

國立臺灣大學工學院環境工程學研究所
碩士論文

Graduate Institute of Environmental Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

生質能源再利用廠設置可行性評估-以桃園縣環保科技園區
為例

The feasible research of the biogas plant establishment--
Environmental Science and Technology Industrial Park in
Taoyuan County as an example.

楊家源

YANG CHIA-YUAN

指導教授：游以德 博士
Advisor: You Yii-Der, Ph. D.

中華民國 98 年 10 月

Oct, 2009

誌謝

經過重重考驗，終於完成我的學術論文，回想這兩年在研究室的日子裡，奔波在學業與工作之間，種種酸甜苦辣和辛酸之處，實難為外人所道矣。

感謝恩師 游以德教授的指導和體諒，讓我這段時間能兼顧工作和碩士班學業，並完成終身大事，老師給我的種種教誨，使我這工作數年後又重拾書本之學生，無論是在學術或人生上均有另一層全新體悟；思之感受益匪淺，獲益良多。未來學生亦將秉持老師用心用腦筋之宗旨，持續在人生大道上努力向前，以無愧老師之教誨。

感謝研究室孫姐、凱民、志榮、百里、朝祥、鼎傑、裕焜之協助，有你們的陪伴，讓我這一路走來感受到許多溫馨的鼓勵和關懷，不論在課業有困難時或是論文研究上疑難，每每在我困擾時，你們給我的協助與幫忙，讓我能再繼續努力。

二年的求學生涯中，結識了許多好友，感謝瑞蓮、宗岳、姿慧、百祿、宗珉、兆衡等的相互砥礪，讓我的在職求學生活，更為豐富與溫馨。

感謝富聯公司李總、楊小姐、清雄及基隆環保局工作夥伴之支持，使我能在持續工作的同時，完成學業。

感謝好友忠賢、立豪、雅晴之鼓勵，讓我在煩悶之餘，能有一舒壓解憂之管道，你們的友情，銘感在心。

最後，謝謝爸媽和老婆的貼心支持，使我在這段時間裡能心無旁騖，致力於我的碩士學業，僅將這本論文獻給你們。

中文摘要

目前本國已有許多生質能再利用的研究計畫，但仍未有實質設廠之案例，故本研究旨在落實永續發展之環保理念，進行生質廢棄物設廠再利用產能之可行性評估，以供未來設置廢棄物生質能源發電廠之用。

藉由生質廢棄物產出生質能源，具有達到資源永續利用、提供穩定能源來源、能源利用效率提升及減少溫室效應氣體產出之優點，而建置一生質能源再利用廠，需考量物料來源、種類、物料轉能效益、設廠經濟規模等因素，本研究以桃園環保科技園區為例，初步結論，依據生質廢棄物料種類、經濟效益等評估結果，該廠應為解決桃源廚餘廢棄物問題，同時具有產生替代能源、生產有機肥料、維護環境等多方效益之可行處理方案。

研究結果顯示桃園縣應以廚餘作為生質能源再利用廠之主要物料來源，而以豬糞尿及農業廢棄物作為輔助物料來源，廚餘收集範圍應以新屋鄉、大園鄉、大溪鎮及復興鄉以外之其他鄉鎮市為主，而建置規模以日處理量 150 公噸具有較高收益與較低之投資風險，同時生質能源再利用方案以甲烷生質氣直接出售，為降低投資風險及高回收效益之最優方案，但考量能源短缺造成價格提升與熱能再利用之因素，仍建議以發展產電供熱之方案較佳。

而除實質之經濟效益外，生質能源再利用廠同時具有提供地方居民更為優質之生活環境、提供國內優良環保教育宣導的題材及減少廢棄物處理之二次環境污染等多項非經濟之環境效益。

〔關鍵詞〕：生質產能；廚餘；經濟效益分析；溫室氣體減量；生質再利用

英文摘要

At present there are many domestic use of biomass longer research project, but has not yet set up a factory in real terms in the case, so this research is to implement the sustainable development of environmental philosophy, to set up a factory re-use of waste biomass production feasibility assessment to set the waste for future use of biomass energy power plants.

Born biomass waste produced by the quality of energy, with the goal of sustainable use, providing a steady source of energy, energy efficiency upgrading and the advantages of reduction of greenhouse gas output, while the build quality of life, the energy re-use plants, need to consider the source material , type, material transfer can be effective to set up factories factors such as economies of scale, this study Environmental Science and Technology Park in Taoyuan, for example, the preliminary conclusions, based on types of biomass waste materials, economic and other results of the assessment, the plant should be resolved Taoyuan kitchen waste material issue, and has produced alternative energy sources, production of organic fertilizers, maintenance and environmental benefits of a viable multi-treatment program.

The results showed that Taoyuan County should be based on kitchen waste as a biomass energy plant re-use of the main sources of materials, but with pig manure and agricultural waste as a supplementary source of materials, kitchen waste collection areas should be based on rural estates, large garden rural, large Town and Fusing Township other than the main townships, but in order to build the scale of daily processing capacity of 150 tonnes of high investment returns and lower risks, re-use of biomass energy program of bio-methane gas sold directly in order to reduce investment risk and high recovery efficiency of the optimal solution, but the consideration of energy shortages caused by price increases and heat longer use the factors, it is advisable to develop the production of electric heating program better.

In addition to the substance of the economic benefits, re-use of biomass energy plant at the same time providing local residents with a more high-quality living environment, providing excellent

environmental education advocacy of domestic subjects and reduce the secondary waste disposal and environmental pollution of a number of non-economic environmental benefits.

[Key words] : Biomass production; kitchen waste; economic analysis; greenhouse gas emissions; biomass re-use



目錄

誌謝.....	I
中文摘要	II
英文摘要	III
目錄.....	V
圖目錄	VII
表目錄	VIII
第一章 前言	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究方法與流程途徑	3
1.4 研究範圍與限制.....	5
第二章 資料蒐集與文獻回顧	7
2.1 桃園縣背景資料與環保科技園區	7
2.1.1 桃園縣環保科技園區.....	8
2.2 桃園縣生質能再利用物質.....	11
2.2.1 廚餘產量與再利用現況.....	11
2.2.2 豬糞尿產量及利用現況.....	13
2.2.3 枯枝落葉.....	15
2.2.4 農業廢棄物.....	16
2.3 國內外案例研究.....	17
2.3.1 掩埋場生質能回收之德國經驗.....	17
2.3.2 麥稈生質能發電廠.....	19
2.3.3 山豬窟掩埋場沼氣發電.....	21
2.3.4 高溫厭氧醱酵資源化處理系統模場-台南縣七股鄉昭日環保生態農場.....	23
2.4 我國能源供需變化情形.....	25
2.5 廚餘處理方式比較.....	35
2.6 廚餘處理各方案之環境衝擊評估.....	37
第三章 研究理論與方法建立	41
3.1 歷史研究法.....	41
3.2 文獻分析法.....	43
3.3 經濟規模計算因子.....	44

3.4 成本效益分析法 (BENEFIT-COST ANALYSIS, CBA)	47
第四章 研究結果與分析討論	49
4.1 生質能源再利用廠生質廢棄物之選擇	49
4.1.1 生質廢棄物物料來源篩選評比	49
4.1.2 廚餘各項再利用方式益本比	51
4.2 生質能源再利用廠經濟規模分析	54
4.2.1 產電及產肥經濟效益分析	55
4.2.2 沼氣及產肥經濟效益分析	69
4.2.3 發電或沼氣出售方案比較	74
4.3 生質能源再利用廠初步規劃	75
4.3.1 廚餘收集範圍	75
4.3.2 生質能源再利用廠廠區初步規劃	79
4.4 非經濟效益分析	83
第五章 結論與建議	89
5.1 研究結論	89
5.2 未來研究建議	90
參考文獻	壹



圖目錄

圖 2.1.1-1 桃園縣鄉鎮區位圖.....	7
圖 2.1.2-1 桃園環科位置圖.....	9
圖 2.1.2-2 環科交通區位圖.....	10
圖 2.1.2-3 環科配置圖.....	11
圖 2.2.2-1 桃園縣豬糞尿處理流程圖.....	15
圖 2.3.1-1 KOMPOGAS 處理過程示意圖.....	18
圖 2.3.2-1 西班牙稻稈發電廠系統圖.....	20
圖 2.3.3-1 山豬窟沼氣發電設備結構.....	22
圖 2.3.3-2 山豬窟發電設備俯視圖.....	22
圖 2.3.4-1 廚餘高溫厭氧醱酵處理現場試驗流程圖.....	24
圖 2.4-2 國內主要油品價格趨勢.....	29
圖 2.4-3 國內天然氣價格趨勢.....	30
圖 2.4-4 國內電力價格價格趨勢.....	31
圖 2.4-5 國內煤炭價格價格趨勢.....	31
圖 2.6-1 IMPACT 2002+ 評估架構.....	38
圖 3.1-1 歷史研究的步驟.....	42
圖 3.4-1 經濟效益分析之步驟.....	48
圖 4.3.1-1 桃園縣廚餘收集點地理區位.....	76
圖 4.3.1-2 廚餘收集範圍.....	77
圖 4.3.1-3 廚餘收集規劃路線.....	78
圖 4.3.2-1 生質能源再利用廠可行方案示意圖.....	80
圖 4.3.2-2 SCHMACK 公司的厭氧消化模組示意圖.....	82
圖 4.3.2-3 生質能源再利用廠地利區位規劃圖.....	82
圖 4.3.2-4 生質能源再利廠廠區規劃與動線示意圖.....	83

表目錄

表 2.2.1-1 桃園縣廚餘回收量表.....	12
表 2.2.1-2 桃園縣各鄉鎮廚餘標售價格與數量.....	13
表 2.2.2-1 豬隻糞尿產量推估表.....	14
表 2.2.2-2 豬糞成分性質分析.....	14
表 2.2.3-1 桃園縣國小大專枯枝落葉推估量.....	16
表 2.2.4-1 稻作廢棄物成分.....	17
表 2.3.1-1 KOMPOGAS 生質能資源物質材料表.....	17
表 2.4-1 民國 73 年~93 年我國能源供給分析表.....	26
表 2.4-2 民國 97 年我國能源供給及來源分析表.....	26
表 2.4-3 能源最終消費(能源別).....	27
表 2.4-4 能源最終消費(部門別).....	28
表 2.4-5 世界原油供給需求量預測.....	32
表 2.4-6 世界天然氣供給需求量預測.....	33
表 2.4-7 世界煤炭供給需求量預測.....	33
表 2.4-8 本國能源供需展望.....	34
表 2.5-1 廚餘處理方案之優缺點比較.....	36
表 2.6-1 堆肥及厭氧處理人體毒性(HUMAN TOXICITY)的環境衝擊結果.....	39
表 2.6-2 養豬和厭氧水體優養化環境衝擊結果.....	39
表 2.6-3 各方案氣候變遷環境衝擊結果.....	39
表 2.6-3 各方案資源環境衝擊結果.....	40
表 3.3-1 生質沼氣轉換電能及熱能計算因子表.....	45
表 3.3-2 生質沼氣轉換天然氣計算因子表.....	45
表 3.3-3 生質沼氣廠有機物料成分分析及沼氣轉換係數表.....	46
表 4.1.1-1 生質廢棄物篩選評比表.....	51
表 4.1.2-1 廚餘堆肥益本比.....	52
表 4.1.2-2 焚化爐成本分析.....	52
表 4.2.1-1 日處理量 50 公噸電、熱及固液肥產量表.....	57
表 4.2.1-2 日處理量 50 公噸設廠成本.....	57
表 4.2.1-3 日處理量 50 公噸營運成本.....	58
表 4.2.1-4 日處理量 50 公噸營運收益.....	58
表 4.2.1-5 日處理量 150 公噸電、熱及固液肥產量表.....	59
表 4.2.1-6 日處理量 150 公噸設廠成本.....	59
表 4.2.1-7 日處理量 150 公噸營運成本.....	60
表 4.2.1-8 日處理量 150 公噸營運收益.....	60
表 4.2.1-9 日處理量 200 公噸電、熱及固液肥產量表.....	61

表 4.2.1-10 日處理量 200 公噸設廠成本	61
表 4.2.1-11 日處理量 200 公噸營運成本	62
表 4.2.1-12 日處理量 200 公噸營運收益	62
表 4.2.1-13 日處理量 200 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額	63
表 4.2.1-13 日處理量 200 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 1).....	63
表 4.2.1-13 日處理量 200 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 2).....	64
表 4.2.1-13 日處理量 200 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 3).....	64
表 4.2.1-14 日處理量 150 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額	65
表 4.2.1-14 日處理量 150 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 1).....	65
表 4.2.1-14 日處理量 150 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 2).....	66
表 4.2.1-14 日處理量 150 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 3).....	66
表 4.2.1-15 日處理量 50 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額	67
表 4.2.1-15 日處理量 50 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 1).....	67
表 4.2.1-15 日處理量 50 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 2).....	68
表 4.2.1-15 日處理量 50 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 3).....	68
表 4.2.2-1 日處理量 50 公噸設廠成本	71
表 4.2.2-2 日處理量 50 公噸營運收益	71
表 4.2.2-3 日處理量 150 公噸設廠成本	72
表 4.2.2-4 日處理量 150 公噸營運收益	72
表 4.2.2-5 日處理量 200 公噸設廠成本	73
表 4.2.2-6 日處理量 200 公噸營運收益	73
表 4.2.3-1 發電或沼氣出售方案比較.....	74
表 4.3.1-1 桃園縣廚餘收集地點.....	76
表 4.3.2-1 AGRAFERM 與 KOMPOGAS 的技術對照表	81
表 4.4-1 熱發電機組之比較.....	85
表 4.4-2 減碳收益.....	86
表 4.4-3 碳稅與碳權交易之比較.....	86



第一章 前言

1.1 研究動機

隨著經濟快速成長及生活水準改善，造就高出生率與低死亡率，進而使得人口數呈現幾何成長，而人類生活的目的，也由僅求溫飽，到追求更舒適的生活，進一步變相為追求享受物質生活。

現在的社會，是充斥著物質享受的社會，台灣在歷經經濟奇蹟後，曾幾何時台灣錢淹腳目，人們早期珍惜物資的精神逐漸消失，取而代之的物質享受主義，舒適的生活僅是最基本的目標，但我們知道這些舒適的物質生活，帶給台灣的自然環境造成嚴重的破壞，也使台灣可用資源日益減少，放眼全球，舉凡大部分的先進國家，在經濟起飛的時代，都曾經歷類似的過程，為追求經濟發展，而不注重環境的保護，造成許多環境問題。

而諸多的環境問題中，廢棄物一直是當今台灣亟待解決的重要課題，目前台灣地區每年製造垃圾量高達兩千一百萬噸以上，為解決廢棄物的問題，政府從早期規劃衛生垃圾掩埋場到興建焚化爐，表面上已緩解廢棄物處理之問題，但在目前許多掩埋場都面臨飽和，焚化爐造成空、水、廢等後續環境問題，廢棄物的問題猶如不定時炸彈，隨時有爆發之可能。

另一方面由於高度科技發發展，隨著地球資源日益稀少，能源問題已逐漸浮現，目前全球主要能源來源為化石燃料，但在現有技術未改善之情況下，全球石油儲量將在 50 年內耗盡，而除了化石燃料減少所造成的能源危機外，化石能源也將導致溫室效應問題，溫室效應逐漸加劇，冰山融化、海面升高和氣候變遷的結果，導致災難頻傳。溫室效應所帶來的全球暖化是全球性的環境問題，緩和氣候變遷需要全世界各國的共同努力，但是溫室氣體減量與各國的能源結構和能源

使用方式息息相關，而能源問題又牽動各國經濟發展與民眾生活，這就使得能源問題與溫室效應所帶來的氣候變化的環境問題，成為敏感的國際政治問題。

為解決能源問題及氣候變遷問題，目前世界各國皆致力於研發新的能源替代方案，但如同前述能源問題同時牽動氣候變遷、社會經濟及民眾生活，綜觀現有太陽能、風力發電、生質能等各種替代能源方案，太陽能受限轉換效率與設置成本，風力發電受限地理環境，皆尚無法有較佳之實質經濟效益與利用效率；相較之下生質能則具有技術較成熟、有商業化運轉能力、經濟效益較高等優勢，應為較佳之可行性方案。

