

# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機與目的

隨著經濟起飛，台灣以「台灣錢淹腳目」舉世聞名，因著消費能力之提升，每人每日垃圾量亦節節高昇，加上垃圾管理政策以掩埋與焚化之單一處理考量，採取大量興建掩埋場與焚化爐之策略不僅無法真正解決台灣之垃圾問題，反當掩埋場遭受抗爭或焚化爐因戴奧辛問題引起民眾質疑與反對進而被迫停止營運時，垃圾危機日漸加深，垃圾大戰一觸即發，台灣反倒成為垃圾淹腳目之地。此乃因過去政府對於垃圾管理政策採取「頭痛醫頭、腳痛醫腳」之短視策略，缺乏前瞻性之宏觀視野，更缺乏改革體制之動力，以致於我國垃圾處理長遠目標採取「一燒百了」的垃圾全焚化策略<sup>1</sup>。然而在國際上，越來越多國家受迫於現實之垃圾壓力，轉而採取多元化垃圾處理策略，發展垃圾管理優先級順序，落實垃圾產源減量、資源垃圾回收再利用，至一向被認為難以處理之有機廢棄物，近年亦紛紛改變其管理策略，以法規禁止有機廢棄物掩埋處理，或規定進入堆肥化處理系統，有機廢棄物堆肥化在政策奧援下成為垃圾多元化處理主流之一。

反觀我國，有機廢棄物堆肥化的努力氣勢微弱，不僅後知後覺，對於實施策略亦僅以示範計畫或推廣活動名目進行，既無法源依據，欠缺實施之強制性，在政策上亦隨預算增刪而搖擺不定。然而廚餘堆肥於民間社區團體發跡與興起是我國有機廢棄物多元化處理的一線曙光，藉由各地如雨後春筍般萌芽的廚餘堆肥活動，迫使政府當局正視有機廢棄物長期衍生之環境問題，並提前思考未來垃圾管理政策。然而在民間廚餘堆肥領域，真正成功運作與持續之案例並不多，並且在專家學者分門別派下，顯出群龍無首、莫衷一是之感。因此本研究基於此疑惑與感嘆，於廚餘堆肥過去、現在與未來；國內與國外之經驗，尋求一個彙整者角色以期能達成初步研究之效果，並擇定一目標案例-宜蘭縣廚餘堆肥，作為本研究於廚餘堆肥上之實地研究。

---

<sup>1</sup> 詳見民國 78 年由行政院所公告之「垃圾處理方案」，其中對於我國垃圾處理之長程目標以民國九十一年應達成左列目標：1、台灣地區所有清運之垃圾 95% 妥善處理。2、台灣地區之垃圾焚化處理率應達到 70% 以上。如此垃圾管理政策驅動大量焚化爐之興建，導致其餘垃圾處理設施受經費排擠效應，無力進行研究與發展。

## 1.2 研究範圍與限制

廚餘堆肥乃近年來新興之社會熱門話題，部分社區進行生活環境總體營造時，將廚餘堆肥列入生活環境改善項目之一；然而台灣地區實際運作成功之社區廚餘堆肥計畫不多，文獻資料亦多為地方報導或期刊雜誌，供參考之學術發表文獻稀少。當本研究欲探討廚餘堆肥成功運轉之周邊條件，僅將議題限定於廚餘堆肥恐有失偏頗，因廚餘堆肥屬於有機廢棄物堆肥處理之一環，無論在法規政策標準上，或者技術設備需求上，皆附屬於有機廢棄物處理之分項；因此欲探討家戶廚餘堆肥之可行性或成功運作之關鍵上，仍得回過頭由有機廢棄物堆肥處理之法規政策與技術層面探討，本研究之範圍與內容分為下列四層次：

### 一、法政層次：

廚餘堆肥的管制法源與政府角色界定問題，參考過去實際堆肥經驗與國外經驗，探討中央主管機關利用「命令暨控制式管制」<sup>2</sup>體系(Command-and-control regulation)於一般廢棄物中有機廢棄物堆肥化回收暨垃圾減量的可行性，參考國外於利用制定減量標的值(reduce target)或資源回收率(recycle rate)等可量化標的標準，促使地方政府有效進行廚餘等有機垃圾產源分離，以達成資源回收與垃圾減量之功效。

### 二、技術層次：

一般生活垃圾中家庭廚餘堆肥方式琳瑯滿目，尤其在國內外各樣新堆肥技術與設備推陳出新之際，本研究嘗試整理國內外之堆肥種類方式，及堆肥成品市場化應具有的條件與標準。

### 三、社會層次：

廚餘等有機廢棄物收集、清運、最終處理等模式之資料收集，並其成品之社會、生態效益探討。

### 四、整合層次：

有機廢棄物整合處理案例研究---收集美國舊金山、韓國、歐盟之英國等地有機廢棄物之堆肥經驗，並探討有機垃圾堆肥化在我國宜蘭縣施行的限制

---

<sup>2</sup> 「命令暨控制式管制」command-and-control regulation,乃政府行使其環境行政權，採取環境管制措施，以達成其所預定之環境目標，常以訂定標的值(Target rate)或環境標準(Standard)方式進行以達成環境目標項目管制。

與突破，並廚餘堆肥在社會立足扎根之周邊條件。

### 1.2.2 研究限制

本研究課題牽涉範圍廣泛，管理層次及技術涉及皆廣，農業土壤學、環境學、主管單位職責之劃分、政策支持與配合、法規之適用性、經濟效益分析、市場銷路疑慮之探討、環境教育與宣傳等等，實為一科技整合之科學，本論文實無法完全含括每一部份。但盡棉薄之力以提出挑戰現階段的垃圾管理政策之多元方式之一，並藉此研究性論文達到投石問路、拋磚引玉之效，以促使台灣地區垃圾管理政策真正落實「減量化」、「資源化」、「安定化」、「安全衛生化」之處理原則，以求地盡其力，物盡其用、資源有效利用的地區永續經營原則。

### 1.3 研究方法

本研究於方法上以典籍文獻的蒐集為主，首先對堆肥的原理及方法進行國內外文獻整理，再者是採取綜合歸納法整理過去國內都市垃圾堆肥經驗、農業廢棄物堆肥及家庭廚餘堆肥經驗之文獻，再者收集目標區（宜蘭縣）之相關背景資料，並採田野調查法與現地訪問法，觀察目標區宜蘭縣廚餘堆肥進行模式與相關人員訪談。由於台灣地區以往並無由政府參與之大規模家庭有機廢棄物（庭院廢棄物、廚餘）堆肥的先鋒型計畫(pilot program)，廚餘堆肥在國內算是剛起步之新興領域，其發展之歷史短短數年，資料累積仍嫌不足；因此本研究除國內各機構團體之廚餘堆肥經驗外，亦透過國外期刊、雜誌進行文獻收集，並透全球網際網路資源（World Wide Web,WWW）進行國外都市食物廢棄物（廚餘）處理經驗的搜尋檢索。綜上所述，本論文所收集文獻資料分類如下表，並以圖 1.1 說明本論文研究架構。

表 1.1 本研究文獻收集主題分類別

分類別	內容分析
技術層面	堆肥技術、方法、經驗與模式彙整 都市垃圾堆肥 農業廢棄物堆肥 家庭廚餘堆肥之現況 國外堆肥模式與經驗
制度層面	我國有機廢棄物相關管理政策 堆肥相關法規命令與行政規定 宜蘭縣地方法規與制度 國外有機廢棄物政策與經驗 堆肥品質分級制度探討
經濟生態層面	堆肥用途與市場 堆肥施用之環境影響
現地資料	宜蘭縣地方資料收集 宜蘭縣廚餘堆肥模式收集 相關團體、人士訪談 各廚餘處理階段觀察 宜蘭縣國中小學師長問卷調查

## 一、文獻回顧

- 1、國內文獻收集：為掌握研究課題，首先蒐集過去堆肥經驗與相關適用法令、政策，並搜尋、研讀國內有關有機廢棄物堆肥之計畫書、研究報告、論文、相關報導，再者於堆肥原理、技術、方法、設備與種類上進行研究，以瞭解國內過去於堆肥發展與研究之經驗累積。
- 2、國外文獻收集：透過期刊、雜誌、外國官方及民間環保團體的網站進行國外有機廢棄物堆肥化與回收再利用資料收集，以瞭解外國堆肥處理發展與趨勢，並吸取外國有機廢棄物處理之經驗與技術，尤其著重於政府政策提供的支援及食物廢棄物收集清運處理實例。

## 二、現地調查：

收集、研讀現地資料，進行相關民間團體訪談，包括環保聯盟台北分會、台北市主婦聯盟、新店市玫瑰中國城社區義工、北市內湖區宗教團體等，以大致瞭解目前民間廚餘堆肥之現況。並宜蘭縣相關團體訪談，包括宜蘭縣環保聯盟、宜蘭市清潔隊員、居民住家花園、處理農場訪談以作為本研究背景資料與現況瞭解；並於宜蘭縣學校未來進行堆肥推廣之可行進行國民中小學師長問卷調查。並以實地觀察法瞭解完整清運收集路線及農場廚餘處理過程。

## 三、綜合歸納整理法：

透過上述國內外資料收集與宜蘭縣推行經驗，探討並建議宜蘭模式改善策略，並對未來堆肥大規模實施提出周邊條件建議。

綜合上述方法，本研究於文獻回顧中試圖整理國內外堆肥原理、方法、模式與種類、堆肥歷史與經驗作一介紹，並於第四章介紹現地觀察宜蘭縣堆肥現況並分析國內廚餘堆肥運轉成功之因素，探討未來擴大規模之限制與建議。並經研究後發覺廚餘堆肥與有機廢棄物管理政策息息相關，無法分割單獨討論。因此於第三章簡介三國家或地區（美國、韓國、歐盟及英國）對有機廢棄物之管理策略，並於第五章針對國內有機廢棄物之堆肥相關法規與政策架構及健全堆肥化環境之周邊條件進行探討，做初步結論及建議。

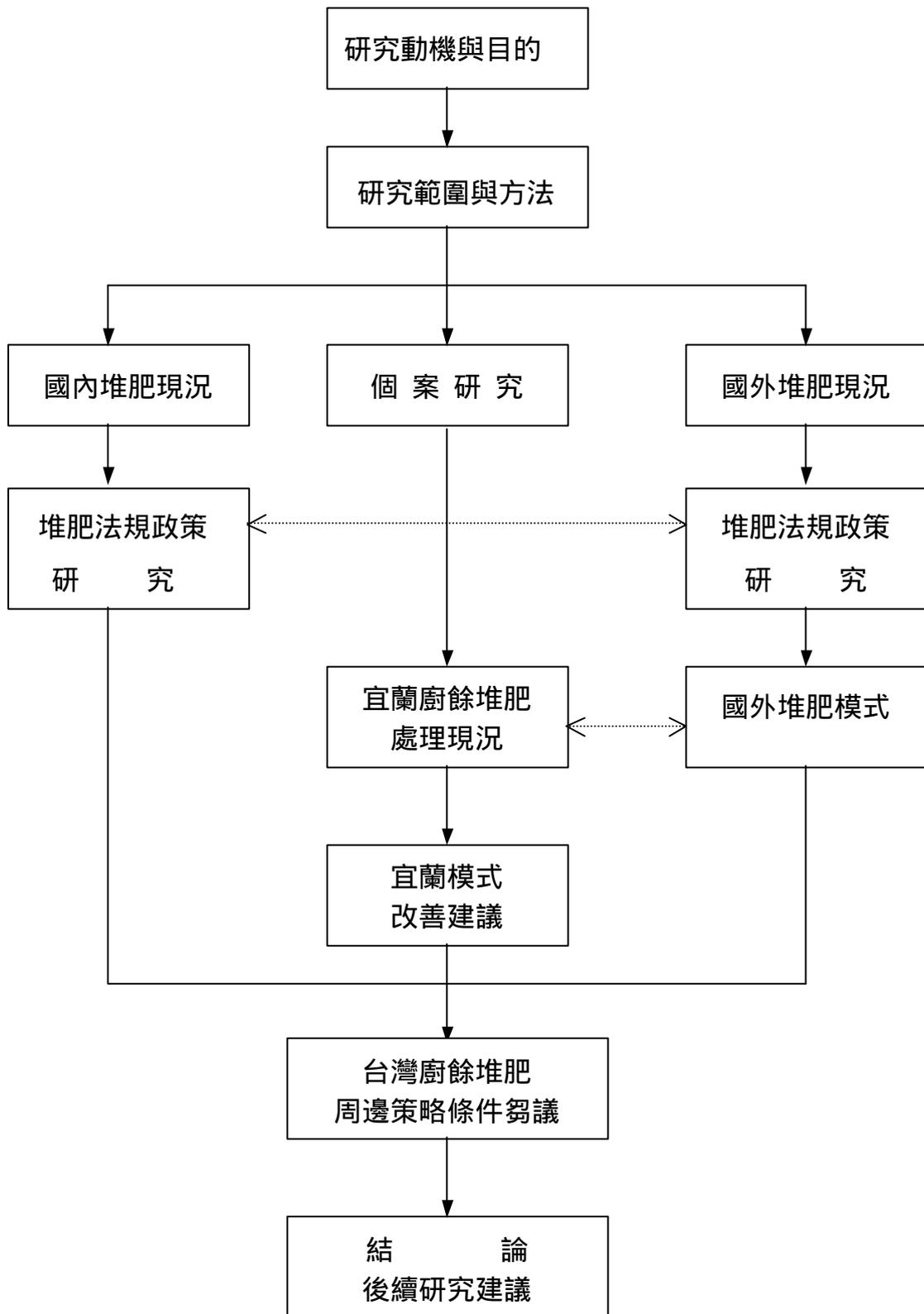


圖 1.1 論文架構與研究流程圖

## 第二章 文獻回顧與探討

在探討家庭廚餘堆肥化處理的文獻收集與回顧過程，發現台灣地區堆肥演進史中，「家庭廚餘堆肥化」最早出現於民國70年代末，至80年代中廚餘堆肥化才如雨後春筍般萌芽，在此之前無法找到廚餘堆肥的資料乃因過去廚餘多經由餵水收集系統成為禽畜牲口飼料，不致產生嚴重環境問題，故相關文獻多是畜牧業利用廚餘的畜養資料<sup>3</sup>。民國46-66年之間失敗的垃圾堆肥經驗<sup>4</sup>，使得「垃圾堆肥」在環境領域沈寂了十幾年，相關的資料多半是零星的研究與檢討。然而在農業領域裡，堆肥的技術、方法與設備不斷研發與創新，堆肥在農產廢棄物的處理與應用上成為風潮的帶領者。因此本文欲探討家庭廚餘堆肥化的發展與限制時，必須回顧我國堆肥經驗、記取歷史教訓，並從中學習適用於現代飲食文化與廢棄物組成的廚餘堆肥方法，並由現今的政經背景與時代趨勢下，重新為「堆肥」尋找生存定位與發展契機。

以時間為序列，首先是民國46至66年間垃圾堆肥的熱潮中，全國各地興建22座垃圾堆肥場。接著在民國60年代後農業有機廢棄物堆肥興起；洋菇堆肥、稻桿、樹皮、禽畜糞堆肥<sup>5</sup>逐漸因其經濟上貢獻及廢棄物處理效益受農政單位重視與發展，並在堆肥技術、方法、設備上進行研發與更新，熱潮持續至今日。在環境領域方面，民國65年至77年間，乃都市有機垃圾堆肥之空窗期，有機垃圾堆肥在台灣地區一度銷聲匿跡。過去農民使用的風評、經濟因素、技術考量與政策考量，使得政府在垃圾處理的管理策略上忽視「分類」與「堆肥」的重要與迫切，轉而採取興建掩埋場、焚化廠為解決台灣垃圾問題之方式，而近年環境意識興起，垃圾問題迫使政府與民眾重新思考垃圾管理問題<sup>6</sup>。「家庭廚餘堆肥」在民國77年於民間生根，85年開始形成一股社會風潮開始竄升其地位，由消極的廢棄物處理的角色攀升至積極的有機（生機）栽培的貢獻者，民眾對於有機垃圾堆肥的認識好似大夢初醒或尋獲至寶般。殊不知在古老的歷史中或在早期的農村裡，堆肥與人類的生活可謂息息

<sup>3</sup> 參見林修正，1996，廚餘養豬對環境的影響，台灣農業 32（2），p.73-86。

<sup>4</sup> 參見謝錦松，1985，台灣過去垃圾堆肥處理廠評估，固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文輯。

<sup>5</sup> 林財旺、洪嘉謨，1994，禽畜堆肥化處理，《堆肥技術及其利用研討會論文集》。

<sup>6</sup> 看守台灣研究中心，美國機要資料中心，環保聯盟台北分會，1999，《打破焚化爐的神話—你所不知道的焚化爐》。

相關，因此本章回顧由堆肥的歷史演進開始，試圖陳述堆肥與人類生活緊密結合的歷史依據。

## 2.1 歷史觀點述堆肥演進

對於以農立國有悠久歷史的中國來說，作物生產與肥料的施用有密切的關係。在《自然農耕—有機報告》一書中提到，我國最早的肥料使用的記載可追溯自商湯時代，至春秋戰國時期，除了用糞肥田外，農民也會放火燒田，以加速土地上雜草分解，增加土地養分。戰國末期的《呂氏春秋》中有言：「厚加糞壤，深耕而細耨之。」秦漢朝的農人除了使用人畜糞便、草木灰，更運用豆渣糶來滋養土地。至明代，據《沈氏農書》記載：「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，可墾田三畝」可知農人在堆肥的施用及份量的掌握已有相當的智慧。一般說來，過去農民用肥的傳統，糞便是最重要也是最普遍的。

台灣農家自製堆肥的歷史亦是久遠，製造堆肥的材料與方法皆取之於自然，可稱為「自然肥」。臺灣農家製作自然肥的方法有「火埔法」、「堆畚法」，「窖糞法」<sup>7</sup>，然而最常見的自然堆肥法，是直接將收割後的稻草鋪在田間放火焚燃成灰，形成草木灰回歸於田。

早期臺灣的農民以生活中衍生的廢棄物自製堆肥，他們深諳「肥水不落外人田」的道理，因為所有的糞便、有機廢棄物都是最自然、可使作物增產的無價之寶。中國古老智慧顯示在「糞」字上，「米」、「田」、「共」三字的組合，似乎早在造字之時，古人已知三者相依相存的關係。中國農業歷史上堆肥與農家生活息息相關，人與土地融合為一互依的共存體。

而在外國堆肥歷史的演進，可遠述自舊約聖經摩西之前一千年時代的美索不達米亞聚落裡，有堆肥(compost)使用的泥版文獻留存；而兩千年前羅馬

---

<sup>7</sup> 參見《自然農耕92期—有機報告》，1996，文中對台灣過去常見之堆肥法描述如下：「火埔法」即農家於平日收集垃圾、柴灰、雜草、牲畜糞毛、骨頭等可燃物，以火焚燒取其灰燼成為作物肥料。「堆畚法」將收成後稻桿堆置圓形或方形在農田旁自然曬乾，再經牛隻踐踏壓碎並混以糞尿後，堆置成「生畚」，發酵腐爛後成為肥料級的「熟畚」。「窖糞法」為早期農家常見在田頭挖一坑洞，傾倒人畜糞尿，醞釀發酵腐熟後擔至田間施肥。

人即懂得使用堆肥概念以增加羅馬帝國土地肥沃（邱政文，1999）；在聖經中亦多處含有關於希臘、猶太人製造與使用堆肥的概念<sup>8</sup>；至中世紀之文藝復興時代，William Caxton將堆肥拼為Compostyng，用該字以代表堆肥化過程；至19世紀新英格蘭地區Stephen Hoyt使用其他異於糞便之資材開拓新堆肥領域，並使用堆置式堆肥（pile），引入翻堆促進腐熟觀念；而至20世紀，英國農業學家Sir Albert Howard開始進行長達29年之堆肥研究，以開發室內堆肥方法，並重燃人們在農業與園藝上對堆肥的興趣。由遠古時代至21世紀，堆肥在人類生活與生產地位上，不僅扮演供應作物生長的角色，更是一種不分中外的生存智慧與資源有效循環利用的表現。當人類科技與文明發展越形複雜，人類渴望重拾樸質的生活方法，「堆肥化」正是此種反璞歸真之處理廢棄物方式，因此重新思考有機廢棄物處理方式時，「堆肥化」不只是一種廢棄物管末處理的中間技術、不是避之唯恐不及的垃圾問題之解套，乃是與生活緊密結合，共存、共依、共生，資源再利用之藝術。

## 2.2 有機資材堆肥化原理與過程

### 2.2.1 堆肥化原理與條件

「堆肥化」(Composting)是將有機資材由微生物予以消化、水解，利用這些生質能源進行細胞生長、繁殖和新陳代謝的過程，其間歷經化學和生化過程合成次生成物，再經過氧化聚合作用最終形成腐植質<sup>9</sup>。所謂「堆肥」(Compost)就是堆肥化過程產生的穩定產物，主要包含菌體、二次代謝產物及未分解轉化的生質資材如圖2.1所示。微生物的參與是影響堆肥化成敗最重要的因素，利用微生物將有機廢棄物中不穩定的有機物質加以分解，轉換為安定的腐植質成分，即腐熟的堆肥。堆肥化進行的主要條件乃提供自然界或接種的微生物群生長繁衍的最適環境，其中包括溫度、濕度、通氣量、酸鹼度（pH值）的控制、有機質材的營養種類與性狀等<sup>10</sup>。

---

<sup>8</sup> History of Composting 參見 <http://www.gvrd.bc.ca/waste/bro/swhist.html>

<sup>9</sup> 參見林鴻祺，1999，堆肥製造原理，收錄於《堆肥製造技術》

<sup>10</sup> 王西華，1989，農業廢棄物在有機農業之利用，《有機農業》，台灣省台中區農業改良場，p.217。

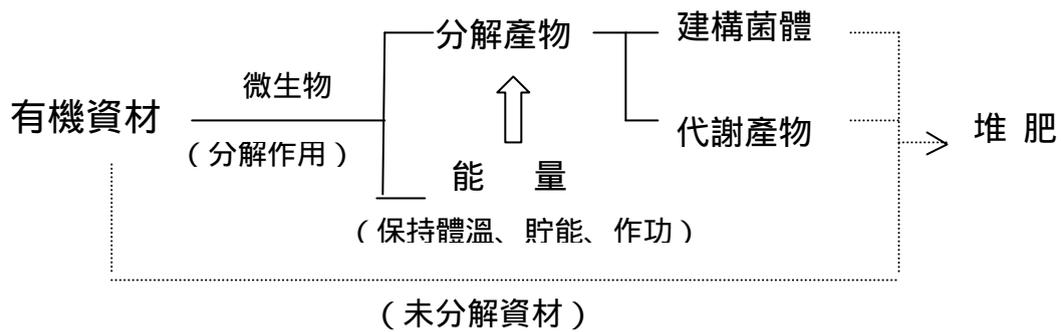


圖2.1 微生物利用有機質行代謝作用與堆肥之關係  
(修正自王西華 1995《基礎微生物學》)

## 一、微生物培養資材

堆肥材料之實質意義即為提供微生物生長之培養基，需供給微生物能源及生長代謝所需之營養要素，包括碳水化合物、氮、磷、硫、鉀、鈣、鎂等各種元素或化合物，水份含量及通氣量對好氧性微生物尤其重要。堆肥資材取材廣泛，凡含有可被微生物利用的有機質都可以成為堆肥的材料，由都市的垃圾、廚餘、污泥、庭園廢棄物、枯枝落葉到農產廢棄物、禽畜排泄物等。依照林鴻祺博士（1999）的分類，堆肥資材又可細項分為「初級資材」及「次級資材」，前者包括穀類作物的槁桿、枯枝落葉、食物飼料、樹皮、鋸屑、荳萁及蔗渣等，這些較易進行堆肥化的材料有醣類、蛋白質和澱粉，容易藉堆肥化過程轉化為“營養性腐植質nutritive humus”，而脂質、纖維素、木質素類化合物較不易被微生物利用，芳香族類並經轉變成“持久性腐植質durable humus”<sup>11</sup>。而次級資材為初步經過堆肥化的禽畜糞排泄物，飼料通過動物的腸胃經消化、吸收同化、代謝異化後排泄的糞尿可看做一種堆肥化的過程，因此禽畜糞的堆肥通常較容易進行<sup>12</sup>。圖2.1為有機資材經由堆肥化過程成為堆肥的組成示意圖，表示在堆肥化的過程中，部分碳氫化合物（寡醣類、半纖維素及油脂），容易進行堆肥化而大量被消耗，成為微生物能量

<sup>11</sup> 參見楊盛行，1999，「廢棄物堆肥化微生物菌種之開發與應用」，《堆肥技術及其利用研討會》。

<sup>12</sup> 參見林鴻祺，1999，「堆肥製造原理」，《堆肥製造技術》。

的來源，而其餘物質包括纖維素與木質素，不易被微生物分解利用，堆肥化過程質量損失有限，因此腐熟堆肥中會殘留大量的木質素在其中<sup>13</sup>。

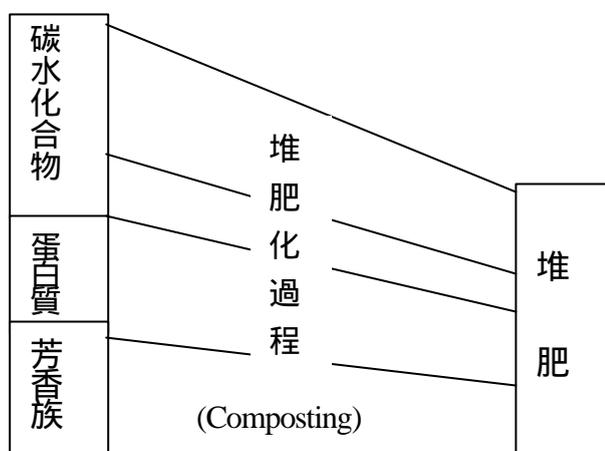


圖 2.2 有機廢棄物堆肥化過程（原圖取自林鴻祺，1999）

## 二、微生物之利用

在微生物利用方面，目前已知參與在堆肥化過程中微生物菌種主要以細菌、真菌及放線菌<sup>14</sup>為主。自然界土壤中存在大量的微生物，擔任著生態系統中分解者的角色<sup>15</sup>，或在草食性動物（牛、羊）的排泄物裡也含有大量可分解纖維素的微生物，因此製作堆肥時與適量的土壤混合即有足夠的微生物可分解有機資材，只是所需時間較長（短則數月，多則數年），現代堆肥化過程需要縮短堆肥製作時間<sup>16</sup>以節省成本與土地需求，因此通常會接種外來純菌或混合菌種以加速分解效率。堆肥適用菌種通常為混合菌群，包括細菌、真菌、放線菌，近年亦發展乳酸菌、酵母菌等在廚餘堆肥之應用，種類

<sup>13</sup> 因纖維素是由葡萄糖經由  $\beta$ -1,4-glucosyl-glucose 鍵結形成，即 cellobiose 重複聚合而成結構穩定的長直鏈巨型分子，需有經過多種酵素才可將纖維分解形成微生物可利用的單醣。而木質素 (Lignin) 亦是結構巨大的分子，是植物的代謝產物在自然界中只有真菌及或某些黴菌能加以利用，例如洋菇、木耳。見王西華，1995，《基礎微生物學》。

<sup>14</sup> 放線菌（放射線菌）特性為似黴菌之細菌，可分解複雜之物質，在培養基中呈分枝的絲狀生長。高溫的放射線菌可生纖維素酶，將含纖維素高的物質分解轉換為可消化性的營養素。王西華，1995，《基礎微生物學》。

<sup>15</sup> 健全生態系統包含生產者、分解者、消費者的分工，健康土壤裡每克含有微生物  $10^8$ - $10^9$  個微生物。參見張仲民，1988，《基礎土壤學》，頁 335。

<sup>16</sup> 參見楊盛行，1995，「廢棄物堆肥化微生物菌種之開發及應用」，《永續農業研究及推廣研討會專輯》。

繁多並各自針對不同的時期、環境條件（溫度、酸鹼度）與資材種類依序進行醱酵作用。堆肥中微生物種類依其環境條件（氧氣、溫度、酸鹼性）需求可做下列區分<sup>17</sup>

### 1、氧氣需求：

- 好氣菌 (aerobe)：生長時需要氧氣，例如：黴菌、醋酸菌。
- 兼氣厭氣菌(facultative anaerobe)：有無氧氣均可生長，如乳酸菌、酵母菌。
- 厭氣菌(anaerobe)：無氧下才能生長，如酪酸菌。

### 2、生長溫度

- 高溫菌：如堆肥中常見的嗜溫性放線菌，其生長的最適生長溫度在 45 -55 之間，最高可達到七十餘度，擔任堆肥化過程主要角色。
- 中溫菌：如黴菌、酵母菌、醋酸菌、病原菌等，最適生長溫度在 20 -40 之間，超過 45 失去活性或死亡。
- 低溫菌：少數發光細菌、腐敗菌等，最適溫度在 10 -20 。

表 2.1 好氣性堆肥過程中微生物的分佈

微 生 物		個/克，濕重堆肥			菌種數
		中溫性 (初溫<40 )	高溫性 (40-70 )	中溫性 (70 至冷卻)	
細 菌	中 溫 菌	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>11</sup>	6
	高 溫 菌	10 <sup>4</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup>	1
放線菌	高 溫 性	10 <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>5</sup>	14
真 菌	中 溫 性	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	18
	高 溫 性	10 <sup>3</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	16

資料來源：袁紹英，1994，「廢棄物堆肥化過程的微生物作用」。

表 2.1 將堆肥中的微生物分佈做一陳述，顯示在堆肥中至少有 55 種的微生物，並且在堆肥三階段過程：生熱、高溫、降溫中細菌、放線菌、真菌的消長情形，顯示不同時期不同的微生物作用，並且依其特性分解不同有機物質。

<sup>17</sup> 王西華，1995，《基礎微生物學》。

### 3、酸鹼度 (pH)

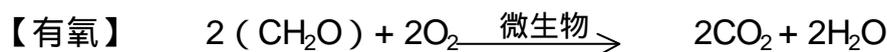
- 細菌最適生長酸鹼度在 pH 7.0- pH 8.0
- 黴菌及酵母菌最適生長酸鹼度 pH 4.0 pH 6.0

4、水分需求：由於菌體的含水量超過 85%以上，因此如何控制堆肥化過程基質水分含量，以維持微生物水分需求十分重要，基質中水分的多寡會影響堆肥化過程是好氣性或厭氣性之分解作用<sup>18</sup>。水含量太高會影響堆肥間孔隙充氣量改變氧氣（好氧或厭氧）需求環境，有利於嫌氣菌生長，不利於真菌、好氣性細菌及放線菌等重要微生物生長；水含量太低會影響微生物正常生理需求，延長堆肥製作時間，通常堆肥資材含水率最好保持在 55%-65%之間。

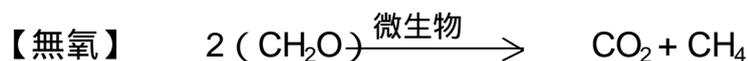
由於堆肥過程重點在於微生物對有機質的分解作用，因此堆肥化過程的程序及設計均是考量上述溫度、水分、酸鹼度及其氧氣需求以提供微生物最適生長條件進行醱酵作用。

## 2.2.2 堆肥化過程及變化

根據袁紹英博士在其研究中指出，在堆肥醱酵的過程中，微生物的代謝反應與其通氣量有關<sup>19</sup>。在好氣性狀態下，釋出熱能多，約 50%有機物轉變為菌體，50%氧化成二氧化碳及水<sup>20</sup>。下式以 (CH<sub>2</sub>O) 為有機資材中碳水化合物之通式，說明在有氧及無氧條件下碳水化合物經分解所形成產物



而在厭氧的狀況下，微生物釋能少，增長的菌體少(約 5%)，發酵過程緩慢，效率差，並產生甲烷。



而林鴻祺 (1994) 指出堆肥過程初期為微生物生長遲滯期，至微生物大量繁殖以後，由微生物呼吸作用所釋放的熱能從堆中以輻射或水蒸氣型態逸

<sup>18</sup> 袁紹英，1994，「廢棄物堆肥化過程的微生物作用」，《堆肥技術及其利用研討會論文集》。

<sup>19</sup> 袁紹英，1994，「廢棄物堆肥化過程的微生物作用」，《堆肥技術及其利用研討會論文集》。

<sup>20</sup> 參見經濟部工業局 (1998)《有機事業廢棄物》

散出來。其逸散程度受堆肥方式影響，也受堆積的表面積、密度、透氣性等影響，通常堆中之熱量會鬱積至 60-70℃，使內部呈現缺氧狀態而分解緩慢，行厭氧發酵。此時堆的中心、內側與外緣之堆肥化條件都不一樣，微生物也互有消長。以圖 2.3 說明微生物生長過程之堆肥溫度變化，並微生物相消長情形與有機質分解情況。

#### 、醱分解期：

初期微生物群能利用簡單有機質，如蛋白質、簡單碳氮化合物、碳水化合物（醱類、澱粉類）等，繼之適合生存的細菌類快速繁殖，促使堆肥中鬱積溫度升高，造成嗜溫放線菌及真菌接替發酵工作。如下敘述不同有機質在好氧與厭氧下所進行的機制與最終產物。在葡萄糖的分解機制中，有氧時每莫耳葡萄糖被分解產生二氧化碳與水，並且產生 36 莫耳 ATP<sup>21</sup>。無氧下，葡萄糖經酵母菌進行厭氧發酵產生酒精並生成有機酸，（例如醋酸、丙酸、丁酸、乳酸、甲酸等），造成作用環境之酸鹼度下降，熱能釋放較少。

在蛋白質的分解上，微生物利用蛋白質水解酵素(protease)將蛋白質水解成胺基酸，進一步可能形成有機酸、酒精、氨及二氧化碳。但若供氣量不足則會產生 Indole<sup>22</sup>、硫化氫、氨及脂肪酸等代謝物而產生惡臭。在表 2.2 中說明有機質經不同微生物分解的效率及最終生成物情形。

#### 、纖維分解期：

在半纖維素、纖維素的分解方面，好氧性細菌及真菌可將纖維素完全分解產生二氧化碳及其他產物，而在含水率過高情況下進行厭氧分解機制，最終產生甲烷與有機酸。

#### 、木質素分解期：

在木質素的分解方面，在堆肥資材中含量僅次於纖維素，主要有木屑、鋸屑、菇類太空包等，在堆肥化過程當中，高溫的放線菌可分解大分子成小分子，而真菌中的擔子菌類主要擔任分解者的角色。木質素在被分解後生成酚酸類物質，再轉變呈褐色的醌類物質，此物質為形成堆肥中腐植質主要前趨物。

<sup>21</sup> 林鴻祺，1999，「堆肥製造原理」。

<sup>22</sup> 2,3-Benzopyrrole.(C<sub>8</sub>H<sub>7</sub>N)具有糞便的臭味。see 《The Merck Index》

圖

圖 2.3 堆肥化過程微生物消長與有機質分解 (張學琨、羅秋雄 1996)

有經驗的堆肥者由堆肥過程中溫度變化即可知道堆肥是否腐熟完全，並且由溫度的上升情形決定是否需要加入其他步驟以幫助有機質分解（例如灑水、翻堆次數），通常堆肥醱酵過程中必須通氣良好，直到高溫期過後（溫度上升較緩時）就不需通氣以免第三分解期降溫過快。室內堆積堆肥溫度不再上升而維持在 40-50 時表示堆肥已成熟。

表 2.2 堆肥中主要有機物之微生物分解

可分解成分	微生物	分解率%	最終產物
醣類、胺基酸蛋白質、脂肪、碳水化合物	多種微生物	高	H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> (中間產物：胺基酸、有機酸、酒精)
纖維素	好氧性細菌、放線菌、真菌、高溫厭氧細菌	中	H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> (中間產物為葡萄糖及酒精)
半纖維素	放線菌為主	高	H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub>
木質素	擔子菌為主	低	H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> (中間產物為酚類化合物)

資料來源：袁紹英，1994。

在氧氣供應充足情況下，有機質經微生物分解之最終生成物主要為水及二氧化碳，並有少數甲烷、氨氣生成。但在氧氣供應不充分或不均勻的情況下，進行的厭氧發酵會有惡臭物質產生。

### 2.2.3 影響堆肥特性的主要因子

影響堆肥特性因子有很多，主要即原料的種類、堆肥的方式與過程，簡介各因子如下：

#### 2.2.3.1 堆肥材料的選擇：

在堆肥資材的選擇上，應注意下列因子：碳氮比（C/N）、水分、腐熟所需時間。過去農業廢棄物堆肥建立了很多的相關資料，關於農產廢棄物、禽畜排泄物及其他資材（樹皮、木屑），由各種資材的特質調配適當的含水量、C/N比等（林 1994；翁，1998；林，1999）。在堆肥製作中主要考量適合微生物生長的原料調配與條件：

- 1、材料的調配：調整有機質的粒徑大小（禽畜廢棄物適當粒徑約在 10-20 公釐），粒徑太大造成微生物接觸表面積較小，分解速度較慢，粒徑太小造成孔隙太小，氧氣供應不順暢，不利好氣分解進行，應適當添加副資材以維持孔隙大小。
- 2、調整碳氮比（C/N）：碳為微生物所需之其能量來源、氮素供應其細胞成形所需，因此資材中碳氮的比例以 20 比 1 最適當（翁，1998），但在 20-30 之間即可進行。過去堆肥原料主要為禽畜糞（含氮量高）及纖維質廢棄物（含碳量高），家畜糞便中碳氮比亦不同，牛糞約 20-25，豬糞約 10-14，雞糞約 9-10，而土壤的碳氮比約 10-15（林，1993），因此視其資材特性需做適當調配，通常以稻殼、木屑做調配居多。
- 3、調整水分：一些含水量較高的資材，例如未經固液分離的豬糞尿、或家庭廚餘含水比例過高（含水率達 65%-90%），需以吸水效果好的資材調配，以控制其含水量。打碎的稻殼的吸水率為 136%，木屑吸水率亦佳，但其屬較難分解之有機質，需較長時間。因此當廚餘中含水量及碳氮比過高情形下，需添加一些副資材以幫助其調整孔隙度、含水量及碳氮比。而各種堆肥原料之組成與分析如下。

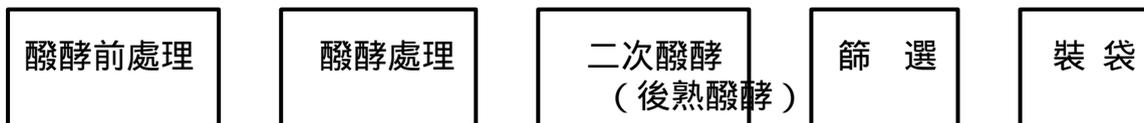
表 2.3 各種堆肥原料成分分析

有機資材種類	含水率 %	C/N	全碳 %	全氮 %	磷 %	鉀 %
牛 糞	70-80	13-17	35	1.8	0.5	1.7
豬 糞	70-80	8-15	42	3	3	0.5
雞 糞	70-80	6-9	18	3.3	1.7	2.4
米 糠	13-15	18-22	55	2.4	0.4	1.8
大 豆 稈	10-15	30-36	42	1.3	0.3	0.5
樹 皮	15-20	120-500	70	0.3	0.08	0.6
稻 殼	13-15	70-90	35	0.4	0.1	0.6
木屑太空包	27-35	25-40	44	1.1	0.4	0.5
蔗 渣	40	100-105	41	0.39	0.09	0.25

資料來源：張瑛蘭，1996，「堆肥處理技術概論」。  
 《經濟部 86 年度工業污染防制講習會講義》，p.43-56。

### 2.2.3.2 堆肥設備與方法

以台灣農業廢棄物堆肥流程與設備為例，堆肥舍或堆肥場處理原料之程序流程大致如下：



- 1、醱酵前處理：為調整含水量、碳氮比、pH 值、混合均勻。
- 2、醱酵處理：
  - (1) 堆肥醱酵需控制條件有：養分、微生物、氧氣、水分、溫度、時間
  - (2) 堆肥處理方式：台灣堆肥發展以農業單位之堆肥場為主，堆肥場所採用的醱酵方式又因依業者處理禽畜糞別(豬、雞、牛糞) 處理量多寡、投資額而有不同堆肥選擇。下列八種方式是目前在農業上常見的：袋裝堆肥式、箱型送風式、靜置堆肥舍式、送風堆肥舍式、迴轉攪拌式、鋼板杓子堆置式、橫式圓筒式、直立圓筒式，整理如表。上述各種堆肥方式以靜置堆置式處理時間較長(約需 60-98 天不等)、資本額較少，而送風攪拌式所需發酵時間較短、投資額較大。

- 3、 二次發酵：以上述農業所使用經過一次發酵處理的堆肥方法，仍須搬出堆肥舍進行二次發酵，使有機物質分解穩定及消除有害物質。二次發酵約需 30 天（松崎，1992）。

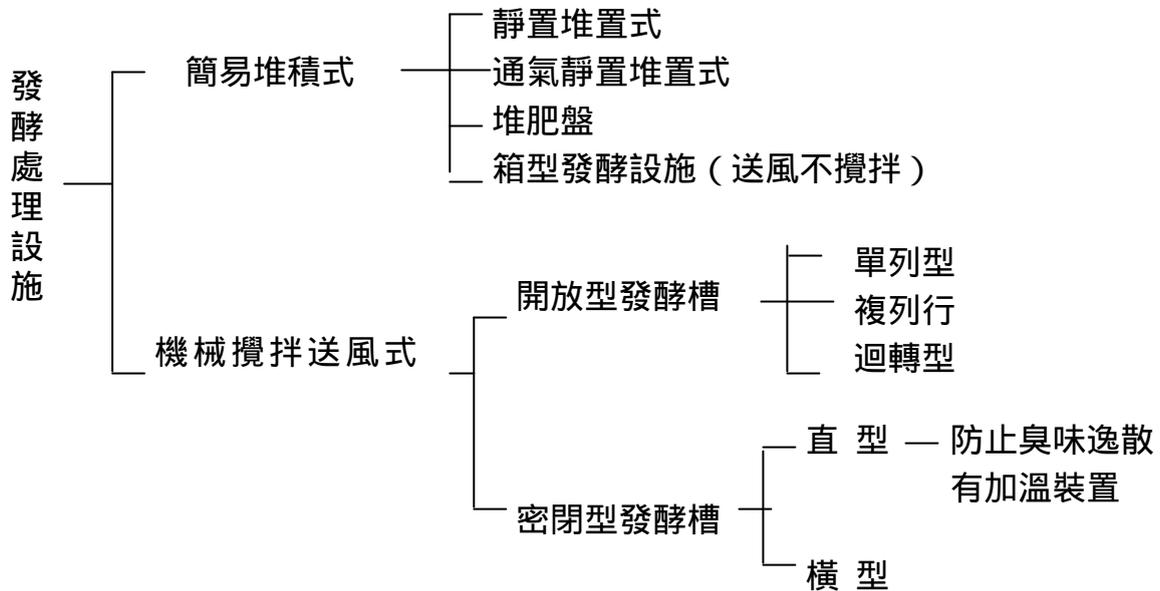


表 2.4 農業廢棄物製造堆肥方法（謝欽城，1999）

## 2.3 堆肥之功用與市場價值

堆肥模式之發展與堆肥業之生存，取決於堆肥產品用途與市場拓展之能力，堆肥用於作物增產與作為土壤改良劑之實際助益已為社會肯定，但堆肥用於環境生態層面之利益則鮮為人知，本節介紹堆肥於環境與市場價值直接、間接優點。

### 2.3.1 堆肥之功用

#### 一、直接優點—土壤環境改善：

- 1、 增進土壤的物理性質：堆肥增加土壤的保水能力、土壤好氧性、結構穩定性、抵抗風力及水力對土壤的侵蝕、促進植物根部生長、增進土壤溫度的穩定性<sup>23</sup>。

<sup>23</sup> US.EPA 1999.7, 《Organic Materials Management Strategies》, p.40.

