：在回收的廚餘中，還是會發現許多的塑膠、金屬等物質，甚至於有整包裝著一般廢棄物的垃圾袋在其中，如此會增加廚餘處理的不便，且造成堆肥的品質不良，因此回收的品質需再加強。
- (四) 回收的頻率：回收頻率是依據廚餘量而定，目前麥寮鄉與台西鄉都是平均兩天回收一次，就現今的情形，這樣的回收頻率是適當的。
- (五) 回收的方式：目前採用的定點放置廚餘回收桶的方式比較適合鄉村，其優點為可隨時配合居民的時間，缺點是回收的品質較無保障且會有造成環境二次污染的問題。未來在都會區隨車收集是比較適合的回收方式，其優點為不會造成環境污染，缺點是住戶需配合收集的時間。
- (六) 處理的技術：所採用之固態好氧發酵技術為目前較適合的方法，所產生的成熟有機肥可以達到 30%。
- (七) 堆肥的品質：所產生的堆肥中含有高溫益菌群，且含有全氮 1.7%、全磷 2.3%、全鉀 2.0% 及其他十七種微量元素，為良好的土壤改良劑。
- (八) 成本效益：一噸廚餘可製成六十公斤堆肥，處理每公斤廚餘的成本約 2~2.5 元，所製成的堆肥再添加其他有機質製成的有機肥，每公斤售 11 元。

麥寮六輕堆肥場未來的推廣計畫：

- (一) 先期在雲林縣東勢鄉與桃園縣楊梅各設置一家廚餘回收處理廠，後續將於屏東縣、台南縣、彰化縣、台中縣、基隆市、嘉義市及宜蘭縣等地設置，以期能擴大回收各地的廚餘。
- (二) 發展有機肥多元化的運用，配合有機農業的推動，除了有可以改良土質的功能之外，也能有更健康的飲食。不僅能達到環境環保，更期望可以兼顧土壤環保及身體環保的效果。
- (三) 有機堆肥除了運用於台灣之外，未來將使品質優良的有機堆肥銷售至國外，目前的有機堆肥已在澳洲、日本等地申請上市中。

第三節 麥寮六輕廚餘回收機制之優缺點探討

六輕的廚餘回收方式，先期是對麥寮鄉每戶發兩個廚餘回收桶，回收車的設計能自動將廚餘倒入後並自動沖洗乾淨，但因村民抱怨回收桶的開口太小，不方便將廚餘倒入，之後才使用定點放置大型回收桶的方式。要建立一套良好又適合的廚餘回收堆肥化機制系統，就必須有整體考量的配套措施。特將六輕的回收堆肥化機制區分為廚餘收集階段、堆肥處理階段及成品利用階段等三部分，並探討六輕在各階段的優缺點。

一、廚餘收集階段

(一) 優點

1. 搭配實施垃圾分類、資源回收等措施，以提升廚餘回收的品質。
2. 六輕加強宣導廚餘回收計畫，使民眾了解廚餘回收的好處及廚餘回收的方法。
3. 規畫有效率的收集路線及運送的方法，並在運送交處理場之前，先送到過磅區統計清運之數量，以為日後參考之資料。

(二) 缺點

1. 民眾習慣以塑膠袋裝盛廚餘，再丟入廚餘回收桶，易造成堆肥處理過程上的困擾。
2. 六輕採取定點放置廚餘桶的回收方式，如果廚餘桶還未滿時，就將該定點之廚餘倒入回收車上的桶子，然而有時在倒入的時候會不小心灑到外面，造成環境的髒亂。

二、堆肥處理階段

(一) 優點

1. 選擇密閉隧道式堆肥發酵的處理技術，產生之堆肥能達到完全腐熟且品質穩定。
2. 機械設備定期更新及維修保養。
3. 由電腦儀器監測堆肥發酵的情況。

（二）缺點

1. 目前是將回收之廚餘直接送進發酵槽，待堆肥出料後再到篩選機篩選出雜質，如廚餘中含有大量雜質將影響堆肥處理。

三、成品利用階段

（一）優點

1. 六輕廚餘堆肥已通過肥料管理法規定事項之驗證，現已上市販售。
2. 六輕致力於廚餘堆肥用途多元化的開發，使堆肥不僅只於農地的使用，而能創造出更高的經濟附加價值，目前已投入將成品運用於養蝦業之研究。

（二）缺點

1. 廚餘堆肥成品的價格還是高於一般化學肥料，因此推廣不易。

綜合上述六輕的廚餘回收機制的優缺點，可歸納出下列幾點台灣在處理有機廢棄物時所應考量的問題。

（一）規畫推動使用生物可分解塑膠袋。

（二）全面推動垃圾費隨袋徵收制度，以增加民眾回收廚餘的意願。

（三）小型自動化回收桶與定點放置大型回收桶各有其優缺點，可依各地不同狀況採用。

（四）政府應獎勵並輔導推廣廚餘有機肥的使用。

（五）六輕之資源化中心模式，不僅處理量大且堆肥品質穩定，可為台灣處理有機廢棄物之參考。

第四節 問卷調查統計分析

因為目前麥寮六輕所進行之廚餘回收對象為雲林縣的台西鄉與麥寮鄉，故特別針對台西鄉與麥寮鄉進行問卷調查，以期了解居民的生活形態、對於廚餘回收的認知、實際執行配合的情況及整體回收活動的感受等。這兩個鄉鎮所採取的回收方式都是定點放置廚餘回收桶，此與許多地方直接在垃圾車後方加掛廚餘回收桶的方式不同，希望此一調查研究結果之優缺點能做為其他地區評估廚餘回收方式時之參考。

一、問卷調查的對象

本問卷調查的對象為雲林縣台西鄉與麥寮鄉中有全面進行廚餘回收的村莊。由表 5.2 中可得知台西鄉共有十五個村，其中全面實施廚餘回收的有五港村、台西村、光華村、海口村、海北村和海南村等六個村，共計有 115 鄰，2,869 戶，10,672 人（台西鄉戶政事務所，2002）。由表 5.3 中可得知麥寮鄉共有十二個村，其中全面實施廚餘回收的有施厝村、麥津村、麥豐村和橋頭村等六個村，共計有 210 鄰，4,930 戶，14,774 人（麥寮鄉戶政事務所，2002）。

表 5.2 台西鄉九十一年十一月份人口統計表

村里	鄰數	合計			
		戶數	人口數		
			計	男	女
總計		7,811	29,059	15,670	13,389
山寮村	15	339	1,165	659	506
*五港村	23	684	2,601	1,321	1,280
五榔村	10	190	628	362	266
中厝村	34	717	2,487	1,403	1,084
*台西村	21	472	1,714	888	826
永豐村	20	504	1,966	1,046	920
*光華村	12	262	893	479	414
和豐村	37	1,128	4,394	2,355	2,039
泉州村	9	229	805	453	352

*海口村	29	682	2,675	1,403	1,272
*海北村	17	384	1,389	755	634
*海南村	13	385	1,400	737	663
蚊港村	22	680	2,798	1,508	1,290
富琦村	24	538	2,146	1,169	977
溪頂村	29	617	1,998	1,132	866

註：*表示有全面實施廚餘回收

(資料來源：台西鄉戶政事務所，2002)

表 5.3 麥寮鄉九十一年十一月份人口統計表

村里	鄰數	合計			
		戶數	人口數		
			計	男	女
總計		10,575	32,588	17,501	15,087
三盛村	16	1,023	3,078	1,673	1,405
瓦礫村	14	567	1,823	1,015	808
後安村	13	895	2,979	1,584	1,395
*施厝村	20	953	3,081	1,672	1,409
海豐村	12	656	1,936	1,034	902
崙後村	14	802	2,492	1,368	1,124
*麥津村	26	1,188	3,518	1,871	1,647
*麥豐村	33	1,605	4,655	2,389	2,266
新吉村	10	329	1,095	599	496
雷厝村	14	627	1,966	1,079	887
*橋頭村	20	1,184	3,520	1,877	1,643
興華村	18	746	2,445	1,340	1,105

註：*表示有全面實施廚餘回收

(資料來源：麥寮鄉戶政事務所，2002)

本研究針對雲林縣台西鄉與麥寮鄉中有全面實施廚餘回收的村，依行政畫分的「鄰」為主以「戶」為單位，再以隨機抽樣進行問卷調查。

由於母全體為已知，並且問卷調查之信賴區間設為 90%，所以本次問卷調查的最小抽樣樣本數，依照下列公式計算（張文英，2001）：

$$(0.1/1.96)^2 = P(1-P)/n$$

n：為抽樣之最小抽樣數

P：由於 P 為未知，故設為最大，即 P=0.5

將 P=0.5 帶入上式

$$\text{則 } (0.1/1.96)^2 = 0.5(1-0.5)/n$$

$$n = 0.5(1-0.5) / (0.1/1.96)^2$$

$$n = 96$$

由上式中可得出 n=96，所以最小抽樣數為 96。今將問卷調查的研究對象分為台西鄉與麥寮鄉兩大類，分別各自抽樣 100 份，且各自分別統計分析其結果。

二、問卷調查的內容

- (一) 了解居民將廚餘用於餵養豬隻的情況，因問卷調查的對象中有許多的養豬業者，是否會因餵養豬隻而影響廚餘回收的成效。
- (二) 了解受訪對象家中有機廢棄物產生的情形及其所佔垃圾量的比率。
- (三) 了解回收單位教育宣導活動的成效，以及民眾對於廚餘回收的認知。
- (四) 了解民眾對於廚餘回收活動的配合度及實際執行情況。
- (五) 了解民眾對於廚餘回收活動的各項滿意程度。

三、問卷調查的結果分析

由於本研究採用人員訪問的問卷調查，在針對台西鄉與麥寮鄉共進行的 200 份問卷中，有效的問卷為 200 份。其中台西鄉受訪者平均家中常住人口數為 4.49 人，麥寮鄉受訪者平均家中常住人口數為 4.92 人。受訪者其他的基本資料整理如表 5.4 所示。問卷調查內容的結果

整理如下。

表 5.4 受訪者基本資料表

		台西鄉		麥寮鄉	
		數量	百分比	數量	百分比
性別	男	52	52%	53	53%
	女	48	48%	47	47%
年齡	15~19 歲	1	1%	6	6%
	20~29 歲	14	14%	17	17%
	30~39 歲	10	10%	23	23%
	40~49 歲	20	20%	24	24%
	50~59 歲	24	24%	17	17%
	60 歲以上	31	31%	13	13%
教育程度	大專以上	10	10%	21	21%
	高中（職）	25	25%	37	37%
	國中	22	22%	22	22%
	國小	23	23%	15	15%
	不識字	20	20%	5	5%

（本研究自行統計整理）

（一）是否為養豬業者或家中有飼養豬隻

台西鄉：在 100 份受訪者的資料中，有 2% 是「養豬業者」，有 1% 是「家中飼養豬隻」，而有 97% 是「非養豬業者或家中沒有飼養豬隻」（如圖 5.2 所示）。

麥寮鄉：在 100 份受訪者的資料中，有 2% 是「養豬業者」，有 2% 是「家中飼養豬隻」，而有 96% 是「非養豬業者或家中沒有飼養豬隻」（如圖 5.3 所示）。