而為落實永續發展之環保理念，有效解決廢棄物、能源、溫室效應等問題，藉由生質廢棄物產出生質能源，達到資源永續利用、提供穩定能源來源、能源利用效率提升及減少溫室效應氣體產出，不失為一較具優化效果之替代能源方案；目前本國已有許多生質能再利用的研究計畫，但仍未有實質設廠之案例，故本研究考量進行生質廢棄物設廠再利用產能之可行性評估，以供未來設置廢棄物生質能源發電廠之用。

1.2 研究目的

台灣地區目前已有許多處在研發替代能源，生質能源為其中之重要課題，但目前台灣主要多研究生質作物之使用，鮮少有以廢棄物生質料作為研究之主題者，誠如前文所述，廢棄物所造成的環境問題，若是能透過永續再利用之觀念，將垃圾變黃金，又可提供新的能源來源及達成減少溫室氣體之產生，是為一舉數得之作法。我國過去即積極推動垃圾減量、資源回收工作，現在對廢棄物的管理更進一步訂定「垃圾零廢棄」之目標，以達資源永續循環利用，期與先進國家同步建立「零廢棄社會」。預期垃圾總減量目標達到 90 年垃圾量之 25%、100 年總減量達到 40%，並於 109 年達到 75%之減量目標。而眾多資源回收物中，廚餘回收不但發展的早，回收體系也較完善，故具有較高之回收成果，但目前廚餘多用於製作肥料與餵養豬隻，前者有惡臭與污水排放等後續環境問題，養豬則有可能造

成疫病傳染之人身安全隱憂，且不論用於製作堆肥或是養豬，其回收再利用之效能與經濟效益皆偏低，若是能將廚餘用於生質發電，將可有效提升其利用效能與經濟效益，但目前國內並無廢棄物生質料再利用發電之處所，故如何再利用及制定標準流程，以得最佳效益，為本研究所希冀探討的，故歸納本研究之目的如下：

一、蒐集桃園縣內廢棄物生質料之相關資訊，分析最佳廢棄物生質物料來源

廢棄物生質料主要包含廚餘、豬糞尿、農業廢棄物、枯枝落葉、廢水污泥等，目前除廚餘外，其餘較無相關之處理資訊，故本研究第一步將就研究範圍，進行相關資訊之蒐集與統計，進一步找出廢棄物生質料最佳之物料來源。

二、彙整國內外生質發電之資訊，分析可行之設廠設備資料

目前國內外皆有許多生質發電之設備，但針對廢棄物生質料發電技術之資料，國內較為缺乏，故本研究將蒐集分析相關資訊，以提供未來設廠之技術參考。

三、投入產出模組係數建立與經濟效益評估

針對選定之廢棄物生質料最佳投入產出之方案，本研究規畫透過模組係數資料之建立，進行最佳經濟效益評估。

四、設廠內容初步規劃

對於相關廢棄物生質料之製程流程、物料收集範圍等內容，本研究將依據前述資訊，進行設廠內容之初步規劃。

1.3 研究方法與流程途徑

一般研究方法包含參與觀察法、深入訪談法、問卷調查法、歷史研究法、文獻之研究、理論之探討等，本研究以歷史研究法、文獻之研究、理論之探討等方式執行，以下分別說明。

一、個案研究法：歷史研究法係指有系統地蒐集過去發生之事件，進行客觀的評鑑，以檢核該事件的因果或趨勢，提出準確的描述與解釋，進而有助於解釋現象，以及預測未來的一種研究歷程。

二、文獻之研究：蒐集分析國內外前人生質能源再利用處理方法之文獻研究分析。

三、理論之探討：依據案例及文獻資料，針對現況，進行執行理論上探討分析。

研究途徑流程，包括如下：

(一)國內外生質能源再利用資料蒐集。

(二)桃園縣再利用生質物質資料蒐集。

(三)能源供需變動資料蒐集。

(四)生質能源再利用分析。

(五)桃園縣再生物質資料分析。

(六)彙整文獻分析資料，依據桃園環保科技園區現況，提出桃園縣生質能源
再利用廠之可行性評估。

(七)做出結論並提出建議。

茲將上述研究途徑流程表示如圖 1.2-1 所示。





圖 1.2-1 研究途徑流程

1.4 研究範圍與限制

一、研究範圍

本研究目前規畫以桃園縣環保科技園區，作為設廠評估之處所，概因該處所具有較佳之地理環境，同時依據與市府長官洽談之結果，市府長官對於本研究具有高度之興趣，若真能推動廢棄物生質料發電廠之設置，政府單位之推動意願誠為優良考量之因素，另一方面本研究係以示範場之方式進行規畫，桃園環保科技園區中恰有規模大小適中之地點，便於進行模組係數建立與經濟效益之評估。

二、研究限制

本研究受限於學生個人能力有限、部分資訊取得之困難及現實客觀條件，故研究內容尚有不足與侷限之處，相關之限制說明如下：

- (一) 本研究係以示範廠作為主要設置依據，故以政府單位提供土地，而將購地成本排除於經濟效益規模之外，概因受限技術效率及國內目前生質能源之收購價格仍屬偏低，若非以政府示範廠之方式執行，則納入土地成本後，生質發電廠之經濟效益恐將呈現負值或完全不具經濟效益。
- (二) 廢棄物生質料包含廚餘、豬糞尿、農業廢棄物、枯枝落葉、廢水污泥等，但目前已知農業廢棄物、枯枝落葉、豬糞尿等僅有零星資料，尚未有建立完整之回收統計體系，故統計資料上可能有較高之偏差或無相關資訊可供參考。
- (三) 生質廢棄物發電廠目前國內尚無設置之前例，故相關利用效能與經濟效益模組係數較為缺乏，本研究將採用國外蒐集之資訊，輔以國內現況調查資料進行相關係數之推導建置，但仍有誤差及偏頗情形之虞。
- (四) 經濟效益部份將納入環境經濟效益等部份，但受限學生本人能力、資訊較為缺乏等因素影響，故經濟效益較無法以較佳貨幣化之方式呈現或因各項客觀條件不同，而有不同之結果產生之可能。

第二章 資料蒐集與文獻回顧

2.1 桃園縣背景資料與環保科技園區

2.1.1 桃園縣背景資料

一、地理位置

桃園縣屬台灣西北部，縣內地形大致可分為沿海平原、丘陵臺地、高山地形三大部分。該縣面積 1,220 平方公里，人口 119 萬。觀音鄉南連新屋鄉，東北接大園鄉，東為中壢市，海岸線長約十五公里，佔全縣總長八分之三，為海岸線最長之鄉，亦為桃園縣沿海四鄉鎮中面積最大之鄉。觀音鄉面積達 89.79 平方公里，在全縣位居第 4 位，劃分為 3 村、364 鄰，人口數約為五萬九千餘人，桃園縣鄉鎮區位詳圖 2.1.1-1。



圖 2.1.1-1 桃園縣鄉鎮區位圖

二、地形地勢

桃園縣在地形上呈現海濱、台地、山地等不同的地形地貌，自石門水庫起經大溪鎮東北出縣境之大漢溪，將桃園縣劃分為東南和西北兩大部分。東南部分為標高三百公尺以上之丘陵地、階地及山岳，地勢向東南漸次升高，山勢峻峭，河谷窄狹。西北部地勢則較為平緩，台地、階地甚為發達，河流短而呈放射狀入海。

三、地質

桃園縣的位置在台灣島的西北部，形狀狹長，西北部分瀕臨台灣海峽，大部分為河流沖積層和沙丘堆積層；東南部分則深入中央山地，受歷次造山運動的影響，地層產生傾斜、斷裂或褶曲等變化，而整個區域又在外營力（河水、風、雨、溫度等）長期作用下，發育出海岸、台地、河流、山地等地形景觀。

四、氣候

(一)溫度

桃園縣氣候根據桑士偉氏氣候分類法屬熱帶溼潤氣候，全年不缺水或僅少量缺少之 B3A'ra'型，熱而潤溼，潤溼指數 60~80，年平均溫度約在 20~25℃，夏季(6~9 月)溫度月平均約 30℃，冬季約 15℃左右。

(二)雨量

桃園縣年平均雨量在 2,000~2,500 公釐左右，每年間以四、五月之梅雨季節及 7~9 月颱風季節時之降雨量最多，冬季乾旱，為東北季風。

2.1.2 桃園縣環保科技園區

為因應國際環保潮流及趨勢，桃園縣積極設置「環保科技園區」，啟動綠色產業發展、建立循環型社會與開創全球化環保市場。目前環保科技園區，規劃以「產業共生、資源共享、資訊互通、風險分攤」等基本理念，建立「高級資源再生技術」、「高級環保技術」及「生態化產業」三大產業，為此政府積極與全球高

科技環保產業共同合作，營造低污染、高附加價值並兼顧生產、生活、生態，三生一體之環保示範園區。

一、地理區位

桃園環保科技園區位於桃園科技工業區塘尾段的西南側桃園縣觀音鄉大潭鄰近大潭濱海特定工業區，佔地約 32 公頃，為目前北台灣唯一成功設立的環保科學園區(其餘三座位處台南、高雄與花蓮，尚有宜蘭等地正在規劃中)，區位詳圖 2.1.2-1。



圖 2.1.2-1 桃園環科位置圖

二、交通區位

桃園環保科技園區位於濱海工業發展帶，目前多處於開發中狀態，為加強產業密切合作關係，環保科技園區經由東西向快速道路連接以中山高為主之傳統產業發展帶，同時也連接北二高沿線之新店、中和、土城、林口、龍潭、新竹工業區等國內高科技產業軸帶，區域內產業以高附加價值高科技產業、數位家電、通訊與資訊電子產業為主。在產業區域整體合作的趨勢下，桃園環保科技園區具有便利的海陸空運，經西濱快速道路，20 公里直達中正機

場，40 公里直達台北港，後續觀塘工業港之設立，更方便其運輸之進出口。且產內區域內有中央大學、清華大學、交通大學、台灣大學多所高等學府，產學合作關係密切，可促進環科的產業升級，有效提升桃園縣環保科技園區之競爭力，桃科交通區位詳圖 2.1.2-2。



圖 2.1.2-2 環科交通區位圖

三、桃園環保科技園區配置圖

桃園環保科學園區佔地約 32.26 公頃，分為量產實證區(23.93 公頃)、研究發展區(2.1 公頃)、生態公園(1.08 公頃)與環保用地(4.38 公頃)四類。環保用地目前屬桃園縣環保局用地，將來會視需要興建相關的環保基礎設施，目前為止尚未有任何設施規劃或興建於此，園區配置詳圖 2.1.2-3。

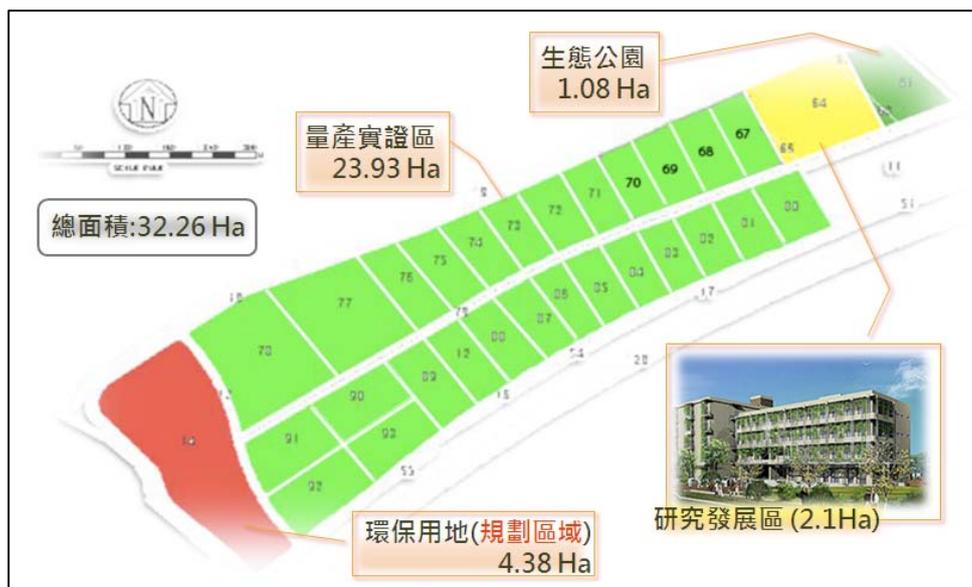


圖 2.1.2-3 環科配置圖

2.2 桃園縣生質能再利用物質

2.2.1 廚餘產量與再利用現況

一、桃園縣廚餘回收來源及產量

桃園縣廚餘產源歸納為一般家戶、學校及非住戶（零售、批發市場及夜市等）三大類。廚餘之產生量＝清潔隊實際回收量＋私人機構自行回收量＋其他夾雜於垃圾中未分類推估量。

表 2.2.1-1 所統計的數量為桃園縣內各鄉鎮市清潔隊實際所回收之廚餘量，由表中所列之年度統計量 96 年度相較於 95 年度的廚餘回收量增加幅度超過 30% 以上，但 97 年又大幅下降，回收量以人口最多的桃園市最高；復興鄉。

表 2.2.1-1 桃園縣廚餘回收量表

統計期	95 年	96 年	97 年
鄉鎮/項目	廚餘回收量(公噸)	廚餘回收量(公噸)	廚餘回收量(公噸)
桃園市	22,434	20,622	17,605
中壢市	10,775	12,758	7,237
復興鄉	180	166	56
八德市	6,539	7,056	5,655
大溪鎮	2,134	1,474	569
龜山鄉	4,301	5,674	3,113
蘆竹鄉	5,635	9,370	5,464
大園鄉	635	1,460	800
楊梅鎮	3,802	6,981	5,062
龍潭鄉	6,255	7,717	7,896
新屋鄉	749	1,707	888
觀音鄉	867	869	485
平鎮市	5,352	7,449	10,944
桃園縣總計	69,658	83,303	65,774

二、歷年桃園縣廚餘標售價格

桃園縣現今的廚餘去處大多以養豬廚餘的形式來處理。由於養豬飼料的上漲，因此桃園縣的廚餘標售不斷創下新高。根據桃園縣各鄉鎮市公所提報環保局的資料，目前將回收廚餘辦理標售的有桃園市等六個鄉鎮市，各鄉鎮市因為廚餘標售時間點、廚餘品質和標售方式不同，價格也有所差異。

桃園市每噸合約價一百四十六元(98年起修訂為委外處理。每公噸處理預算單價為1000元)、中壢市一千八百一十元、平鎮市二百三十三元、大溪鎮一千二百元、楊梅鎮四百五十元、蘆竹鄉一千零五十元。其中蘆竹鄉是因為今年二月才辦理公開標售，適逢國內飼料價格上漲，因此，標售的合約價格較高，桃園市的合約價是在九十五年底辦理招標作業，合約是兩年期，至九十七年底，因此，每噸價格只有一百四十六元。其餘未辦理標售的鄉鎮市則大多無償提供養豬場。各鄉鎮標售的養豬廚餘如表 2.2.1-2 所示。

表 2.2.1-2 桃園縣各鄉鎮廚餘標售價格與數量

鄉鎮市	標售價格 (元/噸)	畜牧場	簽約期
桃園市	146	清標畜牧場	96.01.01~97.12.31
中壢市	1810	游清源畜牧場	95.05.09~98.05.07
平鎮市	233	莊玉輝畜牧場	97.01.01~97.12.31
八德市	959	游清源畜牧場	97.04.18~97.12.31
大溪鎮	1200	仁福畜牧場	97.07.01~98.12.31
楊梅鎮	450	松毅畜牧場	96.07.01~98.06.30
龜山鄉	1100	游清源畜牧場	97.09.01~97.12.31
蘆竹鄉	1050	元大畜牧場	97.02.15~97.12.31

資料來源：桃園縣環保局

2.2.2 豬糞尿產量及利用現況

一、桃園縣豬糞尿推估量

我國的畜牧事業，特別是養豬事業為單一產品中產值最高的產業。養豬產業的發展朝向資本密集化，集中化、與大規模化，不論就其水的使用或是廢水的處理都呈現相當大的問題。我國目前人口密度高居世界第二位，而豬隻的飼養密度則甚至居於首位。養豬事業的廢棄物處理若無法解決，要靠「稀釋」，靠河川的天然「涵容能力」以分解養豬廢水中的營養成份是不可能的。養豬事業的未來發展將與如何有效解決養豬污染的問題息息相關。

根據水污染防治法及其相關法令目前之規範，養豬場規模在 200 頭以上者即須申請廢水的排放許可。依照該法訂定之現行放流水標準除了規範水溫在內之各產共同標準外，養豬產業被定義在畜牧業的範疇內須維持生化需氧量 (COD) 在 600mg/l，以及懸浮固體(SS) 在 150mg/l 的標準。