- 2、提高土壤化學性質：堆肥增加土壤中植物生長所需元素，增進礦物質的穩定性、緩衝土壤中酸鹼度、長期釋放營養物質供應土地<sup>24</sup>，成為土壤的補充劑。
- 3、改善土壤的生物性質：堆肥促進土壤有益菌之活動，改善土壤因長期使用化學肥料造成之微生物生態相單調，健全微生物之生態圈、抑制植物病蟲害之發生，並促進植物生長提高作物產量。

由圖 2.4 可知，有施用堆肥之土壤可軟化土壤、供給養分，亦可防止低溫與保持水分，乃因土壤腐植質增加與土壤團粒結構改善，不僅有益於土壤物理性質，亦因腐植酸增加，有促進植物發根之功效，間接促進作物增產。

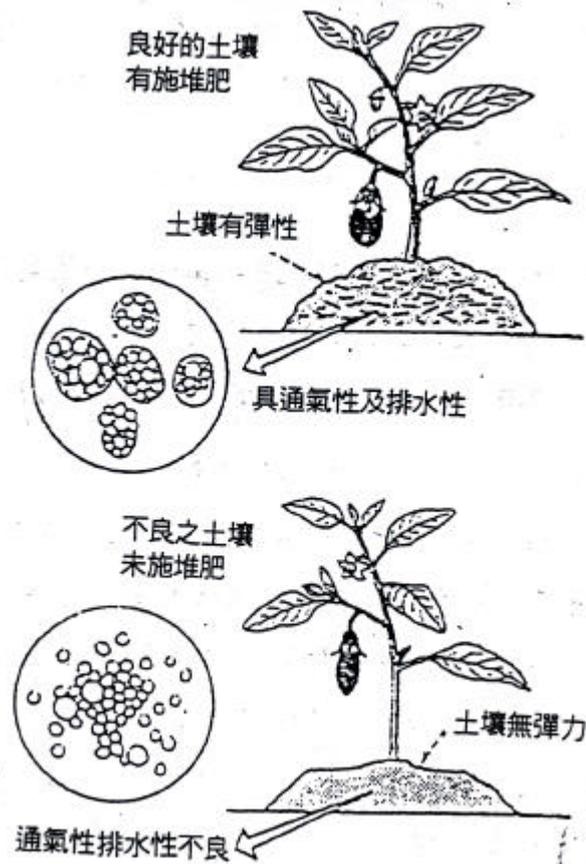


圖 2.4 施用堆肥對土壤效益 (清河, 1976)

<sup>24</sup> 清河, 1976, 堆肥的功效, 《農友》, 第 27 卷第 12 期, p.24-26.

由下關係圖將施用堆肥於土壤上之農業直接效益做一串聯整理。

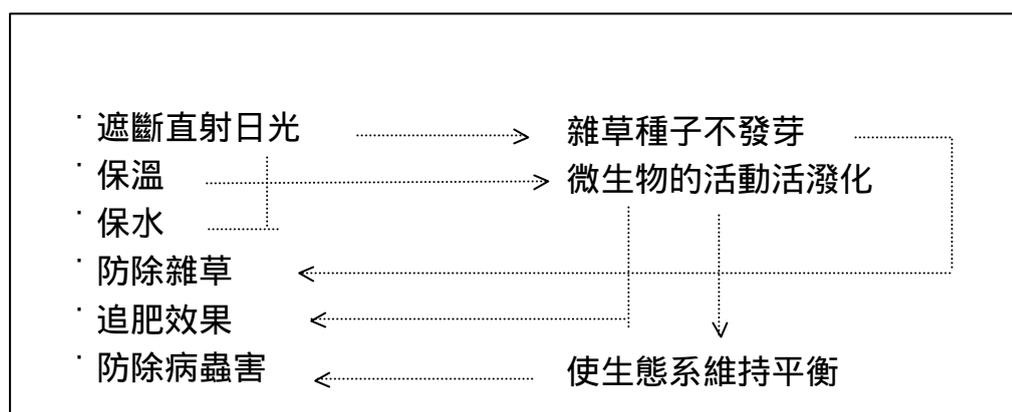


圖2.5 堆肥施用之農業整體效益（渡邊和彥，1989）

覆蓋堆肥層於農地上，致使雜草種子不發芽，亦因其保溫保水功效促進微生物活潑化，土壤中微生物生態系統穩定平衡，有意微生物增多可拮抗致病菌或有害菌<sup>25</sup>。

## 二、間接優點—環境與經濟利益

### 1、緩效性施肥，減少化肥之污染：

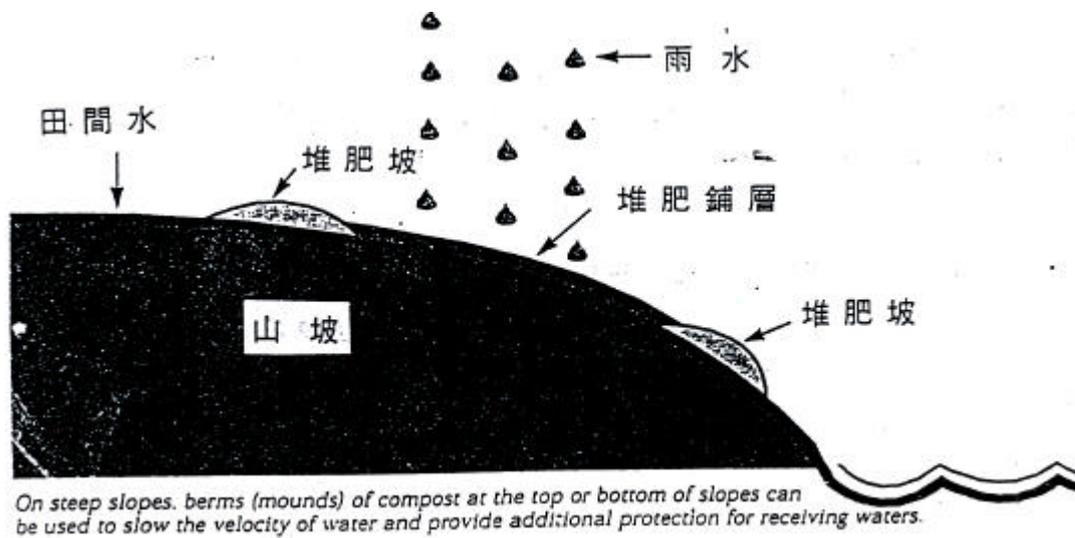
由於堆肥可改善土壤保水能力，並利用腐植質將無機養分固定化<sup>26</sup>之緩效性釋肥，減緩速效性化學肥料造成之非點污染現象與河川水體之優養化，並抑制植物病蟲害而減少肥料、殺蟲劑使用量，間接降低環境與人體健康之風險。

### 2、緩和土壤侵蝕：

土壤侵蝕乃自然現象，但人為活動加劇水土流失，經人工移除表土及覆蓋物後之土壤易遭受風雨侵蝕而流失。堆肥的施用可藉由改善土壤結構、緩和土壤壓實，增進土壤結構之保水能力而減少因表面徑流造成之損失與侵蝕，如圖2.6。以美國為例，每年因土壤侵蝕所造成山坡及農田表土流失約有2億公噸，除造成營養素的損失，亦使河川、水體因承受過量沈積物（可能含有大量化肥或重金屬）威脅水體生物健康。因此在容易產生土壤侵蝕之處，例如陡坡、路基之沿坡，施用堆肥較一般護根物質有效，在坡地施用2-3英吋的堆肥覆蓋於表層，可形成厚實、永久、保濕的植物生長基質，並可減

<sup>25</sup> 渡邊和彥，1989，「有機農業之現場研習經驗報告」，有機農業研討會專輯，pp.269-294）

<sup>26</sup> 參見林鴻祺，1999，「堆肥製造技術」，《堆肥製造技術》。



緩表面徑流之速度，雨水下滲進入地下水層，進而達成防止土壤侵蝕與表土流失之目的。

圖 2.6 施用堆肥對坡地水土保持之影響 (Source:U.S.EPA, 1997)

### 3、協助林地、濕地、棲地之復育：

依美國環保署對於堆肥創新用途之開發研究中<sup>27</sup>，於林地、集水區、濕地與棲地的復育上使用堆肥具極大的功用。以美國濕地為例<sup>28</sup>，三個世紀以來土壤中之有機質持續下降，超過1億英畝的濕地乾涸，集水區土壤中有機質亦僅剩17世紀時含量之一半，導致每年洪氾情況每況愈下，地表水質惡化，然而堆肥可提供種子與幼芽良好生長環境以幫助造林及棲地復育，經試驗得知使用堆肥進行林地復育三年後，土壤侵蝕情況停止。而在濕地復育方面<sup>29</sup>、經由美國華盛頓州1994年至1996年之濕地本地種復育研究顯示，含有堆肥之土壤與當地天然的濕地基質相似，且植物生長率提高20%，存活率亦增加10-15%，並且可以緩衝1996年的冬季豪雨而不產生洪氾。

### 4、草坪修正與景觀管理：

<sup>27</sup> US.EPA 1997.10, 《Innovative Uses of Compost》, US.EPA 530-f-97-046

<sup>28</sup> 美國相關單位 ( EPA, U.S. Forest Service, Bureau of Indian Affairs, Cherokee Tribal Council ) 於三林地進行為期三年之堆肥復育森林試驗發現，堆肥復育之林地種子之發芽率及生長情況遠較對照組好 ( 20 個月 )，並經 30 個月後，堆肥復育處土壤侵蝕不明顯，而對照組以產生明顯之土壤侵蝕。參見 US.EPA 1997.10, 《Innovative Uses of Compost》, US.EPA 530-f-97-046

<sup>29</sup> 美國華盛頓州 ( Clean Washington Center Project ) 之 1994-1996 計畫，為期 2 年以測試污泥堆肥與庭院廢棄物堆肥對受破壞濕地之復育能力。參見 US.EPA 1997.10, 《Innovative Uses of Compost》, US.EPA 530-f-97-046。

在娛樂用途之經濟利益上，美國亦多使用堆肥於高爾夫球場、足球場、及其他需要單一草面之場地。由於該類場地草皮經常遭受磨損與劇烈使用，因此在疾病、蟲害與土壤壓實上管理不易，長期使用化學肥料、殺蟲劑、除草劑等，亦導致經營成本提高，對環境造成負面影響。如今開始有業者使用堆肥以替代表土層下之泥煤以成功控制植物病害<sup>30</sup>。或在土壤長期遭壓實地區，例如公園、動物園、運動場、遊憩場所等使用堆肥及其他改良物質（例如木屑、碎橡皮）之混用，皆有良好的成效並為符合成本經濟之替代方案<sup>31</sup>。

## 5、地景園藝設計使用

都市景觀設計行業中對物美價廉的表土需求量十分大，堆肥便可扮演自家的或商業用途之園藝盆栽或景觀設計之替代角色，因堆肥不需經常施肥或翻動以增加曝氣，是良好之替代品。堆肥景觀使用上良好之護根物，可保持水分及土壤溫度。

### 2.3.2 堆肥之市場價值

堆肥係屬體積大、質重（含水量約35%）之產品，其原料與運輸成本佔總生產成本相當大比例，故其市場通常取決於產品價格及運輸距離與成本；實際上完熟的堆肥可使用於很多方面，以國外堆肥用途做為參考，由美國堆肥協會（The U.S.Composting Council）所進行的一項調查估計得知，堆肥市場每年潛在市場需求量約450萬公噸<sup>32</sup>，表2.5列出目前美國以堆肥用途為區隔之市場種類及其潛力與限制，共可分為為八項，農業用途、造林用途、草坪製造、家戶零售、苗圃使用、外外表土、庭園景觀設計、掩埋場覆土及表面礦物質矯正等<sup>33</sup>。

表2.5 堆肥市場、用途、潛力與限制

<sup>30</sup> 參見 US.EPA 1997.10, 《Innovative Uses of Compost》, US.EPA 530-f-97-046

<sup>31</sup> 資料來源同上

<sup>32</sup> 楊萬發，1998，《有機事業廢棄物堆肥處理技術》，經濟部工業局。

<sup>33</sup> US.EPA 1999.7，《Organic Materials Management Strategies》，p.41.

市場區隔	應 用	市 場 潛 力	主 要 限 制
農業用途 Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> <li>土壤矯正、肥料修正與替代、土壤侵蝕控制。</li> <li>荒地土質修正</li> <li>護根、覆蓋作用</li> </ul>	潛力非常大 <ul style="list-style-type: none"> <li>美國估計每年約需 537.2 百萬公噸，台灣約需 533 百萬公噸<sup>34</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>限制作物生長之堆肥中重金屬含量及土地累積承載量</li> <li>出廠至使用者間運輸成本</li> <li>堆肥豐積大，裝載設備及施用成本考量</li> </ul>
造林用途 Silviculture	<ul style="list-style-type: none"> <li>作為土壤改良劑於施用地佈撒幫助綠化</li> <li>植林地土壤改良保持及護根</li> </ul>	潛力非常大，實際需求可能遠超過堆肥之供應 <ul style="list-style-type: none"> <li>美國估計每年約需 62.42 百萬公噸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運輸費用及距離</li> <li>堆肥豐積大，裝載設備及施用成本考量</li> </ul>
草皮製造 Sod production	<ul style="list-style-type: none"> <li>與表土混合以減少製造草皮需用之肥料量</li> </ul>	潛力中等 <ul style="list-style-type: none"> <li>美國估計約需 12 百萬公噸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運輸費用</li> <li>堆肥豐積大，裝載設備及施用成本考量</li> </ul>
家戶零售 Residential retail	<ul style="list-style-type: none"> <li>土壤修正以促進植物生長</li> <li>草皮整理</li> </ul>	潛力中等 <ul style="list-style-type: none"> <li>美國估計約需 4.8 百萬公噸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>包裝需要（篩選、裝袋及其他成本需求）</li> <li>確保成品穩定</li> <li>污染物濃度限制</li> </ul>
苗圃使用 Nurseries	<ul style="list-style-type: none"> <li>盆栽混合</li> <li>林木幼苗區表土混合</li> </ul>	潛力小 <ul style="list-style-type: none"> <li>美國估計約需 0.54 百萬公噸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>穩定之 pH 值、營養物含量、粒徑大小適中、含水能力需求</li> <li>完全腐熟且須經不斷測試以保持產品高品質</li> <li>生產者需有特殊植物生長需求敏銳度及為產品負責</li> </ul>
外用表土 Delivered topsoil	<ul style="list-style-type: none"> <li>與條件較差之表土混合作為製造草皮之用途及培育樹苗</li> </ul>	潛力小 <ul style="list-style-type: none"> <li>美國估計約需 2.22 百萬公噸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>配合季節需求穩定供應堆肥</li> </ul>
庭園景觀 Landscapers	<ul style="list-style-type: none"> <li>土壤改良</li> <li>草皮整理</li> <li>護根</li> </ul>	潛力小 <ul style="list-style-type: none"> <li>美國估計約需 1.2 百萬公噸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆肥品質應確保無污染或有害物質之摻雜</li> <li>物理性污染（金屬、玻璃碎片）可能出現於草皮中</li> <li>配合季節需求穩定供應堆肥</li> </ul>
掩埋場覆土表土 礦物質矯正 Landfill cover and surface mine reclamation	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用品質較差或不均質之堆肥用於表土修正</li> </ul>	潛力小 <ul style="list-style-type: none"> <li>美國估計約需 0.36 百萬公噸，用於掩埋覆土之量有限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運輸成本為最大限制</li> </ul>

資料來源：Buhr, McClure, Slivka, and Albrecht. 1993. 「Compost Supply and Demand」. BioCycle. January.

由上述美國使用堆肥之經驗，顯示堆肥於農業外之用途相當廣泛，於造林、

<sup>34</sup> 參見經濟部工業局，1998，《有機事業廢棄物處理技術》，p.122。

水土保持上亦有其價值。我國堆肥的推廣主要用途仍於農業高經濟作物之栽培，其餘用途則因價格高於化學肥料甚多而受限<sup>35</sup>，且堆肥供給量過少，實際銷售量亦無確切統計資料，因此難以正確估計台灣其他堆肥市場之潛力。品質影響市場乃自由競爭市場經濟之特質，品質良劣決定其價格及用途市場，其中重金屬含量多寡、腐熟與否、水分含量與粒狀外觀與臭味去除等等尤為市場開發關鍵因子。以日本為例，在農業用途上，以堆肥成效最為重視；在高爾夫球場使用上，重視堆肥之價格及其使用成效；而公共用途上重視其是否能達到目標期許與政府要求；總而言之，堆肥品質為用途區分之主要因子，其受原料種類及堆肥製作方式影響，亦因成品批次變化大，如何增強消費者對其品質的滿意與信賴度將影響其市場行銷，我國於肥料規格下建立許多堆肥品質規格，大多是農業廢棄物的堆肥品質管制，對於垃圾中有機物可依「垃圾堆肥」與「一般堆肥」管制其成品品質，其規格標準如下：

表 2.6 我國一般堆肥與垃圾堆肥之規格

編號 CNS 總號 品 目	保證成分 低限（%以上）	有害成分 高限（%以下）	其他規定事項
五-五三  一般堆肥	有機質乾基：60%以上 全氮：0.6% 全磷酐：0.3% 全氧化鉀：0.3%	銅：0.01% 鋅：0.08%	1、利用有機質材料、經發酵腐熟，而未加入化學肥料、礦物質者，若加入化學肥料等，則以「雜項有機質肥料」登記，以下堆肥同。 2、水分 35% 以下，蔗渣製成者 40% 以下。
五-五九 三九六 0  垃圾堆肥	有機質乾基：40% 以上 全氮：0.8% 全磷酐：0.6% 全氧化鉀：0.6%	汞：2 ppm 鎘：5 ppm 鎳：25 ppm 砷：50 ppm 鉛：150 ppm 銅：150 ppm 鉻：150 ppm 鋅：500 ppm	1、腐熟度 30% 以上。 2、水分 25% 以下 3、碳氮比 (C/N)：20 以下 pH 值 6.0-7.5。 4、使用於培養時不得有下列活性物存在：誘發病菌之病菌、蟲卵、及能發芽種子 5、不純物如玻璃、石器、陶器片及金屬等難分解物，大小不得超過 0.4 公分，總量不得超過 3%。 註： 腐熟度：(總碳-2%水不溶性碳)/總碳*100%

資料來源：行政院農委會，1997.2，《肥料品目及規格表》。

## 2.4 堆肥模式與類型

<sup>35</sup> 參見行政院農委會之行政規定「使用有機資肥料之補助要點」

## 一、美國堆肥模式分類

台灣目前主要堆肥方式以農委會所管轄的各種堆肥場，及經濟部工業局管轄的有機質肥料工廠為主<sup>36</sup>，類型大都為集中的堆肥場/廠型式，以集中堆肥處理為重點；然而堆肥的種類與型式很多，依堆肥進行地點而有很大差異，住家式、社區式、集中堆肥場式；而大型集中堆肥場亦依其堆肥原料、場地大小及業者意願而有不同堆肥方式之選擇。以美國環保署 1999 年 7 月公布的《有機物質管理策略》(Organic Materials Management Strategies)<sup>37</sup>中將堆肥的種類與型式依堆肥處理所在地及方式分為七種，以規模由小至大列之：

### 1、草皮循環 (Grasscycling)

此乃最簡易之堆肥型式，將割除的草盡可能留在當地，使用堆肥圈或者任其鋪在草地上自然分解。此型式乃因草屑為美國庭院廢棄物之大宗，約佔 50% 左右，因此政府鼓勵公園、花園、學校、景觀業者將割草留置原處，避免進入掩埋場處理。若割草頻率高則使用效果較佳；但若草渣量過大，將阻擋植物行光合作用或造成窒息需加以注意。目前於密西根州、佛羅里達州、威斯康辛州、愛荷華州、紐約州等地推行，台灣近年來開始有學者提出此種觀念<sup>38</sup>，仍尚待發展。

### 2、後院堆肥 (Backyard Composting)

即在家戶後院自行處理所產生之家戶有機廢棄物。由於國外許多家戶擁有庭院，每年產生的枝葉廢棄物十分大量，政策之鼓勵驅使此種堆肥型態正在歐美快數增長，各式各樣的堆肥箱、桶等設備亦相應而生，五花八門；據 1997 年估計，美國共有 300 萬戶家庭使用各種不同型式的後院堆肥<sup>39</sup>。然而此堆肥法首要解決問題即在臭味及蚊蟲的產生，需靠常翻動以增加通氣及堆肥技術教育解決之。

---

<sup>36</sup> 各行的堆肥場依其生產規模可分為大型堆肥集中中心、畜牧場附設堆肥舍，民營堆肥場等。此類的有機質肥料工廠堆肥原料種類相當多，由禽畜糞、穀殼、豆渣、豆粉、米糠、酒渣、魚粉皮屑、樹皮、魚下腳、查渣、太空包等。地點多在台灣攜伴部的台中、彰化、雲林、嘉義、台南、高雄地區。參見經濟部工業局，1998，《有機事業廢棄物堆肥處理技術》。

<sup>37</sup> USEPA，1999，《Organics Materials Management Strategy》

<sup>38</sup> 胡寶林，1998，「邁向二十一世紀的校園環保和公園堆肥」，《都市生活的希望：人性都市與永續都市的未來》，台灣書店出版。

<sup>39</sup> 邱政文，1999，「簡易都會區之堆肥系統介紹」，《生物可分解塑膠資訊》，美國穀物協會出版。

### 3、庭院廢棄物集中堆肥 ( Yard Trimmings Composting )

不同於後院堆肥，美國的分類上擴大庭院廢棄物堆肥規模，將樹葉殘枝經收集後堆肥處理，可能於社區設立集中堆肥場，或經收集清運體系交由堆肥工廠處理。工廠處理方式又可依其技術需求分為低技術操作 ( low-technology operations )、高技術操作 ( high-technology operations )。低技術操作為一般的靜置式 ( static pile ) 或長條式堆肥法 ( Windrow composting ) 以堆置並翻堆方式行自然發酵；高技術操作則加入機器設備 ( 減積、破碎、翻堆、篩選等 )，通常耗時約一年，低技術操作則需更久時間，因此廣大的土地、適合的天氣是必備條件，在台灣較不適合此堆肥型式。

### 4、機構在場堆肥 ( Onsite Institutional Composting )

指在學校、監獄、醫院、軍營中尋覓適當空間，以簡易設備進行在場堆肥。由於這些機構產生有機廢棄物量大，且可經由適當管理措施將有機物與一般垃圾分離，通常於這些單位內容易找到合適之堆肥場所，並且此堆肥型式提供研發新堆肥技術之機會。此種「在場堆肥」在美國發展甚早，約 1990 年即有許多機構投身當中，選用之技術以簡單易操作為主。在美國麻州、緬因州<sup>40</sup>即有小學於 1992 年開始進行營養午餐的在場堆肥；亦有軍營、監獄等單位加入廚餘及落葉之堆肥。若產量不大、場地足夠，可採長條式堆肥法或通氣靜置式堆肥法，場地有限則使用封閉式堆肥法 ( In-vessel compost technology )。

### 5、商業類大型堆肥 ( Commercial Composting )

商業類型堆肥以大型工廠處理較多，原料為經分類之超級市場、餐廳、學校、及其他服務業之有機廢棄物，多以食物及紙類製品為主。此種以廚餘 ( 生、熟 ) 為主的堆肥在貯存、收集、清運過程常伴隨腐敗臭味及廢水，因此發展出許多省略設備清洗的方法，例如以「可生物分解性塑膠袋」<sup>41</sup>裝置易腐敗之有機物，幫助清運過程保持乾淨、迅速、衛生條件。

<sup>40</sup> 參見 M.F..1997. 「 Recycling Cafeteria Food Residuals 」 . Biocycle. June p.83.

<sup>41</sup> 目前已有許多標準認證之組織建立一系列的堆肥處理所使用材料的標準或規範，例如：國際標準組織 ISO、美國材料試驗協會 ASTM、德國標準協會 DIN、歐盟 CEN 等。目前針對可生物分解塑膠品及包裝資材等，建立其可供用作堆肥程度的標準。參見 Prof. Ramani Narayan，邱政文，1999，「堆肥處理的測試標準」，《生物可分解塑膠技術資訊》。

## 6、混合垃圾型堆肥 ( Mixed Waste Composting )

以集中處理系統將一般都市垃圾 ( Unseparated Municipal Solid Waste )，垃圾進場後經分離程序進行堆肥處理、資源回收及最終處理。都市堆肥系統設備差距範圍頗大，由最基本的堆置式至資本密集的機械式設備因業者而異；在其他管制上亦有很大的差距 ( 例如臭味控制、品質控制及堆肥速度等 )。早期堆肥場之堆肥原料以未分類垃圾為主，成品有重金屬污染的可能，因此降低其使用範圍及價值，並且多無臭味防治設備，是導致後來閉廠主要因素之一。美國在 1980 年代混合垃圾堆肥被視為垃圾處理的萬靈丹，但至 1993 年剩 16 家堆肥工廠，至 1995 年僅剩 12 家堆肥場之原因乃過去設廠無污染防治設備，處理成本少於掩埋費用，而當政策迫使工廠進行污染防治時，外部成本內部化總處理成本高於掩埋費用，導致有機廢棄物轉移掩埋處理而閉廠。

## 7、家戶產源分類垃圾堆肥 ( Residential Source-Separated Composting )

家戶有機垃圾經收集清運後集中堆肥處理，主要原料為家戶經過初步垃圾分類之有機垃圾 ( 紙類、廚餘、庭園廢棄物 ) 等。此種以收集家戶分類之有機垃圾的模式主要起源於歐洲，由於消費者對低品質之混合垃圾堆肥敏感度增高，開始要求堆肥品質的提升，因此發展出此種經分類之有機垃圾為堆肥原料。荷蘭、德國 ( 1980 年代末 ) 是全世界最早展開此種模式堆肥實地計畫之國家，北歐許多城市也相應展開各收集系統與清運模式之研究。而美國此種堆肥模式近年才興起，尚未廣泛發展與測試，然而已有部分城市進行先鋒計畫，例如明尼蘇達州<sup>42</sup>、安大略州、密西根州、紐約州、華盛頓州、加州等。此模式於炎熱地區需考量收集設備與增加清運頻率以因應廚餘腐敗產生之臭味及環境衛生問題。

---

<sup>42</sup> Goldstein, N., R. Steuteville, and M. Farrell. 1996. 「 SW Composting in the United States. 」, 《 BioCycle 》 November. p.50.

## 二、堆肥類型整理與分析

美國環保署依過去數年來堆肥發展之經驗，將上述七種不同型式堆肥依角色定位、目標原料種類、平均處理成本及美國政府策略與評論，整合分析如下，並經由政府角度觀看未來發展之因應策略說明如表2.7。

表2.7 美國堆肥模式之種類與未來推廣策略

種類與模式	目標有機物	平均成本 美元/噸	成本範圍 美元/噸	策略描述	建議
草皮循環	家戶草皮 商業用途草皮	1	0.26 7.04	基礎教育、宣傳 及推動	可節省時間之草 坪管理與產源減 量策略
後院堆肥	家戶庭院廢棄 物廚餘	12.90	5.00 15.68	教育、推動、堆 肥設備發放	有多餘空地家戶 之產源減量選擇
庭院廢棄物 集中堆肥	家戶及商業用 途庭園廢棄物	55.00	21.65 88.21	發展周延收集處 理系統	需發展周密健全 之策略
機構 在場堆肥	機構廚餘 紙類 庭院廢棄物	49.00	29.00 98.00	學校、監獄、軍 事基地等機構可 在場堆肥	在場堆肥幫助機 構節省清運費及 高處理費
商業類 大型堆肥	廚餘 紙類	72.00	50.00 144.00	以收集清運系統 將目標有機物移 至他地處理 ( Off-site )	商業有機垃圾排 出者需可行的策 略支持
混合型 垃圾堆肥	商業有機廢棄 物、家戶有機廢 棄物	113.00	102.00 126.00	標準的垃圾收集 系統並經由單一 廠將有可堆肥之 廢棄物分離	許多工廠因技術 問題關閉
家戶產源 分類垃圾堆肥	經分類之家戶 或商業廚餘、紙 類、有機廢棄物	NA	NA	收集清運系統將 目標有機物送至 堆肥廠集中處理	在美國此堆肥模 式經驗仍有限

資料來源：US.EPA.,1999.7,《Organic Materials Management Strategies》，

由上述內容觀之，美國所發展出之七種堆肥系統乃因應地區特性及家戶需求，其基本原則為最低成本、最高效率進行垃圾產源減量工作，並配合技術、策略、教育等周邊條件加以擴展。其中機構在場堆肥因可節省大量收集清運與處理成本，在美國許多學校、監獄與軍事基地中廣泛推展<sup>43</sup>，由於這些地點產生的有機廢棄物量大、集中且土地空間足夠，校園或基地亦有肥料之需求<sup>44</sup>，發展此堆肥模式十分適合。美國緬因州大學甚至將觸角伸及鄰近四個社區，接受落葉一起堆肥<sup>45</sup>成為聯合的堆肥處理區域；美國華盛頓州立大學，成立堆肥研究中心並於大學相關科系開設堆肥之跨領域課程，並且該校所產生之堆肥已於市面上販售<sup>46</sup>。而在其他機構方面，1994年的統計共有114個空軍基地參與在場堆肥計畫，有些機構甚至成立專屬堆肥場/廠以處理該機構大量之有機垃圾<sup>47</sup>。可見在場堆肥發展之無窮潛力。

目前美國將庭院廢棄物堆肥、家戶產源分類有機垃圾堆肥、商業類大型堆肥已有合併處理的趨勢，而需考量的因子仍是收集清運系統的完整與便利，並徹底執行垃圾產源分類以獲得乾淨之堆肥原料。故此七種堆肥模式中，產源垃圾分類佔極重要角色。國外堆肥種類與型式之多乃為因應當地之社區環境條件及因應問題之解決方式，而我國向來居住型態較擁擠，集中式公寓住宅居多，家戶擁有庭院之比例極少，因此過去所發展的堆肥型式亦偏向送至集中處理場進行堆肥。以下將台灣之堆肥現況陳述如下。

## 2.5 台灣堆肥發展與現況

欲追尋廚餘堆肥的沿革與發展，民國77年以前台灣農村或都市近郊畜養大量的畜禽類可消耗餵水，廚餘處理不致產生困擾，因此文獻資料並無法找到與「廚餘堆肥」相關的文章。故欲由文獻中探討未來廚餘堆肥方式、技術

---

<sup>43</sup> Idave Block. 1997. 「Investing In Organics Diversion At State Prisons」. 《BioCycle》 October. pp.30.

<sup>44</sup> Cheryl Chaves. 1998. 「Recycling And Composting On Campus」. 《BioCycle》 February. pp.48.

<sup>45</sup> Wilderson, S. 1996. 「University Composting Program Servies Four Local Communities」, 《BioCycle》 August. pp. 76-77.

<sup>46</sup> 邱政文, 1999, 「美國堆肥系統之現況」, 《生物可分解塑膠資訊》, 美國穀物協會出版。

<sup>47</sup> US.EPA. , 1999 , 《Organic Materials Management Strategies》, EPA530-R-99-016.

與發展，依循著垃圾堆肥場經驗及農業廢棄物的堆肥處理模式可嗅到端倪。以下簡介過去垃圾堆肥的經驗與農業上堆肥的應用。

## 2.5.1 臺灣都市垃圾堆肥經驗

回顧我國垃圾堆肥的發展歷程，早在民國46年前台灣省環境衛生實驗所於屏東市輔導設置第一座以生活垃圾為原料的堆肥場，並在期間二十年內陸續於全國建立22座垃圾堆肥場<sup>48</sup>見表2.9。由於台灣早期家庭垃圾含有大量的食物廢棄物，經由垃圾堆肥場將混雜於垃圾中之有機物質轉化為可再利用的肥料，價格便宜頗受農民歡迎，銷路相當不錯（李，1996）<sup>49</sup>。而後堆肥場因各樣外在、內在因素導致關閉與沒落，有許多相關文獻說明早期堆肥場的狀況並探討沒落的原因，經整理如下：（於，1985；謝，1985；環保署，1988；經濟部工業局，1998）

### 一、堆肥業內在因素：

#### 1、營利導向導致經營虧損：

根據行政院衛生署的調查報告（行政院衛生署 66 年）<sup>50</sup>指出，當時公民營垃圾堆肥場設立均以經濟利益為主要目的，未對垃圾品質、機械設備、堆肥銷售對象及堆肥製作成本等要素加以全面考量，加上製作成本過高，使經營虧損，維持困難。原先以為會賺錢的鄉鎮公所更是在虧損的情況下停止經費補助，導致堆肥場相繼閉廠。

#### 2、處理系統選擇不當：

過去的垃圾堆肥場遷就資金來源，降低其投資成本因陋就簡，其流程極為簡單<sup>51</sup>：人工選別 簡單破碎處理 混合 送入發酵室自然通風發酵 中間翻堆 篩別 成品。垃圾車進場將垃圾直接投入儲坑中，以運輸帶運往主機房，有些場經磁選分離器或人工檢選、切碎後運往“再熟堆肥廠”。此種半機械方式十分簡陋，處理效果差，效率通常只能達到設計處理量的 1/4，不符合經濟效率。並品質管制未被落實，加上一般機械之維護工作亦時有疏

<sup>48</sup> 行政院衛生署環境局，1985，《固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文輯》。

<sup>49</sup> 李育義，1996，「市場有機垃圾作堆肥」收錄於《自然農耕 92 期-有機報告二》。

<sup>50</sup> 行政院衛生署，1977，《台灣省各縣市垃圾堆肥場操作情形調查報告》。

<sup>51</sup> 謝錦松，1985，台灣過去垃圾堆肥處理廠評估，《固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文集》。

忽，導致成品不佳又無力改善。

### 3、堆肥成品品質不佳：

以往的垃圾堆肥廠採用的原料以一般垃圾為主，其中雜有其他非有機類物質，在進行人工分選的過程易於疏漏，導致分離作業不完全，成分複雜，影響堆肥發酵的效率與品質，以致於堆肥成品中含有玻璃、金屬、針頭等不純物。施用於農田中造成農民的傷害，長期景況導致農民的使用意願低落<sup>52</sup>。下表 2.8 為民國 66 年行政院衛生署針對各堆肥場失敗原因之統計，發現 12 座堆肥場經營失敗的主因為堆肥品質欠佳，遠勝過其他內在、外在環境因素，可見其餘因素雖會影響堆肥場的經營，農民對堆肥品質不滿意與失去信任才是堆肥場落沒主要原因。

表 2.8 台灣堆肥場經營失敗原因整理

原因	場數	百分率%
品質欠佳	12	92
受施肥淡季影響	4	31
受他場競爭影響	2	15
運費過高	2	15
農民自製堆肥	1	8
售價昂貴	1	8
不適當地需要	1	8
原施用農地被徵收	1	8

備註：全省 20 家垃圾堆肥場中，計有 13 家有堆肥銷售困難情形。

資料來源：行政院衛生署（1977）台灣省各縣市垃圾堆肥場操作情形調查報告

### 4、環境衛生問題：

過去堆肥場設置點通常與垃圾棄置點有某種相關連，附近常有不能堆肥的垃圾傾倒於附近地區，，工作環境不佳，加上場區公害防治設施被忽略<sup>53</sup>場內惡臭蔓延，衛生條件極差，不適合工人長期工作<sup>54</sup>。

<sup>52</sup> 黃基森，1999，「有機廢棄物處理現況及對策」，第一屆廢棄物清理實務研討會論文集。

<sup>53</sup> 行政院環保署，1989，《「研定垃圾堆肥處理效能查核準則」研究報告》，EPA-78-004-39-190

<sup>54</sup> 於幼華等，1985，《固體廢棄物中有關垃圾處理技術及其管理之研究》。

表 2.9 台灣地區設置垃圾堆肥場/廠之歷史與概況

場 別	每日處理量 (公噸/日)	建場時間 (年/月)	總工程費 (元)	備 註
屏東市堆肥場	60(30) 30	46/03 63/12	1,221,000 2,160,000	大部分機械均逾齡無法使用。另六十三年興建一套，經營良好，唯因堆肥銷售困難，已停工。 已報廢
羅東鎮堆肥場	10	48/03	700,000	
台東鎮堆肥場	20	49/05 59/11	450,000 365,000	因飛機場擴建而報廢
高雄市堆肥場	60	50/05	3,770,000	已屆設計使用年限，大部分機械逾齡，已報廢 附近旱田改建為工業區，堆肥無銷售市場而停工。 同上
中壢市堆肥廠	30	51/05	1,770,000	
花蓮市堆肥場	30	53/05	820,000	原由輔導會興建，於 63 年售交彰化市公所經營，後因市公所無資修建而報廢。
彰化市堆肥場	30	55/05	1,600,000	
陽明山堆肥場	30	55/10	1,433,000	58 年設置一處，因垃圾收集量增加，原有處理設備不勝負荷。另於 64 年增設機械一套，因無銷路停工 因無銷路停工
嘉義市堆肥場	70(30) 40	58/10 64/07	3,000,000 2,000,000	
楊梅鎮堆肥場	10	60/11	480,000	因堆肥銷售價款不敷支出。鎮公所無法編列預算經營，已停工。
南投鎮堆肥場	30	60/11	2,100,000	
斗南鎮堆肥場	20	60/11	1,200,000	經營虧損無法自給自足停工。
善化鎮堆肥場	10	60/11	480,000	經營不佳已停工
鳳山鎮堆肥場	20	60/11	1,200,000	因無銷路而停工
朴子鎮堆肥場	20	61/03	1,200,000	經營虧損無法自給自足停工。
台南市堆肥場	60	61/05	4,500,000	因無銷路已停工
內埔鄉堆肥場	20	61/05	1,200,000	經營虧損無法自給自足，鄉公所無法編列預算經營，已停工。
台中市堆肥場	200	61/10	80,000,000	仁成有機肥料廠投資興建，因週轉失靈停工。 經營不佳而停工。
虎尾鎮堆肥場	20	64/03	1,570,000	大同有機肥料廠投資設廠，由中央信託接管，
鹿港鎮堆肥場	20	64/03	1,920,000	
高雄市堆肥場	350	64/03	400,000,000	租給重慶堆肥廠經營，因經營不善而停工。
馬公鎮堆肥場	30	66/01	5,000,000	已停止營運。
合 計	1150 噸/日		520,139,000	

資料來源：固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文集 1985.6.29，BEP-74-04-012

## 二、外在社會因素：

### 5、化學肥料使用普遍：

相較於化學肥料的價格低廉、施用方便且效果迅速、品質及產量又較有機堆肥易於控制，農民使用也較方便、易於推廣<sup>55</sup>。有機肥料因其優點為緩效性氮素施放，且其含有高的有機腐植質可改善土壤物理性狀，需長期使用

<sup>55</sup> 黃基森，1999，「有機廢棄物處理現況及對策」，《第一屆廢棄物清理實務研討會論文集》。

才能顯現對作物產量與品質的加成性果效，但因堆肥的施用與作物增產有時間落差，農民礙於生計經濟的影響與立竿見影的期待，喜歡施用效果明顯的化肥。且施用堆肥需耗費大量人力，對於小農規模的台灣農業制度而言，對農戶人力負擔大。

#### 6、有機肥料定位不清：

所製成的堆肥又被當成「無機肥料」論量而估，大大貶低其價值，因為若以無機肥料價值衡量有機堆肥，則由於堆肥成品所含氮磷鉀三要素肥效均不及 1%；若將堆肥看成一般之複合肥料則其價格只有化學肥料的 10-20%。錯誤的認定導致堆肥淪落至比一般肥料價格更低的景況，無法補償其過高的人事操作及運輸成本<sup>56</sup>，虧損連連而無法持續經營。