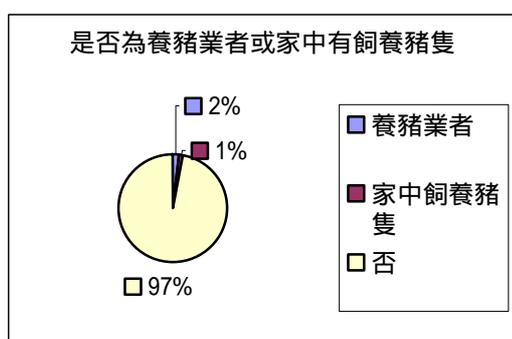


圖 5.2 台西鄉飼養豬隻情況

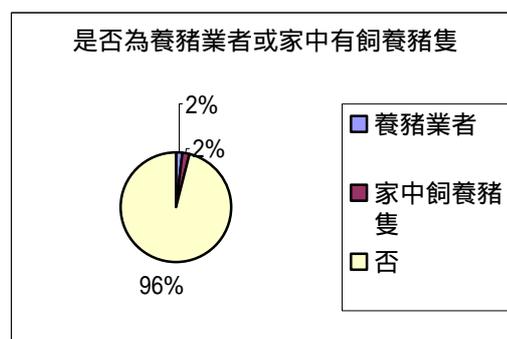


圖 5.3 麥寮鄉飼養豬隻情況

(二) 家中的廚餘是否有用於餵食豬隻

台西鄉：對於養豬業者或家中有飼養豬隻的受訪者中，有將家中廚餘用於餵養豬隻的佔 66.7%，沒有的佔 33.3%（如圖 5.4 所示）。

麥寮鄉：對於養豬業者或家中有飼養豬隻的受訪者中，有將家中廚餘用於餵養豬隻的佔 100%，沒有的佔 0%（如圖 5.5 所示）。

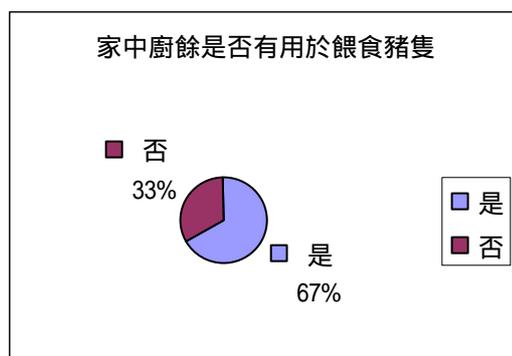


圖 5.4 台西鄉餵養豬隻情形

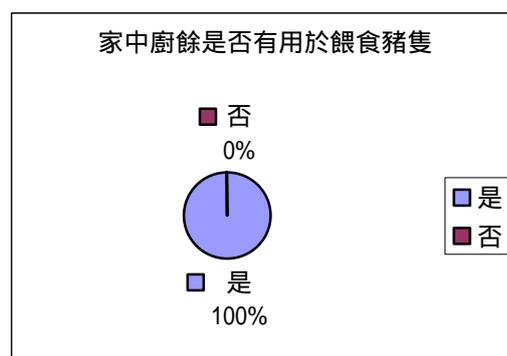


圖 5.5 麥寮鄉餵養豬隻情形

(三) 用於餵養豬隻的廚餘是否有經高溫加熱殺菌

台西鄉：在養豬業者或家中有飼養豬隻的受訪者中有將家中廚餘用於餵養豬隻者，其中 50% 在廚餘餵養豬隻前有經高溫加熱殺菌，而 50% 並未經高溫加熱殺菌（如圖 5.6 所示）。

麥寮鄉：在養豬業者或家中有飼養豬隻的受訪者中有將家中廚餘用於餵養豬隻者，其中 50% 在廚餘餵養豬隻前有經高溫加熱殺菌，而 50% 並未經高溫加熱殺菌（如圖 5.7 所示）。

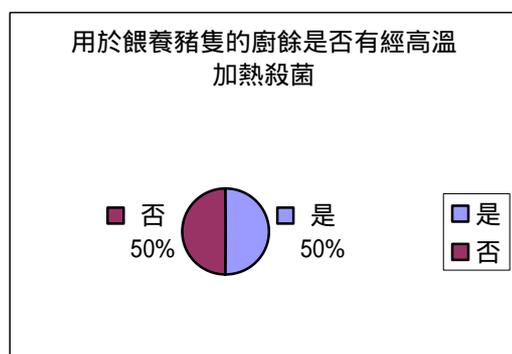


圖 5.6 台西鄉廚餘餵養豬隻處理情形

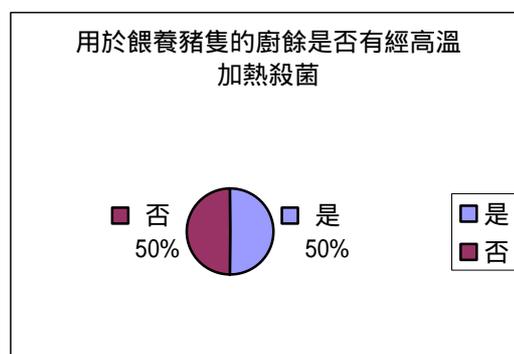


圖 5.7 麥寮鄉廚餘餵養豬隻處理情形

(四) 平均一週在家用餐次數 (一餐算一次)

台西鄉：在 100 份的問卷調查中，平均一週在家用餐次數為「二次以下」的佔 2%，「三至五次」的佔 9%，「六至十次」的佔 10%，「十次以上」的佔 79% (如圖 5.8 所示)。

麥寮鄉：在 100 份的問卷調查中，平均一週在家用餐次數為「二次以下」的佔 7%，「三至五次」的佔 16%，「六至十次」的佔 11%，「十次以上」的佔 66% (如圖 5.9 所示)。

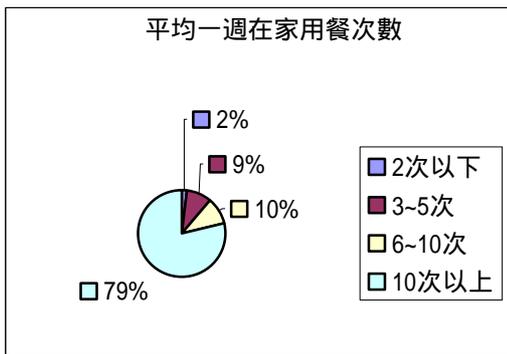


圖 5.8 台西鄉在家用餐次數

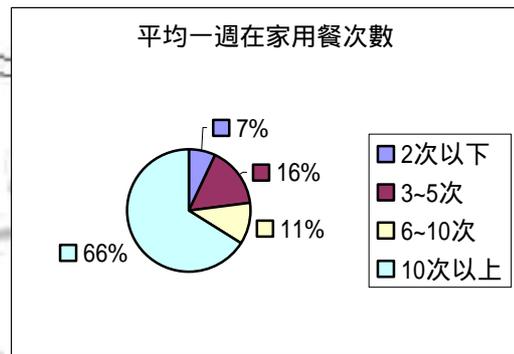


圖 5.9 麥寮鄉在家用餐次數

(五) 每天產生的垃圾量中，廚餘約佔家中垃圾量的比率

台西鄉：於此次的問卷調查中得知，廚餘佔家中垃圾量的比率在「百分之二十以下」的有 78%，在「百分之二十至四十」的有 17%，在「百分之四十至六十」的有 5%，在「百分之六十至八十」的為 0%，在「百分之八十以上」的為 0% (如圖 5.10 所示)。

麥寮鄉：於此次的問卷調查中得知，廚餘佔家中垃圾量的比率在「百分之二十以下」的有 56%，在「百分之二十至四十」的有 31%，在「百分之四十至六十」的有 8%，在「百分之六十至八十」的為 5%，在「百分之八十以上」的為 0% (如圖 5.11 所示)。

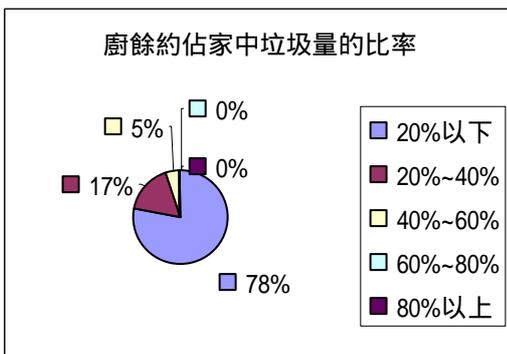


圖 5.10 台西鄉廚餘佔垃圾量的比率

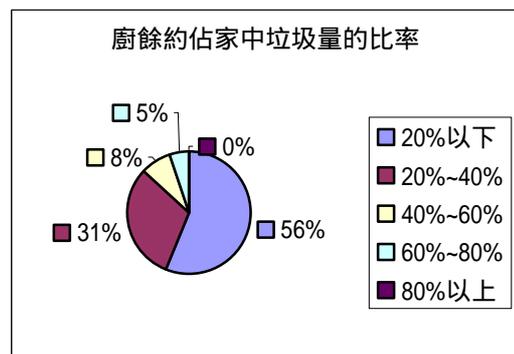


圖 5.11 麥寮鄉廚餘佔垃圾量的比率

(六) 是否知道本鄉鎮有推行廚餘回收活動

台西鄉：在此次的問卷調查中，「知道」本鄉鎮有推行廚餘回收活動的有 87%，「不知道」本鄉鎮有推行廚餘回收活動的有 13%（如圖 5.12 所示）。

麥寮鄉：在此次的問卷調查中，「知道」本鄉鎮有推行廚餘回收活動的有 93%，「不知道」本鄉鎮有推行廚餘回收活動的有 7%（如圖 5.13 所示）。

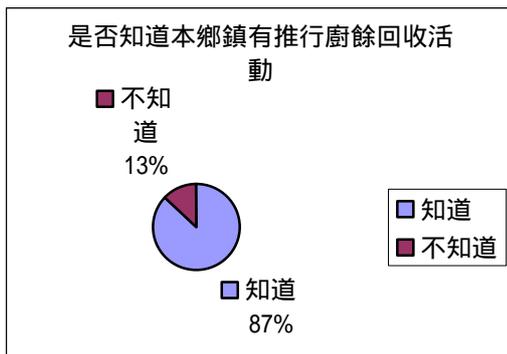


圖 5.12 台西鄉廚餘回收宣傳情形

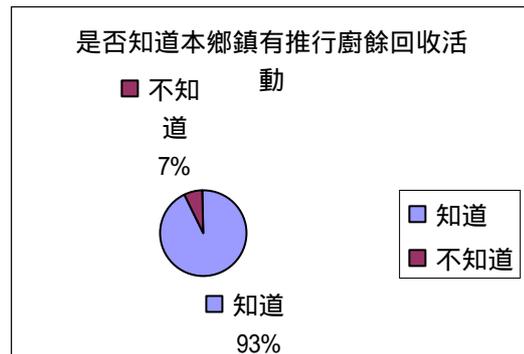


圖 5.13 麥寮鄉廚餘回收宣傳情形

(七) 如何得知本鄉鎮有進行廚餘回收的工作

台西鄉：在知道本鄉鎮有推行廚餘回收活動的受訪者當中，得知此訊息的來源分別為「宣傳單」佔 31%，「宣傳車」佔 49%，「人員訪視宣導」佔 9%，「鄰居告知」佔 9%，「其他」佔 2%。回答其他者表示是因看到公所人員來收回收桶而得知（如圖 5.14 所示）。

麥寮鄉：在知道本鄉鎮有推行廚餘回收活動的受訪者當中，得知此訊息的來源分別為「宣傳單」佔 26%，「宣傳車」佔 56%，「人員訪視宣導」佔 7%，「鄰居告知」佔 6%，「其他」佔 5%。回答其他者包括有從報紙、廚餘回收車、台塑員工等得知（如圖 5.15 所示）。

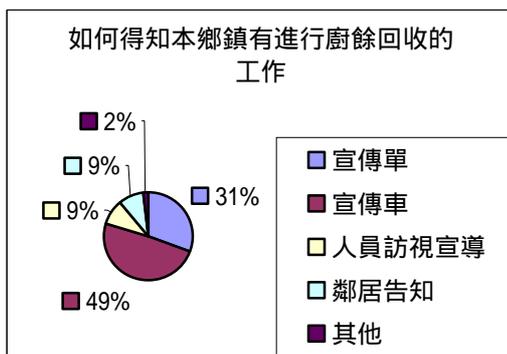


圖 5.14 台西鄉廚餘回收宣導方式

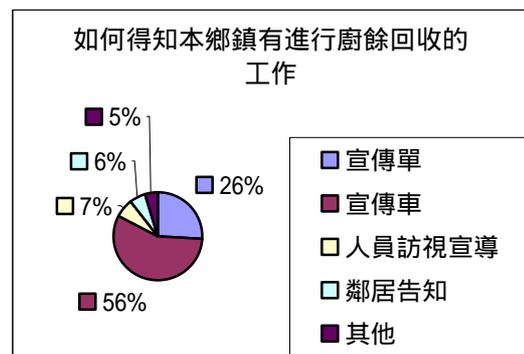


圖 5.15 麥寮鄉廚餘回收宣導方式

(八) 您認為目前廚餘回收工作之教育宣導推廣的如何

台西鄉：在所有的受訪者中，認為教育宣導工作做的「非常好」的有 24%，「好」的有 39%。「普通」的有 22%，「差」的有 11%，「很差」的有 4%（如圖 5.16 所示）。

麥寮鄉：在所有的受訪者中，認為教育宣導工作做的「非常好」的有 17%，「好」的有 35%。「普通」的有 40%，「差」的有 7%，「很差」的有 1%（如圖 5.17 所示）。