桃園縣豬隻頭數約 188,052 頭 (97 年 5 月)。以台灣省畜產試驗所限食飼料量的一天排糞量與排尿量來推估，一天約產生 228 噸的豬糞與尿液共約 560 噸，糞尿比約為 1：2.5。豬糞尿廢水在厭氣發酵過程中，於溫度高、單位容積負荷量高及 HRT(水力停留時間)長之情形下，則沼氣產量較多。在台灣每

頭肉豬（60kg 以上）約可產生 0.1~0.4m³ 的沼氣量，夏季多，冬季少，年平均可達 0.25m³ 以上，豬隻糞尿產量推估方式詳表 2.2.2-1，豬糞尿成分性質詳表 2.2.2-2。

表 2.2.2-1 豬隻糞尿產量推估表

糞尿量推估(kg)		平均
台灣省畜產試驗所 資料	排糞量	1.21(0.74~1.66)
	排尿量	2.98(1.33~4.47)
	限食時糞尿量	4.19(3.47~4.73)

參考資料：畜牧要覽養豬篇。中國畜產協會編印發行。244 頁

表 2.2.2-2 豬糞成分性質分析

禽畜種類	成分含量(%)			碳氮比
	碳	氮素	水分	
新鮮豬糞'	41.3	3.6	68	13

資料來源：羅秋雄，蔬果及瓜果之合理化施肥技術，頁 204

二、豬糞尿處理方式

桃園縣目前豬糞尿處理方式以養殖數 200 頭為一界限，200 頭以上者，大多協請專業責任業者處理；200 頭以下者多自行堆肥或隨水流放。處理方式與流程如圖 2.2.2-1。

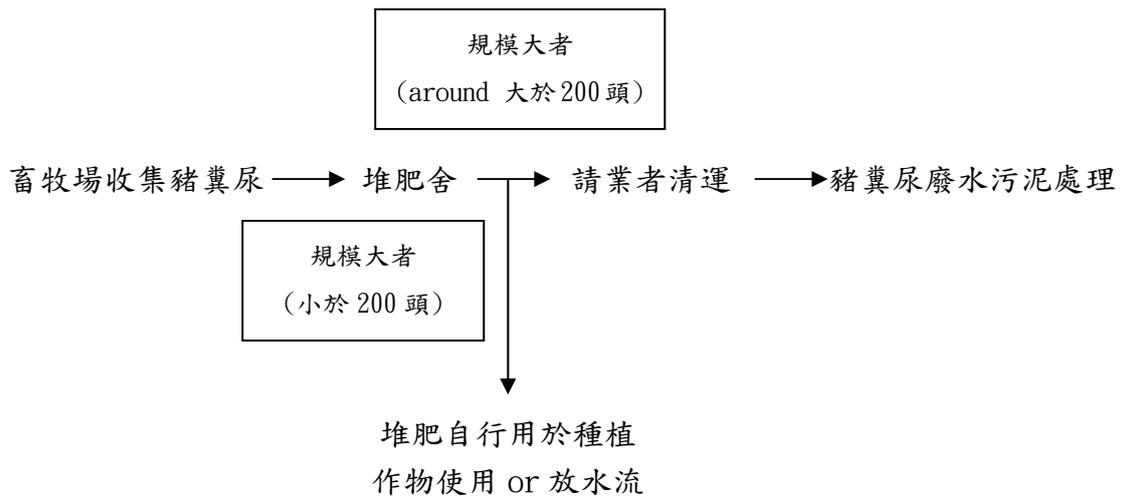


圖 2.2.2-1 桃園縣豬糞尿處理流程圖

2.2.3 枯枝落葉

落葉枯枝是國內各級學校、社區及行政機關都會面臨的問題，大部份單位併入垃圾，或有少數自行堆肥，所以一般都增加大量的垃圾。若自行堆肥或採用混合醱酵設備機者，因枯枝落葉之木質素及纖維素甚高(50~80%)，不易分解，容易日積月累而產生大量堆積及空間設備之不足，常發生二次污染問題。

目前桃園縣中小學部分枯枝落葉因數量稀少，目前的處理狀況是提供給附近農家作堆肥處置。至於大專院校部分枯枝落葉部分委外由清運廠商處理，整體數量的統計，本研究曾協請請桃園縣農業發展處林務科協助，然而因牽涉相關民間廠商營運的商業機密，故目前無法得知各校區相關數量，而依據桃園縣環保局枯枝落葉處理計畫現行清運量調查情形，得知桃園縣全縣一年國小(186所)與大專(12)所產生枯枝落葉總量約為 2587.74 噸，詳表 2.2.3-1。

公園處與行道樹的部分也是枯枝落葉的產生源之一。桃園縣農發處曾發文各鄉鎮市地方政府協助調查行道樹與公園部分的量。然而因各區統計人力不足，至今仍未有相關的統計數據。

表 2.2.3-1 桃園縣國小大專枯枝落葉推估量

組別	推估量(校/噸/年)	數量(間)	總量(噸/年)
國小	6.79	186	1262.94
大專	11.04	12	1324.8

資料來源：桃園縣環保局

2.2.4 農業廢棄物

可作為發酵處理之農業廢棄物是指動、植物之有機廢棄物，包含七大類：第一類為穀類廢棄物，如稻草、稻殼、玉米桿、玉米穗軸、落花生藤、落花生殼、毛豆藤、大豆藤及甘藷蔓等。第二為特用作物廢棄物如蔗渣、蔗葉等。第三為蔬果廢棄物，包含果菜市場廢棄物，酸菜廢棄物。第四為食品工廠廢棄物有農產、水產及禽畜加工之廢棄物等。第五為菇類栽培介質廢棄物。第六為禽畜及養殖廢棄物。第七為樹皮、庭園及行道樹等廢棄物。這些農產廢棄物泰半均可回收再利用，製成堆肥、廐肥，再回歸到農田，惟若隨意傾倒，丟棄或燃燒亦或處理不當則均會造成環境污染，已蒐集桃園縣部分農業廢棄物現況資料分析如下。

一、菇類栽培介質廢棄物

桃園縣農發處表示，目前在桃園只剩下一間養菇業具有規模的經營。本研究與杏福養菇場謝先生詢問現今的經營與運作以及廢棄物的狀況後，了解目前已無栽種菇類。以往養菇廢棄物的太空包是無營利送給附近農家堆肥。

二、稻作廢棄物

桃園縣農業發展處表示，對於稻作的廢棄物並無相關的統計資料。為目前稻作廢棄物多做為有機質翻耕至土壤或是露天燃燒。

據台灣農業年報（民國八十六年版）之資料推估計每公頃稻草產量約 6 公噸。桃園縣 96 年稻作耕種面積約為 37545 公頃。故推估每年稻草產量約有 22 萬 5270 公噸，稻作廢棄物相關性質分析詳表 2.2.4-1。

表 2.2.4-1 稻作廢棄物成分

資材種類	成分含量(%)			
	水分	碳	氮素	碳氮比
稻草堆肥	75	7.6	0.4	19
稻草	—	36.6	0.6	61

資料來源：羅秋雄，蔬果及瓜果之合理化施肥技術，頁 204

2.3 國內外案例研究

2.3.1 掩埋場生質能回收之德國經驗

Kompogas 為一種利用生質能產生的燃料氣體可用於汽車燃料之使用，其創始公司即名為 kompogas，為一家瑞士公司，由於瑞士的環保相關規定非常嚴格，因此發展出此類專門回收生質能來源的公司，不但使得廢棄物的減少許多，對於再生的生質能源使用上對於溫室氣體的減量亦有相當的助益，值得台灣效仿及學習，其分公司也已遍及德國、紐西蘭等環境改善程度領先許多之先進國家，包括大陸也在評估此方案的可行性，試圖減少這些生質能來源的浪費，其機制是利用一項獨家研發的厭氧菌分解技術，將搜集之樹葉、廚餘、稻殼、等等各種有機廢棄物，經過處理產生有機肥料、有機燃料、並將過程中產生之廢氣(沼氣)做發電使用，kompogas 生質能材料詳表 2.3.1-1，能源產生過程詳圖 2.3.1-1。

表 2.3.1-1 kompogas 生質能資源物質材料表

生質能(biogenous) 資源物質	
園藝再生資源物	廚房再生資源物
<ul style="list-style-type: none"> ●草、樹剪下枝幹 ●混雜的植物殘餘 ●混雜的庭院花草落葉 ●農作物收割的殘餘之稻殼、雜草 	<ul style="list-style-type: none"> ●殘餘蔬菜和果子 ●所有殘羹剩飯菜肉(肉、魚、乳酪、麵包, 麵團) ●茶葉和咖啡渣, 包括濾紙 ●花藝廢棄物 ●剩餘羊毛、羽毛和頭髮 ●寵物落毛, 排泄物 ●家庭紙



圖 2.3.1-1 kompo gas 處理過程示意圖

2.3.2 麥稈生質能發電廠

一、英國

生質能源發電開發商 Eco2 公司在 2008 年 11 月 5 日在位於英國 Lincolnshire 郡 Sleaford 市規劃設立一座麥稈生質能電廠，該廠使用廠區半徑 30 英哩內的麥稈作為燃料，發電容量預期可滿足該郡四分之一住戶需求。Eco2 公司表示所有麥稈都來自廠區半徑 30 英哩地區，所以不會在運輸過程中排放過多的二氧化碳，同時因為是利用農業廢棄物，所以也不會影響食物生產。而且傳統上農民把麥稈翻耕入土作為有機肥料，但麥稈腐化過程產生的甲烷對溫室氣體的影響更遠高於拿來發電。」

依據 Eco2 公司網站提供的資料顯示，利用麥稈等農業廢棄物，正好可以最經濟、最有效率地支持 40~60 MW 的區域型分散式中型發電廠，該公司同時指出「Sleaford 廠只使用 30 英哩半徑內可得麥稈的四分之一，所以分散在農業地帶中的中型生質能發電廠是很有潛力的，該廠預計於 2009 年運轉，每年約可減少 250,000 噸的二氧化碳排放。」

二、大陸

大陸黑龍江省虎林市水稻種植面積達 250 萬畝，每年生產農業廢棄物稻殼 27 萬公噸。因沒有規劃再利方式，稻殼廢棄丟置，嚴重污染環境。直到 2004 年虎林市引進稻殼發電設備，透過該項設備每年使用稻殼 2 萬公噸取暖、發電、烘乾糧食，同時節省外運稻殼費用 100 萬元、電費 400 萬元、節省燒煤 150 萬元。因此，稻殼由廢棄物轉換為有價值之在生產品，價格約每公噸 900 元。

三、西班牙

1997 年西班牙 EHN 公司投資 5,100 萬歐元(政府補助 300 萬歐元)，在靠近西班牙 Sangüesa, Navarra 區域 Rocaforte 工業區，建立一座稻稈發電廠，以稻稈為燃料之發電廠(輔助燃料為廢木屑)，淨發電量為 25 MW。EHN 公司

的發電廠採用新研發之生質能應用鍋爐，為爐格式燃燒爐形式，內部使用新設計之過熱器結構(novel hanging platen superheaters for the steam, the Public University of Navarra 研究)，避免使用稻稈等生質物燃燒時，所產生爐渣及稻殼灰中鹼金屬造成之高溫腐蝕。電廠設計年處理量為 160,000 噸之稻稈，稻稈來源係透過與農民、蒐集公司長期合約，由鄰近農田取得。

EHN 公司的發電廠發電量為 27.5MW，其中提供 2.5MW 之電力作為系統本身電力需求，淨發電量為 25MW，機組總發電裝置容量為 30MW。該廠一年操作 8,000 小時，一年總發電量約 200 GWh。

整體發電系統較傳統化石燃料系統，共包含過熱器設計、兩個不同單元間之震動水力柵格、進料系統設計(包括防火安全裝置)等三項創新設計。

整體操作流程，係以 100%之稻稈或以最高 50%之廢棄木屑作為輔助燃料(以熱值計算)進行燃燒發電，燃燒後之灰份經由蒐集倉蒐集，空氣污染物部份經過熱器、節熱器、空氣預熱器降溫後，由後端袋式集塵器進行集塵，經檢測排放至大氣之粒狀物濃度低於 50 mg/NM^3 。底灰及飛灰經蒐集後，均可當作有機肥料使用，系統操作如圖 2.3.2-1 所示。

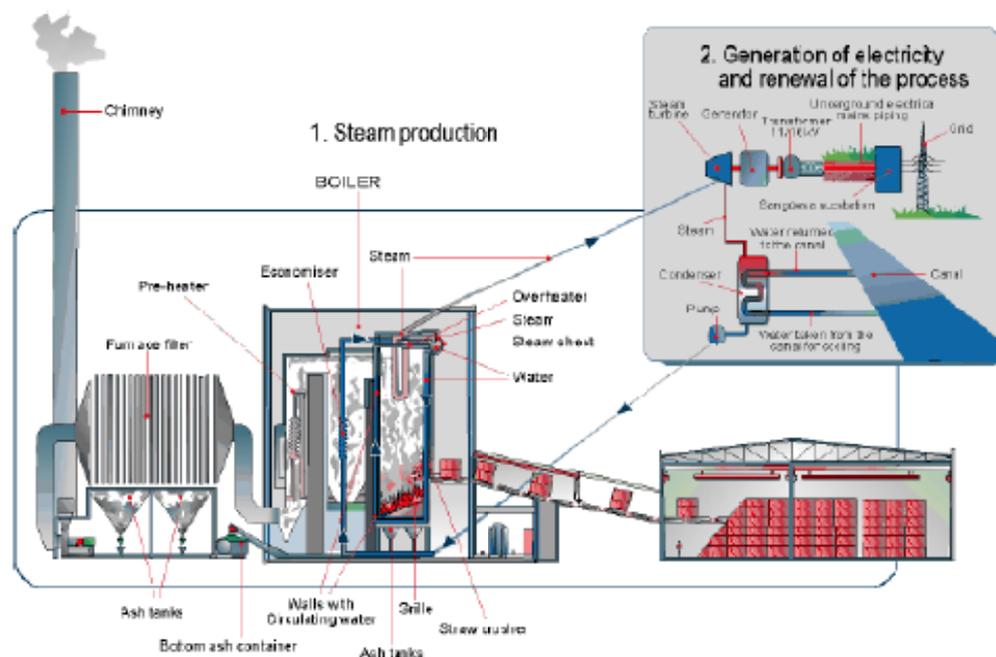


圖 2.3.2-1 西班牙稻稈發電廠系統圖

該發電廠不但發揮以再生能源取代化石燃料之需求、減少露天燃燒稻稈造成之空氣污染之環保訴求。此外，經評估電廠取代化石燃料電廠之空氣污染排放，一年約可達到 21 萬噸之二氧化碳及 4,600 噸之二氧化硫排放。

而營運支出部分包含稻稈之燃料供應費及運費合計一噸約 36 歐元，一年約需 5,760,000 歐元之燃料及運送費用；一年基本運維費用以 12 歐元/MWh 估算，再加上利息支出、投資成本攤提等。

營運收入部分，則以售電費率 65 歐元/MWh，合計約為 1,300 萬歐元。該座電廠之總投資成本為 5,100 萬歐元，經投資報酬評估後，該做廠之回收年限約 15 年。

2.3.3 山豬窟掩埋場沼氣發電

掩埋層廢棄物在穩定化過程中所生的氣體主要有 CH_4 、 CO_2 、 CO 、 H_2 、 NH_3 、 H_2S 、 N_2 及其他少量氣體，此混合氣體即所謂的”沼氣 (Methane Gas)”。垃圾掩埋場沼氣可能造成的危害，不僅是在垃圾掩埋作業期間內，甚至於在掩埋場封閉後之數十年內，皆可能為導致周界環境污染的主因之一。

沼氣中的甲烷及二氧化碳雖無味，但揮發性有機化合物及硫化氫卻含刺鼻之特殊氣味。當沼氣突破覆蓋層，擴散至空氣中時，即會取代土壤中的氧，使含氧量相對減少，造成植物因缺氧而枯萎，這結果絕非是我們所欲見的。更甚者，二氧化碳所造成之溫室效應現象乃舉世皆知之事實，全球各國皆已高度重視，並訂定相關措施期減緩其破壞程度。殊不知另一鮮為人知之殺手--甲烷氣體，其造成溫室效應的程度約為二氧化碳之 24.5 倍，試想其對人類所居環境帶來之浩劫，我們怎可等閒視之。