#### 7、法規制度的不健全：

缺乏垃圾清理的強制性，以當時的法規政策背景，對堆肥廠的監控及品質的管制相當不周全<sup>57</sup>。第一座垃圾堆肥場於民國 46 年完成並開始營運，並在民國 45-65 年間興建了二十座堆肥場，然而於此段時間並無任何關於堆肥品質的管制或肥料的相關法規，以廢棄物處理觀點的法規也僅於民國 63 年公布的「廢棄物清理法」，及在民國 64 年公布「廢棄物清理法台灣省施行細則」。由於當時相關法規政策等軟體配合度欠缺，導致生產者無法可管、消費者權利無法受保障，惡性循環導致垃圾堆肥業的沒落。

基於以上垃圾堆肥場的檢討陳述，發現對民國 46-65 年之大環境而言並不適合垃圾堆肥業生存，不論是堆肥場內在因素（堆肥技術不純熟、設備簡陋、腐熟度疑慮、環境衛生差、經營目的營利導向與動機偏差）或外在環境無法配合（如技術發展尚未純熟、設備研發亦未臻完全，可供使用與選擇的設備有限、垃圾處理尚未具備產源分類觀念、尚無有機生鮮飲食觀念與風潮、農民對於立即成效之要求與期待，堆肥品質缺乏保證、政策法規體制不完全等）因素，「堆肥」在只求吃飽不求吃好、只求量產不求質升的社會環境下顯出「錯置感」，觀念上的錯誤對待與價值上的錯誤期待，堆肥在早期

<sup>56</sup> 謝錦松，1985，「台灣過去垃圾堆肥場評估」，《固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文輯》。

<sup>57</sup> 經濟部工業局，1998，《有機事業廢棄物堆肥處理技術》。

垃圾處理地位中無法發揮其功效，成為一個模糊的名詞、灰色的記憶。

檢討過去堆肥品質差的原因，乃堆肥原料來自「未分類的都市垃圾」(Unseparated Municipal Solid Waste, UMSW)，或市場垃圾，垃圾性質多樣、複雜，原料摻雜太多不純物，不易經有限的人工篩別分選，導致成品良莠不齊，加上政府法規管制不全、品管制度尚未引進，堆肥品質無法提升。其實當時的堆肥場若有乾淨的堆肥進料來源，以此種自然發酵土法煉鋼的堆肥方式仍可以製作出品質良好的堆肥。時隔 20 年後的今日欲重新發展堆肥化處理有機廢棄物，首先要建立一完善的堆肥品質管制系統，對於進料來源、堆肥化過程、成品品質均加以監控、管制，以增強消費者對堆肥成品的信心與保障。

## 2.5.2 台灣農業廢棄物堆肥現況

依 1997 年農林廳統計，我國每年大量的農業廢棄物中畜產廢棄物年排放總量為 14,265,453 公噸，而主要的農產廢棄物（稻穀、甘蔗渣、太空包等三種廢棄物）重量達 2,009,950 公噸，合計有 16,275,403 公噸<sup>58</sup>。而其處理方式大多被不適當處置，直接排放置環境、露天焚燒或傾倒於山凹或溪澗，堆肥化處理僅佔總量之 2.85%（林財旺、簡宣裕，1995），不僅造成土地之污染與環境之衝擊與負荷，更為有機資源之浪費。堆肥在農業上的應用於民國 60 年代前後，以其栽培高經濟價值作物（例如菸草、洋菇）受到重視，例如用木屑堆肥栽培洋菇為早期台灣外銷產業賺取巨額外匯（黃敏，1976）之後陸續開發其他堆肥資材的應用，例如稻草、落葉、樹皮<sup>59</sup>、鋸屑、蔗渣、菇類太空包等植物性廢棄物（簡宣裕 1998，黃啟民 1998），並且探討在農牧業大量禽畜廢棄物，豬糞、牛糞、雞糞在堆肥方法、技術與施用上的最為常見。文獻中常見針對不同配方、比例、通氣量、菌種應用進行對堆肥

<sup>58</sup> 台灣省農林廳，1997，《台灣農業年報》民國八十六年版。

<sup>59</sup> 方廷光，1982，「數成堆肥製造方法」《農友》33：6，p.29-30。

成品影響與作物生長的研究（翁震圻 1998<sup>60</sup>，楊盛行 1995，鍾仁賜 1998）<sup>61</sup>，堆肥在原料的調整最為重要，需將其含水率、碳氮比經其他副資材（例如木屑、穀糠、太空包、蔗渣等）調配至水份含量約 60-65%，碳氮比介於 20-30 之間以利堆肥化的進行，未來在含水量約 85-90%的廚餘進行大規模化時，勢必與農業廢棄物調配以調整其原料狀態以利堆肥進行。

目前民國 84 年資料顯示台灣的有機質肥料生產情形：全台灣生產有機肥料為 3,255,668 公噸，大型堆肥集中中心共 35 處，主要分佈在台灣西部各農業大縣，產量為 650,128 公噸。畜牧場附設堆肥舍 88 處，產量 51,700 公噸，民營堆肥場 23 處，產量共 46,000 公噸。因此未來在有機垃圾堆肥化處理，須整合農業單位長期於堆肥知識上的研究與技術並且在堆肥場的建置上吸取其經驗。

### 2.5.3 台灣家庭廚餘堆肥現況

正如世界各國之潮流趨勢，家戶有機廢棄物開始受到政府與民眾重視，然而起步中的廚餘堆肥有不同的型態，不同地區有不同的需求及因應，可以小規模（在家進行在場堆肥）或中規模（經由社區進行統一堆肥）或大規模（區域統一收集後集中堆肥）進行。在技術與原理上，廚餘堆肥扎根於農業堆肥之經驗，但在原料種類、性質、收集過程及處理方式上皆須有所調整。下表比較農業廢棄物與家戶廚餘堆肥在各方面之特徵。

---

<sup>60</sup> 翁震圻等，1998，「送風供氧技術在禽畜糞堆肥處理的應用」，《第一屆畜牧廢棄資源再生利用推廣研究成果研討會論文》。

<sup>61</sup> 鍾仁賜，1998，「有機質肥料對蔬菜生長及氮成分與土壤肥力的影響」，《農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊》。

楊盛行，1998，「廢棄物堆肥化微生物菌種之開發與應用」，《永續農業研究與推廣之進展》。

表 2.10 廚餘堆肥與農業廢棄物堆肥之差異

項 目	農業廢棄物堆肥	家庭廚餘堆肥
原料種類	種類固定 成分單純 性質穩定 季節影響原料種類	種類因時因地而異 成分複雜 性質變化大 季節影響產量、性質
產出形式	產量大且穩定，產源集中	產量與人口密度有關、產源分散 整體社會（巨觀）而言穩定， 家戶單位（微觀）而言不穩定
前處理方式	調整資材條件、破碎處理	垃圾分類 固液分離（過濾） 切碎（可有可無）
收集清運	產源統一收集	產源分散、公共點收集
處理方式	大型或集中堆肥場或堆肥舍	零散處理、個案因時因地而異

自行整理

不同於農業堆肥之原料大量、集中、穩定，可工業化處理生產之特徵；家庭廚餘堆肥牽涉「人」與「制度」之互動關係，在台灣民眾環境意識與環境行動能力皆須提昇之現階段，欲發展廚餘堆肥不僅在政策領導下執行，在社區的動員上更是需要加強。以下說明家庭廚餘堆肥之重要性、規劃依據及家戶前處理方法及台灣在廚餘堆肥之前人經驗。

### 2.5.3.1 家庭廚餘堆肥化之優點

對一個家庭而言，廚餘垃圾妥善處理使的垃圾不會產生臭味，可改善家中廚房之衛生，減少蟑螂、蚊蠅及老鼠等病媒之滋生，並且因為垃圾不發臭且垃圾量減少，不需每天清理垃圾，並且將廚餘與一般垃圾分離後，不會造成其他資源垃圾之污染，剩餘之垃圾較乾燥，增加資源回收誘因與方便性。且將廚餘經前處理後可在家中自行製作成為良好之有機肥及土壤改良劑。

廚餘一向為垃圾收集清運過程中臭味及滲出水的來源，垃圾收集過程之滲出水導致垃圾車走過街道巷弄必留下痕跡，增加環境的髒臭。廚餘等有機廢棄物掩埋處理將佔據三成以上掩埋空間，加速垃圾場飽和速度，並廚餘經分解後產生高濃度之有機廢水與甲烷氣體，增加衛生掩埋場之污染防制成本，並且腐臭味與廢水污染讓掩埋場附近居民深受其害而強力反抗掩埋場之興建；進入焚化爐處理雖簡易方便，但因廚餘之高

含水量降低燃燒熱值，導致垃圾焚化廠需添加燃油以維持正常運作，增加焚燒成本<sup>62</sup>。故基於環境保護、污染防制經濟因素，廚餘製成堆肥有其家庭與社會優點。

### 2.5.3.2 家庭廚餘堆肥化之規劃依據

推展家庭廚餘堆肥化之規劃原則，可依據鄉村發展規劃的定位與層次(圖 2.7) 及社區發展的理念加以應用。所謂社區的「發展」，就是一種自我改善的過程，在不同面向<sup>63</sup>的環境中，各實施單元如家戶、社區、地區，為改進其生存能力所採取的計畫性變遷，隱含著家庭、社區、地區等實施單元其與<sup>64</sup>周遭環境的交互作用現象。「社區發展」則是民眾在自助人助的原則下，共同從事社區生活改善的一種過程，基本上社區民眾必須有改善生活現況的意願，進而找出社區現況所存在的一些問題然後發展出改善問題的方法，擁有共識後在充分動員社區的人力、財力、物力及技術去解決，並可尋求外界或政府的協助。以社區發展觀點觀之，有良好的社區環境改善意願及強大動員能力，配合有系統組織的環保團體，是廚餘堆肥的推動與擴展的基礎。

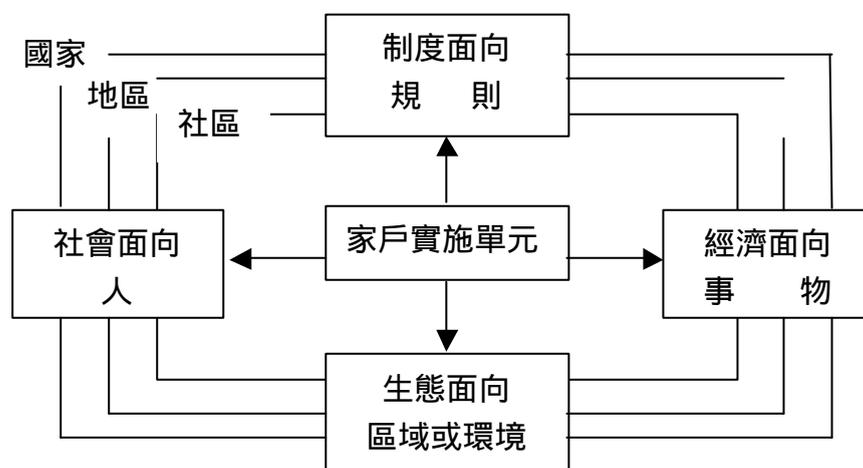


圖 2.7 社區發展規劃的定位與層次 (鄭健雄，1993)

<sup>62</sup> 李文智，1998，「家庭廚餘堆肥化處理」，《環境教育季刊》，36期，p.4-7。

<sup>63</sup> 社區發展的不同面向：生態面向：共有資源的保育與再生循環系統；社會面向：鼓勵自由的探索與面對挑戰，以增進解決處理問題的能力；經濟面向：強化生產、擴張交易網絡；制度面向：權力下放與授權，促進民眾有效參與。

<sup>64</sup> 黃大洲，1979，「論社區發展和鄉村基層建設」，《鄉村建設文集》，p159-179。

## 一、社會面向：

家戶廚餘堆肥社會面向規劃重點主要放在社區理念的發展，鼓勵鄉村或社區民眾面對挑戰，共同從事社區生活改善的意願，進而付諸行動，共同想辦法解決該社區有機廢棄物（廚餘）的處理及利用問題。

## 二、經濟面向：

從經濟層面來看，社區進行經濟生產之同時，應盡量避免環境污染，達成廢棄物減量、回收、再利用，以製造、排放最少的廢棄物至環境中，又要著重一個省工、設施成本低、及簡易可行的廚餘堆肥利用模式。

## 三、生態面向：

生態面向規劃重點應著重在廢棄物堆肥化過程中避免產生二次污染。因為廚餘中含有大量水份，堆置過程會有大量滲出水與異味產生，並且堆肥成品腐熟與否，施用至田間是否導致作物病蟲害或土壤污染乃生態層面考量重點。

## 四、制度面向：

### 1、環保業務單位：

環保署於民國 85 年推動「生活環境總體改造計畫」，由綜合計畫處教育宣導科承辦，以獎勵社區環境意識之凝聚與環保行動的落實<sup>65</sup>，其計畫內容涵蓋廣闊，凡具有環境教育意義、可清淨改善生活環境等社區行動與活動皆可申請政府協助與補助，目前有不少廚餘堆肥計畫乃隸屬於該補助計畫之下。另一相關制度，乃民國 87 年由環保署廢管處承辦之「有機廢棄物堆肥化處理示範計畫」補助十二縣市環保局減少有機廢棄物量<sup>66</sup>，精省後該項業務移轉由環保署中部辦公室承辦。

### 2、農政單位制度：

農委會為獎勵農牧廢棄物資源處理與利用，訂定了「禽畜糞堆肥場設置要點」及「獎勵禽畜糞堆肥場設置要點」獎勵並提供經濟誘因<sup>67</sup>輔導畜牧業者設置堆肥場。因此若廚餘堆肥計畫區屬「區域性大型的農牧廢棄物集中區」

<sup>65</sup> 行政院環保署，1996，「各界響應生活環境總體改造計畫參考資料」

<sup>66</sup> 參見行政院環境保護署八十七年二月份重要措施公布，依據「行政院環境保護署有機廢棄物堆肥推廣計畫」，主要執行單位係由地方環保單位擇定有意願之單位、學校、社區及市場辦理示範。並由有意願之民間團體、學術、或農政單位負責規劃推動。主辦單位視實際需求研擬具體計畫，透過地方環保單位送署審議。該計畫重點對於堆肥產品應先行規劃使用去處，堆肥桶及堆肥菌種原則由申請單位自費購置及自行培養分送。

則可依據「禽畜糞堆肥場設置要點」進行設置堆肥場。然而多數計畫屬社區或家戶層次，欲進行廚餘堆肥應在家戶操作力求簡便易行，並應考量收集管道與腐熟方式。

廚餘堆肥計畫在上述四面向的配合缺一不可，不僅在家戶單元願意開始進行家戶垃圾分類、廚餘前處理，更需有社會背景所營造的社區環境行為動機、成本效益的經濟考量、生態環境污染考量，並政策制度大環境的配合；在實際細項方面，欲發展家庭廚餘堆肥需考量因素如：產源分散、家戶前處理方式、收集清運模式、腐熟處理模式及成品利用模式均與大型的集中堆肥廠有所不同，才能構成一完整持續的廚餘堆肥系統。如下敘述在台灣發展的廚餘堆肥經驗。

### 2.5.3.3 台灣家庭廚餘堆肥綜覽

由垃圾堆肥至農業廢棄物堆肥，發展演變至針對社區家戶廚餘的堆肥處理，在民國 68 至 85 年期間，一般廢棄物堆肥化之處理量尚不大，見表 2.11 整理。在民國 77 年後十餘年期間，全國陸續有社區或團體進行廚餘堆肥推廣活動，而民間力量醞釀發酵成功乃 86 年以後，家庭廚餘或市場垃圾堆肥的成效始見顯著。以環保署統計於 87 年度半年內全國有 51 個社區、4 個學校、3 個鄉鎮市及 5 個其他計畫進行，半年內約有 27600 公噸有機垃圾進入堆肥化系統處理<sup>68</sup>，其處理量遠超過過去二十年的處理成效。

表 2.11 1998 年家庭或市場堆肥化處理狀況

地 點	數目	處理量 (公噸/半年)
社區 (村里)	51	27600
學 校	4	
鄉 鎮 市	3	
其 他	5	

資料來源：黃基森，2000，「有機事業廢棄物堆肥化處理現況及對策」。

<sup>68</sup> 黃基森，2000，「有機事業廢棄物堆肥化處理現況及對策」，《生物可分解塑膠技術資訊》。

表 2.12 歷年來台灣地區一般廢棄物堆肥化處理統計表 (68-85 年)

年 度	堆肥化處理量 (公噸/日)	一般廢棄物 百分比(%)	年 度	堆肥化處理量 (公噸/日)	一般廢棄物 百分比(%)
68	176	1.98	77	26	0.16
69	325	3.72	78	34	0.19
70	127	1.30	79	310	1.67
71	88	0.83	80	15	0.07
72	41	0.37	81	22	0.10
73	53	0.45	82	0	0.00
74	51	0.38	83	4.0	0.01
75	105	0.75	84	18.9	0.08
76	39	0.26	85	7.8	0.03

資料來源：黃基森，2000，「有機事業廢棄物堆肥化處理現況及對策」

### 一、家庭廚餘前處理的重要性

家庭廚餘堆肥最初的工作場所即是在家戶中進行，不同地區、生活形態衍生不同家庭廚餘堆肥模式，但相同的特點即是家戶前處理的重要（李，1999）。堆肥化前處理之目的在於將堆肥料進行分類及做必要處理，使其適合微生物分解作用之進行，其工作內容與重要性可歸納如下：

- 1、家庭垃圾分類：回收有用物質，使其達到資源回收、再利用之目的。
- 2、去除不適堆肥的物質，如玻璃、金屬、塑膠袋等，提高堆肥效率與品質。
- 3、調整原料狀態：調整適當粒徑、水分等條件，將原料均勻破碎可增大單位堆積的表面積增加反應效率，一般粒徑以 2-60mm 為佳，並且成品的外型佳，有利均勻佈施。許多社區堆肥計畫因考慮家戶操作的方便性而省略此步驟。

除了增加家戶前處理的步驟外，在原料的收集與清運方式，堆肥腐熟方式也因地制宜，發展出許多經驗模式。以下介紹數個近年來各地較具規模的廚餘堆肥經驗，從中得知台灣家戶廚餘堆肥發展之限制與待突破的瓶頸。

#### 2.5.3.4 台灣廚餘堆肥經驗

社區家庭廚餘計畫在台灣社區總體營造運動興起之初<sup>69</sup>，有不少社區趕搭「廚餘堆肥」風潮之列車，興致勃勃的在社區中招募種子義工或環保媽媽欲在廚餘堆肥上對環境盡一點心力，但因缺乏正確的技術與知識，以致於因

<sup>69</sup> 行政院環保署，1996，「各界響應生活環境總體改造計畫參考資料」。

臭味逸散、蚊蟲滋生，家中成員哀聲載道而不了了之。而在家戶操作成功者又苦於廚餘無處掩埋；或社區中缺乏土壤，無法供應眾堆肥家戶進行再發酵的步驟；或製成之堆肥無處消化只好又當成垃圾丟棄。種種因素限制台灣家庭廚餘堆肥化有系統成長。因此在本節中敘述台灣近年發展較成功的廚餘堆肥數個計畫，期望由眾案例中找尋運作成功之蛛絲馬跡。

#### 個案一、彰化縣埤頭鄉竹圍村農家廚餘堆肥（77 年度）

首先在近年廚餘堆肥的演進中上場的是民國七十七年於彰化縣埤頭鄉的竹圍村。起因為該村地屬偏僻，鄉公所清潔隊一星期才能到該村收集 1-2 次家戶垃圾。平日堆積路旁的垃圾遭貓狗抓咬散落到排水溝造成阻塞，又因含高量的廚餘等有機物質，滋生臭味與蚊蠅，並嚴重影響家居生活環境，鑑於此，竹圍村的居民在農會及台中區農業改良場指導下，開始進行家庭式垃圾堆肥工作。農改場選定有意願之農戶進行家庭垃圾分類並將廚餘等有機廢棄物堆肥化處理。由專家研究、設計並建造適合當地居住型態的小型水泥槽，槽底具有斜度設計、可灑水或以遮雨布控制堆肥水分，堆肥原料則是家庭產生的廚餘與附近落葉，葷素皆可投入。由於實施點選擇上以願意合作的散居農戶為主，其特色為家戶多為平房、具備庭院或開放性的空間，具有足夠的空間以搭建堆肥槽，並可適當與居民活動圈隔離，因此實施以來成效良好，大量減少家戶的垃圾量，亦改善家戶生活環境品質，成為眾多農民觀摩的對象。但由於其不同居住型態的特殊條件，此種方式不適合推展到一般的密集的農民社區，更不適合推展到住宅區或是都會區，因而實施以來尚無其他相同模式的成功案例。

#### 個案二、台中市北屯區美陽社區廚餘堆肥<sup>70</sup>（83 年度）

起因為民國 83 年台中區農場改良場計畫於中部設置「家庭有機垃圾製作堆肥示範區」，首先響應的便是台中市北屯區的美陽社區。該社區位於台中都會區的邊緣，屬於靠山農村型社區，居民多有自己的一小方田地。計畫初期，由農會補助參與的社區每戶三個大型（45 公升）塑膠桶以進行家戶垃

---

<sup>70</sup> 參見張瑩瑩，1996，「美陽社區家庭廚餘作堆肥」收錄於《自然農耕 92-有機報告 2》。

圾分類，紅色桶裝可回收再利用資源（瓶罐、金屬、紙類）、橘色桶裝塑膠袋、保力龍等不可回收垃圾、藍色桶乃「有機垃圾桶」、所有廚餘、剩菜、果皮樹葉等有機物皆可放入。廚餘可在家自行堆肥或運送至社區共有的「家庭垃圾堆肥處理場」以進行集中處理。美陽社區的簡易網室社區廚餘堆肥場可算是全國先例，其利用村中空地搭建網狀棚架而成，場內排放圓型大廚餘桶三排共 27 個供居民每日傾倒廚餘，除簡易倉庫外其餘皆為露天設備。在空地處上有土堆狀物乃社區自製菌種土。堆肥方法敘述如下：居民每日傍晚將廚餘運送至堆肥場，按順序傾倒至空廚餘桶並均勻披覆，最後由社區專人將菌種均勻灑在廚餘表層，每桶八九分滿即可封桶以進行密閉發酵，每星期固定排水（收集成為液肥）或灑水（有些桶需灑水以保持適當水分）以免內容物發臭生蛆，靜置三個月即腐熟完全成為堆肥。完熟的堆肥裝袋存放於倉庫中由居民自行取用，製成的堆肥乃全民共同的財產，施用於自己的農地以種植鮮美的蔬果，自給自足供需平衡並由在地處理社區生產的有機廢棄物，可說是永續社區經營的典範。社區民眾經由參與製作廚餘堆肥的共同成長經驗加深對社區的認同感。美陽社區的廚餘堆肥模式可說是社區發展的最佳印證與範例。

### 個案三、雲林縣古坑鄉華南村農家廚餘堆肥（84 年度）<sup>71</sup>

民國八十四年，雲林縣古坑鄉華南村同樣受限於垃圾車清理垃圾的頻率（一星期收集一次垃圾），居民的垃圾常因無處傾倒而任意丟棄、貓狗翻找食物殘渣等嚴重破壞當地生活環境。因此透過雲林縣農會的督導與台南區農業改良場區的協助，先針對該農改場家政班班員輔導其家戶垃圾分類，並指導家戶將廚餘及廢棄果品等有機廢棄物進行堆肥化處理。實施一年後垃圾減量三分之二以上，同時將堆肥回歸土地、改善土壤、增加農產品產量。實施至 87 年，台南區已有 15 鄉鎮區農漁會加入該工作行列，其中台南縣大內鄉農會已集結數百戶農家加入廚餘堆肥行列。並在農委會的補助下自製研發堆肥菌種，算是堆肥技術上一大突破。其堆肥化處理的設備主要為大型 66 公升的塑膠附蓋廚餘桶，內部以磚塊及篩網過濾、底部鑿洞接排水孔及水龍頭

---

<sup>71</sup> 參見李月寶，1998，「農家有機廢棄資源處理與應用」，《台南區農業改良場技術專刊》87-9（NO.81）。

以排出廢液。堆肥原料收集的種類包括農產品廢棄物、落葉、樹皮、廚餘（葷素皆可），接種自製的發酵輔助劑，以有機廢棄物比菌種約九比一的量均勻灑在堆肥材料上。並每天收集桶內的滲出液以防止發臭。約經兩個星期的發酵後會出現白色菌絲表發酵良好<sup>72</sup>，總計約需經四星期發酵即可直接埋入土中（施用果樹時，以數冠垂直下之土壤挖一環狀溝）或繼續存封 2-3 個月即可成為有機肥直接施用於植物根部附近。

#### 個案四、台北市主婦聯盟都市社區廚餘堆肥（86 年）

台北市主婦聯盟由一群熱心活躍的婦女所組成，真實的實踐『不浪費、不多取』（Waste not, Want not）的理念<sup>73</sup>。台大園藝系鄭正勇教授指出，計畫起因於主婦聯盟成員於 1993 年赴日訪問之經驗，並引進適用台灣家戶廚餘堆肥的前處理方法，在經過兩年試誤法的學習與突破，並構思符合台北市密集住宅型態與生活方式，終於推出可以運行在都會區的廚餘處理模式。由民國八十六年開始推動家戶廚餘堆肥、國中小學校落葉堆肥的計畫，可說是全國首次在台北都會區進行「社區廚餘堆肥」先鋒型推廣計畫，其對象為有意願的社區，每社區只要 15-20 戶有意願參與並有專人願意負起聯絡、釋疑、與看管的工作，即可設立一回收點。主婦聯盟的堅持與推動乃民間興起的草根性力量促使政府與社會大眾正視廚餘堆肥的重要與果效，並經由環保署補助經費進行為期兩年研究性、宣導性質的計畫。主婦聯盟所建立的模式乃免費提供一只特製廚餘桶及發酵菌液予家戶，特製的廚餘桶具有底部排水設施，每日廚餘灑上菌液以幫助分解，家戶的廚餘收集清運方式乃以 100 公升的大型桶收集，並委託專人以 1.5 噸小貨車一週收集一次，貨車上放置 40 公升塑膠桶十餘只，以接收社區回收站的廚餘，並運送至台北市兒童育樂中心以長條式堆肥法處理，場面積約 120 平方公尺，內備有遮雨棚及翻堆機，整個過程約需 5-6 星期完成堆肥程序。其計畫成效：第一年，每戶每星期可產出 8.4 公升的生垃圾，並經六星期後製成 1.2-1.5 公升的有機堆肥。第一年 300 戶參與，垃圾減量總計 121 公噸、製成有機堆肥約 19.2 公噸。第二年

---

<sup>72</sup> 此乃可分解纖維素的放線菌繁殖之特徵，表發酵作用進行中。

<sup>73</sup> Mr. Dan F. Caldwell, 1999, 「考察台灣堆肥之心得與建議」。

參與戶達 650 戶，製成堆肥約 38.4 公噸<sup>74</sup>。主婦聯盟在台北都會所進行的廚餘堆肥計畫在人事、運輸費用高人力與成本困難下運作，首應歸功於熱心於環保的婦女及運作的學者專家們。在都會區要尋覓可供生廚餘進行後續發酵之場址實在不易，民間團體的人力與經費限制了計畫擴大的可能性，未來如要擴大計畫，需由政府提供廚餘收集清運支援及再發酵場所，例如台北市清潔隊的參與收集、大型集中堆肥場的設置，以提供廚餘堆肥後續處理管道與並規劃市場出路，以免都會區的廚餘堆肥計畫中斷。

#### 個案五、「新化牧場社區生活環境總體改造工作計畫」(86 年度)

台南縣新化牧場社區經畜試所於 86 年 5 月間向環保署提出一為期三年的「生活環境總體改造計畫」社區型計畫，由社區中 130 戶住家參與，廚餘堆肥化為計畫中一個項目。第一年選擇數戶住家收集其家庭廚餘，進行垃圾分類和廚餘量的分析、調查與估算，並進行小型堆肥化試驗、調整原料以研發適用之堆肥化機械增進發酵效率。第二年規劃建造廚餘堆肥處理機械，包括前處理、發酵槽和脫臭設施。實際操作以處理全社區 130 戶參與者之每日廚餘，並記錄原料及堆肥成品總量。值得注意的是，該計畫為以研發、分析為主的研究性質計畫，對於堆肥之成份、性狀、腐熟度等定期分析，以了解發酵所須天數等基本資料理論與實際的差距。第三年續改進堆肥化設施及操作管理，將堆肥成品分送社區居民，並將堆肥技術轉移至社區環保義工使該堆肥操作技術能落實到社區當中，成為社區生活之一部分，並舉辦觀摩會將成果供其他社區參考。經該社區研究發現，經該計畫研發改良的自動化操作「密閉送風式廚餘堆肥發酵槽」，容量最多可處理約 900 人，約 1,500 公斤之廚餘量，其送風、攪拌、進料、出料操作非常簡單，亦不須添加任何微生物製劑，適於社區民眾使用。其堆肥成品經初步分析廚餘經發酵後的堆肥，有機質含量高、色澤黑、無臭、質地均勻、腐熟程度高，為良好的有機質肥料。此乃經由台南區農業改良場於社區所推動的「在場堆肥」之良好示範，使社區家戶所產生的堆肥可於該區進行堆肥，並將成品直接回歸當地農牧場使用。唯一缺點即是社區需有空地進行堆肥的過程，包括成品的堆置問題及其周圍環境的維護，居民亦需有意願分攤所需電費、運轉操作費用，若運用

<sup>74</sup> 林碧霞，1999，《推廣家戶廚餘和校園、公園落葉堆肥化處理之研究》，主婦聯盟環境保護基金會行政院環保署八十八年度有機廢棄物堆肥示範計畫。

在都市當中需有適當的、充裕的成品使用管道以免通路受阻使的成品堆置反成困擾。

#### 個案六、台中市農村家戶、機構廚餘堆肥（87 年度）<sup>75</sup>

民國八十七年，台中市原有南屯區垃圾掩埋場預計於民國九十三年飽和，為避免日後垃圾問題，台中市政府於民國 82 年開始推動資源回收減量的工作。至民國八十七年更加入廚餘製作有機堆肥的推廣工作，由環保署、環保處的經費補助進行，由台中區農改場及農會提供堆肥技術指導，開始於農村社區、台中監獄、社區學校推廣。並由台中市農會生產改良菌種，選擇示範點放置不同容量的廚餘桶（一般有蓋塑膠桶），以三明治的堆積方式，一層 5-10 公分廚餘，2-3 公分一層菌粉。至廚餘桶裝滿後密封三個月至廚餘分解完全，成為有機質肥料。製成的堆肥由家戶、學校自用外，社區亦發展出租用附近農地成為都市有機農園，提供堆肥去處，成效顯著，但其堆肥方式僅採取廚餘桶堆置式，規模小且只有數點，但足以肯定廚餘堆肥的重要性。

#### 個案七、台南縣社區與學校廚餘堆肥化計畫（88 年度）<sup>76</sup>

民國 86 及 88 年台南成功大學在環保署「生活環境總體改造計畫」的補助下推動目標區的廚餘堆肥。88 年度第一階段計畫為期五個月，以台南縣八個社區、八個實施營養午餐的國小、台南監獄等單位進行廚餘收集、儲存、清運、堆肥化技術的應用。計畫中嘗試將不同收集清運體系（例如在場堆肥、集中清運）列入考量，而處理方式也做不同考慮，然而因計畫目前只進行五個月，未來成效尚待觀察。

由以上所述，計畫可分為兩類，一類為社區居民對其生活環境強烈的改

<sup>75</sup> 參見《「推廣有機廢棄物堆肥化處理示範計畫」執行報告》，台灣環境保護第 19 期，1998.7

<sup>76</sup> 參見 國立成功大學環境工程系，1998.7 《台南縣社區與學校廚餘堆肥化與資源回收利用示範計畫》。

善意願；包括彰化縣、雲林縣、台南新化社區等個案，由於社區採取主動的態勢，此種類型通常伴隨居民熱烈參與及較高的環境改善意願，且具備土地或環境相關條件，廚餘堆肥可給自足，縮減人事、清運經費成本，計畫容易推動，政府只需擔任技術輔導者或經費補助者角色，有無政策法規支持對該類型計畫並無絕對影響。另一類型由相關單位以實驗研究目的擇定示範區進行計畫，例如農政單位於美陽社區進行「家庭有機垃圾製作堆肥示範區」、主婦聯盟之「有機廢棄物堆肥示範計畫」、農政單位於中市南屯區推行的「有機廢棄物堆肥計畫」、台南縣成功大學進行的「生活環境總體改造計畫」等四個計畫。由學術機構、環保團體擔綱要角之計畫需要政策支持與經費支援以順利推動並減輕負擔。將上述廚餘堆肥個案按施行時間、地區、對象、堆肥原料與方式並指導單位列表說明如表 2.13，可對台灣地區較大規模的廚餘堆肥計畫有概括性瞭解，也能經由比較結果得知堆肥發展的趨勢。

### 三、計畫運轉因素探討：

由上述社區家庭廚餘堆肥個案可知影響計畫運轉的因素因時因地而異，然而依照社區發展四個層面結論其需具備大致條件如下：

#### 1、社會面向：

- 計畫是否能夠促進產生社區凝聚力與動員力。
- 堆肥知識需經由推行單位充分宣導與教育。
- 居民獲得之環境知識與廚餘堆肥行動之配合無落差。
- 家戶垃圾分類於實際生活中落實。

#### 2、經濟面向：

- 價格低廉的家戶設備並有充分管道提供或取得。
- 簡單、方便、俐落的家戶操作流程與方式。
- 計畫補助經費可充分負擔設備、清除、處理成本。

#### 3、生態面向：

- 堆肥過程不衍生臭味蚊蟲、不損害家戶與社區環境衛生。
- 堆肥技術可確保腐熟完全，避免未腐熟堆肥造成土壤與植物傷害。
- 有專家指導堆肥製作的正確技術與施用田間的試驗。



#### 4、制度面向：

- 政府政策與計畫等軟體環境的配合。
- 環保署、農委會或其他相關單位經費補助。
- 農政單位、學術機關堆肥技術輔導。

由上述堆肥相關文獻之回顧與整理可知，過去台灣廚餘堆肥模式歸類於農村牧場型社區「在地堆肥系統」(On-site Composting System)，堆肥計畫之持續與否取決於社區本身是否有足夠之環境條件支持。例如進行堆肥之社區或家戶必須具備社區內再醱酵場地、設備、技術與人力，並可消化自製廚餘堆肥的條件，以省略收集清運的麻煩，與成品無處施用的困境。在場堆肥系統在國外發展得相當早，其在垃圾產源減量與垃圾分類上具有極高的經濟價值，可降低收集清運卡車投資、司機薪資及回收人工費用，總共約可節省將近七至八成五的總成本，並可完全省去廚餘處理成本。一般而言，一個家庭式的堆肥處理，每一公噸經過分類後將節省下約 50% 的分類費用、25% 的運輸費用及 100% 的處理費用<sup>77</sup>。過去之經驗以農村社區為焦點，除主婦聯盟於台北都會推動之計畫外，其餘皆須在社區內自行處理與利用，並且在廚餘堆肥的方法上除主婦聯盟與新化社區、美陽社區設置堆肥場或堆肥醱酵機外，其餘皆以自然腐熟堆肥法進行，由前人經驗發覺以社區為單位進行自給自足之廚餘堆肥固然有其優點，然而此類在場堆肥模式並不適用於台灣其他人口密集或高度發展的地區。因此將家庭廚餘分類再交由集中清運及堆肥處理是較可行之法，然而近年來不論是政府在堆肥策略、經濟補助、計畫人數、規模範圍及教育宣導上，皆屬於陽春型社區性小規模，仍處於實地經驗累積與瓶頸突破階段；尤其在廚餘堆肥資材調配、技術與設備建立、市場與施用技術皆正值摸索、起步期，藉由建立一完整廚餘堆肥收集處理體系，才可更多突破廚餘堆肥之現況瓶頸。

---

<sup>77</sup> Mr. Dan F. Caldwell (1999)。「美國堆肥系統現況」。美國穀物協會。文中提及，北美超過三百萬家庭目前正使用此簡易型堆肥系統處理其庭園廢棄物、食物廢棄物等，而且逐漸增加中。

## 第三章 國外城市家戶廚餘堆肥經驗

如同於本書第2-3內容提及，外國堆肥原料及模式主要以都市產出之有機垃圾為主，其中庭院廢棄物、商業有機廢棄物之堆肥較盛行，而產源分類之家戶有機垃圾堆肥乃近年剛起步之新興堆肥領域與經驗，累積之經驗亦不多，最需克服之難題即收集清運模式之決定與堆肥方式的選擇；在國外許多國家擁有大型堆肥場/廠，故並無堆肥後續處理問題，因此於文獻上多為清運模式之研究與探討，這與台灣廚餘堆肥之現況有很大之差異，因台灣尚無大型的垃圾堆肥廠，因此即便發展出完整的清運模式仍有無處處理廚餘之困擾，然而外國廚餘堆肥經驗仍值得我國參考。以下分別介紹三個國家美國、韓國、英國廚餘堆肥現況與政策。

### 3.1 美國

#### 一、美國有機廢棄物堆肥現況

據美國環保署資料指出，美國於 1996 年產生之 209 百萬公噸之都市廢棄物中，有機垃圾佔了 23.8%，(庭院廢棄物 10.4%，食物廢棄物 13.4%)，其他如木材廢棄物佔了 5.2%，相當於 60.6 百萬公噸的有機廢棄物排出，其中經堆肥系統處理者約 27%<sup>78</sup>，相當於 16.36 百萬公噸。而所謂的堆肥化系統處理包含很多複雜層面，小型堆肥處理系統如「後院在場堆肥」至中型之社區堆肥中心，到處理都市固體廢棄物之大型堆肥處理廠，包含層面廣泛。

近年美國對於有機廢棄物處理的重視，可經由其環保署 1999 年發表的報告「有機物質管理策略」(Organic Materials Management Strategies)<sup>79</sup>中察覺，該策略將堆肥化處理納入廢棄物資源回收再利用方式之一，並將目前有機廢棄物堆肥現況整理各種模式，比較策略之可行性與未來推展方向；亦將有機廢棄物之管理策略以書面化呈現。美國每年都市庭院廢棄物產量約 21.74 百萬公噸，過去大都以掩埋處理，自掩埋場面臨飽和危機後，全國有 26 州訂定「庭院廢棄物掩埋禁令」(Yard Waste Bans)，明令禁止將庭院廢

<sup>78</sup> U.S EPA, 1999, Organic Materials Management Strategies.

<sup>79</sup> Nora Goldstein, Dave Block, 1997, 「Nationwide Inventory of Food Residuals Composting」, Biocycle, August, p46-57.

棄物掩埋處理<sup>80</sup>。由於該項強制性規定促使這些州內庭院廢棄物堆肥計畫快速成長，估計至 1999 年全國處理庭院廢棄物之堆肥工廠<sup>81</sup>已超過 3800 家。

## 二、美國廚餘堆肥處理方式

食物廢棄物堆肥搭乘庭院廢棄物堆肥之風潮，根據 1997 年 Biocycle 所進行的一項「全國性食物廢棄物堆肥調查」(Food Residuals Composting Survey) 統計，美國共有 220 個廚餘堆肥區域性計畫；相較於 1996 年的 152 個計畫及 1995 年的 58 個計畫，分別成長了 45% 及 280%；州數亦從 1996 年的 30 州成長為 1997 年的 36 州，快速成長的廚餘堆肥計畫，證明了廚餘堆肥化處理勝於將之攪碎進打入下水道系統之傳統方式，因處理 100 公斤廚餘需花 1031 公斤水流將之帶走，並且有機物質行經下水道易受外來污染而含有過高之重金屬量，影響其堆肥品質與用途，亦花費雙重成本（鐵胃及污泥堆肥）及大量水資源，故將食物廚餘直接經由收集與集中堆肥節省設備花費，並可製成品質較佳堆肥<sup>82</sup>。

美國新興的廚餘堆肥（食物堆肥）計畫有大小不同規模及複雜程度。計畫參與者包括超級市場、飯店、餐廳、各級學校、醫院、軍事基地、食品工廠等，堆肥方式最普遍者為學校或機構的在場堆肥(On-site Composting) 以簡單易行的技術與設備即可進行，部分城市並有大型堆肥場可處理成分較複雜之廚餘種類。以美國 97 年所進行的 220 個廚餘堆肥計畫中，有 21 個計畫以都市垃圾堆肥廠處理廚餘，另有 2 計畫乃政府出資之非營利性堆肥廠（例如芝加哥與紐約城市），其餘大多為在場堆肥（89 件計畫）、商業性質的堆肥場（64 件計畫）、農場型式堆肥（22 件計畫）、學術性質研究（4 件計畫），及其他種類計畫。在堆肥技術方面，最廣泛使用則為長條式堆肥法，因美國土地廣大且其投資成本較低廉，其餘機械密集式或技術密集式堆肥法較少被採用。

---

<sup>80</sup> 邱政文，1999，堆肥之現況，《生物可分解塑膠技術資訊》，美國廢物協會。

<sup>81</sup> U.S EPA <http://www.epa.gov> 下載日期 2000.5.23

<sup>82</sup> Robert K.Ham and Carol Diggelman，2000，「以生命週期資料比較廚餘廢棄物的管理方式」，《第二屆廢棄物清理食物國際研討會論文集》，p.355-359。

表 3.1 美國廚餘堆肥方式整理

堆 肥 方 法	數 目
長條式堆肥法 ( Windrow )	117
密閉式堆肥法 ( In-vessel )	30
通氣靜置式堆肥法 ( Aerated static pile )	15
靜置堆置法 ( Static pile )	12
好氣式長條式法 ( Aerated Windrow )	9
蚯蚓堆肥法 ( Vermicomposting )	8
桶裝堆肥法 ( Bins )	8
密閉通氣靜置法 ( Enclosed ASP )	2
綜合法 ( Combination of methods )	15

資料來源：Nora Goldstein, Dave Block, 1997, Nationwide Inventory of Food Residuals Composting. Biocycle, August, p46-57.