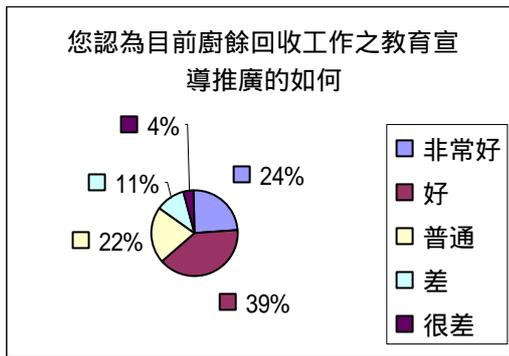


圖 5.16 台西鄉教育宣導的滿意度

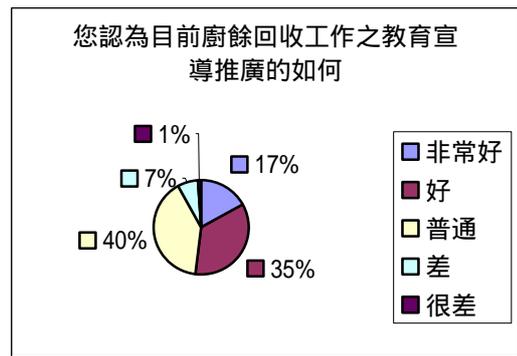


圖 5.17 麥寮鄉教育宣導的滿意度

(九) 您認為回收後的廚餘應如何處理

台西鄉：對於廚餘回收後的處理方式，受訪者認為「焚化」的佔 0%，「掩埋」的佔 0%，「堆肥（製成有機肥料）」的佔 79%，「養豬」的佔 19%，「其他」的佔 2%（如圖 5.18 所示）。

麥寮鄉：對於廚餘回收後的處理方式，受訪者認為「焚化」的佔 5%，「掩埋」的佔 0%，「堆肥（製成有機肥料）」的佔 78%，「養豬」的佔 16%，「其他」的佔 1%（如圖 5.19 所示）。

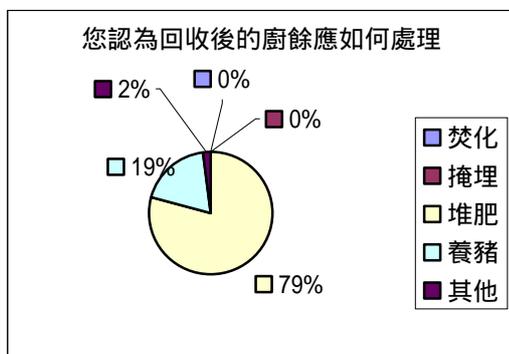


圖 5.18 台西鄉認為廚餘處理方式

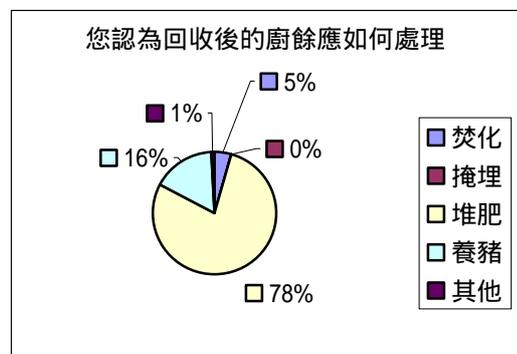


圖 5.19 麥寮鄉認為廚餘處理方式

(十) 您覺得最適當的廚餘回收頻率為何

台西鄉：認為放置的廚餘桶回收清運的頻率，「一天一次」的有 60%，「二天一次」的有 33%，「三天一次」的有 7%，「每週一次」的有 0%，「其他」的有 0%（如圖 5.20 所示）。

麥寮鄉：認為放置的廚餘桶回收清運的頻率，「一天一次」的有 40%，「二天一次」的有 41%，「三天一次」的有 17%，「每週一次」的有 2%，「其他」的有 0%（如圖 5.21 所示）。

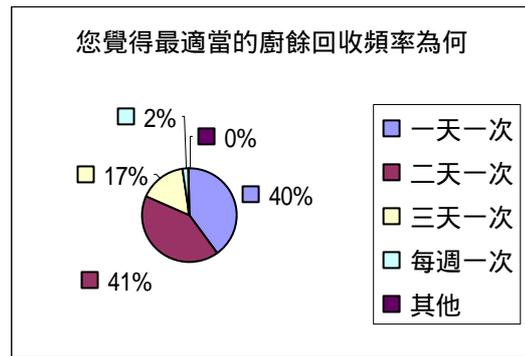
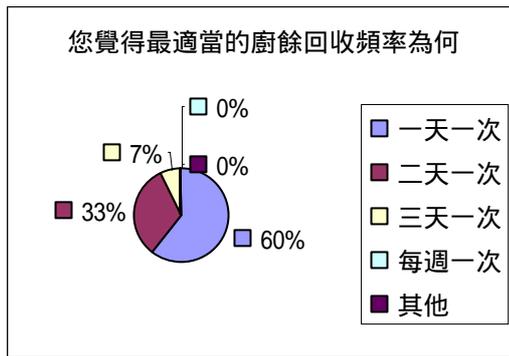


圖 5.20 台西鄉認為適當的回收頻率 圖 5.21 麥寮鄉認為適當的回收頻率

(十一) 若實施「垃圾費隨袋徵收」，是否會增加您回收廚餘以減少垃圾量的意願

台西鄉：對於若實施垃圾費隨袋徵收，會因此而增加廚餘回收的意願，其中「會」的有 41%，「不會」的有 49%，「其他」的有 5%，「未作答」的有 5%。回答其他者表示不希望實施垃圾費隨袋徵收（如圖 5.22 所示）。

麥寮鄉：對於若實施垃圾費隨袋徵收，會因此而增加廚餘回收的意願，其中「會」的有 47%，「不會」的有 51%，「其他」的有 2%（如圖 5.23 所示）。

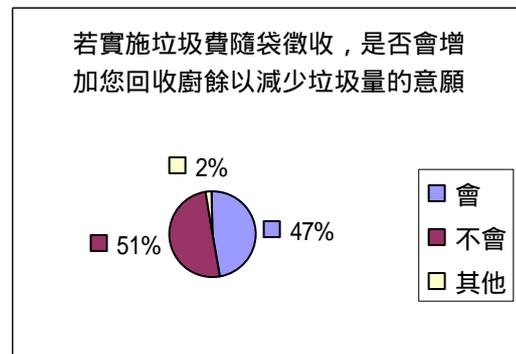
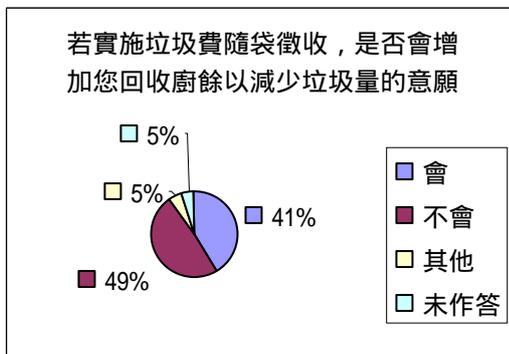


圖 5.22 台西鄉對實施垃圾費隨袋徵收的看法 圖 5.23 麥寮鄉對實施垃圾費隨袋徵收的看法

(十二) 目前家中廚餘處理方式

台西鄉：此次受訪者家中廚餘處理的方式，「隨一般垃圾丟棄」的有 2%，「自行餵養豬隻」的有 2%，「自行製成堆肥」的有 0%，「倒入廚餘回收桶」的有 90%，「其他」的有 6%。回答其他的有餵養雞、鴨、狗、兔子等（如圖 5.24 所示）。

麥寮鄉：此次受訪者家中廚餘處理的方式，「隨一般垃圾丟棄」的有 7%，「自行餵養豬隻」的有 4%，「自行製成堆肥」的有 6%，「倒入廚餘回收桶」的有 82%，「其他」的有 1%。回答其他者表示用於餵雞（如圖 5.25 所示）。

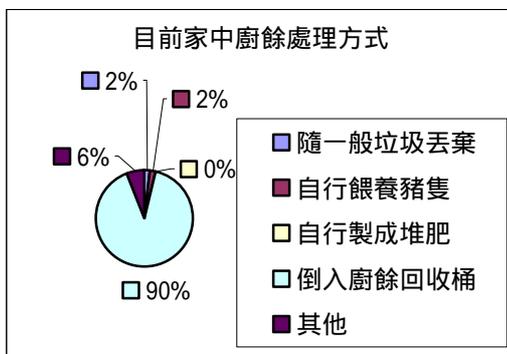


圖 5.24 台西鄉家中廚餘處理方式

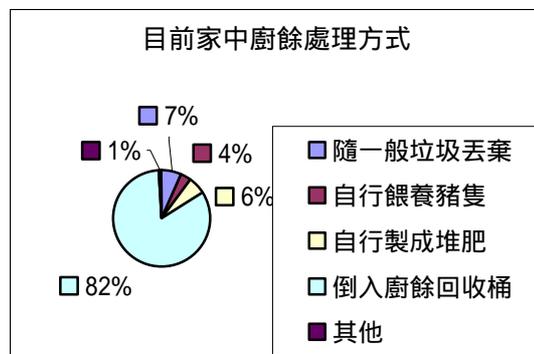


圖 5.25 麥寮鄉家中廚餘處理方式

(十三) 您將廚餘倒入廚餘回收桶的方式為何

台西鄉：在有將廚餘倒入廚餘回收桶的受訪者當中，其將廚餘倒入廚餘回收桶的方式，分別為「使用鍋、碗等容器盛裝，再倒入廚餘回收桶」的有 84%，「使用塑膠袋盛裝，且連同塑膠袋一並丟入」的有 3%，「使用塑膠袋盛裝，而未將塑膠袋丟入」的有 13%，「其他」的有 0%（如圖 5.26 所示）。

麥寮鄉：在有將廚餘倒入廚餘回收桶的受訪者當中，其將廚餘倒入廚餘回收桶的方式，分別為「使用鍋、碗等容器盛裝，再倒入廚餘回收桶」的有 79%，「使用塑膠袋盛裝，且連同塑膠袋一並丟入」的有 9%，「使用塑膠袋盛裝，而未將塑膠袋丟入」的有 12%，「其他」的有 0%（如圖 5.27 所示）。

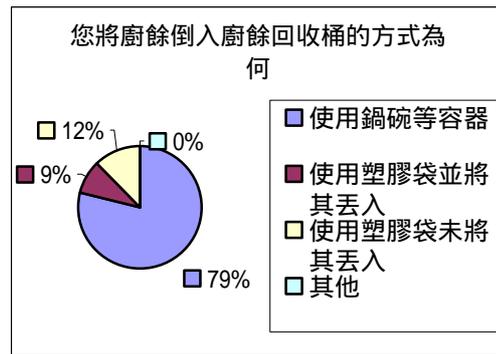
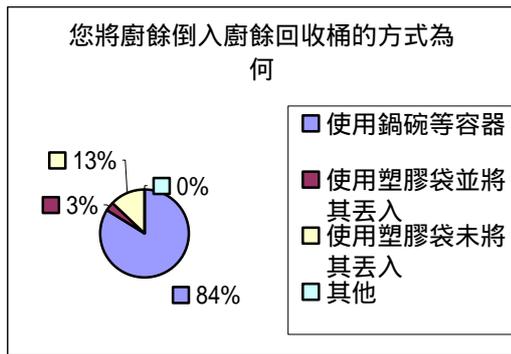


圖 5.26 台西鄉廚餘倒入回收桶的方式 圖 5.27 麥寮鄉廚餘倒入回收桶的方式

(十四) 廚餘回收後家中垃圾量是否有減少

台西鄉：在有將廚餘倒入廚餘回收桶的受訪者當中，覺得廚餘回收後家中垃圾量是否有減少的比率為，「明顯減少」的佔 24%，「有減少」的佔 68%，「未明顯減少」的佔 8%（如圖 5.28 所示）。

麥寮鄉：在有將廚餘倒入廚餘回收桶的受訪者當中，覺得廚餘回收後家中垃圾量是否有減少的比率為，「明顯減少」的佔 29%，「有減少」的佔 59%，「未明顯減少」的佔 12%（如圖 5.29 所示）。