一般垃圾掩埋場沼氣污染防治工作的執行方式為設置沼氣抽取系統，將沼氣收集燃燒處理，雖然投注了工程設備費用，卻未規劃將沼氣資源化再利用，殊屬可惜；因此歐美等國家於經濟誘因的輔導下，將沼氣污染防治與廢棄物資源化再利用的觀念及技術結合應用，使垃圾掩埋場沼氣發電兼具了高可行性、污染防治

控制、環境品質改善、提供新能源及最低社會投資成本、最高回收經濟效益等多重優點，因而垃圾掩埋場沼氣發電是典型廢棄物資源化再利用成功的範例，山豬窟沼氣發電設備結構及現場俯視詳圖 2.3.3-1~圖 2.3.3-2。

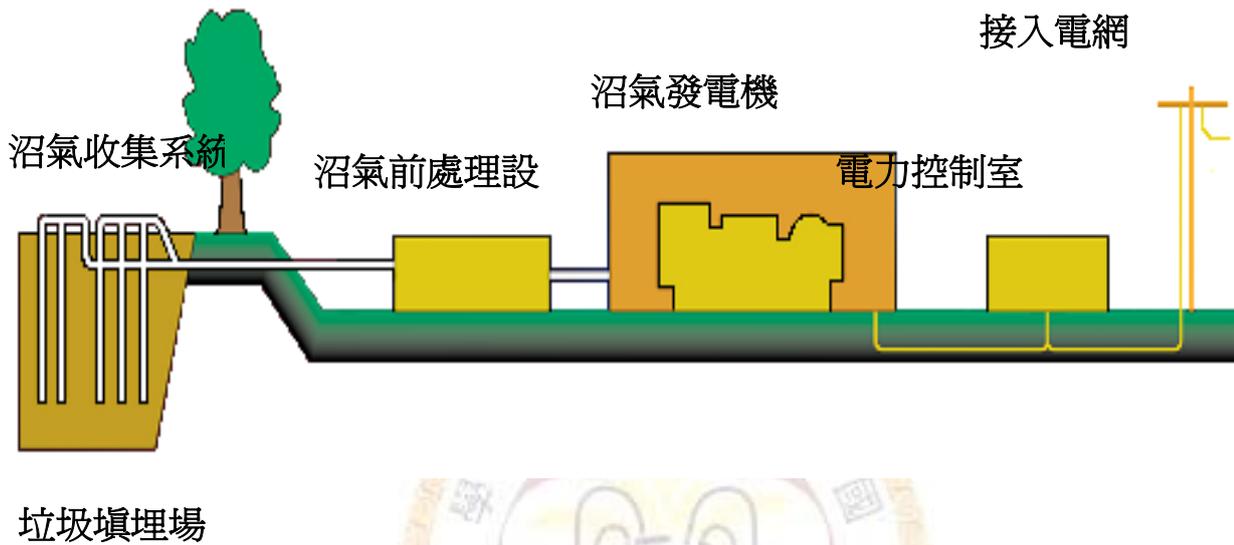


圖 2.3.3-1 山豬窟沼氣發電設備結構



圖 2.3.3-2 山豬窟發電設備俯視圖

2.3.4 高溫厭氧醱酵資源化處理系統模場-台南縣七股鄉昭日環保生態農場

環保署於93年委託國立屏東科技大學創新育成中心(朝日環保公司為協力廠商)於台南縣七股鄉設立高溫厭氧醱酵資源化處理系統模場，以符合生態之綠色生物科技為架構，在高溫(55°C)下進行廚餘資源化利用，透過酸化、水解產氫，醱酵生產甲烷，再進行加熱及發電試驗。最後，透過薄膜生物反應器(Membrane Bio-Reactor, MBR)做進一步溶解基質之厭氧醱酵、固液分離，分離後之液肥則進行藻類培養，作為文蛤及鹹水魚之水產養殖，安定、經高溫殺菌之固肥則直接作為農場土壤改良之有機肥。

該場為日處理量至少2公噸之高溫厭氧醱酵資源化處理系統模場，若以一座日處理量10噸之廚餘高溫厭氧醱酵廠之初設費及操作維護費，建廠成本攤提以10年計，每年約150萬元，操作成本680萬元，合計支出830萬元/年，而副產物收入372萬元/年，淨支出為458萬元，以處理量3,000噸/年計，即該廠處理成本為1500元/噸。依據環保署環境督察總隊統計廚餘未回收而進入焚化爐成本約1970~2300元(含灰爐處理費)，故若以該場為單純之廚餘處理廠，則符合經濟效益。

而該場若達日處理量30噸以上，即可達經濟規模，同時根據環保署資料顯示若該廠以30、50、100、150噸的不同處理量進行投資成本與營運收入概算，擬定一個15年的投資報酬率規劃，依據一般中長期投資案之成本財務分析，將以內部報酬率(Internal Rate of Return, "IRR")方式計算，配合一般市售液體肥料價格與堆肥5元/kg的金額換算，其銷售量則以2%評估，進行副產品營利回收之經濟效之估算。針對上述之營運成本與收益概估得知，在實場營運15年的投資年限操作情況下，顯示30噸/天處理量的投資營運成本與副產物收益於短期內並沒有明顯獲益，反之，在50、100及150噸/天處理量之營運比較符合經濟效益，該場試驗流程詳圖2.3.4-1。

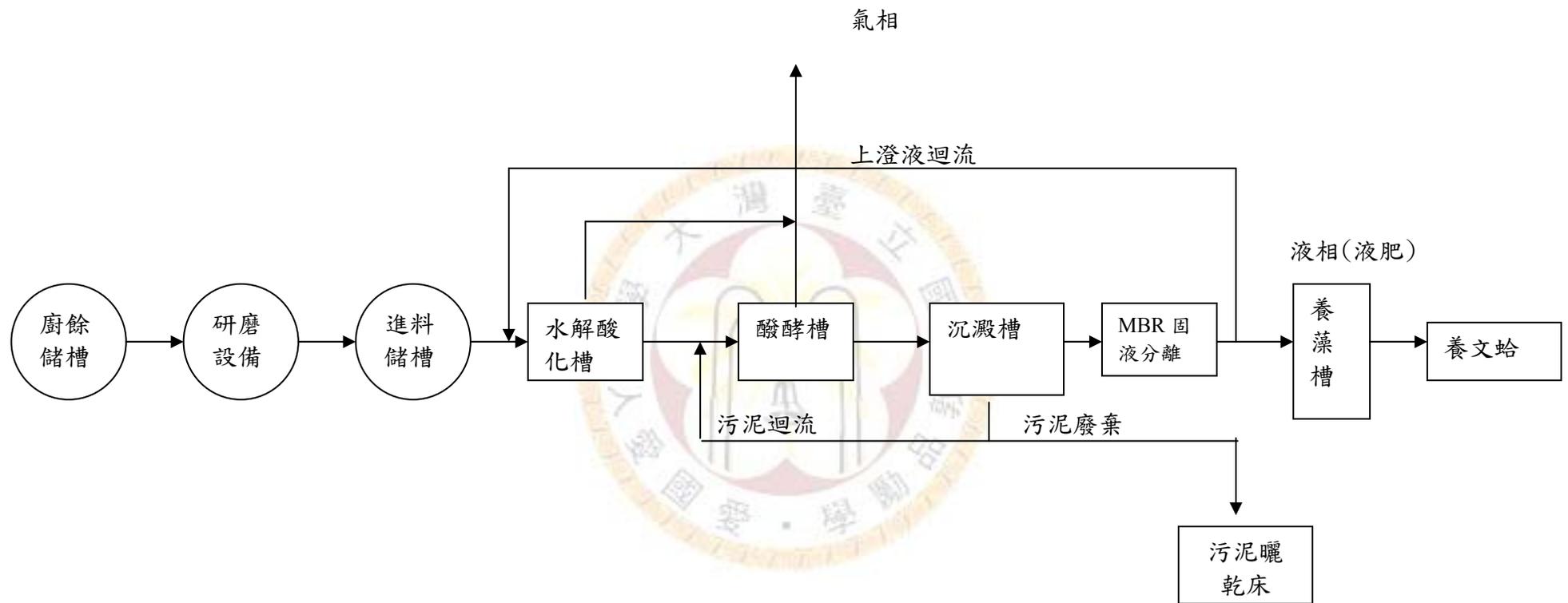


圖 2.3.4-1 廚餘高溫厭氧醱酵處理現場試驗流程圖

2.4 我國能源供需變化情形

在目前能源技術不改變之情況下，石油儲藏量剩下 1 兆 338 億桶(Barrel)可使用 43 年；天然氣儲藏量剩下 146 兆立方公尺，可使用 62 年；煤儲藏量剩下 9,842 億噸，可使用 230 年，鈾儲藏量剩下 395 萬噸，可使用 64 年，而台灣由於所使用的能源，98%仰賴進口，能源產量與經濟結構變化，為影響生質能源之價格之重要因素。

近期如 96 年國際油價大漲，造成國內油價居高不下，各類型能源替代方案頓成寵兒，但隨著 97 年之金融海嘯事件，經濟規模萎縮，油價下跌，各類型替代方案價格無法與之競爭，故又回到研究階段之起點。而一部分人主張隨著自然能源量減少或技術改變，生質能源價格將逐漸轉變，但依據 2007 年 1 月，加州大學爾灣分校經濟學家在《能源期刊》，探討車輛的反彈效應，也就是燃料效率高可能鼓勵民眾更常開車。他們使用 1996~2001 年美國的車輛里程資料，估算出車輛的反彈效應大約為 10%。也就是說，如果開車成本降低了某個量，開車增加的里程就會是這個量的 10%，故在自然能源未使用殆盡之情形下，生質能源若要進入商業化仍有顯著之困難待解決。

而除了各類型能源蘊藏量之關係，現階段能源利用方式，為造成地球暖化之主因，故生質能源，不應僅考量能源產量之變化，而應著眼於如何改善地球暖化情形，以求永續發展，本節將蒐集彙整我國能源變化情形，以探討生質能源價格趨勢。

一、能源供給現況分析

民國 73 年，我國能源供給量為 3,810 萬公秉油當量，其中石油比重達 59.2%，其次煤炭占 18.0%，核能發電占 16.0%，天然氣占 3.9%，水力發電占 2.9%。以 93 年來看，在能源總供給 13,406 萬公秉油當量中，石油比重已降至 51.0%，煤炭則上升至 32.5%，核能發電占 7.3%，液化天然氣占 7.4%，天然氣占 0.6%，水力發電占 1.2%。

以能源來源說明，97 年在能源總供給 14,191 萬公秉油當量中，石油比重已降至 49.6%，煤炭則上升至 32.34%，核能發電占 7.1%，液化天然氣占 9.2%，天然氣占 0.2%，水力發電占 1.3%，而進口能源佔 98%以上，能源供給及來源現況詳表 2.4-1 及表 2.4-2。

表 2.4-1 民國 73 年~93 年我國能源供給分析表

單位:萬公秉油當量

能源別年別(民國)	煤炭	石油	天然氣	液化天然氣	水力發電	地熱、太陽能及風力發電	核能發電	能源總供給
73 年	685	2,256	148	0	110	0	611	3,810
	-18	-59.2	-3.9	(-)	-2.9	0	-16	-100
78 年	1,275	2,981	141	0	166	0	702	5,265
	-24.2	-56.6	-2.7	(-)	-3.2	0	-13.3	-100
83 年	1,949	3,858	90	320	221	0	866	7,303
	-26.7	-52.8	-1.2	-4.4	-3	0	-11.9	-100
88 年	2,959	5,092	85	576	222	0	954	9,888
	-29.9	-51.5	-0.9	-5.8	-2.2	0	-9.7	-100
93 年	4,354	6,842	77	990	163	0	981	13,406
	-32.5	-51	-0.6	-7.4	-1.2	0	-7.3	-100

資料來源：經濟部能源局，98 年 9 月。

註：1.括弧()內數字係百分比。

2.地熱、太陽能及風力發電數值皆不滿 5000 公秉油當量。

表 2.4-2 民國 97 年我國能源供給及來源分析表

能源類別	總計		自產能源		進口能源	
	數量	分配比 (%)	數量	分配比 (%)	數量	分配比 (%)
總計	141,918,163	100.00%	2,300,118	1.62%	139,618,045	98.38%
煤炭及煤產品	45,898,055	32.34%	0	0.00%	45,898,055	32.34%
原料煤	3,705,118	2.61%	0	0.00%	3,705,118	2.61%
燃料煤	41,880,482	29.51%	0	0.00%	41,880,482	29.51%
煤產品	312,455	0.22%	0	0.00%	312,455	0.22%
石油	70,528,087	49.70%	16,097	0.01%	70,511,990	49.68%
原油	52,961,007	37.32%	16,097	0.01%	52,944,910	37.31%
石油產品	17,567,080	12.38%	0	0.00%	17,567,080	12.38%
液化天然氣	13,066,607	9.21%	0	0.00%	13,066,607	9.21%
天然氣	353,388	0.25%	353,388	0.25%	0	0.00%
水力發電	1,930,633	1.36%	1,930,633	1.36%	0	0.00%
核能發電	10,141,393	7.15%	0	0.00%	10,141,393	7.15%

資料來源：經濟部能源局，98 年 9 月。

二、能源最終消費現況分析

我國能源最終消費量自 73 年 3,264 萬公秉油當量增至 93 年 10,483 萬公秉油當量，年平均成長率為 6.0%。就個別能源消費量之年平均成長率來看，電力、煤炭、石油以及天然氣依序為 7.5%、5.7%、4.9% 以及 0.2%。

而就能源消費結構來看，20 年間電力由 73 年 37.9% 增加為 93 年 49.8%，且自 80 年起，其消費量首度超過石油產品而居能源別之冠，顯示我國已正式邁進電力時代的現代化國家之林；石油居次，由 73 年 50.0% 降至 93 年 40.2%，最終消費現況詳表 2.4-3。

表 2.4-3 能源最終消費(能源別)

單位：萬公秉油當量

能源別 年別(民國)	煤炭	石油	液化 天然氣	天然氣	電力	能源 最終消費
73 年	267	1,633	0	127	1,237	3,264
	(8.2)	(50.0)	(0.0)	(3.9)	(37.9)	(100.0)
78 年	426	2,200	0	114	1,945	4,685
	(9.1)	(47.0)	(0.0)	(2.4)	(41.5)	(100.0)
83 年	529	2,802	97	156	2,789	6,372
	(8.3)	(44.0)	(1.5)	(2.4)	(43.8)	(100.0)
88 年	597	3,353	103	153	3,988	8,195
	(7.3)	(40.9)	(1.3)	(1.9)	(48.7)	(100.0)
93 年	807	4,219	109	133	5,215	10,483
	(7.7)	(40.2)	(1.0)	(1.3)	(49.8)	(100.0)

資料來源：經濟部能源局，98 年 9 月。

註：括弧()內數字表示百分比。

而 73 年至 93 年間我國各部門的能源最終消費量與消費結構詳表 2.4-4。整體來說，工業部門素為最主要之能源耗用者，但其所占比重隨產業結構調整、運輸工具普及而略為降低；93 年各部門能源消費結構比重以工業部門居首 54.3%、農業部門居末 1.8%；而我國平均每人能源消費量在 73 年時僅有 1,729 公升油當量，但至 93 年時已達到 4,643 公升油當量，年平均成長率為 5.1%。

表 2.4-4 能源最終消費(部門別)

單位：萬公秉油當量

部門別 年別 (民國)	能源消費							非能源 消費	能源最終 消費	平均每人能 源消費量 (公升油當 量)
	工業	運輸	農業	住宅	商業	其他	合計			
73 年	1,968	454	118	377	82	217	2,899	48	3,264	1,729
	(60.3)	(13.9)	(3.6)	(11.6)	(2.5)	(6.6)	(98.5)	(1.5)	(100)	
78 年	2,668	741	139	561	164	309	4,583	102	4,685	2,342
	(57.0)	(15.8)	(2.9)	(12.0)	(3.5)	(6.6)	(97.8)	(2.2)	(100)	
83 年	3,427	1,165	144	773	318	413	6,241	131	6,372	3,029
	(53.8)	(18.3)	(2.3)	(12.1)	(5.0)	(6.5)	(97.9)	(2.1)	(100)	
88 年	4,318	1,452	131	1,072	492	506	7,971	224	8,195	3,733
	(52.7)	(17.7)	(1.6)	(13.1)	(6.0)	(6.2)	(97.3)	(2.7)	(100)	
93 年	6,008	1,608	175	1,234	625	647	10,297	186	10,483	4,643
	(57.3)	(15.3)	(1.6)	(11.8)	(6.0)	(6.2)	(98.2)	(1.8)	(100)	