以下說明美國加州舊金山近年來發展之食物廢棄物收集計畫始末與政府政策驅動間關係與結果作一陳述。

### 三、加州舊金山家戶食物廢棄物收集計畫

美國十年來有機廢棄物堆肥處理成為多元化垃圾處理方式之一，乃受迫於現實垃圾危機壓力。以加州為例，自 1985 年後垃圾巨量增加，有些地區開始限制部分垃圾進場掩埋，其中包括庭院廢棄物掩埋禁令<sup>83</sup>，或單純的因掩埋場已趨飽和，需另尋管道處理。因此加州聯合廢棄物管理局 ( CIWMB ) 於 1989 年立法規定州垃圾減量標準為：1995 年垃圾分類回收標的值 ( Target rate ) 為 25%；2000 年標的值為 50%，並將有機廢棄物堆肥化政策列入垃圾分類資源回收再利用方法之一<sup>84</sup>

<sup>83</sup> 以加州為例，加州設立一些垃圾減量計畫類型，在政策方面，有些地方政府開始限制庭院廢棄物、有毒物質、禽畜排泄物、底灰、營建廢棄物、廢棄機械金屬、輪胎、污泥等禁止進入掩埋場。見「Jurisdiction Waste Diversion Program and Diversion Rate Summary」，PARIS, CIWMB. 全球資訊網：<http://www.ciwmb.ca.gov/LGCentral/>，下載日期 2000.4.29。

<sup>84</sup> 以 1989 年為例，4 千 9 百萬公噸的廢棄物中有 25-30% 為有機物，若將之分離進行堆肥可望大幅降低掩埋場使用速度因此堆肥化已列入資源回收政策。參見加州廢棄物聯合管理局 ( CIWMB ) 中「計畫年報資訊系統」( PARIS ) 之全球資訊網 ( <http://www.ciwmb.ca.gov/> ) 將後院堆肥 ( Backyard composting ) 及在場堆肥 ( On-site Composting ) 列為產源減量 ( Source Reduction ) 方案之一。

舊金山政府配合加州 50% 標的值，在 1996 年之回收率已達 30%，但距州標準仍有 20%（相當於每年 60,000 噸）之差距；分析其垃圾組成得知，每年家戶棄置之 200,000 噸廢棄物中有三分之一為有機性廢棄物，且大部分（約 60,000 公噸）是食物廢棄物。由於以往收集庭院廢棄物計畫對達成目標值有極大貢獻，舊金山政府決定將家戶食物廢棄物同庭院廢棄物一併回收，成為全美國第一個收集家戶食物廢棄物的城市。

在 1996 年末至 1999 年兩年半期間，政府與清除業者<sup>85</sup>聯合舉辦各種不同型態之有機廢棄物先鋒性計畫，以找出最符合經濟效益與回收績效之收集方式。計畫針對住宅區設計不同變因來測試、評估最有效的分類方式、適用容器、垃圾車類型與容量，及收集區範圍劃分等，並研究對不同人口密度地區的環境衝擊。而擇定社區需具備連續獨戶住宅區、資源回收績效佳、擁有庭院等條件以方便進行成效比對。

兩年來計畫參與數 6500 戶，並分為兩類型依時間進行，一類主要為“提升有機廢棄物回收率”之研究，變動因素為清運頻率、收集項目與垃圾車種類；另一類為“綜合性回收績效提升之研究”，例如使用雙槽垃圾子車，將一般垃圾、有機垃圾、資源垃圾做不同組合配搭，或不同種類之垃圾車（單槽、雙槽、後裝、側收式等）與人員數目考量以研究最佳回收績效。該計畫結果顯示，利用雙槽側收式垃圾車可同時進行一般垃圾與資源垃圾收集，廚餘等有機廢棄物另以側裝式垃圾車同天收集，可達成最大分離率及有效率，此種將垃圾、資源物質與有機垃圾同一天以不同車輛進行收集之方式稱為“The Fantastic Three”。該垃圾收集模式試辦七個月，平均約有 46% 的垃圾經分類回收，並且分類成效達 90%。

由舊金山進行之先鋒性計畫之成功，突破原有垃圾收集模式之思考，將食物廢棄物正式納入收集體系，減少四成六垃圾進掩埋場掩埋。政府介入之大規模廚餘回收計畫，應系統化進行先鋒型實驗，以得有效率之清除回收模

---

<sup>85</sup> 舊金山城市之垃圾收集清運系統由兩家業者負責，一家為 Sunset Scavenger，負責四分之三的区域，另一家為 Golden Gate Disposal & Recycling Company 負責其餘地區（包括市中心）。Macy, J., 2000, San Francisco Takes Residential Organics Collection Full-Scale Biocycle.

式及在整體回收率上有所突破，關鍵因素除完整周全的收集清運體系外，政府制訂計畫達成之目標，配合法規之強制性與政府策略執行能力使計畫運轉成功。

#### 四、美國堆肥業成長因素<sup>86</sup>：

分析美國於近年廚餘堆肥快速成長的因素，發現最具影響力乃政府之強制垃圾減量分類政策，將有機廢棄物視為一資源垃圾，納入收集體系並進行整體規劃與回收，由訂定掩埋場禁令法規與分類標的之管制措施，間接促使各大小堆肥模式於美國社會快速興起，並經由政府採購政策以進行山坡地之復育、公路邊坡植等公共用途，擴大堆肥之市場與通路，使得堆肥出路不受市場影響。以下將堆肥成長有力因素條列說明之。

- 1、法律強制性：最大因素為法律強制性，美國 26 州已經訂定了若干強制分類或嚴禁庭院廢棄物枝葉傾倒於掩埋場的法規，有些具有法律強制性有些則有經濟或補助辦法，其皆有促進堆肥業成長之特徵與功用。
- 2、行政命令及管制措施：幾乎美國每一州都訂定州資源回收處理目標，若想達到回收率高達 30%、40%、50%之目標，將有機廢棄物堆肥化是唯一之法。表示美國環保署及州政府均已正視堆肥為廢棄物回收再生的一種方式。
- 3、經濟誘因：廢棄物處理費用已經逐漸提高。尤其掩埋場使用空間日益減少，管理與使用規定更是嚴苛。因此，透過掩埋方式之廢棄物處理方式的費用急遽升高，促使堆肥處理與傳統掩埋費用相較之下更具競爭性。
- 4、分類觀念推動：由社區意識逐漸形成，美化、綠化的生態社區意識擴張，由社區家戶參與家庭廢棄物分類，環保意識可以被有系統的推動。
- 5、市場需求與採購政策：政府成為創造堆肥市場的推動者，許多州政府及地方政府被要求採用大量堆肥來進行土地保育工作，如高速公路建構工程、景觀維護與再造、及山坡地水土保持。

---

<sup>86</sup> Nora Goldstein, Dave Block, 1997, 「Nationwide Inventory of Food Residuals Composting」, Biocycle, August, p46-57.

## 3.2 韓國

韓國都市垃圾每日產量約有 44,583 公噸，其中有 43% 屬於有機垃圾，有機垃圾中廚餘佔 26%<sup>87</sup>。過去韓國垃圾處理主要採掩埋方式，估計超過 90% 的有機廢棄物以掩埋處理，然而韓國掩埋場用地取得越發困難，韓國政府當局逾 1995 年揭示：「在 2001 年應降低垃圾掩埋處理比例至 45%，相對提升資源垃圾回收率至 35% 如下表 3.2<sup>88</sup>。並配合該項垃圾減量目標與處理方式之變遷，韓國在 1995 年開始實施「垃圾費隨袋徵收制度」<sup>89</sup>，促使民眾改變其處理垃圾的方式與心態，並配合垃圾產源減量與資源回收工作。除垃圾收費制度的調整，韓國並根據現行都市垃圾減量方案，規定至西元 2005 年，韓國所有之垃圾掩埋場將不再接受食物廢棄物，首都漢城更訂於西元 2000 年 7 月起，未經處理之食物廢棄物不得進掩埋場<sup>90</sup>。由於政策強制（限制掩埋）與經濟誘因（收費制度）之配合下，韓國各地方政府與家戶正執行廚餘排放減量與處理的工作，其中排放減量除了減少廚餘產生外，堆肥法是剩餘食物處理之最可行方法之一。

表 3.2 韓國歷年垃圾產量及垃圾處理目標值

產量及處理方式	1992	1993	1994	1995	1997	2001
產量(10 <sup>3</sup> ton/yr)	75.1	62.9	58.2	47.8	45.6	47.2
資源回收(%)	7.9	11.5	15.4	23.7	28.0	35.0
焚化(%)	1.5	2.4	3.5	4.0	8.0	20.0
掩埋(%)	89.2	86.1	81.1	72.3	64.0	45.0

Source : Hang-Sik Shin, Eung-Ju Hwang, 1997.10.

<sup>87</sup> H.S.Shin and S.K.Han, 2000, 「堆肥處理之應用與相關政策」,《第二屆廢棄物清理食物國際研討會論文集》。

<sup>88</sup> Hang-Sik Shin, Eung-Ju Hwang and Chai-Sung Gee, 1997, 「Food Residuals Management In Korea」, BioCycle, October.

<sup>89</sup> 「垃圾費隨袋徵收制度」(Volume-based Collection Fee, VCF) 為一以垃圾體積為基準的垃圾收費系統。參見 Tae-Weon Bang and Kee-Young Yoo, 2000, 「漢城市固體廢棄物收費制度之介紹」,《第二屆廢棄物清理食物國際研討會論文集》。

<sup>90</sup> H.S.Shin and S.K.Han, 2000.3., 「堆肥處理之應用與相關政策」,《第二屆廢棄物清理食物國際研討會論文集》。

## 一、政府對策

韓國於 1995 年成立之「食物廢棄物管理委員會」(Committee for Food Waste Management, CFWM)，為一包含環境部及八個政府部會之跨部會小組，制訂並公布「食物廢棄物管理對策」(Strategy for Food Waste Management)，以針對廚餘產源減量、並達成最大廚餘回收率，經擬定兩項首要達成目標：

- 1、廚餘產源減量：每人每日由 1995 年 0.34 公斤，減少至 2001 年 0.27 公斤。
- 2、提高廚餘回收率：由 1995 年之 2% 廚餘回收量提高至 2001 年之 21%。

表 3.3 1995 年韓國廚餘產量及比例

產 源	產量 (公噸/天)	比例 (%)
家 戶 單 位	6181	41
商 業 單 位		
餐 廳	6331	42
市 場	1960	13
機 構 單 位	603	4

Source: Hang-Sik Shin, Eung-Ju Hwang and Chai-Sung Gee, 1997.8, 「Food Residuals Management In Korea」, BioCycle.

## 二、實施策略：

如上表 3.3 所示，韓國廚餘之大宗為家戶及餐廳，共佔總量之 83%，因此欲提高廚餘回收率，應先針對此二對象進行，然而產源集中之機構團體亦是回收之良好對象，因此針對上述二項目標，韓國政府採行下列實施策略：

(一) 為達成第一目標，韓國具體實施策略為，下列條件之團體，需達成廚餘減量 30% 之目標，包括：

- 1、機構團體：超過 2000 人之學校、醫院、機關及一般監獄、軍事基地
- 2、商業單位：樓地板面積超過 600 平方公尺之餐廳、拍賣市場、零售市場
- 3、住家單位：超過 100 戶之集合式住家公寓，其中家戶單位被要求使用特製的塑膠袋以包裹其食物廢棄物。並開創全國性的「No Food Waste Day」---「無廚餘日」

(二) 韓國政府針對提高廚餘回收率，實際策略為由政府出資計畫興建 235 座廚餘處理廠，平均每日處理量約 15 公噸，將廚餘轉換成堆肥以回歸至農地供植物利用<sup>91</sup>。

### 三、韓國廚餘堆肥現況：

韓國有機廢棄物堆肥之工作尚未十分完整，目前約有 52 家堆肥公司，但其規模並不大。普遍採用兩種模式之堆肥處理，一為小型家戶使用的脫水及堆肥設備 ( Small-scale drier/composting units )，另一為實廠規模之堆肥廠 ( Field-scale composting facility )，前者屬於一般家庭使用之小型自動化堆肥設備，其處理容量約為每天 50-300 公斤，處理時間約為十天，然而此法雖可於短時間內減少廚餘體積，但是因醱酵分解時間不足，有機廢棄物尚無法完全無害化，因此貿然排放自環境中恐造成污染<sup>92</sup>，目前韓國商業界正積極發展各種型式家戶堆肥處理機。大型堆肥場雖可完全處理有機廢棄物，但目前韓國大型廠並不多，未來仍須增設以提升處理效能。

### 四、韓國推行有機垃圾堆肥之未來努力方向

由韓國科學與技術應用研究院土木工程部之研究指出<sup>93</sup>，韓國於推廣有機廢棄物堆肥化工作之措施與需要如下：

- 1、加強產源垃圾分類，去除廚餘中塑膠袋、木屑、動物骨頭、金屬、石頭與海鮮貝殼類等不易分解物質。
- 2、降低食物中食鹽含量，由於食物中鹽分過多會影響分解效果，韓國飲食文化造成廚餘中鹽分含量約 1-3% 左右，需研究有效降低廚餘中鹽分之方法，例如以水洗廚餘 ( 但會造成水污染 ) 或與鹽分含量較低之有機物 ( 例如木屑 ) 或與石灰等物質相混合。
- 3、採用生物可分解塑膠袋，幫助廚餘之回收與清運過程密閉而不衍生臭味，且不需人工加以分選，即可於堆肥過程中自然分解。

---

<sup>91</sup> Hang-Sik Shin, Eung-Ju Hwang and Chai-Sung Gee, 1997, 「Food Residuals Management In Korea」, BioCycle, October.

<sup>92</sup> H.S.Shin and S.K.Han, 2000.3., 「堆肥處理之應用與相關政策」,《第二屆廢棄物清理食物國際研討會論文集》第二屆廢棄物清理食物國際研討會論文集。

<sup>93</sup> H.S.Shin and S.K.Han, 2000.3., 「堆肥處理之應用與相關政策」,《第二屆廢棄物清理食物國際研討會論文集》

- 4、推廣堆肥成品市場，韓國堆肥市場需求量仍不大，除於農業用途外，其他用途亟待開發。
- 5、彙整堆肥處理之相關法令。首要為堆肥成品品質標準之建立。
- 6、政府相關法令與政策之配合，藉由法規與政策面的制訂，強制有機性廢棄物必須經由堆肥處理，並採取經濟誘因鼓勵相關方面之堆肥投資。

韓國五年來於有機廢棄物管理概念上大幅提升，政府態度與政策轉變甚大，由垃圾處理層次提升為垃圾管理與垃圾預防層次，以落實「廢棄物管理優先級」<sup>94</sup>（Waste Management Hierarchy）之理念，不僅於政府高階部門成立跨部會之政府委員會（食物廢棄物管理委員會，CFWM），並在實際策略上訂出達成目標與實施步驟，韓國於廢棄物管理上具有前瞻性遠見乃亞洲國家之少見，不僅於 95 年率先成功實施垃圾依體積收費制度（即台北市於 2000 年 7 月開徵之垃圾隨袋徵收費），成功地透過資源回收將垃圾掩埋比例由 81 % 降為 56%，亦配合該項制度制訂完善周邊法規條件促使資源回收落實，然而政府堆肥策略仍須有發展完善的法規加以支持，以健全堆肥之長遠發展。

### 3.3 歐盟

#### 一、歐盟堆肥現況綜覽

歐洲最早處理未分類之都市混合廢棄物( MSW )的堆肥場是在 1970 年，至 1980 年代，歐洲都市廢棄物堆肥化處理已達 35%，以德國、荷蘭、義大利、法國、丹麥、比利時、西班牙、葡萄牙等國家最積極活躍於堆肥之發展。然而 1980 年代的歐洲國家尚未發展出堆肥品質的規格與標準，對於堆肥製

---

<sup>94</sup> 廢棄物管理優先級（Waste Management Hierarchy）即垃圾管理中採取優先順序之管理策略。其優先順序為：1、污染減量，2、廢棄物再生、回收、再利用，3、廠外回收、廢棄物交換再利用，4、廢棄物處理，5、廢棄物最終處置。其精神即為污染源減量與污染物避免（Waste Avoidance），及廢棄物循環再利用。而循環再利用可分為物料再利用（Material Recycling）及堆肥，相當於第三層循環再利用。參見鍾珊珊，1997，廢棄物管理優先級及其在香港之執行，應用倫理研究通訊第三期公害專題。

造與使用亦無指導規範<sup>95</sup>。由於堆肥中重金屬含量及混雜物過高，品質差強人意，市場行銷困難，與我國有相似失敗之堆肥經驗。

目前許多北歐國家已完成堆肥品質之規範<sup>96</sup>，若以過去的原料（都市混合垃圾）難達此堆肥品質標準，故處理都市混合廢棄物之堆肥場紛紛關閉或轉型為處理“乾淨” (Clean)有機廢棄物的堆肥場，以避免重金屬或混雜物的摻雜。目前歐洲堆肥模式多以農業、工業或商業廢棄物等大量經分類之堆肥原料為主，亦有庭院廢棄物與都市分類有機垃圾（學校、市場）之堆肥場，然而家戶分類有機垃圾收集與處理僅 10%，仍屬起始階段。唯一例外為芬蘭之赫爾辛基（80 萬居民）已實施全都市家戶垃圾產源分類，並將所有有機廢棄物堆肥化處理，建立歐洲良好典範。

## 二、歐盟會員國有機垃圾堆肥概況

1997 年度統計，歐盟至少有 30%的都市、工業有機廢棄物可經由堆肥處理，產量約 60 百萬公噸；其中法國有機廢棄物產量佔歐盟之 24%，德國、義大利、英國佔 15%，西班牙約 11%，澳洲 4%，其餘在 3%以下有比利時、希臘、荷蘭、瑞典、葡萄牙、丹麥、芬蘭、愛爾蘭<sup>97</sup>。而各國依原料來源可分為表中不同堆肥種類，並得知歐盟各國近年堆肥發展之現況，除南歐少數國家以未分類都市有機垃圾進行堆肥外，歐盟各國著重產源分類之“乾淨有機廢棄物”堆肥。一般說來，歐洲政策呈現一股「產源分類有機廢棄物集中堆肥處理」之快速趨勢。有些國家政策更是鼓勵家戶於後院或自家進行堆肥(Home composting)。而處理經產源分類之有機垃圾大型堆肥場之統計至 1998 年，德國有 400 座堆肥場以（蔬果類廢棄物、餐廳、庭院廢棄物），法國有 200 座，義大利 60 座，西班牙 30 座。

<sup>95</sup> Marco.de Bertoldi,1998, Composting in The European Union, BioCycle , Jan,Vol39,Issue6, p.74

<sup>96</sup> Gies,Glenda,1997,Developing compost standards in Europe, BioCycle ,October,Vol.38 Issue10, p.82

<sup>97</sup> Barth.Josef、Kroeger.Barbel,1998,「Composting Process In Europe」,BioCycle,April,Vol.39 Issue4,p..65.

表 3.4 歐盟會員國有機垃圾堆肥化處理種類

方法	種類	原料	採用國家
好氣堆肥法	生物性垃圾 (Biowaste)	都市有機垃圾 (包括下水污泥)	法國、義大利、希臘
		經分類家戶有機垃圾	荷蘭、芬蘭、奧地利、英國
		庭院廢棄物	英國
		家庭廚餘 (包括動物質廚餘)	瑞典
	家庭廚餘 (包括動物質廚餘)	德國	
	庭院廢棄物		
	綠色垃圾 (Green waste)	庭院、公園廢棄物	丹麥、比利時
	生物污泥 (Biosolid)	下水污泥	德國
		下水污泥、庭院廢棄物混合堆肥	義大利、挪威、法國
厭氧消化	生物性垃圾 (Biowaste)	工業有機廢棄物 分類收集之生物性垃圾 農業有機廢棄物	德國

資料來源：整理自 Barth.Josef、Kroeger.Barbel,1998,「Composting Process In Europe」,BioCycle, April, Vol.39 Issue4, p65.

由上表可知，歐洲已有荷蘭、德國、瑞典、奧地利、英國及芬蘭開始加入家戶有機垃圾分類收集並集中堆肥之行列；其中奧地利每年可回收堆肥 1.1 百萬公噸、比利時 0.32 百萬公噸、丹麥 0.5 百萬公噸，德國 4.0 百萬公噸，荷蘭 1.8 百萬公噸等，這些回收量較大、回收率高之國家因具有完整有機廢棄物政策，並有良好的分類收集系統，佔有歐洲堆肥產量之 85%。這些國家有機廢棄物處理量約 10 百萬公噸<sup>98</sup>，然而卻僅佔歐盟有機廢棄物總量之 16.67%；意即尚有 50 百萬公噸之有機廢棄物未經堆肥處理即進入掩埋場。

### 三、英國有機廢棄物堆肥概況

鑑於環境保護與垃圾壓力，歐盟於 1997 年草擬之「廢棄物衛生掩埋指導原則」( Directive on The Landfill ) 完成，指導原則中限制有機廢棄物進入掩埋場掩埋比例時程，並於 1999 年 7 月正式生效，成為歐盟具有強制性之法令規章<sup>99</sup>。由於此強制性之掩埋場禁令將使得有機廢棄物堆肥處理快速發

<sup>98</sup> Barth.Josef、Kroeger.Barbel, 1998,「Composting Process In Europe」,BioCycle, April, Vol.39 Issue4, p.65.

<sup>99</sup> Hanson Waste Management, Judkins, Tuttle Hill, Nuneaton, Warwickshire CV10 0JQ, UK, 2000, 「歐聯成員，英國現今及未來廢棄物管理之執行」《第二屆廢棄物清理食物國際研討會論文集》。該「廢棄

展。以下以英國為例介紹其目前有機廢棄物堆肥現況。

### (一) 英國食物廢棄物堆肥現況<sup>100</sup>

英國在 1960-1970 年代曾有多座家庭有機廢棄物之堆肥工廠，隨後因垃圾掩埋處理成本低廉及堆肥品質較差無法擴張其市場後關閉。然 1990 年代開始，集中堆肥處理又在英國興起一股熱潮，據英國堆肥協會估計截至 1997 年止，全英國約有 70 家堆肥場。由於英國土地廣大，業者多採取低成本之開放式風道翻堆式系統進行堆肥。工廠大多數擁有廣大的遮雨棚、翻堆用機械、過篩裝置、包裝設備。並且現今法規更規定堆肥場應設有排水系統以收集滲出水及雨水逕流。1997 年由堆肥場產生的堆肥量約有 30 萬公噸。

都市有機垃圾方面，英國許多城市開始進行家戶有機廢棄物逐戶收集系統(curbside collection system)，家戶必須將庭院廢棄物及植物性廚餘與其他垃圾分離後，以紙袋或可分解性塑膠袋包裝，放置在活動垃圾子車(wheeled bin)以利清運收集。據估計 1997 年全英國有 15 個城市進行廚餘收集清運計畫，且 95% 之堆肥場主要處理此種家戶廚餘；然而相較於荷蘭 90% 或德國 45% 之都市家戶有機廢棄物堆肥處理比例，英國才開始起步的 6% 處理量顯的相對低，其原因仍低廉的掩埋成本<sup>101</sup>。英國政府為因應此現象，於 1996 年開始課徵「掩埋稅」(Landfill tax)，期望透過經濟因素控制垃圾進掩埋場量及推動堆肥工業之活絡與發展。而英國於 1992-1995 年展開之家戶「後院堆肥」(backyard composting)，至 1997 年迅速成長至 60% 城市開始推廣後院堆肥，全英國約有 50 萬個堆肥桶以免費或補助的方式被運送、推廣至各地，以落實餘家戶中有機垃圾減量策略。

---

物衛生掩埋指導原則」中，對於會員國要求兩年（即 2001 年）內，訂定有機廢棄物國家策略於該國法令規章內，並五年內（2006 年）降低有機廢棄物進入掩埋場之比例至 1995 年有機廢棄物總重量之 75%；而八年內（2009 年）降低至 1995 年之 50%；不超過 15 年（即 2016 年），有機廢棄物進入掩埋場比例降低至 1995 年之 35%。參見 Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste, Official Journal L 182, 16/06/1999, p. 0001-0019.

<sup>100</sup> Dan Knapp, 1997, 「Organics Recycling In Britain」, Biocycle, June, p40-42.

<sup>101</sup> Holland, Fiona, Proffitt, Alec, 1998, 「Overview of Composting In The U.K.」, BioCycle, February, Vol. 39 Issue 2, p69.

表 3.5 1997 年英國堆肥種類及產量

單位：公噸/年

原 料 種 類	堆 肥 量
Source-separated kitchen organics from curbside	14,360
Source-separated yard trimmings from curbside	24,810
Yard trimmings from public recyclings centers	165,895
Yard trimmings from municipal parks and gardens	15,800
Other organics (nondifferentiated)	19,350
Commercial	73,000
Total	313,215

Source : Holland, Fiona, Proffitt, Alec, 1998, 「Overview of Composting In The U.K.」。

由表 3.5 可知英國主要的堆肥種類及數量仍是以家戶產生的食物、庭院有機垃圾為主，家戶經分類後統一收集清運至堆肥場處理。而商業化的堆肥處理模式正開始發展中，未來針對商業型式大量有機廢棄物亦將展開回收。

## (二) 英國有機廢棄物處理政策轉變

有機廢棄物堆肥計畫於全英國各地如雨後春筍般展開之主要因素為英國政府所採行政策，其各項策略如下：

- 1、1990 年英國政府設立一針對都市家庭廢棄物的回收目標值：於公元 2000 年回收率標的值為 25%。然而實際上根據 1997 年調查，堆肥回收率僅達成 6%，離公元兩千年目標值上仍有一段差距。
- 2、1995 年出版一說明新英格蘭、南威爾斯省達成永續廢棄物管理的策略之刊物，內容包括了三個堆肥處理的標的值：
  - (1) 至西元 2000 年，家戶後院堆肥率提升至 40%。
  - (2) 增加集中堆肥場數目。
  - (3) 至西元 2000 年，年堆肥處理量達 100 萬公噸。
- 3、掩埋場於 1996 年制訂有機廢棄物進場稅制度(Landfill tax)，促使都市有機垃圾及商業有機垃圾的處理展開另類思考，原本掩埋費用為每噸 24 美元，經調整後每噸有機廢棄物增加 11 美元，相當於增加了 50%的垃圾處理費用。然而對有機廢棄物課稅以提高垃圾進掩埋場費用，仍非促使英國有機廢棄物進入堆肥系統的主要原因。

4、 歐盟會員國壓力， 歐盟限制有機物質掩埋處理之「掩埋場指導方針」之強制執行乃推動英國有機廢棄物堆肥化主要原因。

### （三） 英國堆肥化之未來

- 1、 雖然政策的改變， 對有機廢棄物掩埋處理加以課稅， 然而有些地區掩埋處理仍舊比堆肥處理的成本低廉， 因此工業有機廢棄物面臨困難的抉擇。
- 2、 欲提升家戶有機廢棄物堆肥化應研擬適用的收集清運系統， 並興建新的堆肥工廠。
- 3、 堆肥成品的銷售仍是一大考驗， 英國堆肥市場未開， 堆肥仍有待推廣。

歐盟之有機廢棄物掩埋禁令下， 已有許多的會員國發展出自己的堆肥品質標準（ Compost quality standards ）以因應日漸擴張的堆肥市場， 而其堆肥品質標準主要依據其用途、 使用率、 土壤性質而定， 大部分堆肥限制其農業用途中重金屬最大含量， 而其詳細品質標準與分級於第五章另有說明。

由上述國外堆肥發展經驗， 說明政府法規命令在堆肥業發展之重要性， 無論是美國所採取庭院廢棄物禁止進入掩埋場（ Yard Waste Ban ）， 並積極提升其州資源回收標的值； 或韓國以實行污染者付費之「垃圾依體積收費制度」而導致食物有機廢棄物因經濟因素進入堆肥處理模式； 抑或由歐盟制訂之掩埋場指導方針， 強制規定有機廢棄物禁止進入掩埋場， 並強制規定會員國之政策制訂時程等， 最後歐洲各國相應衍生出各自因應措施與策略以健全其堆肥業之發展。 這些相關法規政策、 政府政策或經濟誘因， 確實有效驅動有機廢棄物進入堆肥化體系， 並發展出周延之周邊條件， 例如堆肥場的設置規範與標準、 品質分級、 市場供需等， 以健全完整堆肥體系， 十分值得我國推動有機廢棄物堆肥化之參考。

## 第四章 宜蘭縣廚餘堆肥現況探討與未來建議

民國 80 年代可說是家戶廚餘堆肥興起的年代，林林總總的計畫規模大小不一，有幸生存下來的案例當中，本研究選擇以宜蘭縣廚餘堆肥進行研究與探討之原因有下：

- 1、 制度層面地方政府（市公所、鎮公所）參與而健全回收清運體系。
- 2、 經濟層面因中央單位補助使得計畫較容易進行且規模得以持續。
- 3、 生態層面因特殊的都會與農村兼備區域型態、人為活動與自然環境並存。
- 4、 社會層面因地方環保團體中介於社區與政府之間，搭建無落差之溝通橋。

因上述因素，宜蘭縣因各級政府的參與使得廚餘堆肥計畫在眾計畫中更具擴張性及持續性。本章將分述促使宜蘭縣各級行政單位、民間與政府積極投身於推廣有機廢棄物堆肥計畫的緣由與背景，並廚餘堆肥在宜蘭推行的現況、限制與發展。

### 4.1 宜蘭縣基本介紹

宜蘭縣位於台灣島東北隅，三面環山，一面向海，構成一獨立隔絕之地理特性。全縣山岳及丘陵地佔全縣面積的四分之三，蘭陽溪所沖積形成的蘭陽平原，佔全縣面積約四分之一，中心點為宜蘭市的建業里。

本縣行政區域現有十二鄉鎮市，為一縣轄市（宜蘭市）、三鎮（羅東鎮、蘇澳鎮、頭城鎮）、八鄉（礁溪、壯圍、員山、五結、三星、冬山、大同、南澳），共有 235 村里。全縣面積約 2143.6257 平方公里，其中平地佔 18%，山坡地佔 15.6%，高山林地佔 66.44%。全縣耕地佔 12.83%，共 20545.79 公頃。產業結構方面，宜蘭縣以其觀光旅遊及悠閒的農田風光著名，隨著 60 年代起北迴鐵路、北橫、北濱公路及蘇澳港的陸續啟用，使得宜蘭縣突破了交通上的封閉與限制，由初級產業轉型為以製造業為主的工業經濟型態<sup>102</sup>，但宜蘭還是台灣重要的農產品供應區，其中礁溪鄉、壯圍鄉、冬山鄉、員山鄉，其擁有耕地面積範圍介於 2000-3500 公頃，為宜蘭重要農業生產區。農業人口佔總人口數中約 23.39%。

---

<sup>102</sup> 宜蘭縣環境品質規劃研究案 1991.7，於幼華等教授

圖 4.1 宜蘭縣地圖

亦即每四人中有一人從事農業工作。其中冬山鄉、員山鄉、礁溪鄉為其主要農業生產地，產出水稻、蔬菜、高經濟價值果樹等。隨著產業的轉型，宜蘭縣過去人口流失嚴重的情形逐漸舒緩，近幾年來穩定在 46 萬人左右。全縣人口集中於宜蘭市與羅東鎮，分別為 92012 人及 68480 人，發展為宜蘭縣的行政文教中心及商業中心。表 4-1 及圖 4.2 可知宜蘭縣在 10 年來人口變化情形，由民國 78 年至民國 87 年人口總量由原先的增加 44.8 萬人增加穩定至 46.5 萬人，並維持一穩定狀態

表 4.1 歷年宜蘭縣人口與垃圾量

年度	人口數 (千人)	垃圾處理量 公噸/日	每人每日平均垃圾量 公斤/日
78	448.43	331	0.738
79	450.94	413	0.916
81	456.85	506	1.108
82	462.50	531	1.148
83	464.35	564	1.215
84	465.04	603	1.297
85	465.10	659	1.417
86	466.60	613	1.314
87	465.62	509	1.093

資料來源：宜蘭縣統計要覽 87 年版

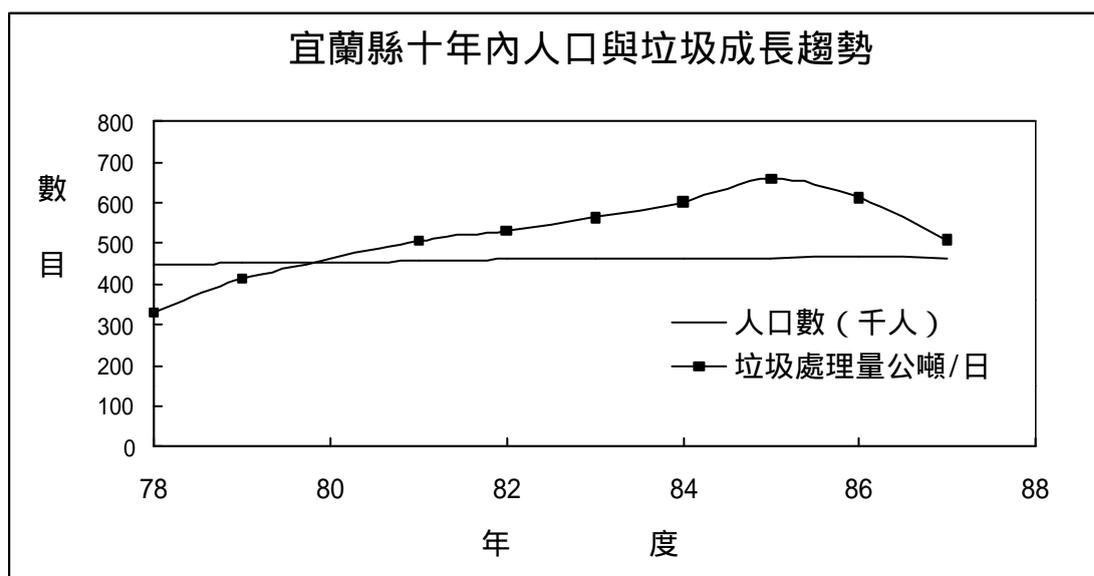


圖 4.2 宜蘭縣各鄉鎮市人口與垃圾量

因地方產業轉型的繁榮與物質生活改善，廢棄物產量也隨人口增加，在民國 83 至 86 年間，垃圾量一度遽增至每日 659 公噸，平均每人每日排出 1.417 公斤的垃圾，到達宜蘭縣垃圾產量的高峰期，大量的廢棄物造成環境負荷更加沈苛，政府垃圾管理能力與公權力備受挑戰。

## 4.2 宜蘭縣廚餘堆肥計畫緣由

在民國 86 年開始，宜蘭縣多了一項地方特色即「廚餘堆肥」。該計畫在宜蘭縣推廣兩年多以來聞名遐邇，有意從事廚餘堆肥的社區團體至宜蘭觀摩取經者多不勝數，而推究宜蘭模式持續運作的原因與背景如下：

### 一、計畫緣起—垃圾危機與生機飲食

宜蘭縣 12 鄉鎮市垃圾皆以掩埋方式處理，其中採衛生掩埋處理的有七個鄉鎮市，處理量每日 397 公噸，佔總量的 71%；而傳統掩埋方式有五處，每日處理量 162 公噸，佔 29%，整理如表 4.2。在此依台灣省環保處「本省主要垃圾處理方式」中對於衛生掩埋及傳統掩埋方式簡單說明。「衛生掩埋」指將廢棄物掩埋於不透水材質或低滲水性土壤所構築之基地，該場址需具備垃圾貯存功能、阻斷功能、處理功能<sup>103</sup>，並設有滲出水、廢氣收集及處理設施暨地下水監測之設備。而傳統掩埋可分為「掩埋」及「堆置」。前者指將一般廢棄物傾倒於未設置有防污設施之空地，有經過覆土作業之處理方法。後者指將一般廢棄物棄置於未設置有防污設施之凹地或空地或河川行水區，亦未經覆土作業之處理方法。由表 4.3 可知目前宜蘭縣各鄉鎮市垃圾處理情況，有多數掩埋場 3 年內面臨的飽和危機。

表 4.2 宜蘭縣各鄉鎮市垃圾掩埋場位址及現況

<sup>103</sup> 《一般廢棄物衛生掩埋場設置規範》，74.1.7，行政院衛生署

- 1、貯存功能：掩埋場須構築擋土牆或圍堤等結構物，或利用谷地或廢坑等之掩埋空間，將廢棄物依序掩埋，且在計畫目標年內連續進行掩埋。掩埋完成後，貯存結構物必須具有能在一定期間內將所掩埋之大量廢棄物安定貯存、分解之功能。
- 2、阻斷功能：掩埋場周圍及底部須具備阻水（不透水層）及集水、排水等設施，使外部之雨水等不致流入掩埋場，及防止未經處理之滲出水流至掩埋場外而污染水體。
- 3、處理功能：掩埋場須具備各種壓實、掘土、覆土等機械設備及滲出水處理設施、廢氣處理設施、管理設施、飛散防止設施、防災設施、消毒設施及進出道路等，以有效、衛生方式處理廢棄物。

處理方式	鄉鎮市	日處理量 (公噸)	地點	剩餘年限
衛生掩埋場	宜蘭市	120	南橋里	3-4
	羅東鎮	90	冬山大進村	2
	蘇澳鄉	60	濱海路	1.5
	南澳鄉	9	濱海路	1.5
	三星鄉	30	紅柴林段	4
	員山鄉	38	中華村	1-2
	冬山鄉	50	太和村	2
	合計	397		
傳統掩埋	頭城鎮	40	百石湖山	2年以上
	礁溪鄉	45	二結村	2年以上
	壯圍鄉	25	公館村	1年
	五結鄉	45	利澤工業區	1年
	大同鄉	7	嘉蘭、四方林	1-2年
	合計	162		

資料提供：宜蘭縣政府環保局第三科（89.4）

由表 4.2 可知宜蘭縣多數鄉鎮面臨垃圾處理的急迫，使用年限多剩 2-3 年間。以宜蘭市衛生掩埋場為例，場址耗時 12 年方選定，歷經民眾劇烈抗爭，排除萬難後終於 88 年 2 月正式啟用。原訂可使用六年至民國 94 年，但使用年餘已耗盡三年之掩埋空間，依此失控的垃圾進場速度，宜蘭市需提早因應以防範垃圾危機再度爆發<sup>104</sup>，同樣的，宜蘭縣其餘鄉鎮市亦面臨相似的垃圾困境，因此宜蘭縣政府迫於現實需求下積極尋求其他垃圾管理措施。根據林正芳<sup>105</sup>研究報告與環保局垃圾成份分析得知（如表 4.3），宜蘭縣紙類佔 30%，廚餘類佔 29.2%，若將兩者分離並回收，可減少 65%的垃圾量以舒緩掩埋場壓力，加上多雨的氣候常使垃圾中含水量高達 50%以上而不適於焚燒，宜蘭未來垃圾處理方式因有機質比例高、含水量多及碳氮比適合等因素（27%），若能克服相關技術層面問題，堆肥處理是垃圾可行之道。

再者，近年來有機飲食與自然農耕風氣日漸，堆肥之社會地位大大提升；並且環保人士將惜福愛物美德在廚餘堆肥中實踐。宜蘭縣環保聯盟開始構思適用於宜蘭的模式，此乃宜蘭縣廚餘堆肥之緣起。

表 4.3 宜蘭市垃圾物理化學性質（79、85、86 年度）

<sup>104</sup> 依據 1999 年宜蘭縣垃圾處理白皮書會議中，宜蘭市市長呂國華先生報告內容。

<sup>105</sup> 林正芳，1991，固體廢棄物污染收錄於，《宜蘭縣環境品質規劃研究案》。

項 目		組 成 含 量	79	85	86
物 理 組 成	可 燃 份 %	紙 類	20.69	45.80	30.80
		纖 維 類	1.27	2.77	1.15
		木竹、落葉類	5.09	2.34	1.79
		廚 餘 類	36.97	18.83	29.28
		塑 膠、皮 革	19.95	19.60	16.12
	不 可 燃 份 %	其 他	1.8	0.00	10.24
		合 計	85.77	89.32	89.42
		金 屬 類	7.03	8.89	3.51
		玻 璃 類	5.06	1.79	2.91
		陶 瓷 類	0	0.00	1.22
化 學 分 析  溼 基	水 份 %	石 頭 及 5mm 砂 土	2.14	0.00	0.93
		合 計	14.23	10.68	10.24
	可 燃 份 %	水 份 %	52.87	54.19	62.5
		灰 份 %	18.08	8.91	12.18
		可 燃 份 %	29.05	36.9	25.76
		碳 %	14.91	18.79	13.89
		氫 %	2.59	3.56	2.19
		氮 %	0.57	0.36	0.37
		硫 %	0.23	0.03	0.17
		有 機 氯 %	0.15	0.07	0.02
碳 氮 比	碳 氮 比	26.16	54.44	38.25	
	高 位 發 熱 量 (kcal/kg)	1162	2169.36	1369.15	
低 位 發 熱 量 (kcal/kg)		1163	1651.99	1003.54	

資料提供：宜蘭縣環保局第三科提供

## 一、政府措施

宜蘭縣面臨垃圾危機所採取措施中，實施廚餘堆肥與資源回收成效息息相關，因此特分段簡述宜蘭縣資源工作。由環保署資源回收成效統計，宜蘭縣以最少的環保署補助金達成全國最高的回收量，並將回收成本降至最低<sup>106</sup>。宜蘭縣的資源回收開始於民國 80 年，針對各級學校所制訂的「本縣各級學校推行資源回收實施辦法」<sup>107</sup>；並於 86 年 7 月訂定並實施「宜蘭縣推行資源回收暨垃圾減量實施要點」<sup>108</sup>以推動回收工作；每年考評小組實地進

<sup>106</sup> 參見張乃彬，1996，《固體廢棄物處理》中提及宜蘭縣於民國 81 年之環保署資源回收執行成果以 500 萬元之經費（其餘縣市皆 500 萬元）達成最高的回收量（525401 公斤）並將平均回收成本降至每公斤 10 元（台北市 29 元/公斤；台北縣 237 元/公斤；台中市 98 元/公斤；嘉義縣 140 元/公斤；高雄市 1542 元/公斤）。