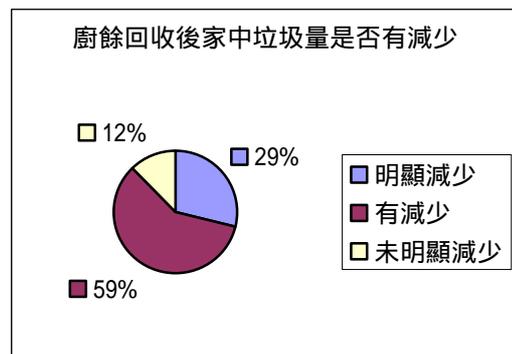
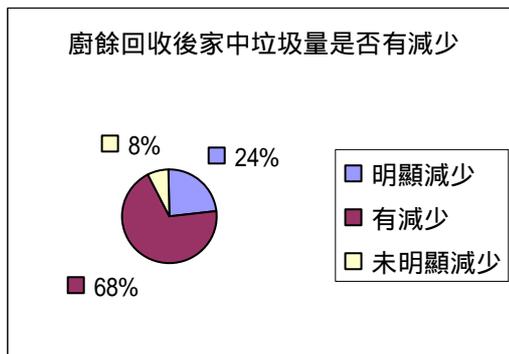


圖 5.28 台西鄉廚餘回收後家中垃圾量的情形 圖 5.29 麥寮鄉廚餘回收後家中垃圾量的情形

(十五) 廚餘回收後對於家中垃圾發出臭味、孳生蚊蠅等問題是否有改善

台西鄉：在有將廚餘倒入廚餘回收桶的受訪者當中，對於廚餘回收後家中垃圾發出臭味、孳生蚊蠅等問題是否有改善的問題，覺得「明顯有改善」的佔 27%，「有改善」的佔 72%，「未明顯改善」的佔 1%（如圖 5.30 所示）。

麥寮鄉：在有將廚餘倒入廚餘回收桶的受訪者當中，對於廚餘回收後家中垃圾發出臭味、孳生蚊蠅等問題是否有改善的問題，覺得「明顯有改善」的佔 31%，「有改善」的佔 67%，「未明顯改善」的佔 2%（如圖 5.31 所示）。

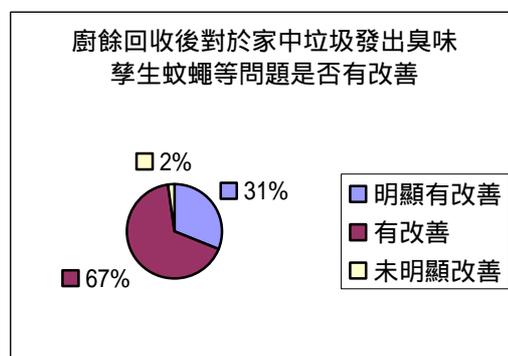
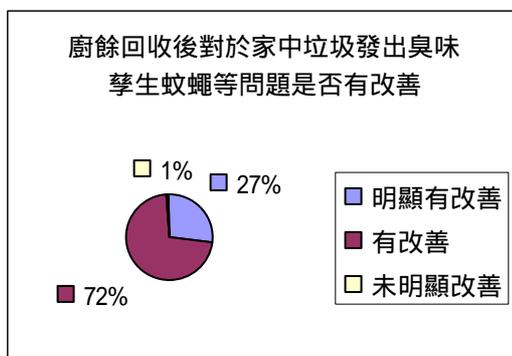


圖 5.30 台西鄉廚餘回收後家中垃圾衛生改善情形

圖 5.31 麥寮鄉廚餘回收後家中垃圾衛生改善情形

(十六) 您覺得家中附近放置之廚餘回收桶的位置是否適當

台西鄉：在所有的受訪者中，對於廚餘回收桶放置是否適當的問題，回答「非常適當」的有 14%，「適當」的有 61%，「普通」的有 16%，「不適當」的有 4%，「非常不適當」的有 2%，因為不知道有放置廚餘回收桶而「未作答」的有 3%（如圖 5.32 所示）。

麥寮鄉：在所有的受訪者中，對於廚餘回收桶放置是否適當的問題，回答「非常適當」的有 13%，「適當」的有 52%，「普通」的有 28%，「不適當」的有 5%，「非常不適當」的有 1%，「未作答」的有 1%（如圖 5.33 所示）。

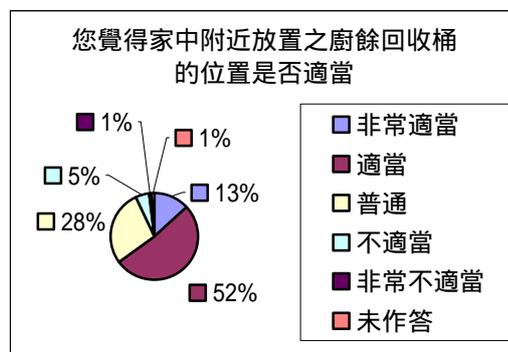
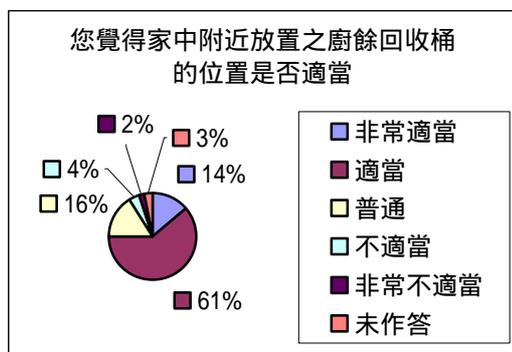


圖 5.32 台西鄉回收桶放置情形

圖 5.33 麥寮鄉回收桶放置情形

(十七) 您是否覺得因放置廚餘回收桶而使附近的環境變得髒亂

台西鄉：在所有的受訪者中，對於是否覺得因放置廚餘回收桶而使附近的環境變得髒亂的問題，回答「非常同意」的有 1%，「同意」的有 38%，「沒差別」的有 26%，「不同意」的有 31%，「非常不同意」的有 1%，因為不知道有放置廚餘回收桶而「未作答」的有 3%（如圖 5.34 所示）。

麥寮鄉：在所有的受訪者中，對於是否覺得因放置廚餘回收桶而使附近的環境變得髒亂的問題，回答「非常同意」的有 5%，「同意」的有 32%，「沒差別」的有 38%，「不同意」的有 23%，「非常不同意」的有 1%，「未作答」的有 1%（如圖 5.35 所示）。

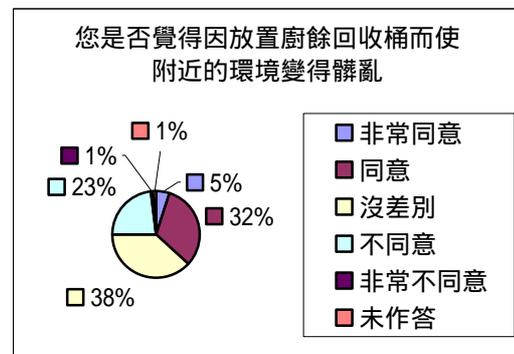
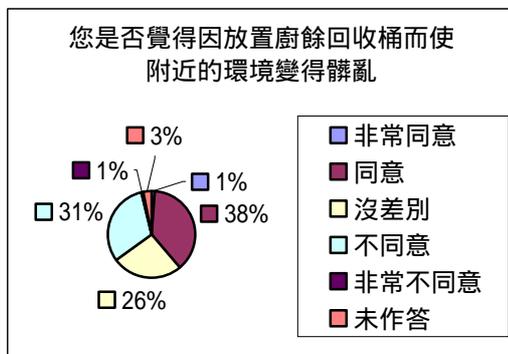


圖 5.34 台西鄉回收桶附近環境情形 圖 5.35 麥寮鄉回收桶附近環境情形

(十八) 您認為民衆不願意參與廚餘回收活動的原因為何

台西鄉：在所有的受訪者當中，因為不知道有放置廚餘回收桶而沒作答的 3%，其餘覺得民衆不願意參與廚餘回收活動的原因，「垃圾分類困難」的佔 21%，「廚餘包裝麻煩」的佔 16%，「廚餘丟棄不便」的佔 16%，「廚餘量少」的佔 17%，「無誘因」的佔 8%，「其他」的佔 19%，「未作答」的佔 3%。回答其他的包括有都願意參與、自行餵養家畜魚塢、無環保意識等（如圖 5.36 所示）。

麥寮鄉：在所有的受訪者當中，覺得民衆不願意參與廚餘回收活動的原因，「垃圾分類困難」的佔 27%，「廚餘包裝麻煩」的佔 21%，「廚餘丟棄不便」的佔 17%，「廚餘量少」的佔 13%，「無誘因」的佔 13%，「其他」的佔 8%，「未作答」的佔 1%。回答其他者表示是因為懶惰（如圖 5.37 所示）。

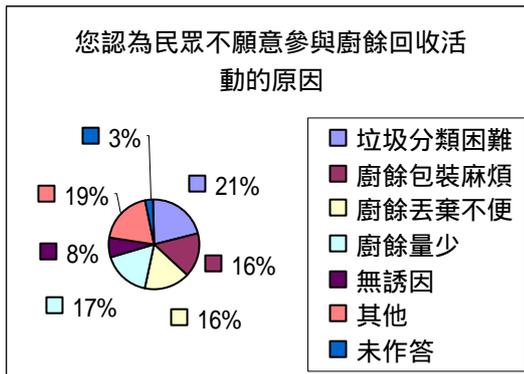


圖 5.36 台西鄉民眾不願參與廚餘回收的原因

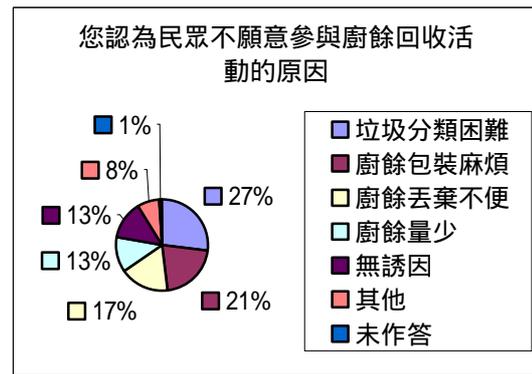


圖 5.37 麥寮鄉民眾不願參與廚餘回收的原因

(十九) 對於目前本鄉鎮廚餘回收工作整體的滿意程度

台西鄉：在本次的問卷調查中，對於目前本鄉鎮廚餘回收工作整體的滿意程度，「非常滿意」的有 6%，「滿意」的有 43%，「還好」的有 42%，「不滿意」的有 4%，「非常不滿意」的有 2%，「未作答」的有 3%（如圖 5.38 所示）。

麥寮鄉：在本次的問卷調查中，對於目前本鄉鎮廚餘回收工作整體的滿意程度，「非常滿意」的有 9%，「滿意」的有 33%，「還好」的有 52%，「不滿意」的有 3%，「非常不滿意」的有 2%，「未作答」的有 1%（如圖 5.39 所示）。

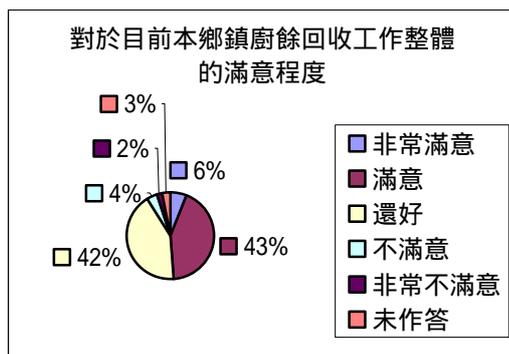


圖 5.38 台西鄉廚餘回收的滿意度

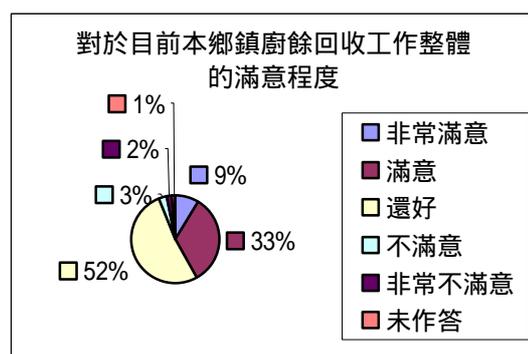


圖 5.39 麥寮鄉廚餘回收的滿意度

(二十) 對於廚餘回收其他的建議

台西鄉：

1. 應再加強宣導，並說明清楚哪些是可回收的物質。

2. 夏天時廚餘容易發出臭味，應提高回收頻率。
3. 增加廚餘回收桶放置的數量，若回收桶放置的位子太遠，會造成丟棄時的不便。
4. 廚餘回收桶應清洗乾淨，並加強回收桶四周環境的改善。
5. 很多人會用塑膠袋盛裝廚餘，而隨手將塑膠袋丟棄在回收桶旁，可在回收桶旁另外放置垃圾桶，供塑膠袋丟棄。