資料來源：經濟部能源局，98 年 8 月。

註：括弧()內數字表示百分比。

三、能源價格

(一)石油

我國自產原油有限，尤其自 69 年以後，每年原油供給中 99% 以上都依賴進口，因此國內油價變動大部分取決於國際原油價格的漲跌。除原油購價外，匯率、運費等亦為構成進口原油成本的因素。而在油價完全自由化前，國內油價的調整，在過去一段很長的時間，可說是由政府綜合權衡國際油價與其他眾多因素之後的結果。

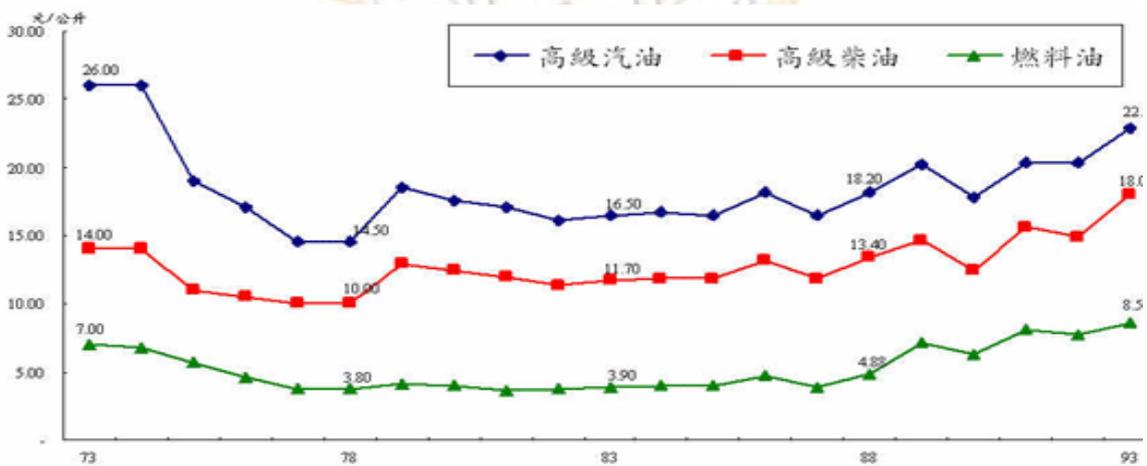
國際油價與國內油價的變遷可由圖 2.4-1 與圖 2.4-2 看出。而自台塑石化公司加入油品生產行列及國內油價公式於 89 年 9 月 11 日廢止後，國內油價除反映國際油價與匯率變動外，亦受廠商競爭情勢影響。而除價格外，廠商亦從事多樣化的非價格競爭。

比較我國與鄰近地區及部分 OECD 國家之油價，94 年 10 月我國無鉛汽油平均售價為每公升 23.90 元，低於鄰近之日本、南韓、香港、新加坡等國，及德國、義大利、西班牙、英國、法國等 OECD 國家，柴油售價為每公升 20.50 元，然仍遠較其他國家為低。



資料來源：1984~1985 為 Oil Economist's Handbook；1986 起為 Weekly Petroleum Status Report。
 註：1985 年以前為阿拉伯輕原油價格；1986 年起為世界加權平均原油價格。

圖 2.4-1 世界原油價格趨勢

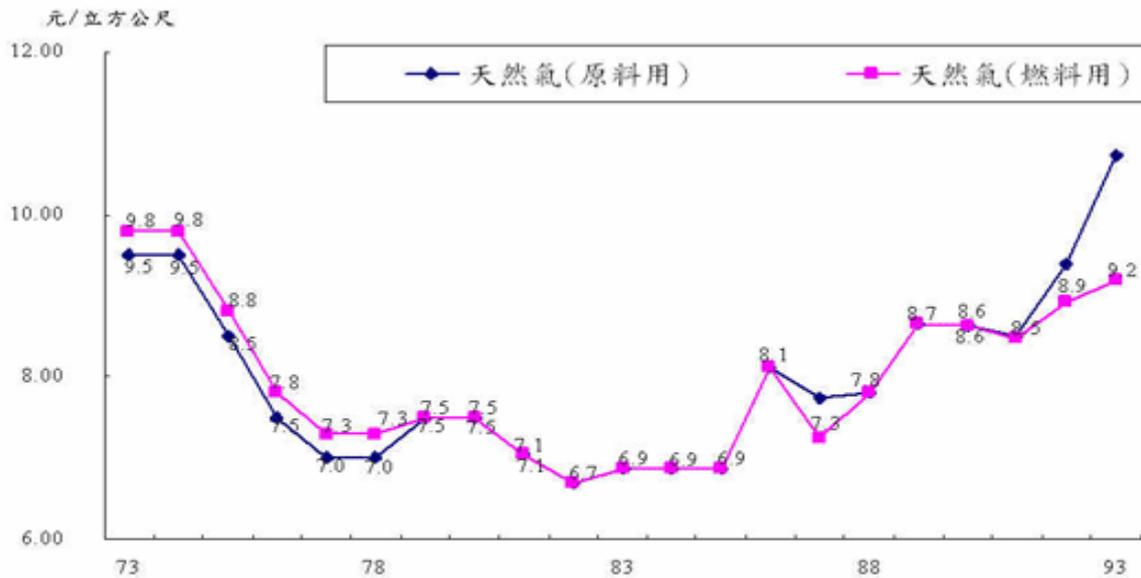


資料來源：經濟部能源局
 註：1. 皆為中油公司年底價格，價格含營業稅。
 2. 89 年起「高級汽油」數字係採用九五無鉛汽油資料。

圖 2.4-2 國內主要油品價格趨勢

(二)天然氣

在 79 年以前國內只有自產天然氣，以供應家庭及商業燃料、工業原料及工業燃料為主。自 79 年開始進口液化天然氣後，主要供做發電燃料，其他則供家庭及商業燃料及工業燃料。由於國際天然氣價格與原油價格連動，因此進口天然氣成本亦深受國際油價影響。圖 2.4-3 為近 20 年來國內天然氣價格變動情形。



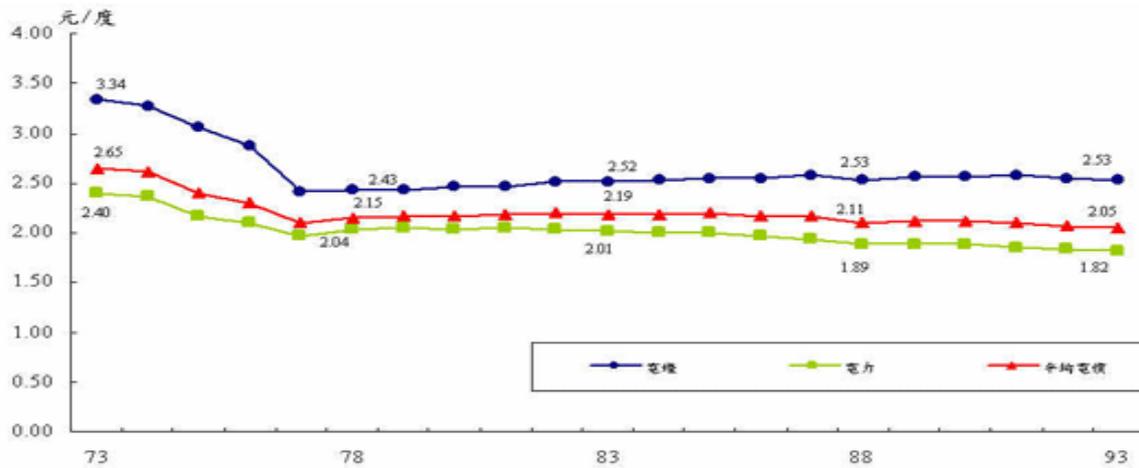
資料來源：經濟部能源局。

註：天然氣(燃料用)價格曲線未顯示部份，表示同天然氣(原料用)曲線

圖 2.4-3 國內天然氣價格趨勢

(三)電力

台電公司的電價結構基本上是針對各類用戶訂立不同費率結構，但基於電力為民生需求及生產之動力來源，過去在 61 年至 71 年間曾因兩次石油危機調漲 5 倍，嗣後電價逐漸降低而趨於平穩。以過去二十年來看，國內物價指數上漲超過 40%，但電價不但沒有調漲反而多次調降，平均每度電價自 73 年之 2.65 元調降為 93 年之 2.05 元，電力價格變化情形詳圖 2.4-4。



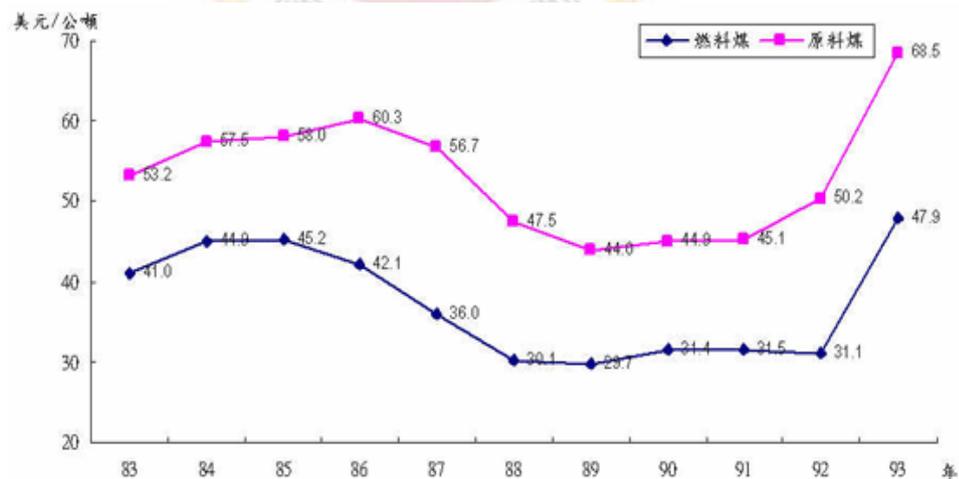
資料來源：台灣電力公司。

圖 2.4-4 國內電力價格價格趨勢

(四)煤炭

我國為加入世界貿易組織(WTO),自 90 年起取消進口燃料煤搭配收購省煤政策,自產煤礦全數關閉,進口煤比重更高達 100%,爰此,近十年進口煤價格完全反應在國內煤價上,而煤價深受進口煤來源地區影響。

93 年燃料煤平均每公噸單價為 47.9 美元,較 83 年上漲 16.7%;進口原料煤平均單價每公噸 68.5 美元,較 83 年上漲 28.8%,變化情形詳圖 2.4-5。



資料來源：經濟部能源局

圖 2.4-5 國內煤炭價格價格趨勢

四、未來能源供需變化預測

依據全球暖化現象與國際能源價格變化趨勢（台灣大學經濟學研究所林建甫教授，2007年）研究報內容指出，能源需求與供給將逐年上揚，至2025年石油產生量將達1189億桶、需求量为1192億桶，而天然氣需求量为156.2兆立方公尺，煤炭需求量为82,260億噸，供給量及需求量为預測詳表2.4-5~表2.4-7。而我國未來能源供給與需求，依據經濟部能源所作之預測，石油之供給與需求將逐年下降，而煤炭、水力發電及再生能源需求供給量將逐步上升，至2020年再生能源供給量將達總供給量6%，預測資料詳表2.4-8。

表 2.4-5 世界原油供給需求預測

單位:10 億桶

年別 地區別	預測值							
	2010 年		2015 年		2020 年		2025 年	
	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%
總供給	94.3	100.0	102.9	100.0	110.7	100.0	118.9	100.0
OPEC 國家	37.7	40.0	41.3	40.1	46.8	42.3	52.7	44.3
非 OPEC 國家	56.6	60.0	61.7	60.0	63.9	57.7	66.2	55.7
總需求	94.6	100.0	103.2	100.0	111.0	100.0	119.2	100.0
工業化國家地區	47.7	50.4	50.1	48.5	52.2	47.0	54.6	45.8
未工業化國家地區	46.9	49.6	53.0	51.4	58.8	53.0	64.6	54.2

表 2.4-6 世界天然氣供給需求量預測

單位:兆立方公尺

年別	2010 年		2015 年		2020 年		2025 年	
	消費量	%	消費量	%	消費量	%	消費量	%
工業化國家地區:	52.8	47.4	58.7	45.9	63.1	44.6	66.4	42.5
北美	31.3	28.1	34.8	27.2	37.6	26.6	38.6	24.7
西歐	17.3	15.5	19	14.9	20.4	14.4	22.4	14.3
太平洋	4.2	3.8	4.8	3.8	5.1	3.6	5.4	3.5
未工業化國家地區	58.6	52.6	69.2	54.1	78.4	55.4	89.8	57.5
東歐及前蘇聯:	29.6	26.6	33.6	26.3	36.2	25.6	39.1	25
前蘇聯	25.6	23	29	22.7	31	21.9	33.3	21.3
東歐	4	3.6	4.6	3.6	5.2	3.7	5.8	3.7
開發中亞太	10.6	9.5	13.3	10.4	16.3	11.5	20.7	13.3
中東	10.6	9.5	12.6	9.9	14.5	10.2	16.6	10.6
非洲	3.1	2.8	4.1	3.2	4.9	3.5	6	3.8
中南美洲	4.6	4.1	5.6	4.4	6.5	4.6	7.5	4.8
合計	111.4	100	127.9	100	141.5	100	156.2	100

表 2.4-7 世界煤炭供給需求量預測

單位:10 億噸

年別	2010 年		2015 年		2020 年		2025 年	
	消費量	%	消費量	%	消費量	%	消費量	%
工業化國家地區:	2,245	33.7	2,261	31.2	2,328	30	2,474	30.1
北美	1,326	19.9	1,375	19	1,457	18.8	1,629	19.8
西歐	544	8.2	514	7.1	486	6.3	459	5.6
太平洋	374	5.6	373	5.1	386	5	386	4.7
未工業化國家地區:	4,426	66.3	4,984	68.8	5,439	70	5,752	69.9
東歐及前蘇聯:	834	12.5	850	11.7	860	11.1	874	10.6
前蘇聯	450	6.7	462	6.4	471	6.1	480	5.8
東歐	384	5.8	388	5.4	390	5	394	4.8
開發中亞太	3,196	47.9	3,715	51.3	4,138	53.3	4,435	53.9
中東	116	1.7	117	1.6	118	1.5	116	1.4
非洲	231	3.5	249	3.4	267	3.4	267	3.2
中南美洲	48	0.7	52	0.7	56	0.7	59	0.7
合計	6,671	100	7,245	100	7,767	100	8,226	100

表 2.4-8 本國能源供需展望
Energy Supply & Consumption Projections

項目 Item	民國 93 年 2004 百萬公秉油當量 MKLOE %		民國 99 年 2010 百萬公秉油當量 MKLOE %		民國 109 年 2020 百萬公秉油當量 MKLOE %		民國 93 年~109 年 2004~2020 年平成長 率 Growth rate
總供給 Total Supply	129.1	100	147.2	100	173.9	100	2.1
自產 Indigenous	12.2	9	21.0	14	24.2	14	14.0
進口 Imported	116.9	91	126.2	86	149.6	86	1.4
煤炭 Coal	43.5	34	44.2	30	64.3	37	2.9
石油 Petroleum	63.5	49	63.8	43	56.3	32	-0.5
天然氣 Natural Gas	0.8	1	0.7	0	0.7	0	-1.2
液化天然氣 LNG	9.9	8	18.2	12	29.0	17	7.9
抽蓄水力 Storage hydro Power	1.0	1	1.0	1	0.9	1	-0.6
核能發電 Nuclear Power	9.8	8	14.3	10	12.0	7	1.3
再生能源 Renewable Energy	0.6	0	5.0	3	10.7	6	17.4
國內消費 Domestic Consumption	107.6	100	123.9	100	146.3	100	2.1
煤炭 Coal	10.8	10	13.0	11	15.9	11	2.1
石油 Petroleum	42.2	39	41.8	34	36.8	25	-0.5
天然氣 Natural Gas	2.4	2	3.0	2	3.3	2	1.9
電力 Electricity	51.5	48	61.1	49	79.5	54	2.9
再生能源 Renewable Energy	0.6	1	5.0	4	10.7	7	17.4