<sup>107</sup> 參見《宜蘭縣環境保護局年鑑 83 年版》，該要點乃針對宜蘭縣各級學校所訂定的資源回收實施辦法。

<sup>108</sup> 參見「宜蘭縣推行資源回收暨垃圾減量實施要點」86.7.1。該要點乃宜蘭縣為配合環保署推動

行實施對象考評，並於年底公布考評結果以實施獎懲<sup>109</sup>，因此近年來資源回收量大增，如圖 4.3

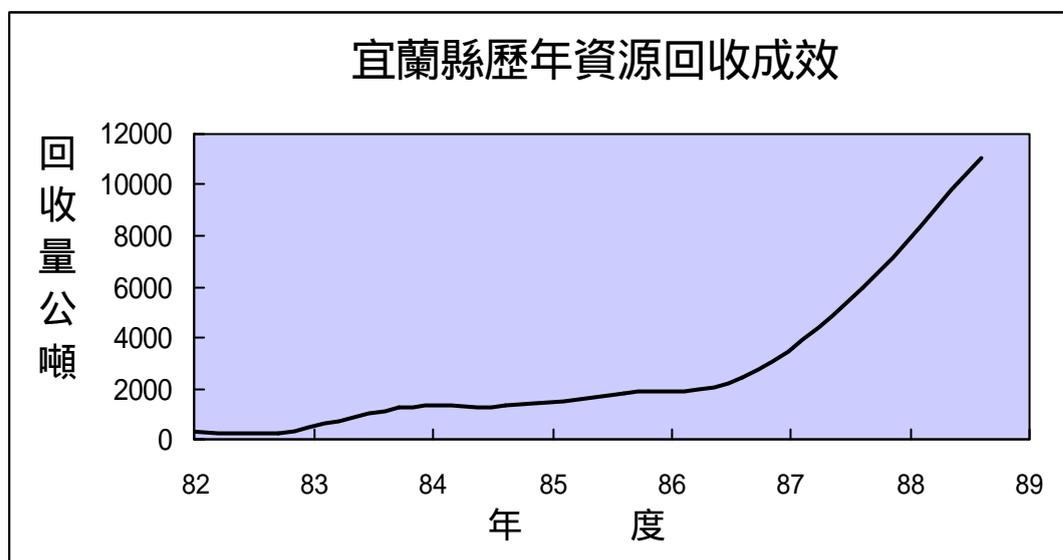


圖 4.3 宜蘭縣歷年資源回收成效  
資料來源由宜蘭縣環保局提供，自行繪製

4.3 所示，由民國 82 年以來，資源回收量逐年大量增加，但是儘管每鄉鎮資源回收量皆有提升，但是實際達成之垃圾減量率僅 3.249%<sup>110</sup>，亦即每日仍有大量的資源垃圾仍進掩埋場處理，目前制度無法徹底解決垃圾問題。因此縣政府除檢討改進與加強宣導外，對於佔垃圾量 30% 的廚餘納入回收計畫抱持高度期待<sup>111</sup>，期待將有機垃圾（包括廚餘）與資源垃圾一併回收，可望透過分類與回收達成垃圾減量效果。

## 4.3 宜蘭模式廚餘堆肥

### 4.3.1 宜蘭模式各單位分工

資源回收四合一計畫，特以行政規章制訂此要點以促進全面資源回收、垃圾減量工作延長垃圾掩埋場使用年限。該要點將各單位分為機關組(含各鄉鎮市公所)及工廠組，政府單位考評依其等級給予獎懲，工廠、社區績優者給予獎勵。

<sup>109</sup> 宜蘭縣資源回收採取「賞罰並進」策略，分為「機關及鄉鎮市公所組」、「工廠」、「社區」三組：機關鄉鎮市公所依考評分五等第，賞為嘉獎、罰為申誡或記過；工廠組總成績達八十分以上，頒發績優獎牌；社區組則頒發獎勵金或獎牌。資料來源同下。

<sup>110</sup> 由宜蘭縣環保局網站<http://www.ilepb.gov.tw/廢棄物管理.htm>提供之回收資料計算得。

<sup>111</sup> 依宜蘭縣環保局陳木水局長於宜蘭縣垃圾政策白皮書座談會中提及縣政府對廚餘堆肥的重視與期待。參見《宜蘭縣垃圾政策白皮書》，1999。

宜蘭模式能順利推動的功臣首推宜蘭縣環境保護聯盟，以民間環保組織角色在此計畫的統籌聯絡與細節規劃上發揮強大的影響力。然而不可諱言的是鄉鎮級地方政府在此計畫中扮演決定性角色，關乎此計畫是否能擴大進行與未來發展潛力的主要關鍵因子。因此在此將各單位分工由下圖來說明。

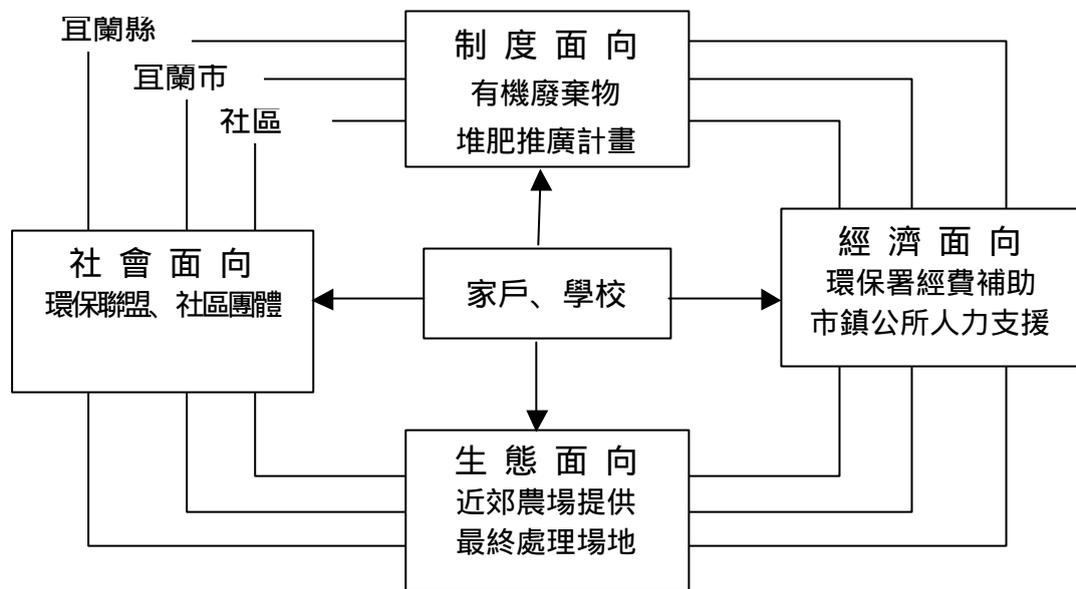


圖 4.4 宜蘭模式中各層面之關係圖（修正自鄭健雄，1993）

宜蘭模式說明如下：

#### 1、 制度與經濟方面

目前由環保署 86 年開始，目前由環保署中部辦公室承辦之「有機廢棄物堆肥化處理示範計畫」提供補助經費，予欲進行有機廢棄物堆肥化處理的縣市政府。民國 87 年度堆肥計畫中，環保署分別補助宜蘭縣政府 340 萬元及環保聯盟 120 萬元作為計畫經費。縣政府此廚餘堆肥補助款項的運用，除部份用於人事經費及教育宣導經費外，其餘全數發放至有意願承辦的鄉鎮市以購置廚餘桶或菌粉供民眾及學校申請，以宜蘭市公所為例，市公所提供市民購置廚餘桶的補助，採買一送一方式，每戶家庭只能申請一次。此舉減輕民眾經濟負擔的並增加參與計畫的意願。並宜蘭市公所於民國 87 年五月下達行政命令指派二名清潔隊員每週一天負責廚餘收集清運工作，此乃宜蘭市在行政措施上之配合。

## 2、社會面向：

環保聯盟在民國 87 年至 89 年其間依序推動二個廚餘堆肥計畫，第一個計畫以先鋒型研究試驗性質進行，第二計畫經改良後沿用至今，表中乃分項乃環保聯盟在二計畫中推行的時間、規模、對象範圍與計畫內容性質與回收量之整理，俾使讀者有綜覽之概念，計畫整理如表 4.4，第一階段計畫稱之先鋒計畫，第二階段以後乃目前正式運作之計畫模式，以下說明之。

### 4.3.2 宜蘭模式--先鋒計畫

宜蘭廚餘堆肥共分成 2 個計畫，本章節簡述第一階段的先鋒計畫及現階段廚餘堆肥工作現況。先鋒計畫乃堆肥風氣開始初期，環保聯盟針對宜蘭縣產業條件、人口結構、垃圾性質提出廚餘堆肥計畫，由於計畫未臻完全，因此改良的空間很大，其工作內容可由表 4.4 表示。

- 1、時間：87.3.1-87.6.30 共四個月
- 2、範圍：宜蘭縣政府員工 678 人、宜蘭市公所員工 236 人、宜蘭縣地方法院員工約 200 人、民權社區第一鄰 22 戶、民權社區第二鄰 12 戶、民權社區第三鄰 22 戶、民權社區第四鄰 12 戶、民權社區第五鄰 28 戶、羅東鎮仁愛別墅 60 戶、總計畫人數約 2000 人。

#### 3、執行步驟：分四階段簡述如下：

##### (1) 環保教育宣導：演講與示範

訓練環保義工、邀請環保專家演講且示範家庭廚餘垃圾處理之要領與方法。訓練有意願的環保熱心人士、義工媽媽，進行廚餘堆肥的訓練與操作教育。並透過全省各地的廚餘堆肥試辦計畫，收集可有效分解廚餘的菌種進行堆肥試驗以選擇適用菌種，並延請專家學者進行環保教育與技術研究。

表 4.4 宜蘭縣廚餘推廣期程及工作範圍

時間	規模	對象與範圍	計畫內容	回收量	經費來源
----	----	-------	------	-----	------

87/3 至 87/6	156 戶 1200 人	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 參與範圍： 宜蘭市、羅東鎮</li> <li>· 參與對象： 宜蘭市民權社區 1-5 鄰 羅東仁愛社區 環保義工 宜蘭縣政府 宜蘭地方法院 宜蘭市公所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 建立家庭廚餘堆肥 流程與方法。</li> <li>· 環境教育宣導推廣</li> <li>· 菌種選擇、廚餘桶 的改良。</li> <li>· 最終處理方法研究</li> </ul>	45 公噸	環保署 計畫補助 70 萬元
88/1 至 88/6	2560 戶 12000 人	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 參與範圍： 宜蘭市 羅東 壯圍 冬 山 員山 礁溪 蘇澳</li> <li>· 參與對象： 社區 機關 學校 餐廳</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 重新宣導落實垃圾 減量、資源回收的 生活方式，將家庭 垃圾分為廚餘、瓶 罐、紙張、垃圾</li> <li>· 改良並延續上期計 畫</li> </ul>	907 公噸	環保署 計畫補助 120 萬元
88/7 至 89/12	預計 5000 戶、22000 人		將範圍擴大至學校、 餐廳、期望進行全面 回收	預計 4989 噸	

資料整理自環保聯盟《承辦 88 年度有機廢棄物堆肥處理計畫成果報告》1999

(2) 購買並分發廚餘桶及分解菌種

- A、家戶單位：由該聯盟會員與義工負責分發每戶兩只廚餘桶（4 加侖）及四包菌種粉予社區家戶。
- B、機構單位：宜蘭縣政府、市公所、法院配置廚餘大桶（12 加侖容量）於適當位置，每 20 人為一單位計算所需廚餘桶和菌種數目。
- C、指導家戶操作方法及注意事項。

(3) 廚餘堆肥的回收清運及後發酵處理：後續處理可區分為可自行處理或無法自行處理：

- A 自行處理：鼓勵計畫參與者自行消化廚餘製成的堆肥，施用於附近學校、綠地、社區公園或自家的空中菜園與庭院，減少集中清運數量。
- B 農場回收：無法自行處理廚餘堆肥的民眾可將廚餘倒至固定點大桶（120 公升）中，由郊區果園與農場按合約定時定點輪流回收廚餘大桶。初期

計畫收集清運部分並無專人或清潔隊配合，由接收廚餘的農場負責。

#### (4) 定期檢討座談會和意見調查

先鋒計畫以實驗性質進行四個月，期間定期開會檢討需改進之技術、方法、面臨的困難需加以克服。尤其在廚餘桶設計與裝備上改進（排水、密閉）、菌種處方的配製研究（加速發酵、除臭、抑制蟲類）及使用量重新考量，並加強民眾再教育及操作技術的督導。

宜蘭模式先鋒型計畫進行四個期間，主要針對家戶與社區進行教育與宣導工作，後來廚餘堆肥之參與戶增加情形可看出其宣導有達到其功效。並且經由試辦計畫找出不適合於家戶中推廣之方式與設備加以改進，改進廚餘桶與研發至第五代桶型，包括體積、內附篩網、桶蓋緊實度與水龍頭設備之改進與菌種粉之選用與試驗，先鋒行計畫之進行有其研究性價值，並對接續推廣工作進行鋪路。

#### 4.3.3 宜蘭模式--現階段計畫

由於 87 年上半年度推廣成功，環保聯盟於 88 年 1 月繼續另一改良後計畫，並由環保署提供補助經費 120 萬元以推廣「推廣有機廢棄物堆肥示範計畫」，宜蘭市公所提供清潔隊負責計畫回收清運環節，並擴大規模至員山鄉、壯圍鄉，透過農會與最終農場串連，增加接收廚餘農場。

##### 一、計畫簡介

時間：88年1月-88年6月（共6個月）延續--89年12月

範圍：計畫初期 2560 戶，共 12000 人。後增長至全縣約 5000 戶、

共 22000 人。對象為家戶、學校、幼稚園、公家機構、餐飲業。

##### 二、預期成效：

由於計畫正進行中，因此環保聯盟對整體的預期成效以理論垃圾減量成效由參與計畫的人數計算整體成效估算。

##### 1、理論垃圾減量：

$22000 \text{ 人} \times 1.12 \text{ (公斤/天)} \times 30\% \times 18 \text{ 月} \times 30 \text{ 天/月} = 3992000 \text{ 公斤}$

= 3992公噸/總計畫

·  $3992/18 = 221.8$ 公噸/月

平均每月垃圾減量221.8公噸，相當於1.45%的垃圾減量率。

4、理論堆肥產量： $3992$ 公噸 \* 30% 40% = 1198公噸 1597公噸

由過去經驗推估，廚餘原料將有三成至四成可成為有機堆肥。

預期經由宜蘭模式第二階段之推廣，可望達成垃圾減量3992公噸，亦即經由此18個月之計畫，可減少3992公噸的廚餘垃圾進入掩埋場，此並將產生1198-1597公噸之有機堆肥回歸農地。而宜蘭模式詳細操作內容與方法於下節中陳述。

#### 4.4 宜蘭模式廚餘堆肥方法

宜蘭模式實施之家戶與學校的實際操作方法，並對日漸增多的休閒農場發展適當的處理模式，提供有意願的單位參與廚餘堆肥回收。下列家戶、休閒農場處理設備及步驟如下：

##### 一、家戶廚餘處理部分

1、設備需求依能否自行處理廚餘堆肥為分野，若是自行回收需預備至少7個廚餘桶、微生物菌粉；若是統一回收，則2個廚餘桶及微生物菌粉即可

2、家戶操作流程：

(1) 家戶應備有至少兩個替換用廚餘桶，可完全密封、下方具濾網以隔絕滲出水、凹槽及排水用的水龍頭。(如附圖1)

(2) 每日廚餘瀝乾水分後放入廚餘桶內並均勻攤開，廚餘上灑適量微生物菌粉以幫助分解(以三明治式堆積法)，並將桶密蓋。(附圖2)

(3) 使用微生物菌粉應將桶蓋蓋緊，放置於陰涼處、避免陽光照射。  
(該微生物群係厭氧、厭水、厭光)

(4) 桶內進行發酵約2-3天會產生滲出液，每天應將之排出收集以避免發臭。排出的滲出液可稀釋100-300倍成為植物液肥，或排入馬桶、流理台或浴室落水孔中、利用微生物清理管路，促進排水通暢。(附圖3)

3、家戶廚餘收集方式--廚餘桶定時定點回收制度

目前宜蘭市及羅東鎮發展出市鎮公所清潔隊員支援廚餘桶回收的清運工作，「廚餘桶定時定點回收制度」，採人工收集搬運並以資源回收車清運方式。以宜蘭市為例，聯盟在市區回收量較大的區域選定12個常設性固定點如表，大多為學校、市立托兒所與公家機關。每個星期四中午為宜蘭市的廚餘回收日，家戶將儲滿的廚餘桶拿到鄰近固定回收點並排列整齊。兩名清潔隊員於中午1：30 開始以資源回收車逐點收集，送至最終農場卸下廚餘桶堆置（如附圖4、5、6）。由農場人員將廚餘處理並清洗廚餘桶，隔天（星期五）清潔隊員至農場取回廚餘桶後再沿點放回廚餘桶，民眾再自行取回空的廚餘桶。為配合此清運體系，每個廚餘桶上寫著回收人的姓名、電話及所屬的回收點以避免清潔隊員混淆。

羅東鎮的廚餘回收工作亦由鎮公所清潔隊進行，由清潔隊編制三人，以資源回收車每週五中午進行回收清運工作。目前暫定有六回收點，列表4.5。回收清運模式與宜蘭市相同，亦以農場回收方式進行。

表4.5 宜蘭市、羅東鎮廚餘回收公告點

宜蘭市回收點	羅東鎮回收點
1、宜蘭市清潔隊車庫	1、家家住的展覽
2、宜蘭市立托兒所-民負班	2、耘心園有機素食
3、緯綺成衣製衣廠	3、慈惠禪寺
4、慈懷園文教基金會	4、健康之友素食餐館
5、復興國民中學	5、菩提寺
6、大漁翁餐廳	6、北成國小
7、宜蘭市立托兒所-慈東班	
8、宜蘭市立托兒所-東園班	
9、宜蘭市立托兒所-慶和班	
10、環保聯盟	
11、宜蘭市公所	
12、宜蘭縣政府	

資料來源：宜蘭縣環保聯盟《承辦八十八年度「有機廢棄物堆肥處理計畫」成果報告》

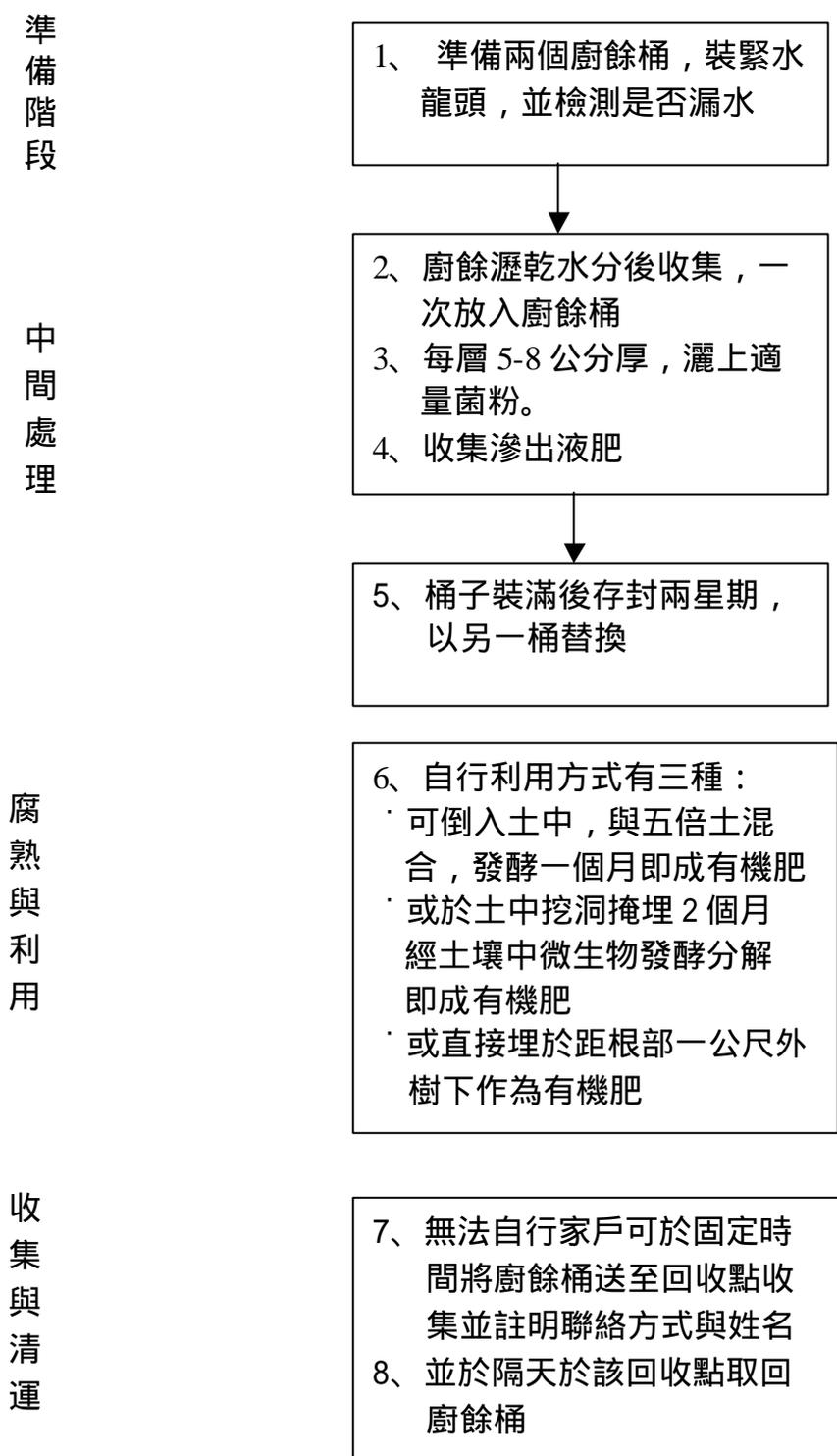


圖 4.5 宜蘭模式-家戶廚餘操作流程與處理

圖4.6 宜蘭市廚餘回收點位置圖

### 三、休閒農場回收方式

1、設備需求：固液分離裝置、大型廚餘桶、菌種粉、液態菌種、糖蜜

5、

收步驟：

- (1) 將廚餘進行固液分離，將固體用大型廚餘桶（約30加侖）裝置，經由上述家庭模式處理即可。
- (2) 湯汁等液態部分先加入1%糖蜜（即每100公升湯水加1公升糖蜜），攪拌均勻後再添加1%液態菌種，將蓋密封，待五天後發酵穩定，即成為優良的液肥和除臭清潔劑。
- (3) 固態廚餘堆肥放置桶內發酵2-3星期後於田間挖長淺溝傾倒，輕覆一層土以防止日曬，並可使之繼續進行好氧發酵。待其腐熟即可於附近種植蔬菜。

圖4.7 休閒農場廚餘堆肥製作流程

3、休閒農場廚餘堆肥案例：

休閒農場的處理模式以宜蘭縣冬山鄉中山村的三富農場為例。該休閒農場占地十三公頃，位於半山腰，為休閒式花園農場。農場參與廚餘回收計畫緣由為觀光人潮產生不穩定量的廚餘，為解決大量的廚餘問題，故農場自備25個大型廚餘桶（120公升）菌種粉、簡易型起重機等設備，一人即可在後院進行廚餘堆肥工作。處理的步驟以上述流程圖4.7表示，首先將廚餘固液分離，固體廚餘經二星期的初步發酵後埋入農場菜園空地，液體部分經5日發酵後可澆花、種菜、清理水溝與環境等。

#### 4、休閒農場或度假村之廚餘堆肥模式優點

休閒農場進行廚餘堆肥不僅解決廚餘垃圾問題，更是創造其經濟利益，且休閒農場擁有足夠空間，進行廚餘在場堆肥可節省大量收集、清運與處理費用，產生之堆肥可施用於菜園或果園，不僅減少肥料使用量及預算，更成為一環境生態教學園區，增加其農場附加價值。並其自給自足的循環供需模式（簡化如圖4.8）可供其餘休閒農場處理廚餘參考。並於農場中形成自給自足的供需模式，更可成立生態園區供民眾觀摩學習下列為制度、經濟、生態層面之優點。

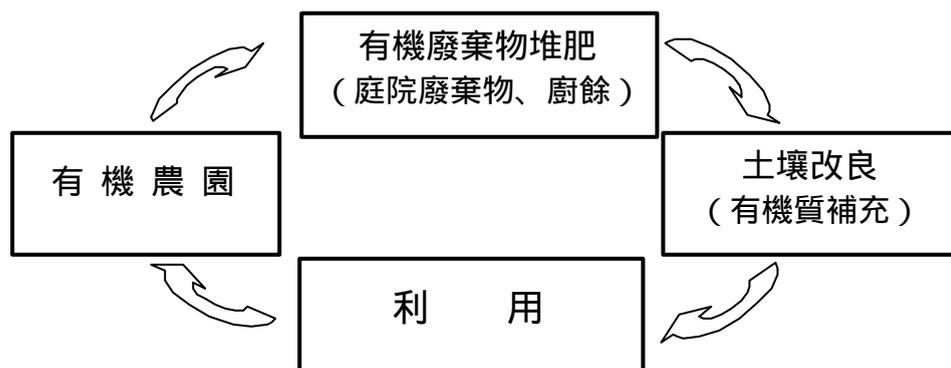


圖 4.8 休閒農場在場堆肥之有機物質循環圖

( Source : William Cheuk, 2000, 「On-site Composting of Greenhouse Wastes」 )

表4.6 休閒農場或度假村之廚餘堆肥模式優點：

項 目	休 閒 農 場
制度方面	· 不受政策計畫與經費補助限制，農場可自給自足 · 解決山區廚餘垃圾清理問題
經濟方面	· 除設備成本及菌種成本外無須額外費用 · 節省清運、人工成本、處理成本
生態方面	· 改善農場環境與衛生 · 完熟後堆肥可供農場作物直接施用於農場 · 有足夠堆置、處理空間，場地大者可進行好氧堆肥 · 成立生態、有機園區增加觀光吸引力

自行整理

#### 四、農場廚餘處理方式：

由於宜蘭縣境內目前並無合法登記的堆肥廠或堆肥舍<sup>112</sup>，因此廚餘處理短期應變方式以農場接收廚餘進行二次堆肥化處理。透過農會與有意願的農戶進行聯繫，兩年以來，歷經數戶願意接收廚餘的農園，分別有壯圍鄉綠園有機農場、員山鄉張淑淨竹筍園、員山鄉吳文旭甜桃園、三星鄉私人農場、蘭陽大橋下整地中農田等等。

農場廚餘處理方式如下：

- 1、露天堆肥法：以鐵線圈網製成之堆肥圈，將廚餘或庭院廢棄物直接交叉疊置於圈網內，進行自然堆肥法每月翻堆一次—綠園有機農場。（見附圖8）
- 2、廚餘桶快速發酵法：以大桶裝置密封廚餘三個月或更久—綠園有機農場、吳文旭甜桃園。（見附圖9）
- 3、利用人力或耕耘機挖長溝掩埋半生熟廚餘，不需挖出或翻堆，經一個月後可直接栽種蔬菜—三富休閒農場、三星鄉整地中農園。（見附圖10）
- 4、洞將廚餘掩埋入農地中，一個月後翻攪出成有機肥可施用於其他耕地。張淑淨竹筍園。（附圖11）

由農場直接回收廚餘的方式是宜蘭目前暫緩之計，礙於最終處理模式尚未健全，固定的堆肥場或堆肥工廠的設立需要大量土地、人力與資金，民間環保團體尚無法負擔，目前仍無法將廚餘以製成有機肥料的形式呈獻於民眾眼前。

#### 4.5 宜蘭模式現況分析與建議

<sup>112</sup> 根據宜蘭縣畜產科承辦人表示，目前宜蘭縣境內並無任何堆肥場、堆肥舍。2000.5

#### 4.5.1 宜蘭模式成功因素分析

因著社會各構成單元之分工合作，宜蘭模式在台灣經驗中算是相當成功，分析其因素有下：

##### 1、家戶方面：

- (1) 家庭垃圾分類成功：宣導在家戶操作時廚餘與一般垃圾分開，不將塑膠袋、瓶罐、玻璃等混雜物混入廚餘中，使堆肥原料品質純淨，提高農民接受度。
- (2) 家戶環境衛生維護：家庭廚餘處理的過程中，若產生腐臭味或滋生蟲類令人無法忍受<sup>113</sup>，因此家戶操作重視之指標即為臭味及蚊蟲孳生。宜蘭縣廚餘處理過程不衍生臭味、不長蟲，獲得參與者支持。並且白色的廚餘桶可堆疊，可密封，附有水龍頭。以正確的操作的流程（處理瀝乾、灑菌粉、密封、排水）不會有臭味、蚊蟲的問題，亦不影響美觀或佔據空間
- (3) 廚餘桶可於定點購得，並且市公所具補助措施。
- (4) 每日操作步驟不繁複，處理時間只需數分鐘，即可解決廚餘問題。
- (5) 垃圾分類收集，家戶垃圾大量減少，一星期清理一次也不會發臭。

##### 2、社區部分：

- (1) 城市住宅社區已不設餿水桶，廚餘的問題困擾家庭主婦，因此堆肥計畫立即引起具環保意識婦女熱情參與。
- (2) 宜蘭市清潔隊員協助清運，居民不需自行處理消化廚餘堆肥，過去農村模式之缺點獲得突破。社區可自由參加計畫，不需背負清運、處理堆肥的責任。

3、環保聯盟於計畫的堅持展現在各項說明會、座談會與宣導活動積極活動力與推廣力上，也因固有的草根性與韌性使計畫陷於膠著時仍能堅持到底。

4、許多社區性計畫受阻於清運成本過高及人力負擔過大，以致於無法擴大規模進行。因此地方政府於政策配合與行政人力支援是計畫成功最重要因素。由宜蘭縣長親身參與計畫，宜蘭市公所亦長期進行廚餘堆肥計畫，顯示縣市政府對於廚餘堆肥寄予厚望，未來推行上行政阻力將減少。

---

<sup>113</sup> 張瑩瑩，1996，「鄭家的廚餘作堆肥」，《自然農耕有機報告 2》。

宜蘭縣廚餘堆肥計畫由民國87年開辦進行至今已經2年多，能夠持續進行並將之擴大仍有許多關鍵點需要進一步突破，例如長久參與計畫的民眾似乎已略顯疲態，導致回收率無法突破，對當初熱衷廚餘堆肥的民眾而言，需以額外的心思與花費來處理原本隨手可丟的廚餘垃圾、長久將成為精神與經濟的負擔。因此廚餘堆肥面臨的一個待突破的瓶頸即是如何保持民眾高度的參與熱衷、並維持其環境正義的使命感。政府設立獎勵、評選措施、提供經濟誘因皆是可行之道。使民眾親眼見辛苦回收的廚餘成為一袋袋的有機肥料，可使參與者直接享受到廚餘成為堆肥的好處與價值，是一種精神上的回饋，與行為動機的來源。

表4.7 宜蘭家戶廚餘推廣成功因素整理

堆肥經驗	宜蘭模式
操作時間	數分鐘即可
設備是否容易取得	具專門點販賣合適之廚餘桶。
設備經費是否家庭可以負擔	一般家戶需 2 只，約 500-600 元，菌種一包 120 元，約使用 30-40 天。
堆肥設備是否佔空間	廚餘桶體積小，容量約 12 公升左右。可重疊放置角落或陽台，不佔空間。
處理過程是否有臭味及蚊蟲	參與計畫之家庭表示無臭味也無蚊蟲之滋生。
堆肥產品對家庭是否具用價值	堆肥過程所滲出之水可作為液肥，沖洗馬桶、流理台及落水孔。家庭沒有蟑螂，庭院也少有蚊蠅。
廚餘堆肥是否以收集管道	無庭院的家戶可將廚餘桶送至回收點回收，不會有囤積家中的情形。
回收管道是否暢通	收集清運角色市公所清潔隊擔任，使得清運系統因地方政府的介入得以健全。
最終處理設施可否持續運作	許多社區廚餘堆肥計畫因找不到處理堆肥管道，或成品的出路受阻而被迫停擺。宜蘭模式與農田合作的方式為近程規劃，使得境內雖無堆肥場，仍能順利推動堆肥計畫。

資料來源：自行整理

#### 4.5.2 宜蘭模式現況與探討

由垃圾處理觀點出發，廚餘堆肥化被視為垃圾中間處理的一個環節(張，

1996)，除考慮垃圾產量與性質外，廢棄物由產源排出、妥善貯存、收集清運、中間處理至最終處理等一系列作業流程的管理亦需考量<sup>114</sup>。而在農業利用的經濟層面，堆肥成品的出路及有機肥料市場供給需求，決定有機廢棄物堆肥化長遠發展與潛力。以目前宜蘭模式在計畫人數相對於全縣人數(約 4.7%)仍屬小型規模，因此本節針對目前的發展模式探討、建議，以作為擴大規模的參考，在探討方面選定下列因素：

- 1、產出—宜蘭各鄉鎮市廚餘產量及人口現況
- 2、貯存—家戶前處理方式是否經濟可行、操作方便。
- 3、收集—目前回收系統是否可行，回收點的數目及設置位置等。
- 4、最終處理模式（農場處理）的替代方案
- 5、對象的選擇：進行全縣學校廚餘回收是否可行
- 6、宜蘭地區有機肥料的供需情形與市場發展潛力

#### 4.5.2.1 產出—各鄉鎮市廚餘產量

目前宜蘭縣人口約有四十六萬人，主要分佈在宜蘭市及羅東鎮，而各鄉鎮市人口現況及廚餘產量經整理如表 4.8；宜蘭市及羅東鎮每日廚餘產量分別為 31.25 公噸、23.26 公噸，其餘鄉鎮市每日廚餘產量介於 15-20 公噸/日的有蘇澳鎮、冬山鄉。而每日廚餘產量在 10-15 公噸的有頭城鎮、礁溪鄉、員山鄉、五結鄉。未來若以一般家戶廚餘為收集對象，則選定上述人口較集中、廚餘產量較大之八鄉鎮市較可行，可望降低收集清運成本。下列為宜蘭縣各鄉鎮市人口密度、戶數、人口數、廚餘量的狀況。圖 4.9 顯示宜蘭市、羅東鎮為廚餘產量最密集大量之處，顯示宜蘭縣目前以宜蘭市、羅東鎮兩縣市展開廚餘回收策略是明智之舉，未來在其他鄉鎮市的擴展計畫可以考慮首先考慮蘇澳鎮、五結鄉、冬山鄉等人口較密集且廚餘力大之鄉鎮市。

表 4.8 宜蘭縣各鄉鎮市人口與每日廚餘產出量

<sup>114</sup> 張乃彬，1996，《固體廢棄物處理》，三民書局出版。

選定	鄉鎮市	人口密度 (人/平方公里)	戶數 (千戶)	人口數 (千人)	垃圾量 (公噸/日)	廚餘量 (公噸/日)
·	宜蘭市	3129	27.346	92.013	106.74	31.25
·	羅東鎮	6036	19.977	68.48	79.44	23.26
·	蘇澳鎮	539	12.702	48.023	55.71	16.31
·	頭城鎮	333	8.371	33.632	39.01	11.42
·	礁溪鄉	380	10.247	38.514	44.70	13.09
·	壯圍鄉	683	6.579	26.263	30.47	8.92
·	員山鄉	303	8.865	33.919	39.35	11.52
·	冬山鄉	650	13.96	51.926	60.23	17.64
·	五結鄉	999	10.485	38.827	45.04	13.19
·	三星鄉	156	5.841	22.479	26.08	7.62
·	大同鄉	9	1.561	5.687	6.60	1.93
·	南澳鄉	8	1.532	5.864	6.80	1.99

資料整理自中華民國 87 年宜蘭縣統計要覽 第四十九期

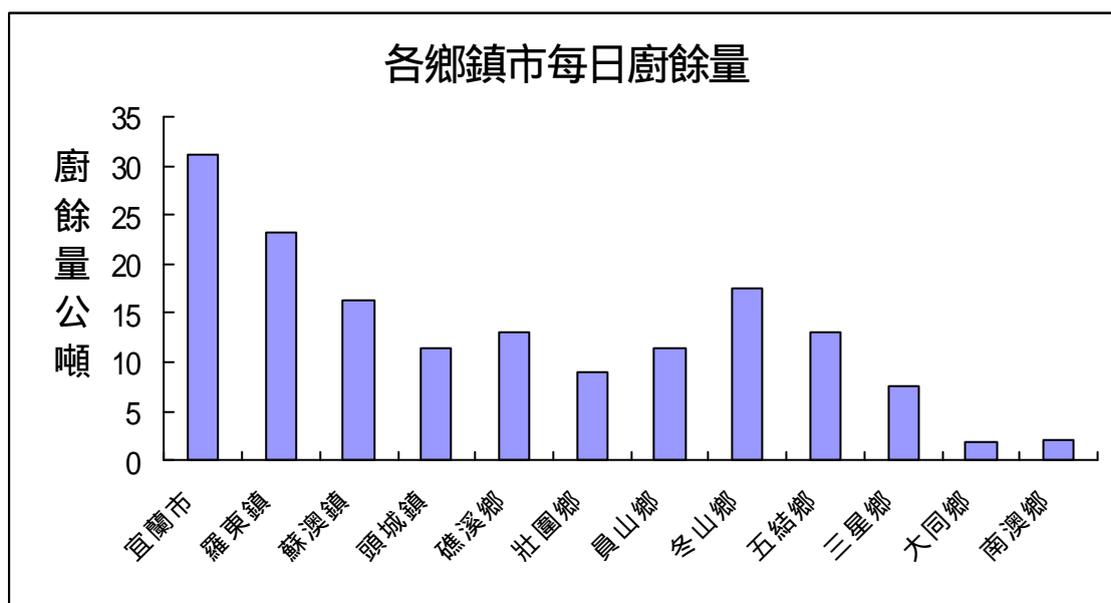


圖 4.9 宜蘭縣各鄉鎮市每日廚餘量

#### 4.5.2.2 貯存—家戶前處理設備探討

##### 一、前處理成本效益分析

依上述選定之八鄉鎮市進行探討，分別為宜蘭市、羅東鎮、蘇澳鎮、頭城鎮、礁溪鄉、員山鄉、冬山鄉、五結鄉等。在此探討家戶廚餘桶設置成本及菌種成本於大規模計畫進行時<sup>115</sup>，是否能符合整體社會經濟效益，並且有何改善建議。分別計算各鄉鎮市之家戶處理總成本與總效益，並經計算後列表 4.9 表示。在此說明計算方式；

**總成本 = 固定成本 + 變動成本**

**總效益 = 產源分類價值 + 有機堆肥市場價值**

詳細說明如下：

- 固定成本：家戶廚餘桶設置成本；每家戶至少需兩只，固定成本為 500 元(每只批發價 250 元)，並每只以使用年限二年計算每月成本攤提成本，每戶每月於固定成本上花費為 20.83 元，再乘以實施戶數（全縣假設八成之參與率）即可得各鄉鎮市之固定月攤提成本（表 4.9 中 A 欄）。
- 變動成本：為每戶每月之菌種成本；假設每月每戶需使用一包菌種粉，每包 120 元，經計算各鄉鎮市之月變動成本如表中 B 欄。因此各鄉鎮市每月總成本為 A 欄+B 欄之和（C 欄）。
- 產源分類價值：為垃圾減量所減少的垃圾處理成本，計算各鄉鎮市每月減少掩埋之廚餘量，其價值以宜蘭縣每公噸單位垃圾掩埋成本 1789 元/公噸計算後列為表中 D 欄。
- 有機堆肥市場價值：為假設各鄉鎮市廚餘產量三成製成堆肥<sup>116</sup>，有機肥市價以每公噸 4000 元計算，經計算後列 E 欄。每月總效益 C 欄+D 欄為 F 欄之值。

<sup>115</sup> 在此定義「大規模」表示由政府所執行之廚餘回收。假設參與率為八成。

<sup>116</sup> 各文獻中資料不一，廚餘製成之有機堆肥產量約為原廚餘量之 3-5 成，因此以 3 成保守估計。

表 4.9 家戶廚餘前處理預估成本效益分析

單位：萬元/月

項目 鄉鎮市	廚餘 處理量 公噸/月	總固定 成本	平均攤 提成本 A	菌種 成本 B	月總成本 C = A+B	平均每噸廚 餘處理成本	產源分類 價值 D	有機肥料 售價 E	月總效益 F = D+E
宜蘭市	750	1093.8	45.6	308.1	353.7	0.4716	123.3	82.6	205.9
羅東鎮	558	799.1	33.3	225.1	258.4	0.4631	82.2	55.1	137.3
蘇澳鎮	393	508.1	21.2	143.1	168.5	0.4288	58.7	39.4	98.0
頭城鎮	273	334.8	14.0	94.3	108.3	0.3967	47.0	31.5	78.4
礁溪鄉	315	409.9	17.1	115.4	132.5	0.4206	49.3	33.1	82.4
員山鄉	276	354.6	14.8	99.9	114.7	0.4156	43.4	29.1	72.6
冬山鄉	423	558.4	23.3	157.3	180.6	0.4270	58.7	39.4	98.0
五結鄉	315	419.4	17.5	118.1	135.6	0.4305	52.8	35.4	88.2

- 廚餘處理量為假設該鄉鎮市有八成居民參與由表 4.8 之廚餘量乘以 0.8\*30 日/月得該欄
- 總固定成本；每戶 2 個廚餘桶\*每個廚餘桶 250 元\*總家戶數\*0.8 參與率。
- 月攤提成本：即總固定成本/24 月。設兩個廚餘桶每個平均使用年限為 2 年（24 個月），
- 月變動成本：總家戶數\*0.8 參與率\*菌種費用每月 120 元。
- 產源分類價值：以減少進掩埋之垃圾量計算，宜蘭縣掩埋之單位垃圾成本見附錄，以縣平均單位成本 1789.7 元/公噸計算。
- 有機肥料售價：假設廚餘量 3 成製成堆肥，有機肥料市場價格假設每噸 4000 元估算。