麥寮鄉：

1. 增加廚餘回收桶的放置點。
2. 多宣導教育民眾，培養民眾的公德心，將廚餘完全的倒入回收桶。
3. 夏天應提高廚餘回收的頻率。
4. 可將廚餘回收桶分為兩類，一是要回收製成有機肥料，如骨頭、貝殼等；一是要回收養豬，如剩菜、飯、麵等。
5. 廚餘回收桶可設計為「腳踩開蓋式」。
6. 應盡力執行，並提高民眾的配合度。

四、問卷調查的結果與討論

從以上的問卷調查結果，可以綜合歸納出以下幾點結果：

(一) 以往台西鄉與麥寮鄉除養豬業者外，很多民眾家中也都曾自行飼養豬隻，在此次的問卷調查中可知，一般民眾家中自行飼養豬隻的情況已很少見。然而養豬業者或是家中有飼養豬隻的民眾，大都有將廚餘用於餵養豬隻，但廚餘在餵養豬隻前有一半未將廚餘加熱殺菌，因此其衛生問題值得深究。

(二) 平均一週在家用餐次數，兩個鄉都是以十次以上為最多，台西鄉有 79%、麥寮鄉有 66

%，可見其外食的情況比較少。而廚餘佔家中垃圾量的比例，台西鄉以百分之二十以下有 78% 為最多、麥寮鄉也以百分之二十以下有 56% 為最多，其原因是民眾大都認為廚餘只包括用餐後之剩菜剩飯，所以宣導教育的工作應更加強。

(三) 在此次的調查中，大多數的民眾都知道有進行廚餘回收。而得知的方式以宣傳車為最多，其次為宣傳單。而對於宣傳教育的滿意度，台西鄉覺得好或非常好共有 63%、麥寮鄉覺得好或非常好共有 52%。所以整體來說，對於廚餘回收活動的宣導進行的還算不錯。

(四) 對於廚餘回收後的處理方式，民眾大都認為應該製成有機肥料。而回收的頻率則覺得應為每天或兩天一次。

(五) 認為實施垃圾費隨袋徵收會增加廚餘回收意願的比例，認為會與認為不會的差不多，其中很多都直接的表示不贊成實施垃圾費隨袋徵收。

(六) 台西鄉有 90%、麥寮鄉有 82% 表示有將廚餘倒入廚餘回收桶。而倒入的方式大都是用容器，有少部分是使用塑膠袋。雖然回答將垃圾袋與廚餘一併丟入回收桶的比率不高，但在實地的觀察中，有很多都是直接將塑膠袋丟入回收桶，可能很多人都了解不能將塑膠袋丟入，但還是沒有做到。

(七) 大部分都覺得廚餘回收之後家中垃圾量有減少，且對於臭味與環境衛生問題有改善。

(八) 對於家中附近回收桶放置位置大都覺得適當，因為很多都已是經過協商調整過了。而對於回收桶四周環境，認為會髒亂與認為不會髒亂的比率差不多。

(九) 整體而言，受訪者對於整體廚餘回收活動的滿意度均很高。

由於台西鄉與麥寮鄉在生活型態、地理環境、人口結構上都差不多，且其廚餘回收的方式也都大致相同，麥寮鄉的回收單位在九十一年八月之前是由台塑負責，之後與台西鄉一樣都是由鄉公所清潔隊擔任，所以兩鄉的問卷有許多相同之處，而其相異之處也沒有很大的差別，特將台西與麥寮兩鄉問卷結果之異同分析比較如下：

(一) 台西與麥寮兩鄉問卷結果相同之處

1. 有將家中廚餘用於餵養豬隻者，在餵食之前有經過加熱殺菌，台西與麥寮兩鄉皆為 50%。
2. 平均一週在家用餐次數，台西鄉與麥寮鄉皆以「十次以上」為最多。
3. 每天產生的垃圾量中，廚餘約佔家中垃圾量的比率，兩鄉皆以「20%」為最多，其次為「20~40%」。
4. 對於是否知道有推動廚餘回收，兩鄉「知道」的比率都很高，台西鄉有 87%、麥寮鄉有 93%；而如何得知也都是以「宣傳車」最高，其次為「宣傳單」。
5. 若實施「垃圾費隨袋徵收（即需購買專用垃圾袋）」，是否會增加回收廚餘以減少垃圾量的意願，回答「會」與「不會」的比率差不多。
6. 認為廚餘回收後的處理方式，都以「堆肥」為最高，其次為「養豬」。
7. 目前家中廚餘處理方式，皆為「倒入廚餘回收桶」為最多；而倒入的方式也都是以「使用鍋碗等容器」為最多。
8. 台西與麥寮兩鄉都認為廚餘回收之後家中垃圾量有減少，且對於垃圾發出臭味與孳生蚊蠅的情況有改善。
9. 兩鄉對於廚餘回收桶放置的位子大致上都覺得適當，且對於廚餘回收桶附近是否環境髒亂問題，兩鄉都是認為「會」的略高於認為「不會」的。

(二) 台西與麥寮兩鄉問卷結果相異之處

1. 對於養豬業者或家中有飼養豬隻的受訪者中，有將家中廚餘用於餵養豬隻的，台西鄉為 67%，麥寮鄉為 100%。
2. 認為最適當的廚餘回收頻率，台西鄉以「一天一次」佔 60%為最高，其次「二天一次」有 33%；而麥寮鄉以「二天一次」佔 41%為最高，其次「一天一次」有 40%。

3. 認為民衆不願意參與廚餘回收活動的原因，台西鄉以「垃圾分類困難」為最高，其次依序為「其他」、「廚餘量少」、「廚餘包裝麻煩」、「廚餘丟棄不便」、「無誘因」；而麥寮鄉以「垃圾分類困難」為最高，其次依序為「廚餘包裝麻煩」、「廚餘丟棄不便」、「廚餘量少」、「無誘因」、「其他」。
4. 對於目前廚餘回收工作整體的滿意程度，台西鄉以「滿意」有 43% 最高，其次為「還好」有 42%；麥寮鄉以「還好」有 52% 為最高，其次為「滿意」有 33%。

第六章 結論、建議與後續研究

第一節 結論與建議

政府單位已意識到廚餘回收的重要性，許多縣市也積極投入廚餘回收的行列，然而如何規畫一套有效又可行的廚餘回收模式，才能真正達到將廢棄物資源化的目的。本研究首先分析了台灣有機廢棄物的現況以及處理機制，並針對麥寮六輕的廚餘回收機制有了深入的探討。研究發現台塑六輕的廚餘回收以及堆肥資源化的機制，不失為解決國內有機廢棄物的方法，並且可以化廢棄物為有價的資源，此模式可為各地實施廚餘回收之參考。

一、台塑麥寮六輕模式研究之結論與建議

台塑除了在麥寮六輕設置先期廚餘堆肥化試驗廠，且計畫於雲林縣的東勢鄉與桃園縣的楊梅設立更大型的廚餘資源化中心，之後更將於台灣各地設置，特將台塑麥寮六輕模式之研究結論歸結於下，以為未來各地實施廚餘回收之參考模式：

- (一) 在進行廚餘回收活動之前，充分的進行宣導教育，利用宣傳單及宣傳車宣導廚餘回收的觀念，經問卷調查的結果，民眾知道廚餘回收活動的比率也很高。但對於哪些是可回收的物質，應再加強宣導。
- (二) 廚餘回收桶的數量還算適當，放置的地點也算合適，但回收桶附近的環境清潔還需加強維護，建議可將廚餘回收桶的蓋子改為「腳踩開蓋式」，如此可改善民眾倒完廚餘後不蓋上蓋子的問題。
- (三) 在廚餘回收桶內會發現許多的塑膠袋，由簡化式生命週期評估可知，生物可分解塑膠袋相對於一般塑膠袋對環境的衝擊較小，因此建議可使用生物可分解塑膠袋作為廚餘回收袋。

(四) 採用密閉隧道式堆肥發酵設備，所產生的有機肥能夠達到完全的腐熟，其品質良好且穩定。

(五) 所生產的有機肥除了做為肥料的使用外，更致力於有機肥多用途的研發，使有機肥更有經濟價值。

二、台灣廚餘回收再利用管理機制之建立

在一次以「倫理學、經濟學與環境政策」為主題的研討會中，經過許多不同領域學者專家深入的探討與辯證之後，對於所有觀點所歸納整理之結論，指出環境政策的決策必須包含下列幾方面（陳慈美，2002）：

- (一) 訴諸各種建構價值觀的不同模式，讓每個人能夠充分表達其自身不同的倫理取向。
- (二) 在決策的規範（policy-making constraints）裡，應在原有的效率基準（efficiency criteria）中融入倫理與公平性等考量。
- (三) 擴展審議機制（deliberative institutions），如市民陪審團、審議投票與輿論會議等，以擴大公眾參與環境政策中價值觀的表達和辯論。
- (四) 發展出結合分析技術（例如對於環境價值觀的多元性與不可相容性、具有高敏感度的多層基準工具）與審議方法的架構。
- (五) 承認公眾對於公平性、正確性和正當性所持的觀念，會影響其對於各種不同的政策誘因（policy incentives）的反應。
- (六) 在公共決策上，設計出能夠同時兼顧「政策決定的脈絡」（policy-making context）與「對於民主正當性及責任性的需求」的審議步驟。
- (七) 發展各機構和決策組織在制度運作面的能力（institutional capacity），使其能夠吸收新審議方法的結果。

要有效解決廚餘問題，建立台灣廚餘回收再利用機制，本研究提出三個重要觀點，如圖 6.1 所示，即為減少廚餘量、回收機制的建立及增加有機肥利用，並分別提出相關的政策措施，將分述如下：

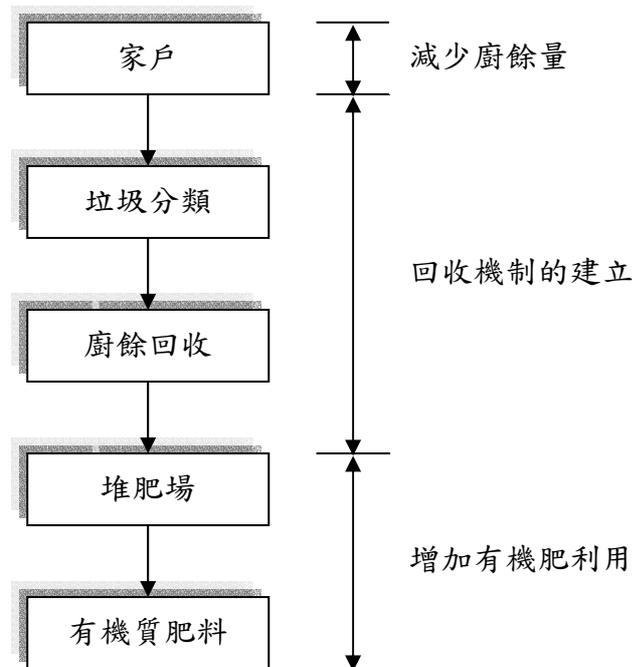


圖 6.1 廚餘管理機制關係圖

(一) 減少廚餘量

廚餘管理機制最直接有效的方法，就是從源頭減量做起，應加強宣導教育民眾，養成不鋪張、不浪費的習慣。在四十年代公共衛生尚未萌芽時，國人死亡原因的第一位是消化道疾病，但時至今日，除癌症之外，腦血管疾病、心臟病、高血壓及糖尿病已躍居前列，這些疾病皆與飲食有密切關係（洪玉珠，2000）。相較於過去農業的社會，台灣現今的生活已經相當富裕，但隨之而來的是大宴賓客、不知惜福的現象，使得廚餘量不斷增加。所以要解決廚餘的問題，就是要社會大眾避免不必要的浪費，食物的烹調要適量，養成知福惜福的觀念，如此才能朝向「零廚餘」的目標邁進。減少廚餘量之相關政策措施如下：