說明：本預測結果採用 94 年全國能源會議結論，對未來能源結構和能源效率的相關假設如下：

1. 核四於民國 98 年商轉，核能一、二、三廠共六部機組，於民國 107 年至 114 年相繼除役。
2. LNG 進口量於民國 99 年擴增為 1300 萬噸，民國 109 年擴增為 2000 萬噸。
3. 再生能源發電裝置容量目標 99 年達 5139 千瓩、109 年達 8000 千瓩。
4. 使用效率高的能源技術：提高電器效率標準、提高新電廠熱效率、提昇車輛效率等。工業、住商與運輸部門能源密集度除採取 87 年全國能源會議節能目標外，自 95 年起再下降 1.2%。
5. 自 95 年起名目電價依每年躉售物價上漲率調整，每年調漲 3.5%。

2.5 廚餘處理方式比較

廚餘處理方式主要有掩埋、焚化、堆肥、養豬與厭氧消化五種，概述如下，個方案優缺點比較詳表 2.5-1。

一、掩埋

衛生掩埋主要的優點在於衛生掩埋可以提供加速廢棄物穩定化的環境，但衛生掩埋也存在著許多缺點，包括滲出水污染地下水、逸散的臭味影響附近居民的生活品質等。針對廚餘處理的部分，由於台灣廚餘約佔垃圾回收總量的三成左右，若用傳統掩埋方式處理，除惡臭外還相當佔體積，且浪費了廚餘等有機廢棄物中所蘊含的能量與肥料。環保署已於 96 年起禁止適燃性廢棄物及廚餘等進入公有掩埋場處理，其目的除了增加資源永續利用之外，也希望藉此延長掩埋場之使用年限。

二、焚化

本國都市垃圾普遍採用焚化處理，焚化處理技術發展至今包含廢棄物的燃燒處理及能源的回收，其優點包含減少垃圾的體積、廢棄物安定化、衛生化及資源化等。由於台灣地區廚餘水分含量通常大於 60%，若直接將廚餘採焚化處理，會因熱質的下降而須額外添加其他助燃物以提高焚化的效率，且廚餘中通常含有鹽分，焚化處理時易產生戴奧辛。此外，焚化爐在電熱能的轉換效率不若厭氧消化來的高，且將廚餘採用堆肥或厭氧方式處理，不僅可節省許多燃料費用，同時焚化爐的使用效率亦可提升。

三、堆肥

所謂的堆肥，係指以機資材透過堆肥化過程進而產生的最終穩定產物，目前台灣堆肥的原料來源以禽畜排泄物及果菜堆肥占較高比例，廚餘在分類上屬於「垃圾堆肥」的一種，由於原料成分不穩定和養分可能缺乏的因素，廚餘堆肥之後的產物仍以土壤改良劑與有機肥製造廠原料為主要應用。以堆肥方式來處理廚餘會有臭味產生，且在堆肥的過程中無法像焚化或厭氧發酵般回收能量再利用。

四、養豬

國內普遍將回收的廚餘資源替代養豬飼料，因而降低大量的成本支出，但農委會與環保署皆曾指出使用廚餘養豬會提高豬瘟及口蹄疫發生的機會，2001 年英國爆發的口蹄疫情即為使用廚餘養豬所致，因此環保署自 2006 年 1 月 1 日起，

配合全國全面實施垃圾強制分類同時，逐步禁用清潔隊回收的廚餘使用在養豬上。因廚餘即使經高溫蒸煮、處理過後，仍無法完全杜絕可能的疫病傳染途徑，一旦爆發豬瘟與口蹄疫將重創年產值四百億的養豬產業。若從污染防治觀點來看，雖然藉由餵養豬隻之後，可將廚餘轉換為較易生物分解之成份，但解決了廚餘的污染，卻衍生出後續豬糞尿污染水源的問題，因此以廚餘養豬並非解決廚餘問題的長久之計。

五、厭氧消化

一般的都市垃圾組成主要可以分為可消化的有機物成分、可供燃燒成分以及不可燃燒成分三種。目前台灣廢棄物處置方式並無法充分的將廢棄物的有機成分作有效率的能量轉換，由於台灣地區的廚餘含碳量大約介於 45~60% 之間，因此最具能源效率的處置方式應該是利用厭氧消化來處理，產生的生質沼氣為再生能源的一種，可轉換成綠色熱、電而消化過後的殘渣也可當作肥料使用。在即將進入後京都時代的今天，以厭氧消化處理廚餘等有機廢棄物符合全球廢棄物資源化的潮流。其缺點為技術需求較高，目前台灣因技術與經濟因素尚無具規模的厭氧消化廠。

表 2.5-1 廚餘處理方案之優缺點比較

處理方案	優點	缺點
堆肥	<ul style="list-style-type: none"> ● 減少化學肥料濫用改良土壤理化性質以提升農田地力 ● 有機廢棄物資源化處理 	<ul style="list-style-type: none"> ● 堆肥過程有臭味產生 ● 堆肥品質不穩定，須添加副資材 ● 堆肥之後無電熱能產生(相較於焚化與厭氧發酵)
養豬	<ul style="list-style-type: none"> ● 避免與人爭食 ● 減少飼料成本 	<ul style="list-style-type: none"> ● 通常無綠色熱電產生 ● 須將雜物去除並加熱滅菌，但仍有造成豬瘟與口蹄疫流行之虞 ● 豬隻排泄物易造成水源汙染
厭氧消化	<ul style="list-style-type: none"> ● 產生的生質沼氣為再生能源，可轉化為綠色熱電 ● 能源轉換較焚化、掩埋與養豬來的高 ● 消化過後殘渣可當作肥料，堆肥的好處皆具備 ● 消化過程無臭味產生 ● 經 ISO14064 認證後具有國 	<ul style="list-style-type: none"> ● 技術需求較高

	際認可的減碳效力	
焚化	<ul style="list-style-type: none"> ● 廢棄物安定化、減少體積 ● 有熱電能量可回收 	<ul style="list-style-type: none"> ● 廚餘熱質低，需添加助燃劑，導致能源效率不佳 ● 產生戴奧辛等空氣汙染 ● 減少焚化爐使用年限
掩埋	<ul style="list-style-type: none"> ● 提供加速廢棄物穩定化的環境 	<ul style="list-style-type: none"> ● 惡臭 ● 滲出水污染地下水 ● 縮短掩埋場壽命 ● 無再生能源產生

2.6 廚餘處理各方案之環境衝擊評估

針對廚餘處理系統，包括焚化、掩埋、堆肥、厭氧消化與養豬五種處理方式進行環境衝擊評估。參考「廚餘及堆肥成品中有害成分調查肥力及土壤列管評估計畫暨廚餘資源化設施建設產品品質標準建置及市場開發近中程策略規劃」計畫，採用其原始盤查資料，以 Impact 2002+環境衝擊評估模式作為 LCI 評估方法，評估範圍(scope)的起點為五種處理方案的廚餘產生至收集過程，終點則從廚餘分解排放至環境或回收應用成為另一種物質為止，Impact 2002+環境衝擊評估架構詳圖 2.6-1。

Impact 2002+的環境衝擊類別(Environmental impact categories)包含人體毒性(Human toxicity)、呼吸效應(Respiratory effect)、離子輻射(Ionizing radiation)、臭氧層分解(Ozone layer depletion)、光化學氧化(Photochemical oxidation)、水體生態毒性(Aquatic ecotoxicity)、陸域生態毒性(Terrestrial ecotoxicity)、水體酸化(Aquatic acidification)、水體優氧化(Aquatic eutrophication)、陸域酸化(Terrestrial acid/nutr)、土地耗用(Land occupation)、全球性氣候變遷(Global warming)、非可再生能源(Non-renewable energy)、礦產開採(Mineral extraction)共計 14 類。各項盤查的結果會依照對各類別的貢獻進行指標計算，整合 14 項環境衝擊類別，然後將其歸納為以下四個損害類別指標：(1)人類健康(Human Health)、(2)生態系品質(Ecosystem Quality)、(3)氣候變遷(Climate change)、(4)資源(Resources)。

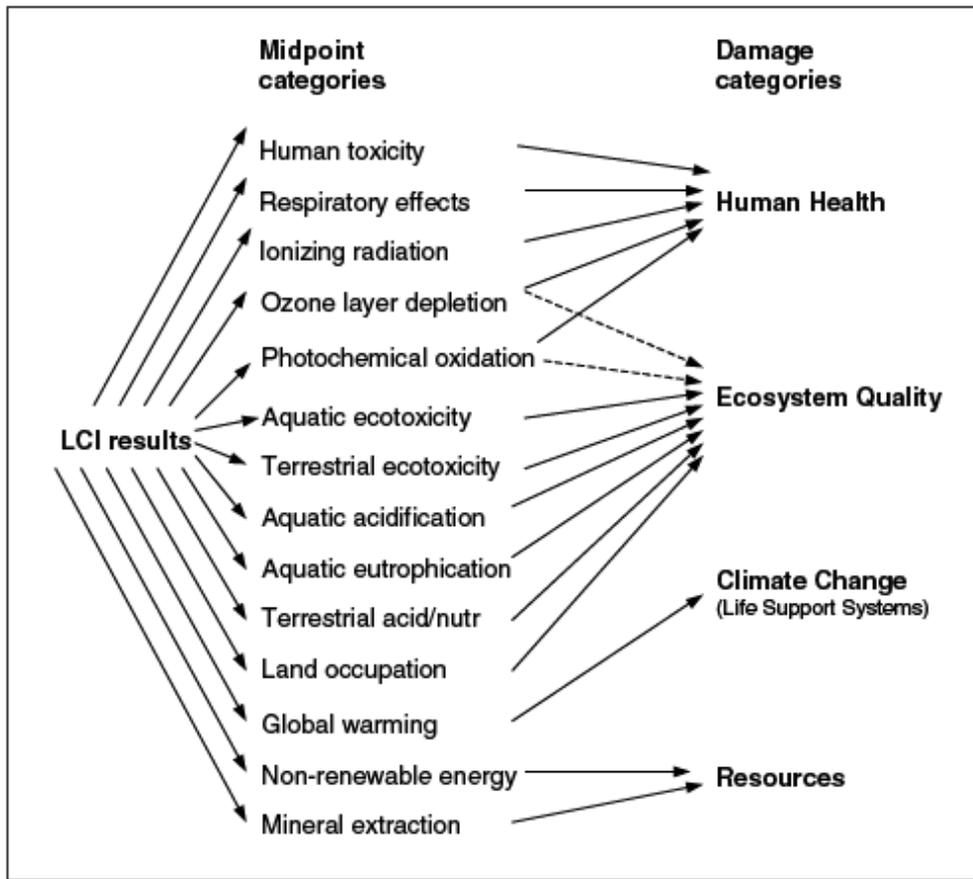


圖 2.6-1 Impact 2002+ 評估架構

焚化、掩埋、堆肥、厭氧消化與養豬處理系統經由 Impact 2002+衝擊評估模式分析之後，各替代方案之環境衝擊結果將依據四種環境損害類別分別說明。

一、人體健康(Human Health)

此項損害類別分別由人體毒性(Human toxicity)、呼吸效應(Respiratory effect)、離子輻射(Ionizing radiation)、臭氧層分解(Ozone layer depletion)、光化學氧化(Photochemical oxidation)五項環境衝擊類別整合而成。在這五項環境衝擊類別之中，人體毒性(Human toxicity)這項環境衝擊類別可直接反應對人體造成之危害效應，因此較值得被關注。此項環境衝擊類別可細分為致癌和分致癌兩大類，若針對堆肥與厭氧消化做比較，人體毒性(Human toxicity)的環境衝擊結果如表 2.6-1 所示。從表中可發現，厭氧消化和堆肥的非致癌衝擊影響相同，但致癌衝擊效應則略低於堆肥的致癌效應，故整體而言，堆肥對於人體毒性的環境衝擊大於厭氧消化。

表 2.6-1 堆肥及厭氧處理人體毒性(Human toxicity)的環境衝擊結果

處理方式	致癌 (kgeq chloroe)	非致癌(kgeq chloroe)
堆肥	2.19	21.5
厭氧消化	2.06	21.5

二、生態系品質(Ecosystem Quality)

此項損害類別分別由水體生態毒性(Aquatic ecotoxicity)、陸域生態毒性(Terrestrial ecotoxicity)、水體酸化(Aquatic acidification)、水體優氧化(Aquatic eutrophication)、陸域酸化(Terrestrial acid/nutr)、土地耗用(Land occupation)六項環境衝擊類別整合而成。近年來，台灣的河川水域面臨愈來愈嚴重的優養化問題，而在這六項環境衝擊類別之中，水體優氧化(Aquatic eutrophication) 這項環境衝擊類別可直接反應水體優氧化的環境衝擊影響，若針對養豬和厭氧堆肥做比較，水體優氧化(Aquatic eutrophication)的環境衝擊結果如表 2.6-2 所示。從表中可發現，厭氧消化對於水體優養化所造成的環境衝擊遠小於養豬所帶來的環境衝擊。

表 2.6-2 養豬和厭氧水體優養化環境衝擊結果

替代方案	水體優氧化(kgeq PO4-)
養豬	0.00411
厭氧消化	0.000764

三、氣候變遷(Climate change)

由於氣候變遷的議題近年來已成為全球矚目的焦點，因此這項環境損害類別所代表的意義與其結果更顯得重要。此項損害類別係由全球性氣候變遷指標(Global warming)獨立而成，針對厭氧消化、堆肥、焚化、掩埋四項替代方案做比較，則環境衝擊結果如表 2.6-3 所示。從表中可發現，厭氧消化的環境衝擊效應明顯小於其他三項替代方案，相較於其他三項處理方式，厭氧消化對於氣候變遷較不具衝擊性。

表 2.6-3 各方案氣候變遷環境衝擊結果

替代方案	全球性氣候變遷(kgeq CO2 int)
堆肥	0.201
掩埋	0.417
焚化	0.194
厭氧消化	0.0604

四、資源(Resources)

隨著非再生資源大量的被開採利用，如何減少資源的消耗，並且建立永續發展的循環型社會，將被視為 21 世紀的重要課題之一。此項損害類別分別由非可再生能源(Non-renewable energy)和礦產開採(Mineral extraction) 兩項環境衝擊類別整合而成，在這兩項環境衝擊類別中，由於非可再生能源(Non-renewable energy)這項衝擊指標不僅可以衡量非可再生資源的資源消耗，同時也可以將剩餘的資源浪費納入考量，意即在以永續循環資源利用導向的決策模式之下，此項環境衝擊指標具有相當重要的代表意義。針對厭氧消化、堆肥、焚化、掩埋、養豬五項替代方案做比較，其環境衝擊結果如表 2.6-4 所示。

從表中可發現，掩埋、焚化、養豬、厭氧消化四項廚餘處理方式的環境衝擊效應皆為負值，也就是環境衝擊為負，意即對於其環境衝擊為正向影響。此外在各替代方案於非可再生資源的環境衝擊結果中，又以厭氧消化對於環境最具正面影響效果。

表 2.6-3 各方案資源環境衝擊結果

替代方案	非可再生資源(MJ primary n)
堆肥	1.29
掩埋	-0.0581
焚化	-1.02
養豬	-0.98
厭氧消化	-1.07

綜合各種廚餘處理方式的環境衝擊評估結果與替代效益，厭氧消化能夠同時產生高能源效率的熱、電與肥料，且在氣候變遷、人體健康、生態系品質與資源等環境衝擊指標中表現優良，是自產能源不足的台灣在節能減碳的世界潮流之中，值得我們認真考慮的有機廢棄物解決方案。

第三章 研究理論與方法建立

本研究運用的研究方法有三種，透過歷史研究法、文獻分析法尋找可行性評估所需之經濟分析各項計算因子，再透過計算因子建立經濟規模計算模組，進而提出各種可行性評估方案，最後由各項方案中提出最佳可行性方案，但因尚未進行相關計算，也有可能得出各方案經濟規模皆不適宜之結論，以下將分別說明研究理論與方法。

3.1 歷史研究法

一、歷史研究法之意義

歷史研究法係指有系統地蒐集過去發生之事件，進行客觀的評鑑，以檢核該事件的因果或趨勢，提出準確的描述與解釋，進而有助於解釋現象，以及預測未來的一種研究歷程（王文科，民 90，教育研究法，五南）。梁啟超先生曾說：「歷史的目的，在將過去的真實事，予以新意義或新價值，以供現代人活動之資鑑。」芝加哥大學前歷史學教授哥特沙克博士(Dr.Louis Gottschalk)的治史方法被許多研究歷史的人廣泛採用，他曾指出歷史研究主要探討的課題有以下四個重點：