表 4.9 整理可知，目前宜蘭模式家戶前處理部分，總成本遠超過其造成之總經濟效益，因此以總體社會經濟利益而言呈虧損狀態。再經計算後得知：宜蘭市每公噸廚餘前處理成本需 4716 元，相當於每公斤需 4.716 元，羅東鎮每公噸廚餘需 4631 元，蘇澳鎮需 4288 元，頭城鎮需 3967 元，礁溪鄉需 4206 元，員山鄉需 4156 元，冬山鄉 4270 元，五結鄉 4305 元。在家戶部分的設備處理成本高於目前的垃圾掩埋平均費用（1789.8 元/公噸，見附錄），若再加上未來廚餘收集清運成本、人工成本、最終處理的設場、操作成本，則每公噸的廚餘堆肥成本將逼近目前有機肥料售價（每公噸平均 5000-10000 元）而喪失市場競爭力。因此考慮降低廚餘桶價格或降低菌種費用，並分析其價格敏感度（即單位價格變動對成本之影響）方法如下：

- 1、降低廚餘桶售價：目前一個廚餘桶以統一訂購價 250 元計算。若降低廚餘桶售價分別為現價的 20%（50 元）、40%（100 元）、60%（150 元）、80%（200 元），探討八鄉鎮市的成本效益關係

- 2、 降低菌種費用：目前以每戶每月菌種費需 120 元計算，考慮將售價分別降低為現價之 20%、40%、60%、80%，並探討降低菌種費用對成本效益的關係。

## 二、 價格敏感度分析結果

### 1、 降低廚餘桶售價：

分別將廚餘桶的價格降至 50 元（原售價 20%）、100 元（40%）、150 元（60%）、200 元（80%），計算各鄉鎮市的成本及效益關係，如表 4.10。結果發現無論如何降低廚餘桶的售價，都無法在各鄉鎮市達成盈虧平衡。探究其結果乃廚餘桶是算長期投資成本且平均單價不高，在成本隨時間平均攤提後每月的費用對總成本的影響很小，故對盈虧平衡貢獻不大。然而經分析得知，調低廚餘桶價格雖無法大幅降低總成本至盈虧平衡，但對於不同縣市有不同的果效，見圖 4.10，每降低價格 20%對於宜蘭市及羅東鎮等人口密集、廚餘產生大量的鄉鎮，較可見到壓低總成本的成效，對於人口稀疏的鄉鎮效果較差。

### 2、 降低每月菌種費用：

分別計算降低每月菌種費用至 24 元（原售價 20%）、48 元（40%）、72 元（60%）、96 元（80%），計算各鄉鎮市的總成本及效益關係如表 4.11。圖 4.11 得知降低菌種的費用對宜蘭市、羅東鎮、員山鄉及蘇澳鎮降低總成本效果較好；當菌種費用降低至原價格之 40-50%（約 48-60 元）時，每鄉鎮市均可達成社會成本效益的盈虧平衡。因此，降低菌種價格對總成本的降低是幫助的。長遠眼光觀之，欲擴大廚餘堆肥規模應大量生產菌種以降低成本，以利計畫推動。

表 4.10 廚餘桶單位價格變動對總成本的影響

單位：萬元/月

變動率	20%		40%		60%		80%		100%	
價格	50元		100元		150元		200元		250元	
鄉鎮市	總成本	總效益								
宜蘭市	317.2	205.9	326.4	205.9	335.5	205.9	344.6	205.9	353.7	205.9
羅東鎮	231.7	137.3	238.4	137.3	245.1	137.3	251.7	137.3	258.4	137.3
蘇澳鎮	149.4	98.0	153.7	98.0	157.9	98.0	162.1	98	168.5	98
頭城鎮	97.2	78.4	99.9	78.4	102.7	78.4	105.5	78.4	108.3	78.4
礁溪鄉	118.9	82.4	122.3	82.4	125.7	82.4	129.1	82.4	132.6	82.4
員山鄉	102.9	72.6	105.8	72.6	108.8	72.6	111.7	72.6	114.7	72.6
冬山鄉	162.0	98.0	166.6	98.0	171.3	98.0	175.9	98.0	180.6	98
五結鄉	122.1	88.2	125.6	88.2	129.1	88.2	132.6	88.2	136.1	88.2

資料來源：本研究計算

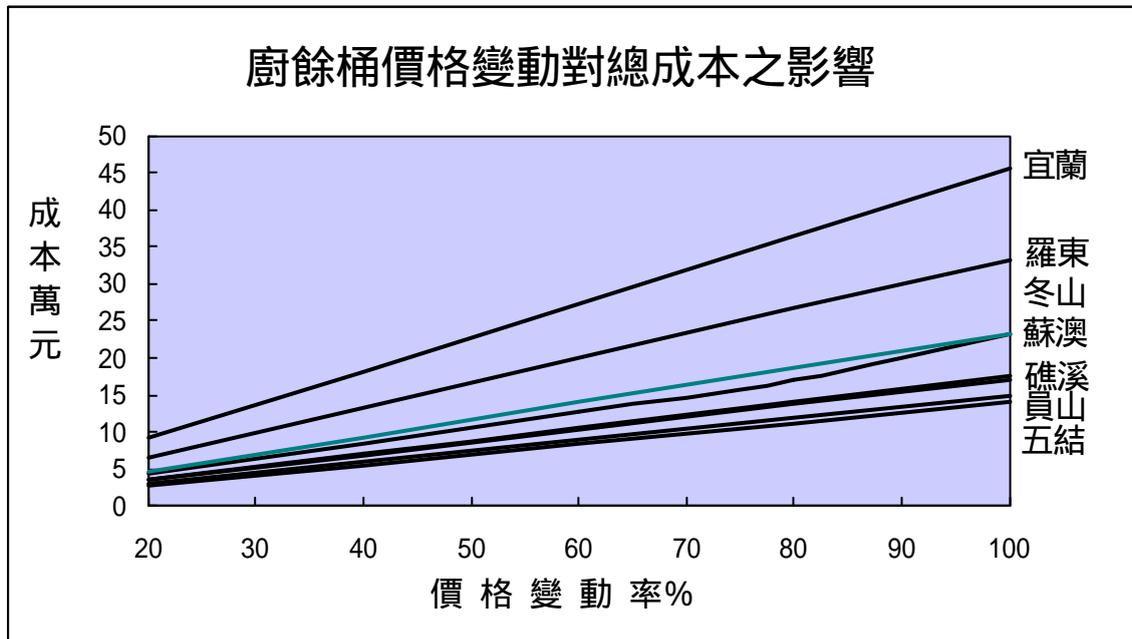


圖 4.10 廚餘桶單位價格變動對總成本之影響

表 4.11 變動菌種價格對總成本的影響 單位：萬元/月

變動率	20%		40%		60%		80%		100%	
價格	24		36		72		96		120	
鄉鎮市	總成本	總效益	總成本	總效益	總成本	總效益	總成本	總效益	總成本	總效益
宜蘭市	143.7	205.9	169.9	205.9	248.7	205.9	301.2	205.9	353.70	205.9
羅東鎮	105.0	137.3	124.1	137.3	181.7	137.3	220.0	137.3	258.37	137.3
蘇澳鎮	70.9	98.0	83.1	98.0	119.7	98.0	144.1	98	168.47	98
頭城鎮	44.0	78.4	52.1	78.4	76.2	78.4	92.2	78.4	108.31	78.4
礁溪鄉	53.9	82.4	63.7	82.4	93.2	82.4	112.9	82.4	132.55	82.4
員山鄉	46.6	72.6	55.1	72.6	80.6	72.6	97.7	72.6	114.68	72.6
冬山鄉	73.4	98.0	86.8	98.0	127.0	98.0	153.8	98	180.58	98
五結鄉	55.1	88.2	65.2	88.2	95.4	88.2	115.5	88.2	136.08	88.2

資料來源：本研究計算

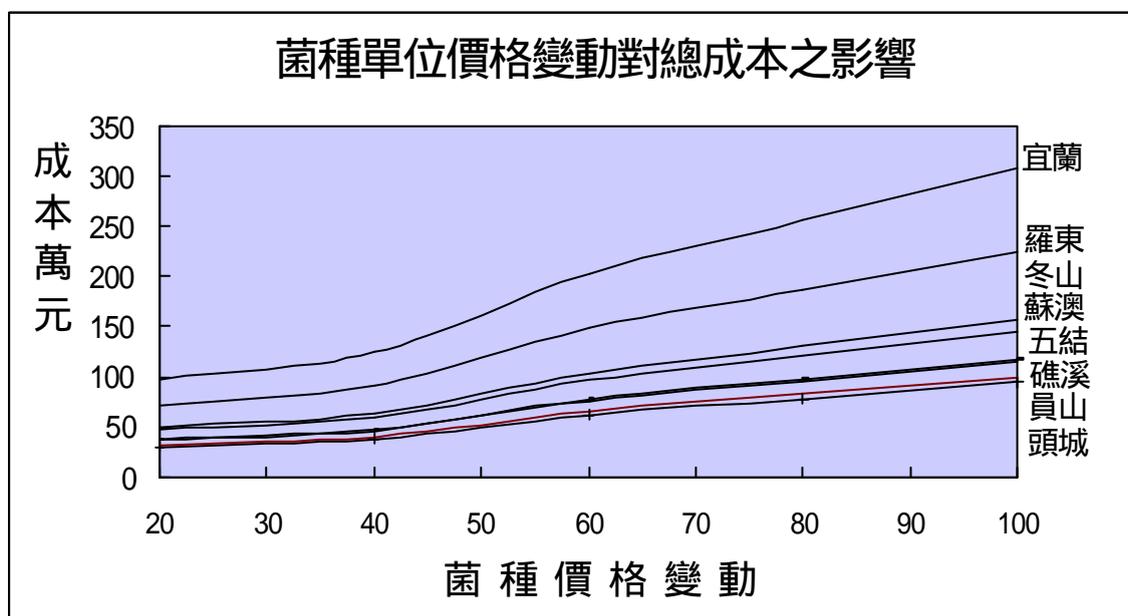


圖 4.11 菌種單位價格變動對總成本之影響

### 4.5.3 宜蘭模式收集清運方式探討

#### 4.5.3.1 回收成效探討

以宜蘭市為例，廚餘收集清運方式採用「廚餘桶定點回收制度」，其預期成效及實際回收成效如下：

· 預期回收成效：依計畫人數推算全縣每月理論垃圾減量應為221.8公噸，以宜蘭市佔全縣人口20%計算每月回收量應達44.36公噸以上。

· 實際回收成效：以市公所清潔隊回收量記錄表4.12為準，由89年1月至4月四個月期間，宜蘭市廚餘經由清潔隊回收統計共有7.7公噸。再依據聯盟88年進行的問卷統計資料顯示<sup>117</sup>，參與者可自行堆肥並消化利用者佔七成，僅三成家戶無法自行製作、利用廚餘而需委託清潔隊代為收集。因此回推宜蘭市全部參與戶在四個月內廚餘回收量為30公噸，平均每月廚餘回收量為7.5公噸。經比較發現宜蘭市每月實際回收量7.5與原先預期回收量44.36公噸有相當大之差距，約只達預期成效的17.2%。分析其原因如下：

#### 1、人數的差距：

預期回收廚餘量過高，可能是計畫預估人數與實際參與人數有差距，造成對預期成效的憧憬，以致於相比較下顯的實際回收成效偏低。

表 4.12 廚餘主要回收點89年度1-4月回收量

89年度	縣政府	宜蘭市公所	大漁翁餐廳	慈懷園	緯綺成衣	環保聯盟	宜蘭市托兒所	小計
1月	3	516	161	64	60	623	122	1549
2月	0	607	324	49	72	499	62	1613
3月	84	658	449	282	81	568	402	2524
4月	42	471	322	175	43	539	425	2017
總計	129	2252	1256	570	256	2229	1011	7703
平均	32.25	563	314	1425	64	557.3	252	--
回收百分比	1.67	29.24	16.31	7.4	3.32	28.94	13.12	100.0

資料來源：宜蘭市公所清潔隊 2000年1-4月廚餘回收統計紀錄

<sup>117</sup> 參見宜蘭縣環保聯盟 1999 《承辦八十八年度有機廢棄物堆肥化處理計畫成果報告》

## 2、計算方式之誤差：

理論廚餘回收量估算方式為平均每人每日垃圾產量 1.12 公斤之 30% 為每人廚餘產量。然而以此種“平均每人每日垃圾產量”計算方式所得之廚餘量僅能代表「都市產出」之廚餘，而非「家戶產出」之廚餘；意即由餐廳、機構、學校產出之廚餘也被列入計算當中。然而據張昭蓉的研究指出<sup>118</sup>，家戶垃圾量約只佔都市垃圾量的 31%，但家戶垃圾中廚餘約佔 50% 甚至更高，因此若重新以法推估預期成效，全縣每月廚餘回收量為 114.6 公噸，宜蘭市每月回收量應為 22.92 公噸，則換算實際回收率為 32.73%。

## 3、回收點成效不彰：

據作者現地觀察，宜蘭市內所設的 12 個常態回收點除部分回收點例如市公所點、環保聯盟點外，其餘回收點之位置均偏離人口集中區，見宜蘭市回收點分佈圖，且並非每回收點都發揮最佳成效，部分回收點已成虛設，例如清潔隊車庫、部分托兒所等。目前宜蘭市採取機動性的通報回收方式，即由各點專人通報清潔隊回收當日之狀況，若無廚餘桶等待清運，則該點不列入當天收集路線。經長期統計較大的回收點如圖 4.12，可看出宜蘭市公所、環保聯盟及大漁翁餐廳為回收量主要貢獻者。市公所佔回收量 29.24%，其回收目標為公所內各單位之午餐廚餘；環保聯盟點回收量佔 28.94%，主要的回收對象為附近住戶、小吃店、文具店；大漁翁餐廳回收

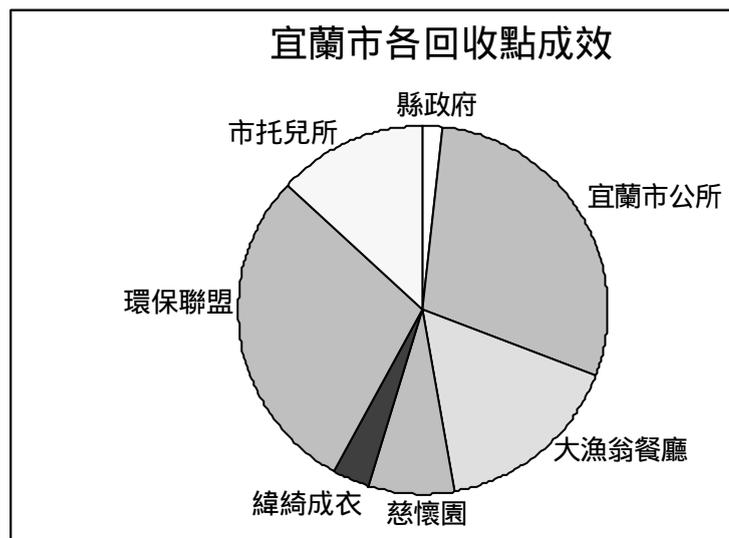


圖 4.12 宜蘭市各回收點成效

<sup>118</sup> 邱昭蓉，1993，《都市家庭固體廢棄物的組成對減量分類回收角色之探討》，未發表之碩士論文。

量佔 16.31%，主要回收對象為該餐廳廚餘。其餘各點的回收成效均不佳，宜蘭縣政府四個月僅回收 129 公斤，平均每月只回收 32.25 公斤、而慈懷園及緯綺成衣等私人點的回收成效每月約 142.5 公斤及 64 公斤。因此，欲增加實際回收量應提高各回收點使用效率，於該點附近加強宣傳與推廣，使各回收點發揮最完善功用。尤其於已設之點更應妥善利用，加強宣導，找出該回收點受限之原因並加以改進。以宜蘭縣政府為例，據縣政府員工表示，該回收點廚餘回收績效差之因素可以歸咎於廚餘產量不多，員工中午以外食或午休回家用餐比例較高，因此於縣政府的廚餘有限；加上縣政府乃新落成建築物，各課室內空間擁擠不易堆置廚餘桶，且辦公人員不願意放置廚餘桶於室內；而室外之公共空間整齊乾淨，亦無適當放置廚餘桶地點。據實地觀察，可供堆置空間僅休息茶水室及洗手間，然而該有限空間亦無法容納附近單位數量眾多之廚餘桶，因此目前欲於新縣政府內欲推廣廚餘堆肥需有完善之空間規劃與教育宣導。而以大漁翁及緯綺成衣回收點為例，該回收點分別以餐廳及家戶廚餘為主，有時每週各點僅 3-4 桶廚餘待回收，對於清潔人力與油耗費成本相當不經濟，建議於該點附近社區加強宣導，促使居民加入回收行列以增加回收清運效率。

#### 4.5.3.2 收集模式探討

以現階段收集清運規模而言仍可負擔目前之廚餘量，然而據實地觀察與訪談<sup>119</sup>綜合結論，目前收集清運處理系統將限制其規模擴大發展之能力。原因在於其清運模式（廚餘桶回收模式）中收集人力與機具負擔過大及最終處理農場無法應付過多廚餘進量等。在此探討以目前回收模式擴大進行時能否負荷，分成回收頻率、回收點數目及位置、回收人力與機具等方面：

##### 1、 回收頻率：

現階段宜蘭市採用公共點定時回收方式以收集廚餘，每星期四中午民眾將廚餘桶放置於回收點，清潔人員規劃收集路線後由資源回收車逐點收集後運至農場，星期五再將乾淨之廚餘桶送回各公共點。在大規模回收進行時，

---

<sup>119</sup> 根據作者多次實地與負責廚餘堆肥之清潔隊員訪談得知，目前清運廚餘桶人力為兩人（宜蘭市）或三人（羅東鎮），每星期需搬卸 60-80 桶的廚餘，體力尚可負擔，然而若回收點增加或參與計畫人數激增則無法應付。

各鄉鎮市的情形如下：

表 4.13 八鄉鎮市的日廚餘量、週廚餘量、廚餘桶數 單位：公噸

鄉鎮市	日廚餘量	週廚餘量	週桶數	鄉鎮市	日廚餘量	週廚餘量	週桶數
宜蘭市	25	192.5	7653	員山鄉	9.2	64.4	2482
羅東鎮	18.6	130.2	5594	冬山鄉	14.1	98.7	3909
蘇澳鎮	13.1	91.7	3557	五結鄉	11.54	80.78	2936
頭城鎮	9.1	63.7	2344				
礁溪鄉	11.54	10.78	1148	總計	112.2	834.60	26240

· 廚餘桶數：依現住戶數（每戶兩桶）x 參與率 0.8 x 7 成 x 1/2(居民隔週 拿出廚餘桶)

表 4.13 廚餘桶數之計算乃假設八成居民參與計畫，並其中七成居民需將廚餘桶經管道統一回收。由表得知若維持原有收集廚餘桶後歸還模式，當規模擴大清運時，以宜蘭市為例，每週便至少有 7653 個廚餘小桶等待清運、回收。若一輛資源回收回收車至多可載送 100 個小廚餘桶，相當於需清運 76.53 次。清運人力需求及運費成本將無法符合成本效益。因此大規模廚餘回收計畫勢必發展出不同的收集、清運模式，才能突破目前的回收管道限制。

## 2、回收點的數目與位置

目前宜蘭市設置 12 個回收廚餘桶之公共點，其中多半為廚餘回收量較大的單位為回收點（例如：縣政府、市公所、學校、或餐廳），並且由圖觀之，目前回收點之位置多半住宅密度較小、較遠離中心之區；若擴大規模進行，在宜蘭市需增設更多回收點以方便民眾回收，尤其於市場區或其他人口密集區中回收點的設置尤其重要。然而現有的回收點成效不彰，可能與回收標誌不清、回收點附近民眾資訊缺乏有關。且根據張明馨<sup>120</sup>研究顯示，民眾對於回收站設置點最願意的選擇為：「在同一街廓的建物」、及「相隔一條街的建物」，顯示民眾對回收點的要求為方便回收、不可離自家住宅太近，並且擔心設置點景觀破壞、環境髒亂等問題，因此是否可再增設回收點需再進行評估。

<sup>120</sup>張明馨，1994，《資源回收站與住宅相容使用之研究-以台北市大安區、中山區為例》。

#### 4.5.4 農場堆肥處理模式探討

宜蘭模式中廚餘再發酵方式乃由接收農場處理，其所採用之方法大多為厭氧發酵法，部分採用好氧發酵法（以圈網進行自然發酵堆肥法）。宜蘭模式中，農場主要以大桶接收廚餘，再密封二至三個月待其腐熟完全。或直接將廚餘在農地挖坑洞埋入地底方式，直接回歸農田。

此種處理有機廢棄物堆肥型式必須謹慎，廚餘乃民眾日常飲食之剩餘，成分理應最乾淨，除廚餘中高鹽分恐造成農田作物種子發芽阻礙或作物發根障礙外，廚餘中並無禽畜排泄物抗生素、致病菌之危害，亦無污泥堆肥重金屬過高之擔憂，廚餘堆肥除腐熟度外應較無其他危害之困擾；然而前人廚餘堆肥之經驗（例如主婦聯盟之兒童育樂中心場堆肥場或美陽社區堆肥場），以設置堆肥場或需待廚餘完全腐熟才可施用於田間，因此無腐熟度問題或危害性之困擾。目前對於無法成立堆肥場之特殊案例該如何處理廚餘，使之確保對環境無危害性，各學科專家學者也多持不同看法，有些廚餘堆肥工作學者認為將廚餘經一、二個星期之初步發酵處理後即可直接埋於土壤中<sup>121</sup>，或生廚餘直接埋入土壤中，利用土壤之微生物群進行好氧分解，可達成微生物生態系統平衡；而有些學者認為小規模於家中有範圍之花圃內可如此行，然而在開放式的農田中恐有線蟲污染農田之擔憂<sup>122</sup>。而宜蘭農場處理模式對植物或土壤之真實影響為何，目前尚無專家針對其施用為完熟廚餘堆肥於農田之研究報告以證明其安全性，故此資料及堆肥處理施用模式急待建立。

本節由堆肥腐熟度角度加以探討，乃因堆肥腐熟與否、品質良劣對作物產量及品質影響甚大，只有全熟肥才可毫無顧忌的施用於耕地土壤中，因為全熟肥不再產生發酵熱、有害氣體、病原及病蟲害，但全熟肥也在其發酵過程中微生物將有機營養份大量消耗，因此肥效損失浩大。相反的，生肥受土壤中微生物分解之後產生各種新鮮有效之有機營養分，可及時提供作物生長所需，但其堆肥過程產生之發酵熱、各種有毒的氣體（氨氣、硫化氫）危害作物<sup>123</sup>，同時因微生物生長與分解需大量氮源及氧氣，引起

<sup>121</sup> 參見《自然農耕-有機報告二》中 鄭家廚餘作堆肥，文中提及台大園藝系鄭正勇教授家中廚餘即在廚餘桶裝滿後及埋入頂樓花園，待1-2個月即可完全腐熟。

<sup>122</sup> 2000.3月訪問台大農化系土壤肥料組吳三和教授之看法。

<sup>123</sup> 張學琨、羅秋雄，1996，《有機農業之土壤培育及有機質肥料製造研習會專刊》。

作物氮飢餓現象及根部缺氧情形<sup>124</sup>。若有機廢棄物中含有大量病原菌或雜草種子，又未經堆肥化產生的高溫過程，其施用於土壤之病蟲及雜草害處遠超過其帶來之好處<sup>125</sup>。

微生物半熟堆肥（菌肥）擁有兩者之優點，乃經由篩選過之有益土壤微生物，例如放線菌、乳酸菌、酵母菌等，皆可分泌不同抗生素或抑病物質以拮抗土壤微生物，使其形成生態平衡<sup>126</sup>，加入有機資材可加速發酵，且在分解初期產生高熱（50-75℃）以殺除病蟲害及雜草種子，接續以適溫（40-50℃）來緩慢分解為半熟肥，此法不但可以培養大量有益微生物，亦可防止將來施用時發酵熱傷及植物根部及氨氣、硫化氫之危害。全熟肥、半熟肥、生肥整理如表 4.14。

宜蘭縣廚餘堆肥模式以半熟肥之堆肥方式，於廚餘中接種有益微生物菌群（光合成菌、酵母菌、放線菌、乳酸菌等）<sup>127</sup>，因此若直接於農田中挖洞掩埋，理論上有益微生物可拮抗土壤中微生物並達成生態系統平衡。

表 4.14 微生物半熟肥與生肥、全熟堆肥的比較

項 目	生肥	半熟肥	熟肥
熱 能	過熱-爛根	適溫-地熱	不生熱
氮 消 耗	造成氮飢餓	消耗，產出平衡	吸收流失而失衡
硫 化 氫	大量產生-爛根	少量產生	不產生
氨 氣	大量產生-發臭	少量產生	不產生
氧 氣	大量產生-缺氧	適量消耗	不消耗
二氧化碳	大量產生	少量產生	不產生
病 原 菌	大量產生-病害	少量產生	極少產生
土壤改良	效果佳	效果佳	效果有限
有機肥效	肥份新鮮有效	肥份新鮮有效	肥份較差

資料來源：李遠豐，1996。

然而，需要注意之事即不可於植物根部附近直接施用，以免有機質發酵過程高溫損傷植物根部。另外宜蘭模式中採取用大桶密閉承裝廚餘，採取厭

<sup>124</sup> 王西華，1985，「固態發酵技術」，《固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文輯》。

<sup>125</sup> 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》。

<sup>126</sup> 李遠豐，1996，「有機農法的概念」，《有機農法》。

<sup>127</sup> 宜蘭縣環保聯盟，1999，《承辦 88 年度「有機廢棄物堆肥處理計畫」成果報告》。

氧發酵待其腐熟方式，所需腐熟時間較長（約需 2-3 個月），據觀察乃因宜蘭多雨氣候，各農場無遮雨設備，無法進行好氣性堆置堆肥，並且堆肥過程需控制水分（太乾燥需灑水），農場主人無法每天監控廚餘狀況，故採用密閉厭氧發酵，避免水分大量散失，以時間換取有機肥。建議在此環境條件下，仍應定時翻堆，增加堆肥曝氣量可縮短堆肥腐熟時間，並應定時將滲出水排出收集，以免堆肥過渡潮濕，影響發酵作用。

#### 4.5.5 廚餘堆肥推廣對象的選擇

目前的宜蘭模式主要推廣對象為社區家庭，逐漸擴展至機構單位（縣政府、市公所、學校）、商業單位（大漁翁餐廳）與其他產量較小、產源分散之住家。而宜蘭縣大型學校，例如羅東鎮北成國小與宜蘭市復興國中也部分加入廚餘回收行列<sup>128</sup>。以學校為單位進行問卷調查有下列目的與優點：產量較穩定、人力支援較充足<sup>129</sup>、並可從中進行環境教育，有些學校校地廣大，甚至擁有進行在場堆肥之條件。因此在對象選擇部分，將目標選定於宜蘭縣國中小學進行廚餘回收探討，而研究方式採用問卷調查，以瞭解目前宜蘭縣各國中小學進行廚餘堆肥之意願與限制。

##### 一、學校問卷調查說明

為了解宜蘭縣境內國民中小學廚餘處理的情況與堆肥的意願，本研究針對宜蘭縣內 99 所國民中小學老師進行一份「學校營養午餐進行廚餘堆肥之可行性與配合度」問卷調查，內容主要針對該校師生的營養午餐中廚餘垃圾處理方式作調查，並調查學校可能面臨的困難與配合意願。

---

<sup>128</sup> 該二校皆為宜蘭縣內師生人數超過 2000 人之少數大型學校。羅東鎮北成國小乃將營養午餐前處理之菜葉殘餘進行堆肥後，交由羅東鎮清潔隊收集清運，而其熟廚餘則另有其餘管道處理，例如由未用過廚餘可由廚工或家長自行取回，吃剩菜飯則由養豬戶收集。宜蘭市復興國中一年級學生於 89 年 5 月開始進行廚餘堆肥，預估往後每星期將有 25 桶廚餘加入回收行列。

<sup>129</sup> 以美國緬因州小學學生進行廚餘堆肥為例，每日由兩三名值日生進行監督、收集、搬運即可。人力需求得以解決，並達到環境教育之目的。參見 M.F,1997,「Recycling Cafeteria Food Residuals」,BioCycle,June.

## 二、問卷內容說明

- 1、瞭解受訪者對目前所屬鄉鎮廚餘堆肥現況的認知，以了解其環境敏感度、並其對宜蘭推行廚餘堆肥的瞭解。
- 2、瞭解該校人數、校地現況。並其營養午餐廚餘處理狀況
- 3、對於該校廚餘堆肥推行之配合意願與困難點
- 4、未來以學校單位進行「在場堆肥」(On-site composting)的可行性
- 5、未來於環境教育課程或教材加入堆肥教育的看法

## 三、問卷結果綜合說明

針對本研究發函 99 份問卷，有效回函 65 份，國小 75 所有 53 所回覆，佔國小比例之 74%；國中 24 所中 12 所回覆，佔國中比例之 50%，並將回覆學校結果列表於附錄以供參考。以下結果分析皆針對有效回函統計而得，經統計顯示宜蘭縣國中小學多以中小型為多數（如表 4.15），總人數在 200 人以下有 23 所，佔 35.38%，300 人以下的小型學校有 32 所，佔 49%。而總人數超過 2000 人以上之大型學校，例如羅東鎮的公正國小、北成國小；

表 4.15 宜蘭縣國民中小學總人數概況

人數範圍	學校總人數						
	1-300	301-600	601-900	901-1200	1201-1500	1501-1800	1801-2500
學校數目	32	14	11	4	2	2	3

問卷資料整理

宜蘭市的復興國中等則為少數。一般說來在宜蘭市、羅東鎮的大型學校校地有限，而鄉村小型學校校地較寬闊。由於此問卷主要針對學校廚餘處理的方式進行調查，並瞭解於校園推對在場堆肥之可行性，故僅說明問題 2-5 結果：

### （一）學校廚餘處理調查結果

目前宜蘭縣全部國民中小學校皆已開辦營養午餐，其營養午餐的生廚餘

與廚餘處理方式探討如下<sup>130</sup>：

(1) 生廚餘：

所謂生廚餘即營養午餐前處理之菜葉莖梗殼骨等廢棄物，學校之處理方式大部分以打包由清潔隊收運，其餘有私人或民間業者收運，少數由養豬戶帶走，統計圖 4.13。值的注意的是已有 10 所學校經宣導開始進行生廚餘堆肥的工作，分別是羅東鎮北成國小（2342 人）、頭城鎮梗坊國小（121 人）、大同國小（144 人）、五結鄉利澤國小（863 人）、員山鄉士敏國小（205 人）、三星鄉大里國小（105 人）、壯圍鄉新南國小（193 人）。國中方面有礁溪鄉吳沙國中（528 人）、蘇澳鎮南安國中（365 人）。由於生廚餘成分較單純、不含鹽類、油脂類、成分較乾、多為外層菜葉、莖梗、玉米軸、蔬果皮、亦有動物內臟、蝦殼等等，在學校進行生廚餘堆肥較熟廚餘堆肥容易、環境清潔容易維持、需用設備與經費較少。目前處理方式為交由清潔隊丟棄有 42 所學校，共 25500 人產生之生廚餘量，十分可惜，因此推廣生廚餘堆肥仍有廣大的發展空間尚待努力。

表 4.16 宜蘭縣國民中小學生廚餘、廚餘的處理方式：

處理方法	學校營養午餐			
	生廚餘	%	廚餘	%
清潔隊處理	42	<u>65.63</u>	1	1.6
堆肥	10	15.63	4	6.3
養豬戶收集	3	1.69	54	<u>84.4</u>
其他	9	14.06	5	7.8

問卷資料整理

(2) 廚餘：

宜蘭縣學校廚餘大部分皆由養豬戶當天載運清理，少部分打包由清潔隊收運，如圖 4.14 分析，另有三所學校進行生廚餘與熟廚餘混合堆肥處理，分別是蘇澳鎮南安國小（635 人）、三星鄉憲明國小（133 人）、宜蘭市復興國中（2937 人）三所學校。其中復興國中位於宜蘭市，由五月開始其廚餘經前處理後由市

<sup>130</sup> 本問卷將學校營養午餐廚餘劃分為二，一為吃剩菜飯，煮熟之廚餘，即一般水分較多之廚餘；二為生廚餘，即廚工於烹飪前處理剩下之菜葉、果皮、蝦殼、玉米軸穗等，為較乾燥廚餘。

公所清潔隊集中回收。由於宜蘭縣境內養豬戶不少，以廚餘養豬可節省養豬戶之飼料費用，故養豬業者多經由學校、餐廳等廚餘量大點收集廚餘，經調查發現有 84.4%學校廚餘由附近禽畜業者接收，因此若將廚餘全數回收製成堆肥目前尚無必要，且易引起養豬戶抗議，因此宜蘭縣大部分學校之廚餘處理目前尚無問題。然而未來養豬政策是否有調整，或是否仍繼續允許使用廚餘當作飼料仍無法臆測，但就理論而言，未來在學校推動生廚餘堆肥仍是可行。

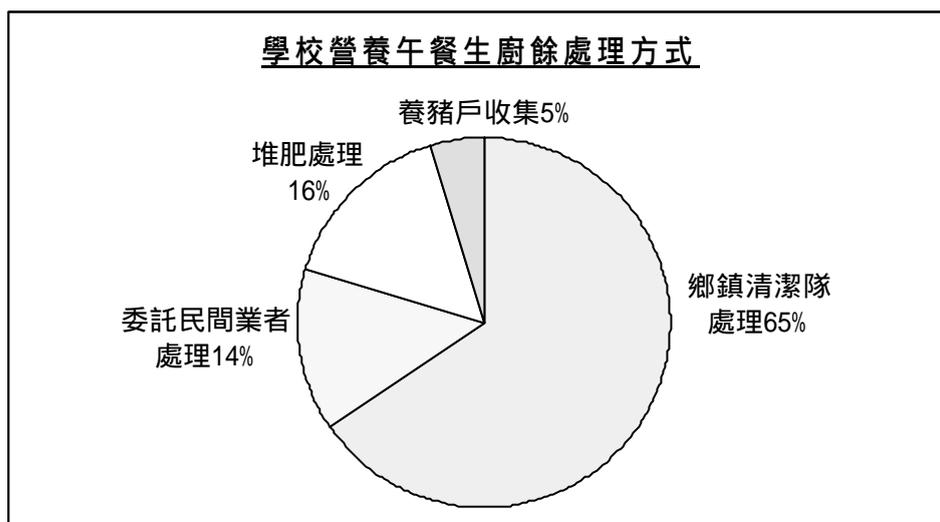


圖 4.13 學校午餐生廚餘處理方式

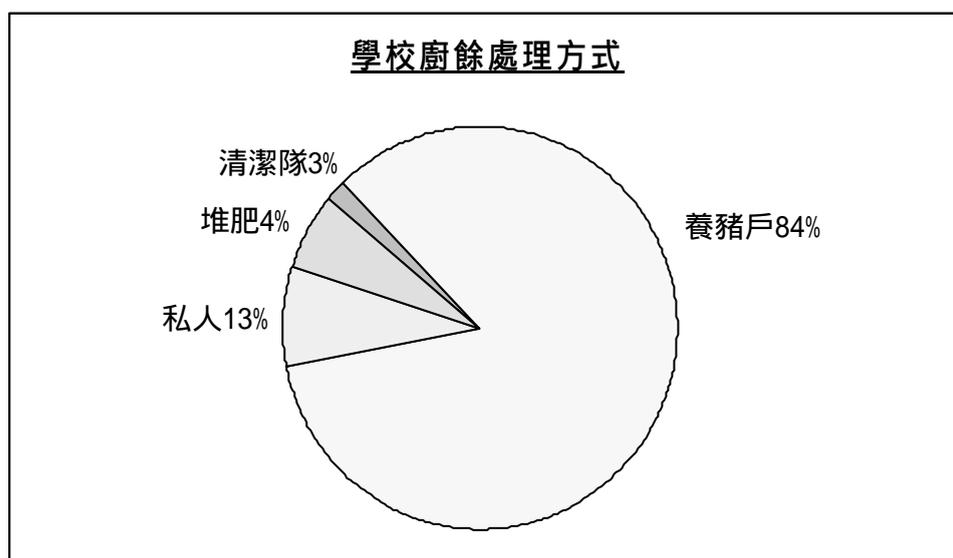


圖 4.14 學校午餐廚餘處理方式

## (二) 廚餘堆肥回收之認知部分：

對於宜蘭縣廚餘垃圾經產源分類並堆肥化回收之必要性，65 所學校師長之意見統計結果如下。由教育者從事觀點出發，多數師長認為應該且必要將廚餘與垃圾分類收集並回收，共佔有 93.85%，顯示將宜蘭縣垃圾問題鋪陳後，多數教育者認為廚餘堆肥可減緩垃圾壓力對宜蘭縣生活品質及環保有助益，而其特殊代表學校之身分亦可顯示於學校廚餘分類回收之必要性。

表 4.17 廚餘與垃圾分離之必要性

選 項	學校數目	百分比%
必 要	53	81.54
可 有	8	12.31
可 無	1	1.54
無 意 見	3	4.62

## (三) 學校困難度與配合度調查結果

既知廚餘堆肥分類回收屬必要性工作，然而實際於學校推行時配合度與困難項目為何，經由問卷整理結果可知學校廚餘堆肥的配合意願及困難指數（代表可行性）。在學校進行堆肥之「配合意願」在此分為 4 級，分別由符號顯示各校對於推廣堆肥之態度：

「配合意願」之分級：

：表示願意全力配合

：表在經費與政策支持下願意配合

：表觀望中、尚未決定

：表無法配合

而「困難指數」乃經由該填寫人自行評估，於該校推動廚餘目前困難或可能之困難，共分八選項，「困難指數」即為所勾選數目之總和，因此共有 0-8，九等級，數值越高表示在該校推動廚餘堆肥的困難度越高，數值為 0 表示在該校推動無困難。以下為可能產生困難之提供選項：

(1) 行政與執行人力不足

(2) 設備與經費短缺（廚餘桶一個 300 元）

(3) 技術與操作有困難

- (4) 怕衍生臭味及蚊蠅等衛生問題
- (5) 收集體系不周全
- (6) 最終處理與堆肥成品的疑慮
- (7) 學校場地有限，無法堆置廚餘桶
- (8) 其他原因

#### 1、配合度部分：

由表 4.18 得知，學校推動廚餘堆肥計畫的配合度很高，結果顯示有 33 所學校即使無政府經費支持仍然願意全力配合廚餘堆肥，佔 50.7%；其中國小 24 所，佔國小部分之 45%；國中有 9 所，佔國中部分之 75%，可見於國中推動廚餘堆肥學校反應較好；而在教育部或相關單位經費補助或政策規定之條件下，學校願意於行政人力上配合之學校有 24 所，大多為人數 600 人以下之小學校，並且其有條件配合因素在於人力不足、經費短缺者皆佔 37.5%，而校地有限無法容納太多廚餘桶者佔 30%，其餘操作困難、品質疑慮或環境衛生問題之因素皆佔 20%，影響較小。

#### 2、困難度部分：

表示無困難的有 23 所學校、只一項困難的有 16 所學校，有二項困難待克服有 12 所學校，以上困難度較小之學校佔 76%。表示高度困難（超過四項困難）或不願意配合的學校比例不高。由此困難指數與配合度統計結果觀之，在學校推動廚餘堆肥是可行的。而其中學校困難因素細項說明：問卷調查由填表人可於下列選項重複選擇，以表示其認為於該校推行廚餘堆肥可能遭遇之阻礙。經整理結果如表 4.19 顯示，學校進行廚餘堆肥困難因素最大部分仍是在行政人力與設備經費之缺乏，由於學校負責相關行政工作多為廚工或校工，或由學生進行教室操作後交由校工管理，或由營養午餐部員工負責，在人力的編制上屬於額外負擔，因此學校多有此方面考量。而於經費需求部分，多數鄉鎮市公所均有廚餘桶經費補助，因此在廚餘桶的設置上應無太大花費，而菌種的使用上花費較大，此部分的經費則需自行負擔，為主要困擾。

表 4.18 學校進行廚餘堆肥困難度與配合度調查表

種類	困難指數									配合度			
等級	0	1	2	3	4	5	6	7	8				
數目	23	16	12	8	5	1	2	0	0	33	24	4	2

表 4.19 學校推行廚餘堆肥困難度項目與比例

困難度選項	學校數目	百分比%
行政與執行人力不足	17	26.15
設備與經費短缺（廚餘桶一個 250 元）	15	23.08
技術與操作有困難	8	12.31
怕衍生臭味及蚊蠅等衛生問題	5	7.69
收集體系不周全	6	9.23
最終處理與堆肥成品的疑慮	13	20.00
學校場地有限，無法堆置廚餘桶	7	10.77

#### （四）學校在場堆肥與堆肥教育之可行性結果

由於國外經驗中，堆肥教育成為環境教育之一環，許多學校成立的堆肥操作與蔬菜園區，成為生態、環境關懷最好的教材<sup>131</sup>，因此本問項嘗試將堆肥於學校落地生根、自給自足的可能性，於堆肥教育部分，除一所學校認為無法進行一所無意見外，其餘均表示願意配合或於教育政策下配合，高達（96.92%），顯示師長認為在宜蘭落實堆肥教育是可行並具正面意義。而在場堆肥部分，除 5 所學校無法達到外，其餘學校均表態應行或可行（高達 92.31%），將原始問項陳述如下：

<sup>131</sup> 見 M.F，1997，「Recycling Cafeteria Food Residuals」，BioCycle，June.