1. 加強教育宣導：若以法令強制對民眾課徵「廚餘稅」等方法，可能不但無法使廚餘導入正常的回收管道，反而使之進入下水道系統，將造成環境上的二次污染，所以要減少廚餘量最重要的是加強教育宣導活動，可由學校的教育做起，不僅教導學生知福惜福不浪費的觀念，更可在用餐時培養其「吃多少取多少」與「盡量將飯菜吃完」的習慣，使學生從小養成習慣，進而影響家中其他成員。

（二）回收機制的建立

廚餘回收管道的建立是廚餘回收再利用管理機制中很重要的一環，沒有完善及有效率的回收管道，則廚餘回收再利用的行動將會大打折扣。目前的回收機制不外乎是在舊有的垃圾車改裝或加掛廚餘回收桶而在清運一般垃圾時順便回收廚餘（廚餘不落地方式），以及於定點放置廚餘回收桶的方式。採取廚餘不落地方式回收廚餘，優點是比較不會造成環境髒亂，也不會有回收桶放置地點的問題，缺點是廚餘是很容易發臭的廢棄物，若是錯過了回收的時間，廚餘在家中放置到隔天會產生令人難以忍受的味道；採取定點放置廚餘回收桶方式，優點是可隨時將廚餘丟棄至回收桶，增加居民回收廚餘的便利及意願，缺點是容易造成環境的髒亂，以及廚餘回收桶放置的地點會有爭議。這兩種回收方式各有利弊，要採取何種回收方式，端視各地情況而定，建議這兩種方式可以搭配使用。建立回收機制之相關政策措施如下：

1. 成立廚餘回收基金：廚餘回收之後將可減少垃圾的處理費用，將此節省之費用成立廚餘回收基金，由立法院來監督，用以補助執行廚餘回收工作的任何個人、團體或組織。
2. 提供合適的廚餘回收方式：定點放置回收桶或隨車收集的方式，應視各地不同之情況，而有因地制宜之方法。
3. 全面推動垃圾費隨袋徵收：垃圾費隨袋徵收政策的推行，有助於提高廚餘回收的意願，但需要有完善的廚餘回收措施，使民眾便於回收廚餘。
4. 配合實施垃圾不落地：若實施垃圾不落地，清潔隊在收取垃圾時，將可強制規定民眾必須要將垃圾分類，如此可增加廚餘回收的成效。

(三) 增加有機肥利用

將回收後的廚餘用以餵食豬隻，會有衛生問題的考量，因此建議以堆肥的方式來處理廚餘。廚餘回收的活動要能持續的推動，增加有機肥的使用是重要的關鍵，而有機肥要能廣泛的被使用，除了政府應該要加以輔助之外，有機肥本身的品質也很重要。由簡化式生命週期評估中可知，有機肥料相對於化學肥料對環境的衝擊較小，但有機肥的成本較高，要增加有機肥的使用就必須提高其附加價值。增加有機肥利用之相關政策措施如下：

1. 修改法令解決堆肥場設置之土地與廠房問題：現行法令對於堆肥場設置之用地地目及廠房興建仍有許多限制，如能修法使廚餘回收業者易於設置堆肥場，將有助於解決業者之困境。
2. 獎勵使用有機堆肥：目前有機堆肥的價格高於一般的化學肥料，為了要推展有機堆肥的使用，政府應該要訂定一套獎勵措施。
3. 推動有機堆肥用途多元化研發：鼓勵民間企業投入有機堆肥多元化用途之研發，以提高有機堆肥的經濟價值。

第二節 後續研究建議

由於目前有機肥料的價格還是比化學肥料高出許多，要解決有機廢棄物的問題，除了回收體系的建立外，有機肥料的市場推廣也極其重要。據了解麥寮堆肥場也正積極投入將廚餘有機肥運用於養蝦業的研究，初步實驗的結果，加入廚餘有機肥後，蝦子的生長速率明顯的增加，而更可以抑制蝦池中有害弧菌的生長（中華日報，2002）。建議後續研究者可投入在廚餘有機肥料用途研發之研究，使廚餘堆肥的成品更富經濟價值，有機肥料有良好的出路，廚餘回收活動才能更順利的持續推行。

參考文獻

1. 丁執宇，1998a，”生命週期衝擊評估方法介紹及應用”，工業污染防治，第六十六期，第 96-112 頁。
2. 丁執宇，1998b，”生命週期評估之應用及發展趨勢”，環境標章簡訊，第十一期，第 5-6 頁。
3. 于寧，2001，”赴夏威夷出席生物可分解塑膠國際研討會專題報導”，環保標章簡訊，第二十三期，第 1-8 頁。
4. 于寧，1998，”ISO 14021「廠商自行宣告之環境訴求」標準即將正式公告”，環保標章簡訊，第十一期，第 9-12 頁。
5. 中華日報，2002，”生化有機肥，養蝦技術新突破” 2002.5.21 第 21 版。
6. 王銀波，1999，”利用堆肥法處理農牧廢棄物之優點”，堆肥製造技術，農委會農業試驗所永續發展協會出版，第 39-48 頁。
7. 王先登，1996，”環保標章商品項目-可分解塑膠產品規格標準之誕生”，環保標章簡訊，第五期，第 21-24 頁。
8. 石金福、陳民華，2001，”生垃圾處理機之開發”，環保月刊，第一卷，第四期，第 227-237 頁。
9. 史濟元，1998，”環保標章八十七年度成果報告”，環保標章簡訊，第十三期。
10. 台灣省政府農林廳，1998，”台灣省政府農林廳志”，財團法人豐年社，台北。
11. 漢聲出版社，1996，”自然農耕-有機報告二”，漢聲雜誌，第九十二期，第 123-127 頁。
12. 朱惟君，2001，”神奇的「生物可分解塑膠」”，資源回收月刊，七月號，第 2-7 頁。
13. 李文智，1998，”家庭廚餘堆肥化處理”，環境教育季刊，第三十六期，第 4-7 頁。

14. 李勝隆，1997，”堆肥之規格標準誕生”，環保標章簡訊，第七期，第 24-28 頁。
15. 宏力生化股份有限公司，2000，”生物可分解塑膠宏力再創新機”，環保簡訊，第二十一期，第 20-21 頁。
16. 沈曉復，2000，”生物可分解塑膠之認識”，塑膠資訊，第四十九期，第 20-32 頁。
17. 呂穎彬，1998，”生命週期評估資料庫應用”，工業污染防治，第六十六期，第 113-140 頁。
18. 邱標麟，1998，”肥料製造學”，復文書局，台南。
19. 邱政文，1999，”美國堆肥系統的現況”，堆肥之現況，美國穀物協會編印，台北，第 1-6 頁。
20. 林殿琪，2000，”論台灣家庭廚餘堆肥現況與未來發展探討”，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文。
21. 林學正、陳昭湘，2001，”廚餘發酵為有機堆肥之初步可行性研究”，台肥月刊，二月號，第 39-43 頁。
22. 林鴻淇，1999，”堆肥製造原理”，堆肥製造技術，農委會農業試驗所永續發展協會出版，第 49-58 頁。
23. 林財旺，1999，”禽畜糞堆肥之製造”，堆肥製造技術，農委會農業試驗所永續發展協會出版，第 107-142 頁。
24. 林駿、陳立，1994，”廢棄物處理技術（含設計）”，鼎茂圖書，台北。
25. 林素貞、胡秋蘭，1999，”生命週期評估方法探討-以石化原料業為例”，工業污染防治，第七十一期，第 103-122 頁。
26. 肥料管理法，1999。

27. 南亞塑膠公司麥寮廚餘堆肥場簡報資料。
28. 南亞環工中心，2001，”麥寮六輕環保簡介”，台塑企業，第三十二卷，第一期，第 23-33 頁。
29. 洪正中，2000，”廚餘堆肥回收與利用”，厚生，第十一期，第 25-26 頁。
30. 洪世淇，2001，”生物分解性塑膠的技術與市場展望”，化工資訊，第 61-65 頁。
31. 洪世淇，2002，”生物分解性塑膠的應用技術與市場展望”，塑膠資訊，第六十二期，第 1-7 頁。
32. 洪嘉謨，1999，”廚餘堆肥製作”，豐年，第四十九卷，第十四期，第 16-20 頁。
33. 洪玉珠，2000，”漫談飲食環保”，環境科學技術教育專刊，第十九期，第 27-31 頁。
34. 胡憲倫、許家偉，2003，”產品環境化設計的利器-簡化生命週期評估工具介紹”，工業污染防治，第八十五期，第 175-204 頁。
35. 袁紹英，2001，”營造優質生活-堆肥 DIY”，環境檢驗，第三十四期，第 34-38 頁。
36. 美國穀物協會，2001，”歐洲與美國堆肥處理與生物可分解塑膠政策與技術現況”，美國穀物協會編印，台北。
37. 高明堂、簡芙蓉，1980，”土壤肥料”，財團法人豐年社，初版，台北。
38. 張文英，2001，”臺灣家戶有機廢棄物堆肥化處理之政策研究”，國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。
39. 張仲民譯，1991，”作物之營養與肥料”，財團法人徐氏基金會出版，初版七刷，第 28 頁。
40. 張乃斌，1997，”固體廢棄物處理”，三民書局，初版，台北。
41. 張憶琳，1996，”產品生命週期評估與環保標章-淺談歐體環保標章應用生命週期評估之

- 指導綱要草案”，環保標章簡訊，第三期，第 12-15 頁。
42. 張研田，1982，”農企業的發展”，聯經出版事業公司，初版，台北。
43. 莊作權，1997，”土壤肥料”，三民書局，初版，台北。
44. 郭哲佑、胡憲倫，2002，”台灣地區有機廢棄物處理現況之探討-以麥寮六輕為例”，第八屆海峽兩岸環境保護研討會論文集：清潔生產/廢棄物處理/資源化，第 1112-1117 頁，新竹交通大學中華民國九十一年十月十四-十八日。
45. 陳文卿、陳國帝，2002，”有機廢棄物處理之技術與對策”，推動有機資源（廚餘）應用技術研討會論文集，第 1-24 頁。
46. 陳伯宇，2001，”廚餘問題面面觀”，資源回收月刊，十月號，第 2-6 頁。
47. 陳慈美，2002，”環境政策與價值觀”，環保月刊，第二卷，第六期，第 189-194 頁。
48. 陳建志，2002，”九十年度環保署廚餘清運與回收再利用示範計畫回顧追蹤”，有機資源報，試刊參號，第一版。
49. 陳榮五、陳鴻堂、賴文龍，2000，”合理化堆肥技術”，農委會臺中區農業改良場出版，特刊第 44 號，第 3 頁，彰化。
50. 陳能敏，1996，”永續農業過去、現在、未來”，農業科技資料服務中心出版，初版，台北。
51. 康世芳，2002，”生質能(Biomass)在天然能源中之角色”，環保月刊，第二卷，第五期，第 158-159 頁。
52. 黃武章，2000，”塑膠的光降解處理介紹”，塑膠資訊，第四十九期，第 18-19 頁。
53. 偉盟工業，2001，”二十一世紀最具環境效率的新穎環保材料-偉盟工業生物可分解材料製品”，環保標章簡訊，第二十四期，第 5-8 頁。

54. 葉清琨，2002，”相關傳統產業如何因應廢清法的實施”，中華民國環保生物可分解材料協會會訊季刊，壹月號，第 44-45 頁。
55. 雲林縣台西鄉戶政事務所統計資料，中華民國九十一年十一月份。
56. 雲林縣麥寮鄉戶政事務所統計資料，中華民國九十一年十一月份。
57. 楊紹榮，2000a，”可分解綠色塑膠在農業之利用”，塑膠資訊，第四十九期，第 33-44 頁。
58. 楊紹榮，2000b，”農業廢棄物處理之探討”，塑膠資訊，第四十九期，第 51-55 頁。
59. 楊紹榮，2000c，”另類蔬菜栽培-分解性資材之利用”，塑膠資訊，第四十九期，第 45-50 頁。
60. 楊紹榮，2000d，”生物分解垃圾袋在有機廢棄物堆肥化之應用”，台南區農業改良場，台南。
61. 楊盛行、林正芳、林鴻祺，1996，”廢棄物處理與再利用”，國立空中大學，初版，台北。
62. 雍介民，2001，”生物可分解塑膠之發展歷程”，綠色電子資訊季刊，第三期，第 21-22 頁。
63. 蔡宗武，2002，”有益微生物對有機質肥料之效應”，農業世界雜誌，第二百二十四期，第 103-105 頁。
64. 環保署統計資料（下載日期 2002 年 7 月 30 日）<http://www.epa.gov.tw/statistics/>
65. 謝錦松、黃正義，1997，”固體廢棄物處理”，淑馨出版社，修訂四版，第 295-297 頁，台北。
66. 謝錦松、黃正義，2001，”固體廢棄物處理”，高立圖書，初版，台北。
67. 謝宗廷、馬振基，2001，”新穎環境材料-綠色高分子”，化工資訊，第 66-73 頁。
68. 簡宣裕，1999，”製造堆肥時材料的碳氮比及水分含量之調整”，堆肥製造技術，農委會