- (一)何處 (Where) 發生該事件？
- (二)誰 (Who) 介入該事作？
- (三)該事件發生於何時 (When) ？
- (四)有何種 (What kind) 活動參雜其間？

二、歷史研究法的步驟

歷史研究法可分為四個步驟，即界定研究問題、蒐集與評鑑資料、綜合資料、分析解釋以及形成結論（王文科，1997）。

本研究利用歷史研究法之研究步驟，如下所示：

(一)界定本研究問題

有關生質廢棄物再利用的可行性提出假設。就本研究而言，生質廢棄物多屬於含水量高的有機廢棄物，且不易燃燒，若以掩埋或焚化處理則易造成二次環境污染；但若建立生質能源再利用廠，則能發揮其最後的利用價

值、增加焚化爐及掩埋場的使用年限。故本研究提出之假設為：「生質廢棄物再利用是可行的方法」。

(二)蒐集與評鑑資料

進行生質廢棄物再利用化及相關設廠資料相關文獻的蒐集、研讀及整理。

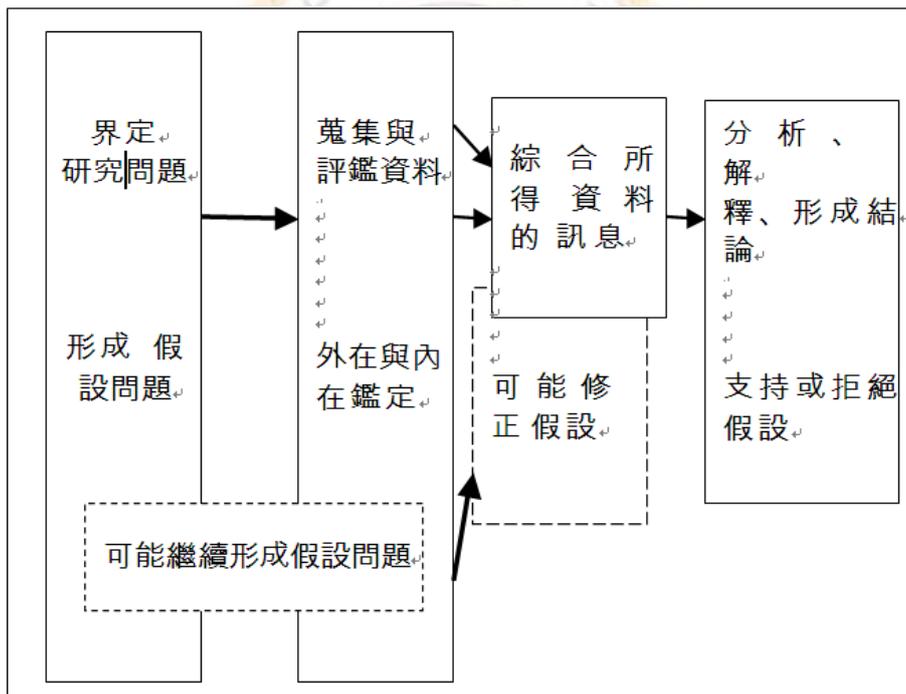
(三)綜合資料

以相關案例資料作為本研究的主要立論依據及生質廢棄物再利用化模組的參考。

(四)分析解釋以及形成結論

透過立論依據及模組經濟規模之分析，建立再利用廠可行性評估之方案，進而提出最佳可行性方案。

歷史研究法之步驟詳圖 3.1-1



資料來源：王文科，教育研究法，五南出版社。

圖 3.1-1 歷史研究的步驟

3.2 文獻分析法

一、文獻分析法的意義及目標

文獻分析法又稱為內容分析法或資訊分析法，透過文獻分析法將定性的資料轉化為定量資料後，再進行進一步的分析。而文獻資料來源不限，舉凡報章雜誌、他人可供參考之研究文稿等，均可作為文獻分析法分析之資料，文獻分析法具有間接性之特質，在資料收集上，與重視調查訪問、問卷、量表測試的實際資料研究法有著明顯的不同。

許多領域的研究常需透過文獻獲得資料，因此文獻分析研究法便有其價值與採用的必要。此法與歷史研究法類似，但文獻分析法主要在解釋某特定時間內，某現象的狀態或某段時間內該現象的發展情形，而歷史研究法則以探討較遙遠的過去紀錄為主，文獻分析法主要的目標有以下六點（王文科，1997）。

- (一)描述現行實際業務或條件。
- (二)發現重要或有趣的若干問題或主題的關聯性。
- (三)評鑑其中的偏見或宣傳成份。
- (四)分析其中錯誤的形式。
- (五)指認作者的概念或信念。
- (六)解釋可能引發某項結果行動或事件的有關因素。

二、文獻分析法的運用

根據以上所述的文獻分析法目標，本研究對其運用有下列三點：

(一)確定目標

以歷史研究法界定研究目標後，根據本研究提出的假設「生質廢棄物再利用是可行的方法」。再針對此假設提出研究問題

1. 生質廢棄物可被再利用化，則再利用化的方式有那些。
2. 國內外有哪些生質廢棄物再利用化的案例。
3. 生質廢棄物再利用化的困難為何。
4. 生質廢棄物再利用化是否符合經濟效益。
5. 生質廢棄物再利用廠設立的可行性為何。

(二)研究目標決定後，即決定文獻資料蒐集的方法，本研究主要蒐集的文獻，包括相關書籍及報刊雜誌、研究論文的及網路資料等的蒐集。

(三)根據文獻蒐集及研讀的過程中，針對生質廢棄物再利用化建立經濟規模模組，同時進行問題整理及分析，綜合歸納後，提出可行性方案。

3.3 經濟規模計算因子

本研究之主題係以桃園縣環保科技園區生質能源再利用廠之設置可行性進行評估，而為進行相關評估，則需計算設置成本與效益進行相關分析，本節將依據所蒐集之文獻資料及分析研究之結果，進行成本與效益等經濟規模計算因子之估算。

本研究之設定因子包含假設計值、參考文獻與專業人員評估值及實際調查之估算值，以下分別說明。

一、假設計值與設計值

本項主要以生質廢棄物來源供應量、設廠規模、營運天數、運轉時數等以假設方式提出之估計值與設計值，作為經濟規模評估之基礎。

二、參考文獻與專業人員評估值

由於國內對生質料轉換沼氣之係數資料較為缺乏，生質沼氣轉換係數、單位沼氣含有甲烷、每體積之生甲烷可產生電熱總能等資料係參考德國漢諾威大學之研究資料，同時為避免國內外生質廢棄物之組成成分所造成之誤差，故協請該大學專業人員至現場實際勘查評估後，提出轉換係數評估值。

三、實際調查之估算值

包含生質廢棄物運費、設備採購匯率、再生發電每度收購價等，係以實際調查或蒐集之資料進行估算。

表3.3-1表示生質沼氣轉換電能及熱能之計算因子，表3.3-2表示生質沼氣轉換為天然氣之計算因子，表3.3-3為德國生質沼氣廠有機物料成分分析及沼氣轉換係數分析表。

表 3.3-1 生質沼氣轉換電能及熱能計算因子表

計算因子	單位	係數	說明	係數來源
廚餘日處理量	公噸	未定	廚餘係數	估計值
豬糞尿日處理量	公噸	未定	豬糞尿係數	估計值
農業廢棄物	公噸	未定	農廢係數	估計值
營運天數	天	330	進料量公噸/年	設計值
運轉時數	小時	24	運轉小時數	設計值
廚餘生質沼氣轉換係數	M ³ /公噸	120	沼氣產生量 M3	德國文獻與專業人員現場評估
豬糞尿生質沼氣轉換係數	M ³ /公噸	27.6	沼氣產生量 M3	德國文獻與專業人員現場評估
農廢生質沼氣轉換係數	M ³ /公噸	40.0	沼氣產生量 M3	德國文獻與專業人員現場評估
單位沼氣含有甲烷	%	50	甲烷產生量 M3	德國文獻與專業人員現場評估
每體積之生甲烷可產生電、熱總能約	kWh	10	電熱總能 KWH/年	德國文獻與專業人員現場評估
熱能產生率	%	30	熱能 KWH/年	德國文獻與專業人員現場評估
電能產生率	%	30	電能 KWH/年	德國文獻與專業人員現場評估
液肥產生率	%	42	液肥產生量公噸/年	德國文獻與專業人員現場評估
固肥產生率	%	18	固肥產生量公噸/年	德國文獻與專業人員現場評估
發電機容量	kW	未定	發電功率	設計值
單位設廠成本	歐元/KW	3500	歐元/KW	德國文獻與專業人員現場評估
歐元匯率	台幣	45	歐元台幣匯率	依金融機構匯率變動
廠區營運成本	%	6	包含機組維護操作費用以設置成本 6%計算(營運所需電及熱力由自己生產扣除)	德國文獻與專業人員現場評估
人事成本	元/人月	40000	每人月薪以 4 萬元計算	估計值
物料購入成本	元/公噸	400	生質廢棄物運費或購置成本	實際調查後估算值
產電收益	元/度	2	台電收購價	實際調查台電定價
固肥收益	元/KG	2	每公斤可賣 2 元	估算值
液肥收益	元/KG	2	每公斤可賣 2 元	估算值

表 3.3-2 生質沼氣轉換天然氣計算因子表

計算因子	單位	係數	說明	係數來源
單位設廠成本(扣除發電機成本-560 歐元/KW)	歐元/KW	2940	歐元/KW	德國文獻與專業人員現場評估
產天然氣收益	元/M ³	14.5	中油工業用天然氣牌價, 98 年 9 月 2 日公告	實際調查中油定價

表 3.3-3 生質沼氣廠有機物料成分分析及沼氣轉換係數表

農林牧廢棄物質成分分析表								
物質項目	乾物質	有機乾物質	氮	氨氮	磷	生質沼氣產量	乾物質產氣量	甲烷含量
單位	%	佔乾物質 %TS	%TS	%TS	%TS	(m ³ /tFM)	(m ³ /toTS)	Vol.-%
禽畜糞尿								
牛糞尿	8-11	75-82	2.6-6.7	1-4	0.5-3.3	20-30	200-500	60
豬糞尿	ca. 7	75-86	6-18	3-17	2-10	20-35	300-700	60-70
牛糞	ca. 25	68-76	1.1-3.4	0.22-2	1-1.5	40-50	210-300	60
豬糞	20-25	75-80	2.6-5.2	0.9-1.8	2.3-2.8	55-65	270-450	60
雞糞	ca.32	63-80	5.4	0.39	n.a.	70-90	250-450	60
農產加工剩餘物質								
啤酒糟	20-25	70-80	4-5	-	1.5	105-130	580-750	59-60
雜糧殘糟	6-8	83-88	6-10	-	3.6-6	30-50	430-700	58-65
馬鈴薯糟	6-7	85-95	5-13	-	0.9	36-42	400-700	58-65
水果糟	2-3	ca.95	n.a.	-	0.73	10-20	300-650	58-65
水果渣(新鮮)	ca.13	ca.90	0.5-1	0.04	0.1-0.2	80-90	650-750	52-65
水果殘汁	3.7	70-75	4-5	0.8-1	2.5-3	50-56	1500-2000	50-60
農產製程廢水	1.6	65-90	7-8	0.6-0.8	2-2.5	55-65	3000-4500	50-60
製程污泥	22-26	ca.95	n.a.	-	n.a.	60-75	250-350	70-75
糖蜜	80-90	85-90	1.5	-	0.3	290-340	360-490	70-75
蘋果渣	25-45	85-90	1.1	-	0.3	145-150	660-680	65-70
水果渣	25-45	90-95	1-1.2	-	0.5-0.6	250-280	590-660	65-70
葡萄渣	40-50	80-90	1.5-3	-	0.8-1.7	250-270	640-690	65-70
社區/屠宰場								
有機垃圾	40-75	50-70	0.5-2.7	0.05-0.2	0.2-0.8	80-120	150-600	58-65
廚餘及過期食品	9-37	80-98	0.6-5	0.01-1.1	0.3-1.5	50-480	200-500	45-61
市場垃圾	5-20	80-90	3-5	-	0.8	45-110	400-600	60-65
動物脂肪	2-70	75-93	0.1-3.6	0.02-1.5	0.1-0.6	11-450	ca.700	60-72
豬胃殘留物	12-15	75-86	2.5-2.7	-	1.05	20-60	250-450	60-70
牛胃殘留物	11-19	80-90	1.3-2.2	0.4-0.7	1.1-1.6	20-60	200-400	58-62
浮除污泥	5-24	80-95	3.2-8.9	0.01-0.06	0.9-3	35-280	900-1200	60-72
園藝廢棄物								
花草修剪廢棄物	ca.12	83-92	2-3		1.5-2	150-200	550-680	55-65

參考書目: Handreichung Biogasgewinnung und-nutzung(德文)

資料來源: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und
Landwirtschaft

3.4 成本效益分析法(benefit-cost analysis , CBA)

一、成本效益分析法之意義與步驟

成本效益分析 (benefit-cost analysis, CBA) 為針對公共投資 (包含硬體及軟體) 的成本與效益, 作有系統的分析與整理, 以提供決策者能做出合乎經濟理論的裁決 (陳明健, 1994)。成本效益分析在經濟學領域中, 通常被歸納為福利理論 (welfare theory) 或是社會選擇 (social choice) 的類別。所以採用成本效益分析的目的, 就是為了協助進行社會選擇, 而選擇的目標則是以社會福利最適化為最終標的 (黃志強, 1999)。

陳明健曾將成本效益分析分成以下三個步驟進行:

(一)認定投資計畫之影響內容, 一般可將影響內容分成三方面討論, 亦即效益、成本與分配之公平性。

(二)內容數量化, 亦即將各影響內容以客觀的方式, 儘可能地用貨幣單位衡量, 以便於各項內容能以相同單位互相比較。

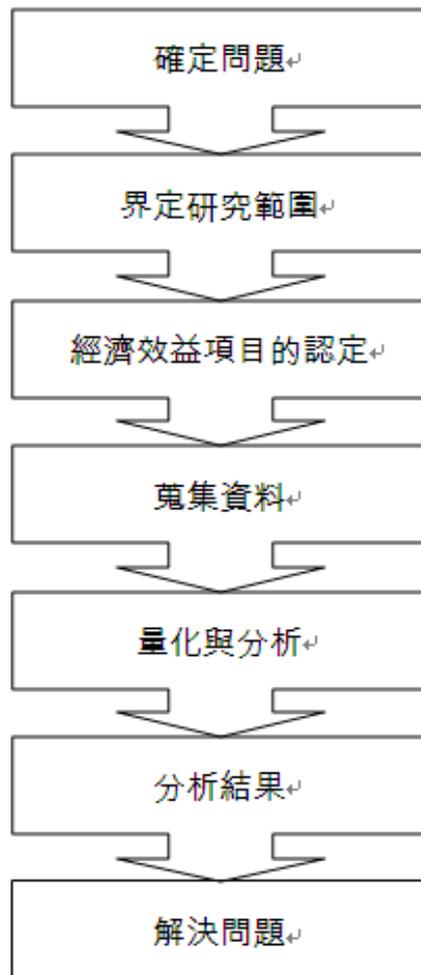
(三)組合已數量化或無法數量化的相關資料, 並作成分析報告。

成本效益固有其優點, 但相關研究報告也指出, 成本效益仍有其無法克服、突破的缺點及限制, 例如:

- 1.因變數太多且各界對成本及效益的認定具有頗大差異, 而使分析結果發生誤差。
- 2.研究分析者過於主觀, 且計算分析標準不一, 常發生技術或人為失誤等。
- 3.成本效益分析係直接以貨幣價值為評估基礎, 在難以貨幣化或數量化的項目評估上, 易導致偏差與爭議。也因此, 價格水準的真實反應, 為成本效益分析必須謹慎考慮的重要影響因子之一。
- 4.由於時間因素的影響, 造成未來不確定性 (Uncertainty) 與 風險 (Risk) 問題, 更顯著影響分析者或決策者的判斷, 因此, 時間因素也為成本效益分析中最基本的考慮因素。(叢培芝, 1990)

二、經濟效益分析的步驟

經濟效益分析的主要步驟, 包括先確認問題、界定研究範圍、確認經濟效益之項目、蒐集相關資料並予以量化及進行分析, 最後分析結果則用於解決問題(黃志強, 1999), 分析步驟詳圖 3.4-1。