環境教育問項：

· 依國外經驗，學校廚餘堆肥除環保意義外，更為良好之環境示範與行為教育之教材。您認為在課程中加入此種資源保育的教導，以增加學生對土地資源保育的概念是否可行？

是，應全面推廣    可，配合政策    否，師資不足    建議或其他

在場堆肥問項：

· 若有技術指導、經濟補貼，您認為在該校是否有設置固定式堆肥箱以處理廚餘或落葉之可能，或自行消化部分廚餘堆肥成品的可能？（可施用於校園或回饋給社區花園）    是                    否                    建議或其他

該項目明確表達問項之意義，故於未來於政府政策支持、技術指導與經費補貼之周邊條件健全情況下，在場堆肥落實於學校之方案就其意願上應屬可行，並且不少師長於問卷中表達於課程教材加入堆肥環境教育之熱情與正當性。

#### （五）結論

宜蘭縣目前共有 11 所學校進行生廚餘（廚餘）堆肥，佔回覆問卷學校比例 16.92%，可見廚餘堆肥已於宜蘭縣開始萌芽。不少學校經由環保義工或愛心媽媽進行廚餘堆肥操作，並將廚餘堆肥以學校為單位逐漸推廣至社區，成立一個小型供給體系，然而目前並無具體的統計數據或系統化資料。由上述問卷調查結果顯示，於學校推廣廚餘堆肥乃可行之道，若政府健全周邊條件之配合，學校在場堆肥與堆肥教育融入教材皆屬可行。

#### 4.5.6 宜蘭縣有機肥料供需情況

近年來由於農業的轉型，國內農地施肥情形幾乎已經完全由化學肥料取代，引發如土壤酸化或因及約耕作與機械操作導致土壤壓實、有機質缺乏等的問題如表 4.21。宜蘭縣蘭陽平原主要的土壤問題在於土壤酸化、沿海地區鹽化問題與部分地區有機質缺乏情形，基本上仍屬一片淨土、重金屬污染不是很嚴重<sup>132</sup>，但多年來為了農業產品的增產，化學肥料、農藥、殺蟲劑的使用偏高偏多，未考慮農地的保育，過份重視提高產量及增加收益，致使土壤生產力漸漸消退<sup>133</sup>，並因土壤管理不當，導致土壤生產力的諸多因子未加以注意與監控，如表，所述之有機質缺乏、土壤酸化壓實之問題可經由施用有機肥加以改善。

表 4.21 台灣土壤污染源及問題改善對策

項目	意義	主要原因	影響	改善對策
強酸性	pH<5.5	洗滌作用 酸性肥料 酸雨	Fe、Al、Mn 毒害微生物 活動受阻	施用天然石灰物質 施用偏鹼性有機堆肥
排水不良	灰斑在 40-90cm 土層 出現	地下水位高 質地不均 犁底層	根通氣不良 養分吸收受阻等	選擇作物 暗管排水、施用堆肥 作高畦、深耕
有機質缺乏	有機質< 2%	自然環境、 集約耕作 缺乏有機質補充	土壤物理性及生物性差	施有機肥、 重率肥、休耕、草生 栽培
土壤壓實	總體密度 >1.2g/cm <sup>3</sup>	機械壓實 浸水犁耕 自然環境	根係生長受限 影響水分滲透	深耕 施有機肥
鹽化土壤	土壤水飽和 抽出液導電度 >4mmhos/cm	海水倒灌 蒸發>降雨 施肥不當 廢水污染	妨礙植物吸收水分等	選擇作物 洗鹽 注意灌溉水品質
土壤污染	多指八大有害 重金屬含量過 高	主要為水、其次為 空氣、廢棄物、農 業資材等	作物毒害及引起人體病 害	阻絕污染源慎選作物

資料來源：楊萬發，1998，《有機事業廢棄物堆肥處理技術》，經濟部工業局

<sup>132</sup> 陳尊賢，1991，「農業資源」，《宜蘭縣環境品質規劃研究案第一階段報告上冊》。

<sup>133</sup> 李國明，1999，「宜蘭縣推行文旦柚有機栽培技術」，《豐年半月刊》，49 卷，10 期。

而堆肥正有改善土壤物理、化學性質與健全土壤微生物生態系統之功用，因此近年來所推廣之有機農業正是著重於改良土質以栽培健康之作物，此時堆肥於土壤問題之強酸性、排水不良、有機質缺乏與土壤壓實部分皆可改善，因此以下探討宜蘭縣農業堆肥之供需情況。

## 一、宜蘭縣堆肥供給現況：

欲決定推行廚餘堆肥之可行性及必要性，應先估算目前宜蘭縣有機資材之供需情況。目前可供堆肥之有機資材有禽畜糞、太空包廢料、稻穀米糠<sup>134</sup>、木屑<sup>135</sup>等每年共 131,900 公噸，製成有機堆肥之供給量約 43,510 公噸。

## 二、宜蘭縣堆肥需求現況：

首先根據宜蘭縣之農業耕地面積計算其有機堆肥需求量，可分為短期作物及長期作物，由於不同作物對於有機肥之需求不同，平均而言，短期作物每年每公頃施用 4 公噸有機質肥料，長期作物每公頃施用 8 公噸計算<sup>136</sup>宜蘭縣農業堆肥需求如表 4.23。故可知宜蘭縣有機堆肥之供給每年約 43,510 公噸，需求量約 118,200 公噸，需求量遠超過其供給量，故若將家戶廚餘及市場廚餘列入有機質原料，則宜蘭縣每年可增加廚餘堆肥量 20800 公噸。雖仍不足以供給龐大的市場需求量，但顯示其市場具有無窮之潛力，尤其於高經濟價值作物之栽培，例如文旦柚、甜桃、茶園之需求，或花卉園藝等高價值用途亦可獲得滿足，然而首要建立乃品質的確保，以增加消費者之信心，使其喜用廚餘製成堆肥產品。

---

<sup>134</sup> 楊萬發，1998，《有機事業廢棄物堆肥處理技術》，經濟部工業局

<sup>135</sup> 邱應志，1997，《木材加工業廢棄物資源化與成品田間試驗之研究》，國立宜蘭農工環工科。

<sup>136</sup> 楊萬發，1998，《有機事業廢棄物堆肥處理技術》，經濟部工業局

表 4.22 宜蘭縣有機資材產量統計

單位：噸/年

有機資材種類	數量
禽畜糞	57,901
太空包廢料	320
稻穀米糠	13,641
木屑	60,000
原料量合計	131,900
有機質肥料量	43,510

資料整理自：楊萬發、1998，邱應志，1997。

表 4.23 宜蘭縣農業堆肥需求現況

農產		面積（公頃）	有機質肥料需求量（噸/年）
短期作物	水稻	12372	49490
	花生	293	1172
	玉米	30	120
	甘薯	108	432
	其他普通作物	41	164
	花卉	189	756
	蔬菜	3769	15080
	小計	16800	67200
長期作物	茶葉	605	4840
	果園類	3607	28860
	柑橘	2162	17300
	小計	6374	50990
總計	農產品	23170	118200

\*有機質肥料短期作物每公頃施用 4 公噸，長期作物每公頃施用 8 公噸  
資料來源：楊萬發，1998。

## 第五章 健全台灣有機廢棄物堆肥化處理之芻議

廚餘堆肥計畫堆動經由社會、經濟、生態、制度四個面向與家戶單元的結合，成為一健全完整的廚餘堆肥處理體系，每一面向的考量皆影響計畫的成敗，缺一不可。在國內外文獻探討及現況分析中探討過程中發覺政府於廚餘堆肥中扮演極重要角色與地位，在國外之成功案例，更證實政府政策與法規命令對於有機廢棄物堆肥化之重要。唯因國家、地區政經社會背景不同(美國、台灣、韓國制度不同)、文化生活形態差異(都會型、鄉村型)即使同一國家也因環境與社區意識差異而有不同的推動模式。因此廚餘堆肥的推動策略應當因地制宜，以發展適合之模式。然而在法令規範等法源依據的需求，及政府政策的明示則是堆肥工業化、企業化發展之基本條件。

政府在廚餘堆肥策略的採取可依政策決定模式<sup>137</sup>，分為「由上而下」(top-down approach or trickle down system)或是「由下而上」(bottem-up approach or incremental system)模式<sup>138</sup>，以圖 5.1 簡示。所謂「由上而下」模式，即中央政府制訂有機廢棄物處理之政策、目標與方向，再由地區政府根據中央政府訂定之政策，發展區域性之策略或計畫以達成目標值(例如資源回收率的訂定)，此時地方政府可採取不同的策略以因應該地特殊的文化、社經背景，有些地方政府轉而訂定更嚴格的目標值以要求該地區工商業或住宅區達成此目標，然而此種模式有很多現實的困難必須克服，如需要有極大的政治承諾或人民環境意識高昂(呂雅雯，1999)。而「由下而上」的制度乃是台灣地區常採用的模式，經由民間團體的敦促與努力以凝聚成風潮或共識，促使政府對該項議題之重視，然而「由下而上」模式遠不及「由上而下」模式來的有效率，而目前我國之有機廢棄物堆肥化政策(尤其廚餘堆肥政策)正處於此種由下而上模式，因此顯的在政策上奧援不足，在經費上拮据裹足，加上此種模式之推行，各地因地制宜發展不同經驗模式，卻缺乏整體、有系統與有效率之先鋒性質研究計畫，因此無法總結出具體之有機廢棄物堆

<sup>137</sup> 大部分文獻上所指政府政策(Strategy)所指內容皆包括政策(Policy)、計畫(Plan)、方案(Program)常合稱 PPPs。政策是行為最終依循準則；方案是執行政策的短期目標和行為；計畫則是一特定領域上的種種行為活動。在公共政策學上，政策亦是以優先順序排列的一組目標(goals)、計畫則是一組用以達成目標、可以衡量的具體標的(objectives)、而方案則是一組可以達成計畫的特定行動方法(specific action)。參見呂雅雯，1999.6,《政府政策環境影響評估之研究》。

<sup>138</sup> 參見呂雅雯，1999,《政府政策環境影響評估之研究-兼論台灣政府政策環境影響評估之實踐》

肥化建議與政策，因此台灣眾多計畫整體觀之顯的凌亂而無效率。

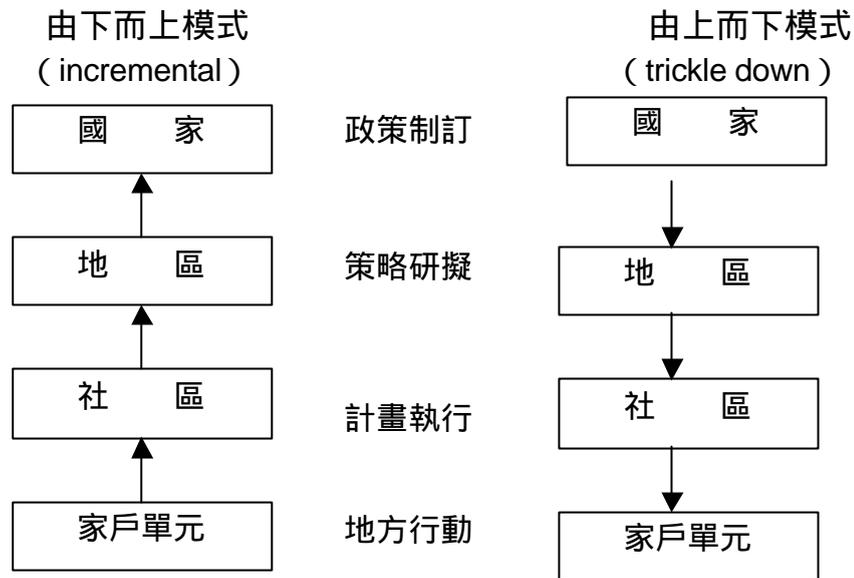


圖 5.1 兩種不同政策制訂與執行模式

資料來源：modified by Glasson(1994:312)、呂雅雯 1999

廚餘堆肥附屬於國家有機廢棄物處理政策之一環，然而我國目前並無有機廢棄物處理政策，放眼世界，有機廢棄物堆肥化已成為垃圾處理之重要或唯一管道時，我國政府的態度應該更加積極，以政策法令制訂未來方向及達成目標，創造有利於堆肥業生存之環境，應參考國外經驗，採取由上而下管制措施方式，藉由政策制訂、策略研擬、計畫執行、地方行動等順序層級而下，以政策為奧援提供地方基層行動有系統化發展，以建立適合台灣之有機廢棄物處理體系。

## 5-1 台灣都市廚餘堆肥化處理之困境

我國都市廚餘堆肥化所面臨之困境，由垃圾管理角度出發，都市有機廢棄物種類眾多，食物廢棄物（廚餘）僅為其一部份，而其排出源主要以家戶為大宗<sup>139</sup>，再者為市場、機構、餐廳等單位，因此產源分散，在管理上亦有

<sup>139</sup> 邱昭蓉，1993，《都市家庭固體廢棄物的組成對減量分類回收角色之探討》

其困難處，由產源排出時應先經分類程序，才可能擁有乾淨堆肥原料，及品質較佳的堆肥成品，並在目前收集清運模式上必須適當調整，而總之目前食物廢棄物堆肥化之困境整理如下：

- 1、垃圾分類：目前家庭垃圾及果菜、批發、零售市場之分類工作不夠徹底，廢棄物製作堆肥來源複雜，不穩定且成分變化大量、難以控制，仍須加強輔導才能配合有機廢棄物堆肥化的政策。
- 2、收集清運處理方式，家戶垃圾方面以目前垃圾二分法之收集方式（垃圾與資源回收物分開收集），因此廚餘仍無法被歸類與回收，若要採取其他收集模式（例如舊金山之 The Fantastic Three 之清運模式），則需從長計議，並進行系統分析；而果菜、批發、零售市場之事業廢棄物多由清潔隊免費協助清運，小部分由市場管理處自行清運，處理方式多送至當地垃圾場掩埋，因此推動市場事業有機廢棄物堆肥政策仍須協調改變市場廢棄物處理的作法。
- 3、成本效益：有機堆肥施用量均以噸計，因其體積龐大、施用及搬運困難，在農村大量缺乏勞力下大幅降低農民使用意願，又施用有機肥的成本比單用化學肥料高出十餘倍左右，因此要有效推廣有機肥，亟需大幅降低製造成本或政策上，以處理廢棄物的方式訂出實際經濟誘因，以協助業者降低成本。
- 4、堆肥技術與法規：有機廢棄物製作堆肥的方法及技術龐雜，影響堆肥品質的變數多，因此對於消費者的使用應保障其權益不至受損，建立一完整的堆肥場設場標準、操作方法流程的準則、使其成品品質受消費者信賴。

## 5.2 有機廢棄物堆肥化處理相關政策探討

### 一、環保單位之堆肥相關政策與探討

目前台灣地區尚未針對有機廢棄物發展管理政策或長程目標<sup>140</sup>，有機廢

---

<sup>140</sup> 目前我國之垃圾管理政策，主要以民國 73 年經建會所提出之「都市垃圾處理方案」為國內垃圾施政之重要目標。其經 80 年修正後對於國內民國九十年之垃圾處理目標為垃圾妥善處理率達 95% 以上及垃圾焚化率達 70% 以上。雖於基本政策上表示以優先進行垃圾資源回收及多元化處理，然而在該項議題上並未列入多元化處理之具體措施與辦法，與資源回收或強制分類之法制化時程。

棄物依其產源及種類，歸類於一般廢棄物或農業廢棄物管理政策下，除了少數經堆肥處理外，多數經由棄置、掩埋或焚化處理。

現階段環保署在有機廢棄物堆肥化處理上，僅停留在基於「廢棄物清理法」所賦予之行政計畫與行政命令的執行<sup>141</sup>。其有機廢棄物之實施策略採取結合事業單位、民間團體、地方政府，以推動有機廢棄物堆肥化示範處理，以市場、中小型都市社區、學校廚餘優先對象成立示範區。例如民國 83 年與農業單位配合的「家庭有機垃圾製作堆肥示範區」、環保署綜合計畫處教育宣導科 85 年度起承辦的「生活環境總體改造計畫」、環保署廢管處 87 年度起承辦的「有機廢棄物堆肥示範計畫」等，此乃為政府在有機廢棄物方面僅有的實施策略。而環保署自定位為「策略制訂者」及「資訊整合提供者」之角色<sup>142</sup>實在弱勢，軟性輔導或經費補助固然是一項政策發展過程中之必然經歷，然而政府目前亦僅止於經費補助發放後即退居觀察、整合者角色，任由計畫自生自滅；民間團體在缺乏堆肥周邊條件的鋪設與宏觀的有機廢棄物政策架構下，台灣地區廚餘堆肥化計畫顯的零碎散亂，計畫間各自發展，無法有效率發展系統化整合以因應不同區域差異。

而政府各單位方面，職權機關在廚餘堆肥承辦權責重疊，並業務分歧現象；橫向機關在平行署會間（環保署與農委會）或部門處室（環保署綜合計畫處與廢管處）間缺乏橫向聯繫<sup>143</sup>，於縱向聯繫上，中央與地方政府對垃圾堆肥的急迫性感受不同，溝通協調亦不足<sup>144</sup>。尤其堆肥化作業牽涉環保、農業、經濟單位之廣泛，政府在各機關上應加強行政協調與合作。綜觀我國有機廢棄物政策仍處於「計畫領導政策，政策催生法律」階段。目前僅能由政府支援之計畫類型或官方發表之言談中揣摩政府對有機廢棄物處理的趨勢與心意，雖然環保署已嗅到國際潮流中有機廢棄物堆肥化處理的趨勢、但缺乏法源依據，無法強制執行垃圾分類<sup>145</sup>；並且亦因都市有機垃圾原料性質多

<sup>141</sup> 「行政命令」與「行政計畫」之說明參見葉俊榮，1993，《環境行政的正當法律程序》，p.15-18。

<sup>142</sup> 參見黃基森，1999，「有機廢棄物堆肥化處理現況及對策」，《生物可分解塑膠技術資訊》

<sup>143</sup> 在資料搜尋過程中，深刻體會環保署各處室間權責劃分細膩卻也各司其職並缺乏聯繫。社區廚餘堆肥計畫分屬農委會、環保署；環保署又分綜計畫處教育宣導科及廢管處，以不同計畫名義補助，部門之間缺乏溝通與協調，在資料管理上又因計畫時間歷經移交業務作業（有機廢棄物堆肥承辦由廢管處移交環保署中部辦公室）而無法有效整合與檢討有機廢棄物處理經驗。

<sup>144</sup> 參見葉俊榮，1993，《還環境行政的正當程序》，p.185。

<sup>145</sup> 劉邦裕，2000，「『強制垃圾分類』制度與資源回收工作績效之實證分析」，《第二屆廢棄物清理國際研討會論文集》。

變性、處理技術不確定其而抱持戒慎恐懼心態以致於前進步伐搖擺緩慢。

## 二、農業單位之堆肥相關政策

相較於環保單位堆肥政策停滯於計畫之層級，農政單位自民國 75 年開始在農業有機廢棄物堆肥化投入相當努力。農委會與農林廳在全省推動農業廢棄物「有機質肥料示範推廣計畫」，至 1996 年底配合此堆肥施用的農地達一萬五千多公頃，同時於全國設置 665 處小面積的堆肥示範區，供農民觀摩比較堆肥使情形。1997 年度重點輔導農家堆肥自給自足。農委會於堆肥的推廣上主要有下列措施：

### 1、輔導農家自給自足有機質肥料：

除輔導農民製造堆肥技術與使用外，農委會補助農家設置簡易堆肥舍<sup>146</sup>；或設置組合式不鏽鋼堆肥箱，兩年來經由農委會所補助的簡易堆肥舍共有 65 處，而堆肥箱計有 315 個。

### 2、補助農家使用商品化之有機堆肥

由農委會與農林廳編列經費以補助一般農民使用商品化之有機堆肥<sup>147</sup>。補助的方式依生產面積大小而定，而其他畜產單位、農會、縣市政府及鄉鎮市農會亦有編列經費補助<sup>148</sup>。

### 3、獎勵區域性禽畜糞堆肥場之設置：依據行政院核定通過之「養豬政策調整方案」及其實施計畫，農委會於民國八十一年訂定「獎勵禽畜糞堆肥場設置輔導要點」，以協助密集飼養地區解決禽畜排泄物污染問題，並促進禽畜糞堆肥之利用<sup>149</sup>，但該要點的輔導對象為各級農會、農業合作社及合作農場設立之禽畜糞堆肥場。

在堆肥相關政策上，環保單位與農業單位規劃層級不同；環保單位將堆肥處理附屬於社區「生活環境總體改造計畫」或「有機廢棄物堆肥示範計畫」之中，並無法源依據，不僅分配經費較少（相較於農業單位），堆肥以短期

---

<sup>146</sup> 農委會補助農家設置簡易堆肥舍之補助方式乃每處堆肥舍面積達 50 坪以上補助 25 萬元，大量生產堆肥的農戶另外補助堆肥翻堆機。

<sup>147</sup> 補助之有機質肥料之品質需符合公訂「一般堆肥」<sup>147</sup>之肥料規格，且領有該規格之「肥料登記證」者為限。目前領有該項肥料登記證業者，包括製造有機質肥料工廠及畜牧業附設之堆肥場計 64 家可供選擇，補助方式：小面積示範區每處示範區施用堆肥 3.6 公噸，補助六千元。大面積推廣部分又可分長期作物每公頃施用堆肥 8 公噸以上補助八千元，短期作物每公頃施用堆肥 4 公噸以上補助四千元。李育義（1999）。

<sup>148</sup> 李育義，1999，「有機肥料推廣現況及品質管理」。

<sup>149</sup> 見中華民國 81.4.17 公佈之「獎勵禽畜糞堆肥場設置輔導要點」農牧字號第 1050105A 號

年度計畫支援，在經費排擠效應下計畫顯的搖搖欲墜。而堆肥化處理於農業政策上雖亦附屬於「養豬政策調整方案」及「有機質肥料示範推廣計畫」裡，但具備相關的法律（肥料管理法、肥料管理規則）及制訂相關要點，在法源上賦予農政單位行政權依據，在農業政策上，堆肥化是長期施政重點之一，除獎勵禽畜糞堆肥場之設置、並在經濟補助與技術輔導農戶有機堆肥之使用，幫助堆肥行銷與市場開拓。

### 5.3 有機廢棄物堆肥化處理相關法令規章

由過去垃圾堆肥場的經驗，深知法令規章與品質管制在堆肥業發展的重要與關鍵性，由於堆肥屬於廢棄物中間處理步驟之一<sup>150</sup>，隸屬垃圾管理單位管轄範圍，然其堆肥成品施用多於農業及園藝上，與農業相關法規息息相關；因此在垃圾管理及農業方面之相關法令規章一併說明如下：

#### 一、 農業觀點之堆肥相關法令規章

（一）法規命令部分，依法規制訂時間順序說明其對於堆肥之相關性。

- 1、「肥料管理規則」：民國 63 年 7 月經濟部農業局（前農委會）訂定「肥料管理規則」，公告各項肥料品目及規格。肥料的輸入、製造、販賣均受此規則管轄，需在肥料輸入販賣或出廠前依照商品檢驗法之規定報請經濟部商品檢驗局檢驗合格，此規則亦將有機質肥料的販賣納入規範。
- 2、民國 65 年公布「肥料級垃圾堆肥」的中國國家標準（CNS），此乃全世界第一個針對堆肥訂出之國家標準。其中對於堆肥成品內涵有詳細的要求與規定<sup>151</sup>，例如有機物、碳氮比、腐植度、水分、酸鹼度、總氮量、總磷酞量、總氧化鉀含量之範圍或最低含量限制，及各項重金屬等有害物質之上限、限制事項、並在包裝及標示上規定。
- 3、肥料管理之母法--「肥料管理法」至 88 年 6 月 16 日才制訂公布。其中對堆肥定義：「指以有機質材料，經發酵腐熟之肥料」。其內容除罰則外，與肥料管理規則多有重複。關於廚餘堆肥相關之第三十三條：農戶或家

<sup>150</sup> 張乃彬，1996，固體廢棄物處理。

<sup>151</sup> 詳見經濟部標準檢驗局，中國國家標準（CNS）垃圾堆肥 類別 N3020 總號 3960

庭自製之有機質肥料供自用無販賣行為者不適用本法規定。

## (二) 行政規定：

由於我國目前並無堆肥之相關法規命令規範，堆肥隸屬於肥料等級，受品目及規格管制其堆肥成品品質；對於堆肥工廠設廠標準、運輸倉儲及成品施用等管理皆無法可管。然而為發展農業廢棄物堆肥化處理，農委會使用其行政權制訂下列要點以促進禽畜糞堆肥化。

- 1、民國 78 年 7 月公告「肥料登記證申請及發證須知」，86 年二次修正。
- 2、民國 78 年 7 月公告「肥料品目及規格表」並於 86 年修正，眾肥料品目中有機質肥料共 25 項，其中堆肥有一般堆肥、蛋雞糞堆肥、樹皮堆肥、垃圾堆肥等五種，其中垃圾堆肥訂有中國國家標準。

### 3、禽畜糞堆肥設置要點：

農委會於民國 81 年 4 月 17 日制訂本要點，適用對象為農民團體（農會、合作社等）設立之堆肥場、公民營堆肥製造業者設立之堆肥場、畜牧場附設之堆肥場等。要點中對設廠位置、雨水、污水排放系統、建築物設計及場區面積等均有規定，並規定其必要處理設施包括原料堆置場、發酵處理場、風乾處理場、倉庫、管理室等；在操作管理、原料運送及公害防治上須符合環保法規之規定。

### 4、獎勵禽畜糞堆肥場設置輔導要點：

農委會依據行政院核定通過之「養豬政策調整方案」及其實施計畫，獎勵區域性禽畜糞堆肥場之設置，促進禽畜糞堆肥之利用。該要點獎勵輔導對象為各級農會、農業合作社及合作農場設立之禽畜糞堆肥場。補助方式除土地經費外，禽畜糞堆肥場的興建工程費及堆肥機械設備費用補助三分之二，但每場最高不超過二千萬元，並其機械設備輸入可免稅等優惠措施。此要點提供經濟誘因以促進集中堆肥場之設立，但其堆肥原料為針對禽畜排泄物，而廚餘等有機垃圾是否可納入此要點規範與補助尚待農委會釋義或修正；但由農委會畜牧科承辦專員表示，廚餘與禽畜糞混合堆肥理應可行，成品只需符合「一般堆肥」規格之管制即可登記成為有機質肥料上市販售。

## 二、廢棄物處理觀點之堆肥相關法令規章：

### 1、廢棄物清理法：

民國 63 年公布，內容針對廢棄物清理的行政上責權歸屬與責任劃分、並

廢棄物清除、處理之運輸、貯存、工具、方法及設備規定依主管機關規定之，本法為垃圾處理之母法對於有機廢棄物僅提供一巨觀之清除處理規範及責任劃分，對於實際廢棄物處理並無特別說明與規定。

## 2、廢棄物清理法台灣省施行細則：

配合「廢棄物清理法」在民國 64 年公布，內容開始要求垃圾的清運（第七條）及垃圾的處理（第八條）<sup>152</sup>方法與設備必須兼顧環境衛生的要求，並於第八條垃圾處理方法中納「堆肥法」為合法的垃圾處理管道，但是對於堆肥法的應有設備、方法、要求及其他內容皆無說明。

## 3、一般廢棄物貯存清除處理方法及設施標準<sup>153</sup>：

直至民國 86 年 4 月公佈中才對廢棄物的「堆肥化」處理有較具體的規定。其中對於「堆肥處理法」定義：『指藉微生物之生化作用，在控制條件下，將一般廢棄物中之有機質分解腐熟，轉換成安定的腐植質或土壤改良劑之方法』。並在第十八條中說明一般廢棄物採中間處理（堆肥化屬中間處理方法之一）各項設施應有之條件<sup>154</sup>。及文中與堆肥相關之「施用於農地之堆肥品，其性質應符合肥料管理規則所定肥料規格之規定但用作安定化之堆肥不在此限」、「施用農地之堆肥，其發酵過程中，發酵堆中心溫度應維持 45 至 70 間及最少七天維持攝氏 50 以上。但添加發酵微生物之高速堆肥不在此限。」此乃對堆肥化處理僅有之描述。

由上觀之，目前我國有機廢棄物堆肥之法令規範項目及詳細內容實在欠缺。目前堆肥的發展承襲著民間團體經驗摸索及農業單位在堆肥上知識的累積，如同以往垃圾處理依靠著傳統習慣進行的階段，沒有專責的垃圾管理機關，亦沒有相映的法律條文加以規範時期<sup>155</sup>；然而現代台灣社會，人口密度高，閒置土地少，垃圾堆肥處理並沒有太大犯錯空間<sup>156</sup>，民眾在垃圾問題中

<sup>152</sup> 廢棄物清理法台灣省施行細則於民國 64 年公布，台北市及高雄市之施行細則相繼於 76 及 77 年公布。

<sup>153</sup> 中華民國八十六年四月二十三日（86）環署廢字第 20560 號。

<sup>154</sup> 「一般廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第十二條中提及，一般廢棄物中間處理設施應符合下列規定：1、具堅固的基礎結構。2、設施與廢棄物接觸的表面採抗蝕材料構築。3、周圍 據防止地表水流入之設備。4、具污染防蝕設備及防蝕措施。5、其他經主管機關公告者。

<sup>155</sup> 北京市環境衛生科學研究所編著，1993，《國外城市廢棄物處理》pp.33 淑馨出版社

<sup>156</sup> 以民國八十八年八月至十一月，宜蘭縣冬山鄉龍德工業區為例，其中之「佳農興股份有限公司」（有機肥料工廠）利用廠區空地露天處理廢棄物，散發惡臭影響環境衛生，遭民眾檢舉，經稽查發現露天進行污泥、雞毛、雞糞、稻穀等調配從事再利用，且無任何防治設備及發酵機器。

夾雜著對堆肥化的高度期待，因此有機廢棄物堆肥處理之流程由產源排出至收集清運、堆肥場處理、操作過程、成品出場、品質分級、堆肥施用等一系列垃圾管理中被忽略的技術若要迎頭趕上，必須先將之法制化，制訂適用之基本法令，賦予地方行政機關基本法源依據，以行使其環境行政權<sup>157</sup>或制訂地方相關條例，以彈性因應區域間差距。

## 5.4 相關法規與制度建議

上述法規規範現況如表所示；左半部為現有之堆肥相關法規，而右半部則為參考文獻中建議之制度或法規，作者依據現有之類似法條或制度建議推動完備堆肥化之周邊條件：

表 5.1 堆肥相關法令規章及建議

	現有法規命令	建議法規命令
法 令 規 章	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 肥料管理規則</li> <li>· 肥料級垃圾堆肥</li> <li>· 肥料管理法</li> <li>· 廢棄物清理法</li> <li>· 廢棄物清理法台灣省施行細則</li> <li>· 一般廢棄物貯存清除處理方法及設施標準</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 垃圾堆肥處理場設置規範與標準</li> <li>· 堆肥品質管制與分級標準</li> </ul>
行 政 命 令	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 肥料登記證申請及發證須知</li> <li>· 肥料品目及規格表</li> <li>· 禽畜糞堆肥設置要點</li> <li>· 獎勵禽畜糞堆肥場設置輔導要點</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 資源回收暨垃圾強制分類制度</li> </ul>

自行整理

故以下針對上述我國法令規章之缺乏部分，作一建議性條列探討，首先是針對垃圾分類之法源依據，再者垃圾堆肥場設置規範，並堆肥品質保證制度及成品分級之探討。

<sup>157</sup> 參見葉俊榮，1993，《環境行政之正當法律程序》。

## 1、資源回收暨垃圾強制分類制度

參考「台中市一般廢棄物資源回收及清除作業辦法」，訂定具強制性之資源回收集垃圾分類之法規命令，以作為告發取締之法源依據。台中市經宣導期、勸導期（拒收）執行期之期程推動並訂定該辦法以賦予法源依據，成功提升垃圾分類及資源回收成效。故欲推動都市廚餘或市場廚餘堆肥化應具有此項周邊條件，以獲得較乾淨之堆肥原料，以免重蹈過去堆肥場失敗之教訓，或經充分宣導教育，可望經由道德勸說改變民眾之分類習慣養成。

## 2、垃圾堆肥處理場設置規範<sup>158</sup>：

在民國 78 年環保署曾經制訂「垃圾堆肥處理廠設置規範」，但設置規範並未獲得採用，因此該設置規範就此核銷。就現況適用性而言，其主要仍針對以未經分類之都市垃圾為堆肥原料來源，因此目前較不合時宜，且時隔十年，現今堆肥技術、儀器與設備上均有時間落差需經修正，然其內容與建議甚詳，包括：

- （1）堆肥化處理之設備（進料供給、前處理設備、發酵腐熟設備、後處理設備、輸送設備、貯存設備、脫臭廢水處理設備、集塵設備等）
- （2）電力儀控設備
- （3）建築物及其設備
- （4）安全措施方面

該「垃圾堆肥處理廠設置規範」堪稱堆肥工廠設置規範與操作指導方針，有此前例使得制訂堆肥場設置規範與操作指導方針之建立有跡可循。此外可依據「肥料管理法」，並參考「農藥工廠設廠標準」訂定“有機堆肥工廠標準或規範”已建立一以環境保護為考量之堆肥工廠管制標準為努力的方向。

## 5.5 堆肥品質管制與分級制度<sup>159</sup>

<sup>158</sup> 行政院環保署，1989，《垃圾堆肥處理場設置規範》。

目前我國的堆肥品質管制以「肥料品目及規格表」之規定為主，有機質肥料計有 23 種、一般堆肥及垃圾堆肥<sup>160</sup>。內容主要規定保證成分（低限%）及有害成分（上限%）及其他規定事項。主要規定保證成分（低限%）之氮、磷、鉀含量或有機質之低限值，部分品目有害成分上限之規定，例如重金屬含量及總鹽分百分比。若未來堆肥化欲擴大規模進行，並設立堆肥工廠量化生產，無論是混合都市垃圾堆肥、經分類之垃圾堆肥、混合下水污泥或其餘農產廢棄物之堆肥，首要工作乃訂定堆肥品質管制流程，建立依堆肥用途、使用率之分級制度，以提高市場使用率、產品競爭力、並建立消費者信任與滿意度，此乃持續擴張、強化堆肥工業之基礎<sup>161</sup>。如下敘述堆肥品質管制系統及堆肥品質分級制度如下：

#### 5.5.1 全面品質管制系統（Total Quality Control System，TQC System）<sup>162</sup>

品質管制系統應用在堆肥上包括其市場調查研究、產品設計、生產檢查至出貨為止等一系列的品管，因此在堆肥生產流程中至少需有（1）進場品質管制、（2）發酵作業前品質管制基準、（3）發酵作業中品質管制基準、（4）堆肥成品品質基準<sup>163</sup>。並且除成品標準外，亦需進行下列項目之品質保證：

- 1、組織及人員：確保執行、監督、查核品保工作並成立品保組織。
- 2、成品品質檢驗：檢驗方法按照 CNS 所規定之肥料檢驗方法進行成品檢驗。儀器及試藥部分亦需符合一定之標準。
- 3、管理制度：堆肥場需具備詳細品管紙上作業流程圖，以便各權責人員對成品品質檢驗之述具或結果可進行追蹤並糾正錯誤。
- 4、成品品質標示：成品包裝出售，其外表必須詳細依規定詳細標誌。

堆肥品質管制流程可依據下列堆肥製造特性要因圖（Cause and Effect Chart）

<sup>159</sup> 參見袁紹英，1985，「堆肥品質管制概要」，《固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文集》。

<sup>160</sup> 「一般堆肥」指利用有機質材料，經過發酵腐熟，而未加入化學肥料、礦物質者，若加入化學肥料等、則以雜項有機質肥料登記，該項肥料不列入政府補助推廣之範圍。參見農委會公告之「肥料品目及規格表」。而「垃圾堆肥」在重金屬含量上的限制較多，參見附錄中 CNS 標準。

<sup>161</sup> The Composting Council of Canada Setting the Standard: A summary of Compost Standards in Canada

<sup>162</sup> TQC (Total Quality Control) :由 1983 年 Feigenbaum 提出，「品質」真正的意涵為「適當的品質」(The Right Quality)，意即在目前生產技術及製程能力下生產消費者能負擔合理價格的「適用品」；而「管制」則應為於前述定之規格標準下應採取的系統措施，包括設計產程、確立目標、評估結果及採取矯正措施等方法。袁紹英，1985，「堆肥品質管制概要」。

<sup>163</sup> 行政院環保署，1989。《研定垃圾堆肥處理效能查核準則》研究報告》，EPA-78-004-39-190

設計製程與檢討分析，其間抽樣及必須由專業技術人擔綱。

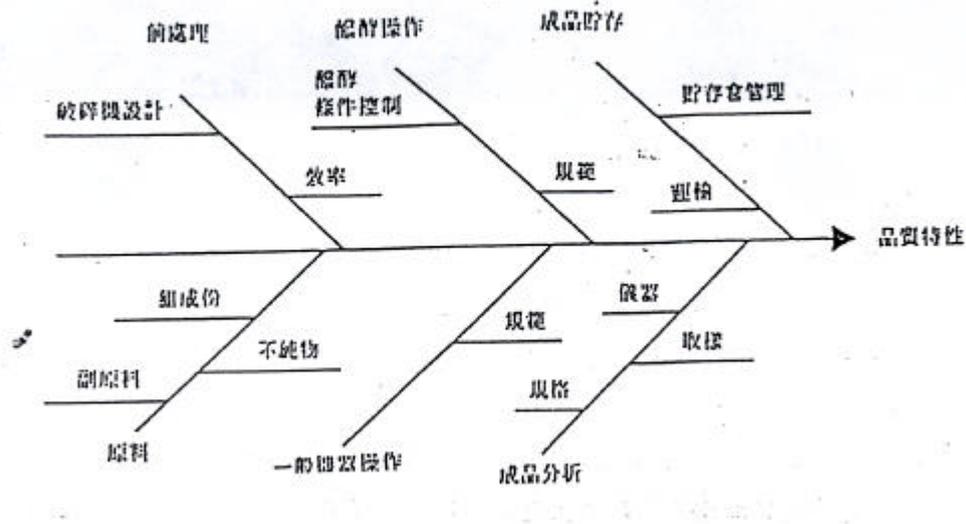


圖 5.2 堆肥製造要因圖

一般而言，堆肥的品質以下列因素判定，1、不純物的問題；2、腐熟度或穩定化；3、堆肥中營養成分；4、堆肥的有害成分。當某項指標品質無法符合要求時，可依上述堆肥製造要因圖檢討並重新整理

堆肥品質管制系統可配合堆肥場之設廠標準，並依業者在堆肥原料的選擇、成品市場的用途與屬性（農業生產用途、園藝用途、公共用途或其他）與品質分級上的要求進行設備技術選擇，並建立一堆肥過程與腐熟度判定標準之指導方針，以避免堆肥廠無標準可管。

### 5.5.2 堆肥品質分級制度

我國堆肥之商品檢驗品目分類方法，主要依其堆肥原料來源分類，例如植物性堆肥、禽畜糞堆肥、一般堆肥與垃圾堆肥。其中管制項目分為保證成分（低限值，%以上）與有害成分（高限值，%以下），在有害成分管制中最重要為重金屬之濃度，其次為腐熟度。在目前我國與垃圾堆肥或廚餘堆肥相關之堆肥品目之重金屬含量限制如下表整理：

表 5.2 我國堆肥重金屬含量限制

單位：ppm

重金屬 種類	禽畜糞 加工堆肥	一般堆肥	垃圾堆肥 ( CNS )	雜項有機質 堆肥
砷 As	40	-	50	20/40
鎘 Cd	-	-	5	0.75
鉻 Cr	-	-	150	1000
銅 Cu	100	100	150	100
汞 Hg	-	-	2	-
鎳 Ni	-	-	25	100
鉛 Pb	-	-	150	-
鋅 Zn	-	800	500	-

資料來源：行政院農委會，1997，肥料品目及規格表

註：垃圾堆肥乃以中國國家標準（CNS 類別 3020 總號 3960）規範之。

未來所生產之廚餘堆肥品質標準應附屬於「垃圾堆肥」之國家標準，因以產源歸類於都市垃圾中有機物質，理應接受垃圾堆肥品質規格之限制，然而該「垃圾堆肥中國國家標準」( CNS ) 於民國 65 年制訂時，其堆肥原料乃為未分類都市垃圾，因此相較於世界其他國家之堆肥規格，CNS 所採取的重金屬管制似乎過於嚴苛，見表 5.3 中整理。雖廚餘中重金屬含量遠低於其他原料，在此規格下應無品質之疑慮，然而對於其他有機廢棄物之堆肥而言（例如廚餘與污泥混合堆肥，或廚餘與農產廢棄物混合堆肥之情況），此項單一規格標準之管制顯得不切實際。

世界各國發展出不同的堆肥品質分級制度，以因應不同市場與用途之需求，亦避免單一化之嚴格管制，導致有機廢棄物因無法達到品質管制而回復以掩埋處理。下列簡述各國堆肥規格之分類方式：以歐盟而言，歐洲標準化委員會（European Committee for Standardization, CEN）於制訂堆肥分級標準主要考量兩種型式與用途，即土壤改良劑及栽培介質；前者乃針對堆肥使用於改良土壤物理性質之目的；後者針對提供植物生長之用途規範。例如奧地利將堆肥分為 A、B 型，並、 級；而比利時依其原料種類分為兩級，德國於 1992 年公布一全國通用堆肥品質標誌（RAL）<sup>164</sup>，堆肥依其原料及用途分為三級；而荷蘭分為兩級。世界各國之堆肥規格分級與重金屬含量關係說明如表 5.4

<sup>164</sup> BioCycle,1995, 「German Composting Update」, June, Vol.36 Issue 6, p14.