農業試驗所永續發展協會出版，第 59-64 頁。

69. 羅明典，1980，”我國古代對土壤肥力的認識”，中國古代農業科技，農業出版社，北京。
70. 蘇宗榮，1998，”清潔生產與 ISO 14000”，工業污染防治，第六十六期，第 67-76 頁。
71. Barth, J. and B. Kroeger (1998), “*Composting Progress in Europe*”, Biocycle, April, pp65-68
72. Biocycle. (1999), “*Sapporo Symposium Reviews Organics Recycling Developments*”, Biocycle, December, pp62-64
73. Brinton, W. F. (2001), “*An International Look at Compost Standards*”, Biocycle, April, pp74-76
74. Coker, C. (2000), “*North Carolina Builds Organics Recycling Infrastructure*”, Biocycle, January, pp48-50
75. Eighmy, T. T. and D. S. Kosson (1996), “*U.S.A. National Overview on Waste Management*”, Waste Management, Vol. 16, pp361-366
76. Faucette, B., K. C. Das and M. Risse (2001), “*University Tests In-Vessel Composting of Food Residuals*”, Biocycle, January, pp68-70
77. Farrell, M. (2002), “*Oregon Composting Project Serves Multiple Purposes*”, Biocycle, January, pp37-40
78. Gale, C. (1997), “*Organics Recycling in Britain*”, Biocycle, June, pp40-42
79. Graedel, T. E. (1998), “*Streamlined Life-Cycle Assessment*”, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, pp99-110
80. Glenn, J. and D. Block (1999), “*MSW Composting in The United States*”, Biocycle, November, pp42-48

81. Glenn, J. and N. Goldstein (1999), "*Food Residuals Composting in The U.S.*", *Biocycle*, August, pp30-36
82. Goldstein, N. (2002), "*Quick-To-Implement Odor Reduction Techniques*", *Biocycle*, January, pp29-30
83. Hartlén, J. (1996), "*Waste Management in Sweden*", *Waste Management*, Vol. 16, pp385-388
84. Hjelm, O. (1996), "*Waste Management in Denmark*", *Waste Management*, Vol. 16, pp389-394
85. Holland, F. and A. Proffitt (1998), "*Overview of Composting in The U.K.*", *Biocycle*, February, pp69-71
86. Kim, Y. S., J. B. Park, S. S. Choi and S. H. Han (1999), "*Processing Food Residuals and Sawdust in Taejeon*", *Biocycle*, August, pp74
87. Kitch, D. (2001), "*Biodegradable Polymers and Organics Recycling*", *Biocycle*, February, pp74-75
88. Line, M. (1999), "*Innovative In-Vessel Composting System*", *Biocycle*, October, pp66
89. Marion, J. (2000), "*Composting 12,000 Tons of Food Residuals a Year*", *Biocycle*, May, pp30-40
90. Rochfort, C. (1998), "*An Australian Perspective on Recycling Organic Materials*", *Biocycle*, April, pp74-75
91. Rynk, R. (2000), "*Contained Composting System Review*", *Biocycle*, March, pp30-36
92. Sakai, S., S. E. Sawell, A. J. Chandler, T. T. Eighmy, D. S. Kosson, J. Vehlow, H. A. van der Sloot, J. Hartlén and O. Hjelm (1996), "*World Trends in Municipal Solid Waste Management*", *Waste Management*, Vol. 16, pp341-350

93. Sakai, S. I. (1996), "*Municipal Solid Waste Management in Japan*", Waste Management, Vol. 16, pp395-405
94. Sawell, S. E., S. A. Hetherington and A. J. Chandler (1996), "*An Overview of Municipal Solid Waste Management in Canada*", Waste Management, Vol. 16, pp351-359
95. Taki, K. (2001), "*Supply and Demand of Composted Manure in Japanese Nursery Production*", Biocycle, February, pp71-72
96. USEPA. (1997), "*Innovative Uses of Compost Bioremediation and Pollution Prevention*", Solid Waste and Emergency Response, United States Environmental Protection Agency, EPA530-F-97-042
97. USEPA. (1997), "*Innovative Uses of Compost Erosion Control, Turf Remediation, and Landscaping*", Solid Waste and Emergency Response, United States Environmental Protection Agency, EPA530-F-97-043
98. USEPA. (1997), "*Innovative Uses of Compost Disease Control for Plants and Animals*", Solid Waste and Emergency Response, United States Environmental Protection Agency, EPA530-F-97-044
99. USEPA. (1997), "*Innovative Uses of Compost Composting of Soils Contaminated by Explosives*", Solid Waste and Emergency Response, United States Environmental Protection Agency, EPA530-F-97-045
100. USEPA. (1997), "*Innovative Uses of Compost Reforestation, Wetlands Restoration, and Habitat Revitalization*", Solid Waste and Emergency Response, United States Environmental Protection Agency, EPA530-F-97-046
101. Vehlow, J. (1996), "*Municipal Solid Waste Management in Germany*", Waste Management, Vol. 16, pp367-374

102. van der Sloot, H. A. (1996), "*Present Status of Waste Management in The Netherlands*",
Waste Management, Vol. 16, pp375-383

附錄一

產品環境責任矩陣評分準則

產品矩陣元素：(1,1)

生命週期階段：製造前

環境顧慮：原料選擇

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 無法得知供應商所提供之產品和物質是否含有化學成分。
- 從供應商取得原料時，不選擇使用合適可利用的替代物質，而選擇使用稀有的物質（稀有物質的定義如：銻、鉍、硼、鈷、鉻、金、鉑、銀、鈦和鈾等）。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 即將取得的成分或原料沒有使用原始的物質。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品設計對於限制性供應原料的使用是否盡量為最少程度？
- 產品設計是否盡量利用可回收的原料？

產品矩陣元素：(1,2)

生命週期階段：製造前

環境顧慮：能源使用

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產品使用一種或多種主要的原料需要大量能源來提煉，卻不選擇使用其他合適可利用的物質（需要大量能源來提煉的原料的定義如：原始的鋁、原始的鋼和原油）。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產品使用的原料或成分在萃取或運送時所需的能源很微量。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for

Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品設計是否在原始物質萃取時所需使用的能源很微量？
- 高密度原料不管是運輸或器材都需要使用大量的能源，產品設計是否可以避免或盡量不使用高密度原料？
- 原料或成分的取得其運送的距離是否盡可能短？

產品矩陣元素：(1,3)

生命週期階段：製造前

環境顧慮：固態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 從供應商取得的金屬材料是由原始礦石中獲取，可循環使用的原料卻未使用而產生許多廢棄的固態殘留物。
- 所有包裝來源是從原始資源取得，且其組成的物質超過三種以上。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 在資源的萃取提煉過程中沒有固態殘留物產生，或在生產的期間物質被回收(例如：石油)。
- 包裝材料的使用非常少，或供應商回收所有的包裝材料。
- 包裝來源全部使用可回收的材料。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品設計對於使用的原料在萃取或純化時，產生大量固態殘留物的情況是否達到最小(例如煤炭或所有原始物質)？
- 產品設計對於使用的原料在萃取或純化時，產生有毒固態殘留物的情況是否達到最小(包括所有放射性物質)？
- 各層包裝的體積和重量是否為最小？
- 包裝材質多樣性的程度是否最小？

產品矩陣元素：(1,4)

生命週期階段：製造前

環境顧慮：液態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 使用會產生大量酸性廢液的原始礦金屬，而這些原始物質可從回收中獲得（會產生酸性廢液物質的定義如：銅、鐵、鎳、鉛和鋅）。
- 如果處置不當，有毒或有害的原料會從包裝中漏出。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 在資源的萃取提煉過程中沒有液態殘留物產生，或在生產的期間物質被回收。
- 產品的運輸、拆封或使用期間，沒有液態殘留物產生。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品設計對於使用的原料在萃取或純化時，產生大量液態殘留物的情況是否達到最小？（包括紙和相關產品、煤炭和生質原料）
- 產品設計對於使用的原料在萃取或純化時，產生有毒液態殘留物的情況是否達到最小？（這些物質的定義如：鋁、鉻、銅、鐵、鉛、汞、鎳和鋅）
- 對液態原料是否使用可再填充或可再使用的合適容器？
- 取得的成分是否需要使用大量的水清洗或其產生的液態殘留物需要特別的處置方式？

產品矩陣元素：(1,5)

生命週期階段：製造前

環境顧慮：氣態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 原料的使用會使有毒氣體、煙霧或溫室效應氣體排放至環境中（這些原料包括鋁、鉻、銅、鐵、鉛、汞、鎳、鋅、紙和相關的產品及混凝土）。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 在資源的萃取提煉過程中沒有氣態殘留物產生，或在生產的期間物質被回收。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品設計對於使用的原料在萃取或純化時，產生大量氣態（有毒或其他）殘留物的情況是否達到最小？（這些物質的定義如：鋁、銅、鐵、鉛、鎳和鋅）

產品矩陣元素：(2,1)

生命週期階段：生產製造

環境顧慮：原料選擇

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產品的製造需要大量限制性（見【1,1】）、毒性及放射性的原料。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 在製造時原料的使用是完全封閉迴路（再使用和回收），以使原料投入達到最少。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 製造過程是否避免使用限制性供應的原料？
- 是否避免或盡量不要使用有毒物質？
- 是否避免或盡量不要使用放射性物質？
- 是否避免或盡量不要使用原始物質？
- 物質或成分的化學處理是否盡量避免？

產品矩陣元素：(2,2)

生命週期階段：生產製造

環境顧慮：能源使用

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 在產品的製造或測試時，需要使用相當高的能源，且很少有其他替代能源可以使用。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 在產品的製造或測試時，不需或所需使用的能源相當少。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 是否在產品製造的過程盡可能不使用能源？
- 是否在產品製造評估或測試的步驟盡可能不使用能源？
- 製造過程是否利用熱交換或其技術等廢棄能源？
- 當不使用時製造設備的電力是否可以關閉？

產品矩陣元素：(2,3)

生命週期階段：生產製造

環境顧慮：固態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產生大量的固態製造殘留物且沒有循環再利用的計畫。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產生微量的固態製造殘留物且每一個成分都有超過 90%被循環使用。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 固態製造殘留物是否達到最少且是否有回收再使用的可能性？
- 是否研究和提供將所有固態殘留物轉換成其他產品原料的方式？
- 是否固態製造殘留物不能再轉售的情況達到最小？

產品矩陣元素：(2,4)

生命週期階段：生產製造

環境顧慮：液態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產生大量的液態製造殘留物且沒有循環再利用的計畫。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產生微量的液態製造殘留物且每一個成分都有超過 90% 被循環使用。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 假如產品製造過程中需使用溶劑或石油，是否可以盡可能少用且選用其他的替代品？
- 是否有研究和提供將所有液態殘留物轉售成其他產品原料的機會？
- 是否為使液態回收的可能達到最大，寧可使用化學物質也不使用原始物質？

產品矩陣元素：(2,5)

生命週期階段：生產製造

環境顧慮：氣態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產生大量的氣態製造殘留物且沒有循環再利用的計畫。
- 在產品製造時有使用 CFCs。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產生微量的液態製造殘留物且有循環再利用的計畫。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 如果產品的製造需使用 HCFCs，是否有研究或提供其他選擇的方式？
- 溫室效應氣體的使用或產生，是否與產品的任何製造程序有關？

- 是否研究和提供將所有氣態殘留物轉換成其他產品原料的方式？

產品矩陣元素：(3,1)

生命週期階段：包裝與運輸

環境顧慮：原料選擇

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 所有外包裝是來自原始的來源且由超過三類的原料所組成。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 沒有或使用少量的外包裝且使用可循環利用的包裝原料。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品包裝使用不同物質的數量是否為最少，且重量/體積的效率是否為最佳化？
- 產品包裝是否盡量使用可回收的物質，且確定包裝可以回收並標明？
- 對於產品包裝物質是否有回收功能的設施？
- 產品設計期間是否有考量包裝工程和人員安置？

產品矩陣元素：(3,2)

生命週期階段：包裝與運輸

環境顧慮：能源使用

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 包裝原料的萃取提煉、包裝的程序和運送安裝的方式都必須使用大量的能源，且很少有其他替代能源可以使用。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 包裝原料的萃取提煉、包裝的程序和運送安裝的方式都不使用或使用少量能源。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 包裝程序是否避免使用大量能源？
- 元件供應系統和產品配置安裝計畫設計是否使用最少的能源？
- 假如有包括安裝，是否設計避免使用能源的程序？
- 如果距離很遠，產品運輸是否避免或盡量少用能源？

產品矩陣元素：(3,3)

生命週期階段：包裝與運輸

環境顧慮：固態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 外包裝物質過度的使用，沒有將其回收再使用納入考量。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 不使用或使用很少量的外包裝物質，且包裝是可被回收再使用。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品包裝是否設計使用容易分離的成分物質？
- 在打開包裝後，包裝物質是否需要特殊的處置？
- 各層產品包裝的體積和重量是否為最小？
- 產品包裝是否有回收再使用？
- 產品外包裝物質的多樣性是否為最小？

產品矩陣元素：(3,4)

生命週期階段：包裝與運輸

環境顧慮：液態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 有毒或有害物質可能因不適當的處置而從產品包裝中漏出（例如酸液從電池中漏出）。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 在產品包裝、運送或安裝的期間，沒有或很少產生液態殘留物。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 對液態產品是否使用可再填充或可再使用的合適容器？
- 產品包裝過程需要清潔或維持程序而使用大量的水，或產生的其他液態殘留物（石油、清潔劑等）需要特殊的方式處置？
- 產品包裝拆封或安裝過程需要清潔或維持程序而使用大量的水，或產生的其他液態殘留物需要特殊的方式處置？

產品矩陣元素：(3,5)

生命週期階段：包裝與運輸

環境顧慮：氣態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 在產品包裝、運送或安裝的期間產生大量的氣態殘留物，而沒有選擇其他可以減少氣體排放的方法。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 在產品包裝、運送或安裝的期間，沒有或很少產生氣態殘留物。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 假如產品含有加壓氣體，運輸和安裝的程序是否有設計避免其釋放？
- 產品配送計畫的設計是否使氣體從運輸工具釋出的可能達到最小？
- 假如包裝以能量方式回收（如被焚化），是否保證不會有有毒氣體釋放？

產品矩陣元素：(4,1)

生命週期階段：產品使用

環境顧慮：原料選擇

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 消耗品內含有大量限制性供應或有毒害物質的原料。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產品的使用和維持不需使用消耗品。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 消耗性物質的使用是否為最少狀態？
- 假如產品的設計是使用後就丟棄，是否有其他相同目的之替代方式？
- 因原料的精選使產品在使用期間是否無有毒物質釋放至環境中？
- 消耗性物質的產生是否從回收系統而不是原始物質？

產品矩陣元素：(4,2)

生命週期階段：產品使用

環境顧慮：能源使用

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產品的使用和維持需要使用大量的能源，且沒有選擇其他可達到相同目的之替代性方法。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產品的使用和維持不用或只需少量的能源。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品設計是否提供服務時所需使用的能源很少？
- 在維修期間所需使用的能源很少？

- 能源保存設計的特色是否有被納入（如自動關閉、保險絲）？
- 當產品使用時是否可以顯示能源的使用情形或能源的操作效益？

產品矩陣元素：(4,3)

生命週期階段：產品使用

環境顧慮：固態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產品在使用或維修操作期間，產生大量的有害或有毒固態殘留物。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產品在使用或維修操作期間，沒有或只產生微量的有害或有毒固態殘留物。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品的使用或維持是否避免或盡可能不要有固態殘留物的棄置？
- 是否研究或提供合適的固體消耗品使用之選擇方式？
- 假如產品的使用會使固態殘留物排放至土地中，是否有其他對環境較無害的選擇？

產品矩陣元素：(4,4)

生命週期階段：產品使用

環境顧慮：液態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產品在使用或維修操作期間，產生大量的有害或有毒液態殘留物。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產品在使用或維修操作期間，沒有或只產生微量的有害或有毒液態殘留物。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品的使用或維持是否避免或盡可能不要有液態殘留物的棄置？
- 是否研究或提供合適的液體消耗品使用之選擇方式？
- 假如產品的使用會使液態殘留物排放至水中，是否有其他對環境較無害的選擇？
- 假如在使用或維修期間產品含有液體物質可能會散出，是否有合適的預防措施？

產品矩陣元素：(4,5)

生命週期階段：產品使用

環境顧慮：氣態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產品在使用或維修操作期間，產生大量的有害或有毒氣態殘留物。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產品在使用或維修操作期間，沒有或只產生微量的有害或有毒氣態殘留物。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品的使用或維持是否避免或盡可能不要有氣態殘留物的棄置？
- 是否研究或提供合適的氣體消耗品使用之選擇方式？
- 假如產品的使用會使氣態殘留物排放至空氣中，是否有其他對環境較無害的選擇？
- 假如在使用或維修期間產品含有氣體物質可能會散出，是否有合適的預防措施？

產品矩陣元素：(5,1)

生命週期階段：回收與棄置

環境顧慮：原料選擇

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產品內含有大量的汞、石棉或鎘等不能清楚的辨明和容易去除。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 最少的原料多樣性，產品容易拆解，且所有的部分都可回收。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品原料是否經過精選使其可以回收？
- 在產品製造時不同物質數量的使用是否為最少？
- 不同物質之間是否容易辨明和分離？
- 是否為不需使用電池的產品？
- 產品的成分是否不含有 PCBs 或 PCTs？
- 主要的塑膠部分是否不含有聚溴化物或重金屬添加物？

產品矩陣元素：(5,2)

生命週期階段：回收與棄置

環境顧慮：能源使用

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 由於產品的重量、結構或複雜性，使產品在回收或棄置時需要大量的能源（相較於其他有相同功能的產品）。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產品在回收或棄置時，所需使用的能源非常少。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品設計是否在其分解過程使用很少的能源？
- 產品設計是否為高度可再使用的物質？
- 因為產品的重量或體積或回收設備地點，使產品回收運送時是否將會使用大量能源？

產品矩陣元素：(5,3)

生命週期階段：回收與棄置

環境顧慮：固態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產品主要是由不可回收的固體物質組成（例如橡膠、玻璃纖維和聚合物）。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產品可以很容易的重覆使用和容易拆解且最後不用時可 100% 回收，例如產品沒有任何一部分會進入到掩埋場。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 是否產品的裝配使用夾子或鉤環比用黏結或焊接好？
- 是否努力避免因不同物質接合在一起而很難恢復？
- 是否所有的塑膠成分有 ISO 認證？
- 假如產品的組成塑膠為主要的部分（重量大於 80%）？
- 是否產品用租的比用賣的好？

產品矩陣元素：(5,4)

生命週期階段：回收與棄置

環境顧慮：液態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產品中主要含有不可回收的液態物質。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產品的使用沒有操作性液體（例如石油、冷卻劑等）和修理時不需要清潔作用劑或溶劑。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品中若含有液體，回收是否分離比丟棄好？
- 分離、回收和再使用是否產生液態殘留物？
- 物質回收和再使用是否產生液態殘留物？

產品矩陣元素：(5,5)

生命週期階段：回收與棄置

環境顧慮：氣態殘留物

如果適用於下列的情況，就評給 0 分：

- 產品含有或主要是由不可回收的氣態物質組成，在產品不使用時這些氣體會消散於大氣中。

如果適用於下列的情況，就評給 4 分：

- 產品中不含有會蒸發、昇華的物質（水除外），且沒有使用易揮發的物質來擦整。

如果不能歸類於上述兩種評分情況，則由下面所列問題中依據產品環境化設計(Design for Environment; DFE)的程度對矩陣元素給予 1,2,or3 分。

- 產品中若含有氣體，回收是否分離比丟棄好？
- 物質回收和再使用是否產生氣態殘留物？
- 塑膠部分焚化時是否可以不需空氣污染控制裝置？

附錄二

問卷調查

您好，我們是南華大學管理研究所的師生，目前正在進行一項有關『廚餘回收』的調查研究。非常感謝您撥冗填答本問卷，您所提供的資料對本研究有極重要的貢獻。僅此，再度對您的熱忱襄助學術研究深致謝忱。 恭祝

萬事如意

南華大學環境管理研究所

指導教授：胡憲倫博士

研究生：郭哲佑

受訪者基本資料：

性別： 男 女

年齡：_____歲

教育程度： 研究所以上 大專 高中（職）

國中 國小 不識字

家中常住人口數：_____人

電話：_____

住址：_____

問卷填寫方式：仔細閱讀題目後，請在您認為適當的答案□中打√

一、廚餘用於餵養家畜情況：

(一) 是否為養豬業者或家中有飼養豬隻？(答「否」者跳至第四題)

1. 養豬業者
2. 家中飼養豬隻
3. 否

(二) 家中的廚餘是否有用於餵食豬隻？(答「否」者跳至第四題)

1. 是
2. 否

(三) 用於餵養豬隻的廚餘是否有經高溫加熱殺菌？

1. 是
2. 否

二、民眾家中廚餘產生情況：

(四) 平均一週在家用餐次數(一餐算一次)？

1. 2次以下
2. 3~5次
3. 6~10次
4. 10次以上

(五) 每天產生的垃圾量中，廚餘約佔家中垃圾量的比率為何？

1. 20%以下
2. 20%~40%
3. 40%~60%
4. 60%~80%
5. 80%以上

三、廚餘回收活動宣導情形及居民的認知：

(六) 是否知道本鄉鎮有推行廚餘回收活動？(答「知道」者繼續，答「不知道」者跳至第八題)

1. 知道
2. 不知道

(七) 如何得知本鄉鎮有進行廚餘回收工作？

1. 宣傳單
2. 宣傳車
3. 人員訪視宣導
4. 鄰居告知
5. 其他 _____

(八) 您認為目前廚餘回收工作之教育宣導推廣的如何？

1. 非常好
2. 好
3. 普通
4. 差
5. 很差

(九) 您認為回收後的廚餘應如何處理？

1. 焚化
2. 掩埋
3. 堆肥(製成有機肥料)
4. 養豬
5. 其他 _____

(十) 您覺得最適當的廚餘回收頻率為何？

1. 一天一次
2. 二天一次
3. 三天一次
4. 每週一次
5. 其他 _____

(十一) 若實施「垃圾費隨袋徵收」(即需購買專用垃圾袋), 是否會增加您回收廚餘以減少垃圾量的意願?

1. 會
2. 不會
3. 其他 _____

四、民眾廚餘回收執行情況：

(十二) 目前家中廚餘處理方式? (答「4」者繼續, 其餘跳至第十六題)

1. 隨一般垃圾丟棄
2. 自行餵養豬隻
3. 自行製成堆肥
4. 倒入廚餘回收桶
5. 其他 _____

(十三) 您將廚餘倒入廚餘回收桶的方式為何?

1. 使用鍋、碗等容器盛裝, 再倒入廚餘回收桶
2. 使用塑膠袋盛裝, 且連同塑膠袋一並丟入
3. 使用塑膠袋盛裝, 而未將塑膠袋丟入
4. 其他 _____

(十四) 廚餘回收後家中垃圾量是否有減少?

1. 明顯減少
2. 有減少
3. 未明顯減少

(十五) 廚餘回收後對於家中垃圾發出臭味、孳生蚊蠅等問題是否有改善?

1. 明顯有改善
2. 有改善
3. 未明顯改善

(十六) 您覺得家中附近放置之廚餘回收桶的位置是否適當？

1. 非常適當
2. 適當
3. 普通
4. 不適當
5. 非常不適當

(十七) 您是否覺得因放置廚餘回收桶而使附近環境變得髒亂？

1. 非常同意
2. 同意
3. 沒差別
4. 不同意
5. 非常不同意

(十八) 您認為民眾不願意參與廚餘回收活動的原因為何？

1. 垃圾分類困難
2. 廚餘包裝麻煩
3. 廚餘丟棄不便
4. 廚餘量少
5. 無誘因
6. 其他 _____

(十九) 對於目前本鄉鎮廚餘回收工作整體的滿意程度？

1. 非常滿意
2. 滿意
3. 還好
4. 不滿意
5. 非常不滿意

(二十) 對於廚餘回收其他的建議：