表 5.3 世界各國一般堆肥重金屬含量限制比較

單位：ppm

重金屬 種類	台 灣		比 丹 時 麥	法 國	德 國	義 大 利	荷 蘭	西 班 牙	瑞 士	加拿大		
	垃圾 堆肥	一般 堆肥								AA 級 A 級	B 級	
砷 As	50	-	-	-	-	10	15	-	-	13	75	
鎘 Cd	5	-	5	1.2	8	1.5	10	1	40	3	20	
鈷 Co	-	-	10						25	34	150	
鉻 Cr3	150	-	150	-	-	100	500	50	750	150	210	1060
鉻 Cr6	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-
銅 Cu	150	100	100	-	-	100	600	60	1750	150	100	757
汞 Hg	2	-	5	1.2	8	1	10	0.3	25	3	0.8	5
鎳 Ni	25	-	50	45	200	50	200	20	400	50	62	180
鉛 Pb	150	-	600	120	800	150	500	100	1200	150	150	500
鋅 Zn	500	800	1000	-	-	400	2500	200	4000		500	1850

資料來源：Gies, Glenda., 1997, 「Developing Compost Standards in Europe」, Biocycle, October, p.82

表 5.4 歐盟會員國堆肥分級種類

歐盟會員國	分級種類	重金屬濃度 (ppm)					
		Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn
奧地利	Onorm S2020	4	150	100	500	400	1000
	Onorm S2020	0.7	70	42	70	70	210
	Onorm S2022	1	70	60	150	100	400
比利時	Edule vegetables	5	150	50	600	100	1000
	Ornamental plants	5	200	100	1000	500	1500
丹麥	Agriculture uses	0.8		30	120		
	Private uses	0.8		30	60		
法國		8		200	800		
	Blauer Engel	1	100	50	100	75	300
德國	RAL GZ 251	1.5	100	50	150	100	400
	LAGA 2.5	200	8	250	200	750	
	DPR 915	10	510	200	500	600	2500
義大利	Green compost	1.5	1(Cr )	50	100	100	400
	Miscellaneous	3	1(Cr )	100	170	300	1000
	Very Clean Compost	0.7	50	10	65	25	75
荷蘭	Compost	1	70	20	120	90	280
		1	100	30	120	100	400
瑞士	Extra type	0.7	70	40	80	70	250
	category	1.5	100	50	150	100	750
	category	1.5	150	75	150	200	750

資料來源：Genevini,P.L.；Adani,F.1997,「Heavy Metal Content In Selected European Commercial Composts」, Biocycle,Autumn,Vol.5 Issue4,p.31.

然而此種分類而言過於繁雜而缺乏一致性,因此 1994 年學者 Vismara 及 Darriulat 研究建議歐盟採取整合性堆肥品質分為四級,整理如表 5.5,以利堆肥市場之流通與合作<sup>165</sup>。我國未來堆肥規格若能依其原料種類或依用途進行規格分等,制訂不同等級之規格標準,對於擴展堆肥市場與用途大有幫助;以民國 77 年環保署所委託中華顧問公司進行一垃圾堆肥場之環境影響評估報告中<sup>166</sup>,即針對堆肥品質規格提出分級看法,建議以 CNS(垃圾堆肥中國國家標準)為基準劃分三種等級堆肥如表 5.6 所示:一級成品可出售作為農業用途;二級成品可採用半買半送方式,推廣於非食用性植物栽培或商業用途,例如高爾夫球場、園藝、景觀業;三級成品因所含有害成分、不純物質過高而考慮以政府採買作為公共用途,例如邊坡穩定、育林、水土保持等工作,

<sup>165</sup> Gies,Glenda.,1997,「Developing Compost Standards in Europe」, Biocycle, October,Vol.38 Issue 10, p.82

<sup>166</sup> 環保署,1988,垃圾堆肥場環境評估及規劃工作,p.4-64.

其劃分之依據及比例數字，需以環境現況重新基於環境或健康風險分析加以斟酌考量，但其分級立意甚佳，故未來我國於有機廢棄物堆肥工作之推展首要建立其市場公信力及品質保證系統，以確保顧客滿意度，又需顧慮市場需求及環境保護，因此建立一明確之堆肥成品規格分級標準將有利於未來我國堆肥業擴展。

表 5.5 歐洲整合性堆肥品質分等

等 級	原料種類	範圍涵蓋
非常高級 compost of very high quality	生物性廢棄物	奧地利--Onorm S2020 荷 蘭--Very Clean Compost 丹 麥--Private uses
高 級 compost of high quality	分類都市垃圾 食物庭院廢棄物	奧地利--Onorm S2020 德 國--RAL GZ 25
普 級 compost of quality	未分類都市垃圾 下水污泥 工業有機污泥 受污染的有機物質	奧地利--Onorm S2022 德 國--LAGA 2.5
下 級 compost of low quality	受重金屬污染之有機物質	

資料來源：Genevini,P.L.；Adani,F.1997,「Heavy Metal Content In Selected European Commercial Composts」, Biocycle,Autumn,Vol.5 Issue4,p.31.

表 5.6 我國垃圾堆肥成品品質劃分建議

等 級	規 格
一級成品	全部符合 CNS 標準
二級成品	1、有害成分重金屬含量不符 CNS，且超出量在 CNS 百分之二十以內。 2、不純物總含量不符 CNS，且超出量在 CNS 百分之五以內。
三級成品	1、有害成分重金屬含量不符 CNS，且超出量在 CNS 百分之二十以上。 2、不純物總含量不符 CNS，且超出量在 CNS 百分之五以上。

資料來源：環保署，1988，垃圾堆肥場環境評估及規劃工作，p.4-64。

## 第六章 結論及後續研究建議

### 6.1 結 論

#### 6.1.1 宜蘭模式建議與結論

針對宜蘭模式未來擴大推展，本研究有下列結論及建議：

- 1、針對家戶廚餘前處理部分，建議加強參與者之行為教育，尤其於菌種使用量上、廚餘滲出水排出收集、及廚餘桶應在家中存放二星期再將之回收之觀念應加強。
- 2、對於回收點的數目與位置應改善。增加回收點並改善回收點位置。回收點應設置於人口較集中區或市場商業區，特別應重視社區的回收成效。由於目前宜蘭模式以個別散戶進行，故建議再度由社區著手進行，提高社區動員能力，提升廚餘回收率，並進行研究以發覺困難點加以突破。
- 3、目前收集清運模式於未來擴大規模進行時，清潔人力與機具將無法負荷，建議進行收集清運模式再思考，以建立完整並可持續之回收模式。建議若將來擴大模式進行，可利用生物可分解塑膠袋裝置廚餘並經由垃圾車清運，然而前提條件乃需有集中堆肥場之設置，因目前農場處理模式無法承受頻率過高或過大量之廚餘，故首先應建立處理廚餘及果菜市場廢棄物之堆肥場或另尋固定處理方式（例如與禽畜糞堆肥場聯合處理），並展適用之收清運系統，以健全完整廚餘堆肥體系。
- 4、對象之選擇，可考慮輔導學校進行生廚餘堆肥，或於有意願且環境條件允許之學校試辦在場堆肥，或於學校社團活動中加入堆肥教育課程，並探討適用於台灣學校之在場堆肥方式。
- 5、針對宜蘭縣政府，建議制訂強制分類回收之地方法規，建立資源回收暨垃圾強制分類制度作為告發取締之法源依據，以便於推動都市廚餘堆肥化獲得較乾淨之堆肥原料，以免重蹈過去堆肥場失敗之教訓。
- 6、參考國外經驗，建議宜蘭縣行使其環境行政權，訂定地方資源回收標的值及達成時間表。由設定明確垃圾減量標準，以促使各鄉鎮市積極參與資源回收外，並將廚餘堆肥納入回收年終考核系統，強制規定各級政府及機構單位，例如學校、軍營、監獄、政府單位應著手進行廚餘等有機廢棄物回收工作，並施以年終獎懲，並制訂辦法鼓勵工商業、社區團體廚餘回收，落實垃圾減量，並間接促進堆肥業之發展。

7、鼓勵宜蘭縣各級政府單位購買符合環保之綠色產品<sup>167</sup>，並給予經費補貼或其他獎勵；尤其於符合規格堆肥成品之使用與購買，例如面積廣大之冬山河風景管理區、羅東運動公園、宜蘭運動公園、仁山苗圃、牛鬥苗圃等，及其他縣政府管轄之地，於護根物或肥料的採買可改用堆肥產品；或以堆肥於造林之用途，進行宜蘭縣之山地造林與保育，此亦是國外經驗對生態環境有利之投資。

針對宜蘭模式之發展，由民間興起之社區行動，擴展至全民動員、政府參與之全面規模，仍有相當漫長之必經之路。未來於廚餘前處理、貯存、收集、清運模式的選擇，至堆肥場設廠，成品出路的市場考量等，有待政府以智慧與魄力解決，然而以宜蘭縣民高度的環境保護意識與有足夠之環境熱情，加上垃圾掩埋場飽和所產生的垃圾危機，外在環境條件已全備，足夠驅使有機廢棄物堆肥正式於宜蘭落地生根，並且成為台灣第一個實施有機垃圾分類回收之縣市，真正達成其「環保立縣」之宣告。

#### 6.1.2 有機廢棄物堆肥化處理政策建議與結論

針對有機廢棄物堆肥化處理政策，本研究結論及建議如下：

- 1、政府應正視垃圾危機及有機廢棄物堆肥處理解決危機之功效，制訂由上而下完整之有機廢棄物管理政策、計畫策略與實施步驟，研擬系統化之廚餘堆肥收集清運系統研究，避免將經費分散以致計畫零碎無效率，以建立適合台灣地區之有機廢棄物堆肥化政策。
- 2、跳脫舊有垃圾收集清運模式，將有機垃圾視為資源垃圾之一，並發展一般垃圾、資源垃圾及有機垃圾完整收集清運系統，有效提升資源回收率及達成垃圾減量效果。
- 3、獎勵大型堆肥廠之興建以因應世界有機廢棄物堆肥化要求之趨勢，建議以政府公有公營或公辦民營方式，積極興建堆肥廠以解決後續處理問題，並訂定堆肥場設廠規範與操作指導方針，規定其應有之環境污染防治設備，鼓勵堆肥工業但不偏廢環境品質之要求。
- 4、單一規格或過於嚴苛之堆肥品質標準會阻礙堆肥市場之擴張，對於堆肥

---

<sup>167</sup> 詳見「機關優先採購環境保護產品辦法」，中華民國八十八年五月二十六日(88)工程企字 8807262 號令發布、(88)環署管字第 0033532 號令發布

工業亦產生抑制效果，而過於寬鬆之品質標準又產生成品良莠不齊、品質浮濫之弊病。再者我國適用廚餘堆肥之品質規格項目稍嫌繁瑣，而對於其他原料之堆肥品質又過於嚴苛，故建議採取堆肥品質分級制度，以成品品質劃分用途限制，以避免扼殺堆肥業之生存空間。

## 6.2 後續研究建議

由於我國廚餘堆肥乃近年新興發展之領域，有機廢棄物管理政策亦不周全，因此對於後續研究仍有多重限制，相反的亦大有研究發展空間。本研究於資料收集過程中深感我國政府於有機廢棄物管理態度之後知後覺，世界各國已然採取垃圾管理優先級策略以解決垃圾問題，並發展法規與制度上之有機廢棄物管理策略，並具體嚴格實施之際，我國雖有陸續有不同部門（經濟部工業局、農委會、環保署）進行有機廢棄物研究計畫，然而於政策法規層面之缺乏落實，顯出政府高層重視度不足，建議後續研究者採取政府觀點論有機廢棄物管理政策，並檢討我國垃圾管理政策以做為未來我國有機廢棄物堆肥化處理之建議。

## 參 考 文 獻

1. Aboeprajitno, A., 2000, 雅加達固體廢棄物 3R 執行措施,《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集》。
2. Alexander, R. 1997. Application methods Improve Compost Use. Biocycle, June, pp.76.
3. Alexander, R. Compost Markets ?Grow with environmental application. Biocycle, April. Pp43.
4. Alexander, R., Goldstein, N. 1999. Setting metals standards for fertilizers. Biocycle. May. pp66
5. Antler, S. Testing compost fo Agricultural application. ( [www.compost.org](http://www.compost.org).)
6. Bakx, W. 1995. State compost quality council forms board of directors. Biocycle, 36 ( 10 ): 25.
7. Block, D. 1999, Compost Plays Role In Riverfront Restoration. Aukgust, pp.26.
8. Block, D. 1999. Government Financing and Expertise Boost Recycling Businesses. Biocycle. February, pp.45.
9. Bolck, D. 1999, Quality compost From The End Users' Perspective, Biocycle. November, pp57.
10. Chen, E.T. 2000, 美國休士頓是兼顧環境及經濟效益之廢棄物管理方案—廢棄物減量及回收再利用,《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集。》
11. Edwards, J.H., Walker, R.H. 1997. Using organic Residuals on highly erodible soil. Biocycle. February, pp56.
12. Farrell, M. 1997. Haulers Play key role in organics recycling. Biocycle May. pp79.
13. Gang, T.W., Yoo, K.Y., 2000, 漢城是固體廢棄物收費制度之介紹,《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集。》
14. Gillespie, G. B. , 2000, 垃圾即是資源,《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集》。
15. Glenn, J., Block, B.. 1999, MSW composting in the united states. Biocycle November : 42.
16. Glenn, J., Goldstein, N. 1999. Food Residuals Composting In The U.S.. Biocycle. August, pp30.
17. Glenn , The State of Garbage in America , Biocycle, April, pp.60.
18. Goldstein, N., Gray, K. , 1999 , Citizens drive 65 percent diversion system, Biocycle, April. Pp.38
19. Goldstein, N., Block, D. 1997. Nationwide Inventory of food residuals composting. Biocycle.august. pp.46.
20. Goldstein, N., Block, D.. 1999, National Biosolids overview. Biocycle.

December:pp.48.

21. Greater Bancouver Regional District , Buranby , B.C.Banada. Waste Reducion at home. ( <http://www.gvrd.bc.ca/waste/bro/swcomsc.html> , 1999/5/20 下載 )。
22. Greedy, D.R.. 2000. 歐聯成員—英國現今及未來廢棄物管理之執行,《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集。》
23. Ham, R. K. Diggelman, C. 以生命週期資料比較廚餘廢棄物的管理方式,《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集》。
24. Hassan, M. N. , 2000 , 開發中國家之廢棄物管理改良政策—東南亞國家之觀念 , 《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集。》
25. Hayes, J.H. , 2000 , 敏感性廢棄物棄置之選擇—新的方法萌芽 ,《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集。》
26. Henker, P. 1995. Compost quality guidelines approved in california. Biocycle 36 ( 9 ) : 18
27. Kimiting Landfill : A consultation paper on limiting landfill to meet the EC Landfill Directive' s targets for the landfill of biodegradable municipal waste , 1999 , Department of the Environment, Transport and the Regions.
28. Ligon, P. J. Correctional complex launches in to food residual composting.1999. Biocycle 39 ( 7 ) : 33
29. M.F, 1997, Recycling Cafeteria Food residuals. Biocycle June, pp82.
30. Macy, J., 2000, San Franciso Takes Residential Organics Collection Full-Scale. Biocycle. February, pp51.
31. McGarrity, M. 2000. Ontario City Makes Wet-Dry Work. Biocycle. March, pp.60.
32. McGovern, A. Home Composting Makes Major impact. Biocycle. December :30
33. Mitchell, D. 1997. State Highway Departments find it pays to use compost. Biocycle. august. pp67.
34. Morales, B. 1997. Home composting reduces waste. Biocycle. May. pp36.
35. Rahmani, M., Hodges, A., Kiker, C. 1999,Analyzing composst Economics. Biocycle,July, pp66.
36. Rynk, R. , 2000 , Contained composting systems Review , Biocycle , March , pp.30.
37. Scoulding, k., Revel, R..1999. Collecting, Processign and Financign Yard Trimmings Programs. Biocycle, 40 ( 9 ) : 66.
38. Shin, H. S., Han, S. K.. 2000. 堆肥處理之應用與相關政策 ,《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集。》
39. Strauss, N. 2000. The Last 10 Percent Is The Toughest.Biocycle. January, pp35.
40. UK department of the enviroment, transprot and regions. A way with Waste A

- draft waste strategy for England and Wales Part One.
41. United States Environmental Protection Agency, 1997, Innovative Uses of Compost Reforestation, Wetlands Restoration, and Habitat Revitalization.
  42. United States Environmental Protection Agency. 1999. Organic Materials Management Strategies.
  43. United States Environmental Protection Agency. 1998. An analysis of composting As an environmental Remediation Technology.
  44. United States Environmental Protection Agency, 1999, Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States.
  45. 丁全孝, 1998, 『花宜地區水稻有機栽培發展概況』,《農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊》, 台灣省桃園區農業改良場編印。
  46. 中華民國八十七年宜蘭縣統計要覽第四十九期, 1999, 宜蘭縣政府主計室編印。
  47. 中華顧問工程公司, 1988, 垃圾堆肥廠環境評估及規劃工作, 行政院環境保護署計畫編號 EPA-77-004-38-109。
  48. 方廷光, 1982, 速成堆肥製造法,《農友》, 33(6): 29。
  49. 王三郎, 1999, 微生物於堆肥製作之應用。
  50. 王西華, 1985, 固態發酵技術,《固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文集》, p.2-1。
  51. 王西華, 1989, 農業廢棄物在有機農業之利用,《有機農業》, 台灣省台中區農業改良場, p.217。
  52. 王進踦, 1987,《基礎微生物學》, 藝軒出版社。
  53. 王銀波, 1989, 有機肥料在有機農業應用之範疇,《有機農業》, 台灣省台中區農業改良場, p.99。
  54. 王銀波, 1994, 有機物與堆肥分解,《堆肥技術及其利用研討會論文集》。
  55. 王銀波, 1998, 長期施用禽畜糞堆肥之影響,《第一屆畜牧廢棄資源再生利用推廣研究成果研討會論文集。》
  56. 王銀波, 1999, 利用堆肥法處理農牧廢棄物之優點,《農業委員會農業試驗所特刊》第 88 號, p.39。
  57. 王鯤生, 1985, 堆肥化之前處理,《固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文集》, p. 4-1。
  58. 王鯤生、吳昭宏, 1989,《衛生掩埋場及堆肥場除臭技術之開發研究期末報告》, 行政院環境保護署計畫編號 EPA-77-04-10-068。
  59. 王鐘和, 1999, 堆肥施用策略,《農業委員會農業試驗所特刊第 88 號》, p.191。
  60. 北京市環境衛生科學研究所, 1993,《國外城市廢棄物處理》, 淑馨出版社。
  61. 台南市環境保護聯盟, 1998,《有機廢棄物堆肥化處理示範計畫執行成果報告》。
  62. 台灣大學建築與城鄉研究所, 1999, 台北市主要計畫通盤檢討—綠色生態成是規劃, 台北市政府都市發展局。
  63. 台灣省政府農林廳, 1999,《台灣農業年報》。
  - 64.《自然農耕—有機報告二》, 1992。漢聲出版社。

65. 百美特股份有限公司、富源昌環保工程股份有限公司，《有機廢棄物高速發酵簡介》。
66. 竹林征雄，1999，日本廢棄物回收再利用面面觀。《新環境月刊》，November, pp9.
67. 行政院主計處編印，1981，《中華民國七十九年台閩地區農林漁牧業普查報告第十卷宜蘭縣報告》。
68. 行政院研究發展考核委員會，1984，《各國環境污染概況及其防治措施》。
69. 行政院研究發展考核委員會，1997，《廢棄物資源回收制度改進之研究》。
70. 行政院經濟建設委員會住宅都市發展處，1983，《台灣地區都市垃圾標準衛生掩埋處理之研究》。
71. 行政院農委會。1997，《肥料登記證申請及發證須知肥料品目及規格表》。
72. 行政院衛生署環境保護局，1984，《台灣地區區域性垃圾綜合處理計畫第二階段工作 基隆、宜蘭、新竹苗栗地區區域性垃圾綜合處理計畫規劃報告書》。
73. 行政院環保署，1989，《垃圾處理廠設置規範》。
74. 行政院環保署，1996，『各界響應『生活總體改造計畫』參考資料 ( www.epa.gov.tw )
75. 行政院環保署，1999，環境保護統計年報。
76. 行政院環保署，生活環境總體改造計畫響應須知，( www.epa.gov.tw )
77. 行政院環保署，宜蘭縣推行資源回收暨垃圾減量實施要點，( www.epa.gov.tw )
78. 行政院環境保護署，1987，《我國環境保護行政體系與功能之研究》。
79. 行政院環境保護署，1997，『廚餘如何做堆肥』，《垃圾完全分類手冊》。
80. 吳文雄，1998，『柑橘有機栽培實例』，《農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊》，台灣省桃園區農業改良場編印。
81. 呂雅雯，1999，《政府政策環境影響評估制度之研究》，國立台灣大學三民主義研究所未發表之碩士論文。
82. 李文智，1998，家庭廚餘堆肥化處理，《環境教育季刊》，( 36 ): 4。
83. 李月寶，1998，農家有機廢棄資源處理與應用，《台南區農業改良場技術專刊》，p.81。
84. 李育義，1999，有機質肥料推廣現況及品質管理，《堆肥製造技術》，農委會農業試驗所特刊第 88 號，p.17。
85. 李育義，1999，推動合理化施肥及堆肥之利用 ( 下 )，《豐年半月刊》，49 ( 14 )
86. 李育義，1999，推動合理化施肥及堆肥之利用 ( 上 )，《豐年半月刊》，49 ( 13 )
87. 李國明，1999，《宜蘭縣推行文旦柚有機栽培技術》，《豐年半月刊》，49 ( 10 )
88. 李國欽等，1989，《台灣地區土壤重金屬含量調查總報告》，行政院環境保護署。
89. 李勝隆，1997，環保標章商品—堆肥之規格標準誕生。
90. 李遠豐，1996，《有機農法》，禾豐企業集團。
91. 李慧梅、張尊國、安寶運、倪佩貞、劉建民，1990，垃圾分類及資源回收支經濟效益分析模式之研究，《國立台灣大學工程學刊》，48:77。
92. 沈韶儀、王西華，1994，『豬糞堆肥穩定化因子之探討』，《堆肥技術及其利用研討會論文集》。

93. 邢浩然，1999，英國衛生掩埋場沼氣排放管制，《工業污染防治報導》，136：7。
94. 宜蘭縣環保聯盟，1999，《1999年宜蘭縣垃圾白皮書初期大綱》。
95. 宜蘭縣環境保護局，1994，《宜蘭縣環境保護局年鑑》。
96. 於幼華、潘丁白、白健二。1985，《固體廢棄物中有關垃圾處理技術及其管理問題之研究》，國立台灣大學環境工程學研究所環境工程研究報告 NO.101。
97. 於幼華等，1991，《宜蘭縣環境品質規劃研究案》，宜蘭縣政府。
98. 林木連，1994，《土壤肥料》，地景企業股份有限公司。
99. 林木連，1998，《茶葉有機栽培技術》，《農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊》，台灣省桃園區農業改良場編印。
100. 林木連，1999，不同堆肥之特性，《堆肥製造技術》農業委員會農業試驗所特刊第 88 號，p.143。
101. 林正昌、廖秋榮、謝寶全、邱瑞宇、林育生，2000，都市垃圾堆肥化好氣性微生物之篩選，《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集》。
102. 林財旺，1998，優良品質禽畜份堆肥之製作，《第一屆畜牧廢棄資源再生利用推廣研究成果研討會論文集》。
103. 林財旺，1999，禽畜糞堆肥之製造，《堆肥製造技術》，農業委員會農業試驗所特刊第 88 號，p.107。
104. 林財旺、洪嘉謨，1994，禽畜堆肥化處理，《堆肥技術及其利用研討會論文集》。
105. 林碧霞，1999，《推廣家戶廚餘和校園、公園落葉堆肥化處理之研究》，行政院環境保護署八十八年度有機廢棄物堆肥示範計畫。
106. 林鴻祺，1985，《廢棄物堆肥化過程中堆肥品質特徵及其檢定方法之研究》，行政院衛生署環境保護局計畫編號 BEP-74-04-007。
107. 林鴻祺，1994，堆肥材料，堆肥化過程與堆肥品質，《堆肥技術及其利用研討會論文集》。
108. 林鴻祺，1989，都市廢棄物在有機農業之利用，《有機農業》，台灣省台中區農業改良場，p.209。
109. 林鴻祺，1999，堆肥製造原理，《堆肥製造技術》，農業委員會農業試驗所特刊第 88 號，p.49。
110. 松崎敏英、洪家謨，1994，家畜糞之堆肥化處理與腐熟度檢定法，《畜牧半月刊》，49(12)：93。
111. 邱政文，1998，有助於廢棄物處理及農業用途的堆肥系統（有機物回收）及生分解產品所扮演之角色，《生物可分解塑膠技術資訊》。
112. 邱政文，1999，堆肥之現況，《生物可分解塑膠技術資訊》，美國穀物協會。
113. 邱昭蓉，1993，《都市家庭固體廢棄物的組成對減量分類回收角色之探討》。國立台灣大學公共衛生學研究所未發表之碩士論文。
114. 邱應志，1997，《木材加工業廢棄物資源化與成品田間試驗之研究》，行政院環保署 86 年度研究計畫摘要。
115. 南橋，1976，如何化瘠土為肥壤，《農友》，27(1)：19。

- 116.柯三吉、官有垣、羅清俊、楊濟華、江麗姬，1996，《台北市場、社區、學校、機關、果菜殘渣足見化（草稿）》，行政院環保署。
- 117.柏雲昌，1999，《建構前瞻可行的環境保護政策》，國民黨中央政策研究工作會。
- 118.洪忠修，1999，生物性垃圾處理與資源再創—德國有機堆肥處理事例。
- 119.洪崑煌，1989，有機農業之策略，《有機農業》，台灣省台中區農業改良場，p.61。
- 120.看守台灣研究中心，美國機要資料中心，環保聯盟台北分會，1999，《打破焚化爐的神話—你所不知道的焚化爐》。
- 121.美國穀物協會，1999，堆肥與生物可分解塑膠考察團出國報告。
- 122.胡寶林，1998，『邁向二十一世紀的校園環保和公園堆肥』，《都市活的希望，人性都市與永續都市的未來》，台灣書店。
- 123.翁震焯，1998，送風供氧技術在禽畜糞堆肥處理之應用，《第一屆畜牧廢棄資源再生利用推廣研究成果研討會論文集》。
- 124.耿紹基，1996，《台北縣市場、社區、學校、機關、果菜殘渣儲餘再利用示範計畫草案》，台北縣環境保護局計畫。
- 125.袁紹宗、袁紹英，1986，固體廢棄物堆肥化處理—市場及產銷，《台灣環境衛生》，18(2): 59。
- 126.袁紹英，『廢棄物堆肥化過程的微生物作用』，《堆肥技術及其利用研討會論文集》。
- 127.袁紹英，1985，堆肥的品質管制，《固體廢棄物堆肥化處理技術言討論會論文集》，p.3-1。
- 128.高銘木等，1999，《台南縣社區與學校除於堆肥化與資源回收利用示範計畫》，台南縣環境保護局。
- 129.張乃斌，1997，《固體廢棄物處理》，三民出版社。
- 130.張仲民，1988，《普通土壤學》，國立編譯館。
- 131.張明馨《資源回收站與住宅區相容使用之研究—以台北市大安區、中山區為例》，國立政治大學地政研究所碩士論文。
- 132.張美麗，1998，『打造一座環保生態社區』，《新環境月刊》，pp. 18
- 133.張祖恩，1988，《一般廢棄物管理政策之研究》，行政院環保署。
- 134.張學琨，1998，『有機農業的現況與展望』，《農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊》，台灣省桃園區農業改良場編印。
- 135.張學琨、羅秋雄，1996，《有機農業之土壤培育及有機質肥料製造技術研習會專刊》，桃園區農業改良場。
- 136.張瓊婷，1999，《台灣資源回收政策變遷之分析》，台灣大學三民主義研究所未發表之碩士論文。
- 137.教育部、行政院農業委員會、行政院環保署，1997，校園環保生態教材原設置計畫。
- 138.清河譯，1976，堆肥製作法，《農友》，27(12): 24。
- 139.陳富英、林娟如、林博誠，1998，『長期施用有機質肥料與化學肥對蓮霧生育產

- 量品質及土壤性質影響』，《農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊》，台灣省桃園區農業改良場編印。
- 140.游以德、汪銘生、何玉惠，1991，《台灣都會地區垃圾處理用地取得民眾參與可行性之研究》，行政院國家科學委員會。
- 141.黃敏，1976，合力克服洋菇困難問題，《農友》，27(12): 27
- 142.黃山內，1989，有機農業之發展及其重要性，《有機農業》，台灣省台中區農業改良場，p.21。
- 143.黃世孟、李永展，1992，《辦公室資源回收行為之研究--以台北市為例》，行政院國家科學委員會研究計畫成果報告，計畫編號 NSC81-0421-H-002-12-Z。
- 144.黃振育等，1996，『家庭廢棄物資源化分選特性之研究』，《第十一屆廢棄物處理技術研討會論文集》
- 145.黃國青，1998，環保的農業於有機農場—堆肥場，《台灣農業》，34(3): 32。
- 146.黃澄月、江美偉、蘇珊，1992，《實驗社區婦女參與廢棄物處理之方案研究以當：以大直永安社區為例》。中華民國社區發展研究中心。
- 147.黃錦明，1991，《都市固體廢棄物理化特性分析及資源回收之探討—以台北市為例》。國立台灣大學環境工程研究所未發表之碩士論文。
- 148.新環工程顧問股份有限公司，1989，《研訂垃圾堆肥處理效能查核准則研究報告》，行政院環境保護署。
- 149.楊秋忠，1989，微生物應用在有機農業之角色，《有機農業》，台灣省台中區農業改良場，p.105。
- 150.楊盛行，1998，高溫菌在畜糞堆肥中製作上之應用，《第一屆畜牧廢棄資源再生利用推廣研究成果研討會論文集》。
- 151.楊盛行、魏嘉碧、鐘仁賜，1994，『果菜廢棄物之產出及其堆肥化』，《堆肥技術及其利用研討會論文集》。
- 152.楊萬發，1998，《有機事業廢棄物堆肥處理技術》，經濟部工業局。
- 153.經濟部，1990，《經濟部七十九年度研究發展報告—堆肥用菌種製劑之開發研究》，經濟部。
- 154.葉俊榮，1993，《環境行政的正當法律程序》，三民書局。
- 155.葉玲君，《廚餘做的有機肥，民眾說好用》，聯合報，1997.6.11，第十三版。
- 156.鄒燦陽，2000，一般事業廢棄物以在利用方式處理缺失之探討—以宜蘭縣轄內查獲違規案件為例，《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集》。
- 157.鄒燦陽，2000，有害（或不明）事業廢棄物遭任意棄置稽查處理技巧之探討—以宜蘭縣環境保護處理石綿及集塵灰為例。《第二屆廢棄物清理實務國際研討會論文集》。
- 158.廖大牛、吳落健，1987，《山坡地農村地區綜合發展示範規劃報告—宜蘭縣中山村》。台灣省政府農林廳山地農牧局編印。
- 159.廖孟儀，1999，《建立生態社區準則之研究—以苗栗縣獅潭鄉聚落為例》，台灣大學環境工程研究所未發表之碩士論文。

- 160.趙震慶、王銀波，1998，『農畜產廢棄物對農田土壤肥力及生物性質之影響』，《農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊》，台灣省桃園區農業改良場編印。
- 161.蔡永峰，1998，快速堆肥製造技術研究，《農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊》，台灣省桃園區農業改良場編印。
- 162.蔡孟穎，1999，『評台北環保社區化推動方案』，《新環境月刊》，pp19.
- 163.蔡宜峰、莊作權、黃裕銘，1994，『堆肥化因子對堆肥中營養要素成分含量之影響』，《堆肥技術及其利用研討會論文集》。
- 164.蔡宜峰、陳清文、謝順景，1993，堆肥製作及肥效之研究，《畜牧半月刊》49(12): 93。
- 165.鄭正勇，1989，果園有機栽培法的探討，《有機農業》，台灣省台中區農業改良場，p.113。
- 166.鄭健雄、蔡宜峰，1996，農村地區廢棄物堆肥化處理與利用之規劃研究，台灣農業。32(2): 59。
- 167.鄭福田，1987，《台北市機關學校廢棄物收集及分類之研究》，台北市政府研究發展考核委員會。
- 168.鄭福田等，1982，《都市垃圾幾種處理方式研討》，台灣大學環境工程學研究所。
- 169.鄭雙福，1989，有機農業系統的營養循環，有機農業，台灣省台中區農業改良場，p.89。
- 170.環境保護業務常用法規彙編，1991，台灣省政府環境保護處。
- 171.謝欽城，1999，各種堆肥設備之簡介，農業委員會農業試驗所特刊第 88 號，p.27。
- 172.謝欽城，1999，如何控制堆肥品質，農業委員會農業試驗所特刊第 88 號，p.65。
- 173.謝錦松，1985，台灣過去垃圾堆肥處理廠評估，固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文集，p.1-1。
- 174.鍾茂樹，2000，禽畜糞堆肥場之處理模式，生物資源 生物技術，2(1): 26。
- 175.簡宣裕，1999，堆肥品質鑑定方法，農業委員會農業試驗所特刊第 88 號，p.73。
- 176.簡宣裕，1999，菇類木屑堆肥製造，。農業委員會農業試驗所特刊第 88 號，p.91。
- 177.簡宣裕，1999，製造堆肥時材料的碳氮比及水分含量之調整，農業委員會農業試驗所特刊第 88 號，p.59。
- 178.簡宣裕、林財旺，1998，『農產廢棄物堆肥製造技術研究』，《農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊》，台灣省桃園區農業改良場編印。
- 179.魏國棟，1996，《台灣地區廢保特瓶回收政策之探討》，中興大學資源管理研究所未發表之碩士論文。
- 180.羅月鳳譯，1992，《資源回收指南》，台灣地球日出版社。
- 181.嚴式清，1989，畜牧廢棄物在有機農業之利用，《有機農業》，台灣省台中區農業改良場，p.229。

## 附錄一 宜蘭縣國民中小學廚餘堆肥問卷調查

學校名稱：\_\_\_\_\_ 出席者：\_\_\_\_\_ 校長/老師

位址：\_\_\_\_\_ 電話：\_\_\_\_\_

Email: \_\_\_\_\_ 傳真：\_\_\_\_\_

### 垃圾處理現況調查

1、您知道目前宜蘭縣垃圾處理的方式為何？（可複選）

衛生掩埋場掩埋（註） 露天掩埋（註） 鐵鋁罐資源回收 廚餘堆肥

註：衛生掩埋場：經工程設計，垃圾場底部具不透水布，無污染地下水問題，可能有氣味問題，達使用期限可再規劃成為綠化/運動公園。

露天掩埋：無工程設計規劃之垃圾堆置處，有污染土壤及地下水疑慮。

2 宜蘭縣垃圾掩埋場將屆使用年限，依您個人的觀點未來最佳垃圾處理方式為何？

垃圾焚化 增加衛生掩埋場 綜合處理(多元化：回收、堆肥、焚化掩埋)

### 學校現況調查

3、貴校教職員工數目為\_\_\_\_\_人

4、學生人數為\_\_\_\_\_人

5、學校佔地大小：\_\_\_\_\_坪

6、是否開辦營養午餐 是，由學校餐廳供應（續答第 7、8 題）

統一定便當（跳答第 9、10、11 題）

自備（跳答第 12、13、14 題）

7、目前由餐廳負責烹飪、供應營養午餐。請問烹煮前菜枝葉梗、果皮、魚肉之廢棄物如何處理？

與一般垃圾混合處理，交由清潔隊收集

委託交由清除業者處理（\_\_\_\_\_公司）

堆肥處理，由清潔隊處理

其他：\_\_\_\_\_

8、吃剩菜飯是否收集 是 否

如何處理？ 交由養豬戶 交由清潔隊 其他

.....跳答第 15 題.....

9、是否有意願改辦營養午餐？ 是，(將於 年 月開辦)  
否

10、學生吃剩菜飯是否與垃圾分開收集？ 是(續答 11 題) 否

11、如何處理吃剩菜飯？ 交由養豬戶統一收集 由清潔隊收走  
其他：\_\_\_\_\_

..... 跳答第 15 題 .....

12、午餐由學生自備便當，是否有有意願改辦營養午餐？  
是，(將於 年 月開辦) 否

13、吃剩菜飯是否收集？ 是 否

14、如何處理收集之吃剩菜飯？ 交由養豬戶 交由清潔隊 其他

請繼續作答.....

15、參觀北成國小的廚餘堆肥經驗，依您評估在您學校中是否可加以推動？  
有否施行困難？

人力支援不足

設備經費短缺 (堆肥桶一個 300 元)

技術有困難

怕衍生臭味及蚊蠅問題

收集體系不周全

最終處理及堆肥成品的疑慮

學校場地有限，無法堆置堆肥桶

其他原因：\_\_\_\_\_

### 環境教育與行為調查

16、您認為將廚餘等有機物由垃圾中分離措施之必要性為何？

必要 可有 可無 目前無此必要

17、您是否願意推動此學校廚餘堆肥之計畫

是，願意全力推動配合

是，在政府計畫與經費補助下配合

否，可能有實際層面的困難：\_\_\_\_\_

觀望中

其他

18、依國外經驗，學校廚餘堆肥除環保意義外，更為良好之環境示範與行為教育之教材。您認為在課程中加入此種資源保育的教導，以增加學生對土地資源保育的概念是否可行？

是，應全面推廣    可，配合政策    否，師資不足    建議或其他

19、若有技術指導、經濟補貼，您認為在該校是否有設置固定式堆肥箱以處理廚餘或落葉之可能，或自行消化部分廚餘堆肥成品的可能？（可施用於校園或回饋給社區花園）    是                      否                      建議或其他

20、謝謝您填寫此問卷！ 再次徵詢您同意，若必要可否再次詢問、探訪您的意見以供更詳細的資料分析處理                      可                      否

**本問卷到此結束 謝謝您寶貴的意見與指導！**

附錄二 宜蘭縣國民小學生廚餘、廚餘堆肥可行性評估

鄉鎮市	國小名稱	總人數	生廚餘	廚餘處理	困難指數	配合度
宜蘭市	七賢國小	119	清潔隊	養豬	2	
宜蘭市	育才國小	323	清潔隊	養豬	6	
羅東	公正國小	2471	委 託	養豬	1	
羅東	北成國小	2200	堆 肥	養豬	0	
羅東	羅東國小	1408	清潔隊	養豬	1	
羅東	竹林國小	845	清潔隊	養豬	2	
蘇澳	大洲國小	232	清潔隊	養豬	0	
蘇澳	永樂國小	68	清潔隊	養豬	1	
蘇澳	育英國小	517	委 託	養豬	2	
蘇澳	蓬萊國小	215	清潔隊	養豬	4	
蘇澳	岳明國小	120	清潔隊	-	5	
蘇澳	南安國小	635	堆 肥	堆肥	3	
蘇澳	蘇澳國小	1255	清潔隊	養豬	0	
頭城	竹安國小	283	清潔隊	其他	1	
頭城	梗枋國小	121	堆 肥	養豬	0	
頭城	頭城國小	1805	清潔隊	養豬	0	
頭城	頭城分校	52	清潔隊	-	1	
頭城	大同國小	144	堆 肥	清潔隊	1	
礁溪	四結國小	646	清潔隊	養豬	2	
礁溪	玉田國小	243	清潔隊	養豬	3	
礁溪	龍潭國小	615	清潔隊	養豬	2	
五結	利澤國小	863	堆 肥	養豬	0	
五結	孝威國小	292	--	養豬	0	--
五結	五結國小	905	委 託	養豬	1	
五結	中興國小	385	清潔隊	養豬	3	
員山	同樂國小	623	委 託	私人	3	
員山	士敏國小	205	堆 肥	養豬	2	
員山	內城國小	273	清潔隊	養豬	4	
員山	內城分校	70	清潔隊	其他	0	
冬山	冬山國小	1190	清潔隊	養豬	0	
冬山	大湖國小	337	養 豬	養豬	0	
冬山	大進國小	60	清潔隊	養豬	1	
冬山	東興國小	349	清潔隊	養豬	1	
冬山	廣興國小	706	委 託	其他	3	--
三星	萬富國小	138	清潔隊	養豬	0	
三星	憲明國小	133	--	堆肥	3	

鄉鎮市	國小名稱	總人數	生廚餘	廚餘處理	困難指數	配合度
三星	大里國小	105	堆肥	養豬	0	
三星	三星國小	653	清潔隊	養豬	0	
三星	大福國小	284	清潔隊	養雞	1	
壯圍	壯圍國小	411	養豬	養豬	2	
壯圍	過嶺國小	168	清潔隊	養豬	1	
壯圍	新南國小	193	堆肥	養豬	1	
壯圍	公館國小	385	清潔隊	養豬	2	
南澳	金岳國小	56	養雞	養雞	0	
南澳	武淵國小	230	清潔隊	養豬	1	
南澳	武塔國小	50	清潔隊	養豬	0	--
南澳	東澳國小	78	委託	養豬	2	
南澳	南澳國小	127	委託	養豬	1	
南澳	馬賽國小	977	委託	養豬	0	
南澳	南山國小	133	清潔隊	養豬	4	
大同	四季國小	190	清潔隊	養豬	0	
大同	寒溪國小	65	清潔隊	養豬	0	
大同	三民國小	430	清潔隊	養豬	1	
宜蘭	復興國中	2937	堆肥	堆肥	0	
宜蘭	宜蘭國中	1048	委託	養豬	4	
宜蘭	中華國中	1103	-	-	0	-
蘇澳	蘇澳國中	788	清潔隊	其他	2	
蘇澳	文化國中	760	清潔隊	養豬	6	
蘇澳	南安國中	365	堆肥	堆肥	0	
礁溪	吳沙國中	528	堆肥	養豬	2	
員山	員山國中	760	清潔隊	養豬	0	
員山	榮源國中	189	清潔隊	養豬	1	
冬山	冬山國中	570	清潔隊	養豬	4	
五結	五結國中	489	清潔隊	養豬	3	
三星	三星國中	622	-	-	0	-
五結	利澤國中	333	清潔隊	養豬	1	
大同	大同國中	102	清潔隊	其他	2	
南澳	南澳國中	341	清潔隊	養豬	3	

困難指數：由 1-8，分為不同的困難項目，0 表示無執行困難，8 表示困難高

：願意全力配合

：政府政策或經費補助下可配合

：無法配合

：觀望中、尚未決定