資料來源：黃志強，1999。

圖 3.4-1 經濟效益分析之步驟

依據前述步驟，本研究利用成本效益分析法，分析生質廢棄物資源化的經濟效益，根據文獻的研究數據以及蒐集數據，代入成本效益分析公式，求益本比（Benefit Cost Ratio, BCR）是否大於或等於 1，用來評估生質廢棄物再利用化的可行性。

益本比公式如下：

$$\text{BCR} = \sum_{t=0}^T \left[\frac{B_t}{(1+r)^t} \right] / \sum_{t=0}^T \left[\frac{C_t}{(1+r)^t} \right]$$

計算的結果，如果益本比小於 1，則表示生質廢棄物再利用化的現行方法皆為不可行；相反的，若計算結果益本比大於或等於 1，則表示生質廢棄物再利用化為可行的方案。

第四章 研究結果與分析討論

4.1 生質能源再利用廠生質廢棄物之選擇

依前文所述，生質廢棄物包含廚餘、豬糞尿、農業廢棄物、枯枝落葉等數種，但依據本研究所蒐集之資料，僅廚餘及豬糞尿具有較穩定之產量，而生質能源再利用廠正需要穩定之生質廢棄物來源，方可持續運轉，穩定供能，本結將透過前述資料之論點分析各項生質廢棄物產量、蒐集方式及能量換係數，藉以擇定最佳生質廢棄物來源，擇定最佳之生質廢棄物後，再透過益本比分析各種不同再利用方式，以確認生質能源再利用方式為最佳之再利用方式。

4.1.1 生質廢棄物物料來源篩選評比

一、廚餘

依據統計資料桃園縣目前廚餘產量約在 6 萬 5 千噸/年~8 萬 3 千噸/年之間，幾乎全數用於養豬上，但農委會與環保署皆曾表示廚餘用於養豬將提高豬瘟及口蹄疫發生的機會，2001 年英國爆發的口蹄疫情即為使用廚餘養豬所致，因此環保署自 2006 年 1 月 1 日起，配合全國全面實施垃圾強制分類同時，逐步禁用清潔隊回收的廚餘使用在養豬上，且以前文蒐集桃園縣現況，目前廚餘養豬能否順利標價售出，似乎較不樂觀。

為解決廚餘問題，桃園縣設有堆肥製作場，但目前桃園縣堆肥廠處理能量不足，同時原先與台朔環保科技公司共同合作的楊梅堆肥廠也因成本考量難產，目前台碩公司正進行退場機制，故用作製作堆肥之用，也為較不可行之方案。而若以生質能源再利用廠估計之運轉狀況，若廚餘用作生質產能，則每日至少可供應 100 公噸~200 公噸之物料來源，且廚餘目前由桃園縣清潔隊負責回收，具有有效之蒐集管道，應為生質能源再利用廠較佳之物料來源。

二、豬糞尿

桃園縣豬隻頭數約 188,052 頭 (97 年 5 月)。以台灣省畜產試驗所限食飼料量的一天排糞量與排尿量來推估，一天約產生 228 噸的豬糞與尿液共約 560 噸，糞尿比約為 1：2.5。

以產量而言，豬糞尿也不失為穩定之物料來源，但因生質能源再利用廠需以乾物質進行發酵生產沼氣，豬糞尿如需使用，則需要透過其他技術進行豬糞與液尿分離，則產能成本有較其他物質較高之虞。

同時豬糞尿目前無穩定之蒐集管道，低於 200 頭業者，多堆肥自行用於種植作物使用或經過處理後排放入體；高於 200 頭業者，則透過清運業者清運處理，故若要定點蒐集，則成本同樣會有提高之情形。

三、農業廢棄物及枯枝落葉

本處將農業廢棄物及枯枝落葉進行綜合統計，概因枯枝落葉及農業廢棄物中除稻草外，其餘物種產量皆極少，已明顯顯示無法作為穩定之物料來源；而稻草之產量雖然極高，但缺乏可供收集之管道，且多數農民皆以稻草作為基肥原料，收集上之成本會大幅度提高。

四、各項生質廢棄物轉換沼氣係數比較

依據本研究所蒐集之德國漢諾威大學研究資料顯示，每公噸廚餘轉換之沼氣係數為 $120\text{M}^3/\text{公噸}$ ，每公噸豬糞尿沼氣轉換係數為 $27.6\text{M}^3/\text{公噸}$ ，每公噸農廢與枯枝落葉沼氣轉換係數為 $40\text{M}^3/\text{公噸}$ 。

如以既有資料比較，相同公噸數之生質廢棄物收集成本與轉換沼氣生成效率，則廚餘 > 農業廢棄物(枯枝落葉) > 豬糞尿。

依據以上資料，本研究以每日供應 200 公噸生質廢棄物量為基準，分別以收集管道難易度及轉換係數進行綜合比較，已篩選出較適宜作為生質能源再利用廠之生質廢棄物為廚餘，而豬糞尿及稻草可作為備用之物料來源，比較結果詳表 4.1.1-1。

表 4.1.1-1 生質廢棄物篩選評比表

品名 評分項目	廚餘	豬糞尿	農業廢棄物	稻草	說明
產量	4	4	1	4	1. 供應 200 公噸/日 4 分 2. 供應 150 公噸/日 3 分 3. 供應 100 公噸/日 2 分 4. 供應 50 公噸/日 1 分
收集管道	2	1	1	1	1. 有固定收集管道 2 分 2. 無固定收集管道 1 分
沼氣轉換係數	3	1	1	1	1. 轉換係數達 100 M3/公噸 3 分 2. 轉換係數達 50 M3/公噸 2 分 3. 轉換係數達 50 M3/公噸以下者 1 分
合計	9	6	3	6	-

4.1.2 廚餘各項再利用方式益本比

依據前述，本研究選定之生質廢棄物物料來源為廚餘，本節則分別探討廚餘用於堆肥、焚化、養豬之益本比分析，藉以評估其經濟之效益，其中廚餘回收成本皆假設為 400 元/公噸，其餘處理、加工成本及回收效益則以實際調查資料進行評估。

一、堆肥效益

(一)處理費

- 1.每噸廚餘 400 元。
- 2.堆肥所需要的破碎木屑、果菜與花卉殘枝等原料假設是一比一混合，且每噸成本是 1,200 元。
- 3.依據台北市環保局研究報告，堆肥處理場建設攤提成本及維護管理費用均分至每噸處理費約為 2,000~2,500 元。
- 4.合計廚餘每噸堆肥處理成本每噸 3,600~5,100 元，取平均值為 4,350 元。

(二)收益部分

- 1.依據台北市環保局研究報告，每公斤堆肥約可販賣 6~8 元/公斤。
- 2.堆肥醱酵處理，腐熟完成後重量只剩原重量之 30 %。

3.節省廚餘焚化處理費，以焚化處理費 2,100 元/公噸(含灰渣處理與建設成本攤提)估計。

3.合計每噸廚餘處理完成後，收益為 3,900~4,500 元，取平均值為 4,200 元
 益本比為 0.96，詳表 4.1.2-1 所示。

表 4.1.2-1 廚餘堆肥益本比

	公噸	單價	小計(元)
購買廚餘成本 A	1	400	400
收購碎屑等原料 B	1	1200	1200
攤提建設成本 C	1	2,000~2,500	2,000~2,500
廚餘處理費合計 D	1	3,600~5,100	3,600~5,100
焚化處理費效益 E	1	2,100	2,100
廚餘堆肥出售所得 F(每公噸廚餘 僅得 30%堆肥，故需*0.3)	1	1,800~2,400	1,800~2,400
廚餘堆肥效益 G	1	3,900~4,500	3,900~4,500
益本比 G/D			約為 0.96

二、焚化處理效益

依據行政院環保署推估數據，以處理量 900 公噸/日之焚化爐計算，其減少焚化垃圾(廚餘)費用的計算如表 4.1.2-2。

由於廚餘之含水量極高(約 75%以上)，因此熱值明顯偏低，據調查最高位發熱量約 1,300 Kcal / kg，低位發熱量約為 800 Kcal / kg(參見楊萬發等，2002)，明顯低於一般焚化爐之最低設計值(低位發熱量約 1,000 Kcal / kg 以上)，因此不利於焚化能源回收。且由於爐床溫度無法提昇，爐溫變化大，影響焚化爐性能。另外，值得注意的是，由於國人的飲食習慣特性，廚餘中所含有的氯鹽及油脂含量偏高，分別為 0.17~0.18 %及 0.05~0.06 %(資料來源同上)。因此高鹽分之廚餘若無法完全燃燒，恐將有產生戴奧辛污染之疑慮，故焚化廚餘屬於不經濟效益之行為。因此本研究假設本方案的益本比為零。

表 4.1.2-2 焚化爐成本分析

攤提建設成本	操作維護處理費	灰爐處理費	合計 A+B+C
1750	150~300	70~100	1970~2300

三、養豬處理效益

依環保署資料顯示，廚餘養豬可以代替飼料，節省餵養成本，飼料成本佔豬隻總生產成本之 50~60%左右。

(一)處理費

- 1.每噸廚餘 400 元。
2. 依據台北市環保局研究報告，養豬廚餘所需要加熱之設備攤提與燃料廢，每噸成本是 1,600 元。
- 3.合計廚餘每噸堆肥處理成本每噸 2,000 元。

(二)收益部分

1. 直接效益節省廚餘焚化處理費，以焚化處理費 2,100 元/公噸(含灰渣處理與建設成本攤提)估計。
- 2.間接效益每頭豬隻每天可以消耗廚餘約 5~10 公斤，而每頭豬隻每天消耗飼料約 2.5 公斤，以廚餘養豬隻換肉率約為 5~8 公斤增重 1 公斤(即 0.2~0.125 公斤肉/飼料，平均以 0.163 公斤計)，毛豬售價以每公斤 40 元計，則每公噸廚餘約可產生 1,630 元之養豬效益。

$$\text{益本比} = B/C = \left[\sum (Bt/(1+i)^t) \right] / \left[\sum (Ct/(1+i)^t) \right] = 1.86$$

四、生質能源化處理效益

廚餘產生之甲烷量為投入之廚餘量乘以該廚餘中乾物質所佔之百分比，再乘以乾物質中有機物所佔之百分比，再乘以生質氣產量之經驗值，再乘以生質氣中甲烷含量百分比。且 1m³ 甲烷量可產生 10 kWh 之能源，因此可知每公噸之能源產量。

(一)處理費

每公噸廚餘之處理成本，依據本研究蒐集資料計算包含設置攤提、營運操作等合計約為 1,781 元/公噸。

(二)收益部分

1.沼氣的產量

$$161,644 \text{ 噸} \times 23\% \times 89\% \times 350 \text{ m}^3/\text{噸 oDM} = 71 \text{ m}^3/\text{年}$$

2.轉換甲烷量

$71\text{m}^3/\text{年} \times 53\%(\text{甲烷的含量}) \times 10 \text{ kwh}/\text{m}^3 \text{ 甲烷} = 376.3 \text{ 總能源}$

3.經濟收益

產出之總能源，其中 40 %可生成電力，30 %為熱能(暫無販售方式故不計入)，另外 15 %則損耗無法運用。另投入之原物料的 60 %為殘渣，可成為副產品肥料，其中有 30%為固態肥料，70 %為液態肥料。

產生的電每 kWh 賣 2 元，及液肥、固肥每公斤售價為 2 元來計算，則收益部分每公噸 592 元，另有節省廚餘焚化處理費，以焚化處理費 2,100 元/公噸(含灰渣處理與建設成本攤提)，合計 2,692 元/每公噸。
益本比=B/C = $[\Sigma(Bt/(1+i)^t)] / [\Sigma(Ct/(1+i)^t)] = 1.51$

五、綜合說明

前述計算結果顯示，堆肥的益本比為 0.96，養豬為 1.86，生質能源再利用益本比為 1.2(焚化係僅有環境衝擊而無經濟效益，於本報告僅作為參考之用)。

分析結果顯示堆肥益本比過低，且會產生惡臭、廢水等其他環境問題，故為較不適宜之再利用方案；若以養豬作為再利用之方案，與生質能源再利用方案比較；養豬方案因初期投資成本較低，且與現行技術水準較為相符，故為現階段較適宜之再利用方案，但有可能產生傳染病等疑慮；而生質能源再利用方案，則因初期成本極高，故益本比較差，但如將能源價格提升、減少二氧化碳排放等環境經濟因素納入，將可提升其益本比效益，仍為較佳之選擇方案。

4.2 生質能源再利用廠經濟規模分析

生質能源再利用廠具有產電、產熱、產肥或產氣等多項經濟收益方式，本節以日處理量 50 公噸、150 公噸及 200 公噸等方案，依據成本及效益之關係，分析生質能源再利用廠最佳之經濟規模。

4.2.1 產電及產肥經濟效益分析

如以廚餘產生沼氣及固液肥，則每單位沼氣可轉換成甲烷後產出電及熱，故應同時具有發電、產熱及固液肥等 3 項經濟收益，但熱目前無可供利用之方式，故本研究暫不計算回收效益，本節將依據前文所設計之各項計算因子分別就日處理量 50 公噸、150 公噸及 200 公噸等方案進行成本效益分析。

一、假設基礎資料說明

因生質能源再利用廠如需納入土地成本，則回收年期皆達 15 年以上，不具生產經濟效益，故本研究係假設土地為政府提供，不納入成本考量；廚餘購買成本，依據桃園縣廚餘標售價格平均每公噸為 850 元。

二、日處理量 50 公噸

該廠以日處理量 50 公噸，每年運轉 330 天，每天運轉 24 小時方式操作，則該廠之設置成本約為新台幣 5 仟 9 佰萬元，每年操作成本約為新台幣 2 仟萬元，年毛收益約為新台幣 2 仟 7 佰萬元，年淨收益約為新台幣 7 佰萬元，回收期程約 8.56 年，計算結果詳表 4.2.1-1~4.2.1-4。

三、日處理量 150 公噸

該廠以日處理量 150 公噸，每年運轉 330 天，每天運轉 24 小時方式操作，則該廠之設置成本約為新台幣 1 億 7 仟 7 佰萬元，每年操作成本約為新台幣 5 仟 4 佰萬元，年毛收益約為新台幣 8 仟 3 佰萬元，年淨收益約為新台幣 2 仟 8 佰萬元，回收期程約 6.24 年，計算結果詳表 4.2.1-5~4.2.1-8。

四、日處理量 200 公噸

該廠以日處理量 200 公噸，每年運轉 330 天，每天運轉 24 小時方式操作，則該廠之設置成本約為新台幣 2 億 3 仟 6 佰萬元，每年操作成本約為新台幣 7 仟 1 佰萬元，年毛收益約為新台幣 1 億 1 仟萬元，年淨收益約為新台幣 3 仟 9 佰萬元，回收期程約 6.04 年，計算結果詳表 4.2.1-9~4.2.1-12。

五、綜合分析

(一)回收期程及投資總額分析

- 1.以日處理量 50 公噸、150 公噸及 200 公噸等方案分別計算，則回收期程分別為 8.56 年、6.24 年及 6.04 年，而考量投資成本，則日處理量 200 公

噸之投資成本幾達日處理量 50 公噸 4 倍及日處理量 150 公噸 2 倍，每年投入之操作成本約為日處理量 50 公噸 3.5 倍及日處理量 150 公噸 1.3 倍，如考慮回收年限及投資總額，則日處理量 200 公噸之方案，較不適宜。

2. 再比較日處理量 50 公噸、150 公噸兩方案分別計算，則回收期程分別為 8.56 年、6.24 年，而考量投資成本，則日處理量 150 公噸之投資成本達日處理量 50 公噸 3 倍，每年投入之操作成本約為日處理量 50 公噸 2.7 倍，如考慮回收年限及投資總額，則日處理量 150 公噸之方案，較不適宜。

(二)長期收益分析

若考量長期收益，以再生能源利用廠使用年限 20 年計算，則日處理量 200 公噸之淨總收益為新台幣 7 億 8 仟萬元，日處理量 150 公噸之淨總收益為新台幣 5 億 6 仟萬元，日處理量 50 公噸之淨總收益為新台幣 1 億 4 仟萬元，以日處理量 200 公噸方案長期收益最佳。

(三)納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額分析

若考量資金非自有，而需納入借貸利息計算長期收益及投資報酬率，以再生能源利用廠使用年限 20 年、借貸利率 5%複利計算。

1.日處理量 200 公噸

每年償還金額為新台幣 3 仟 8 佰萬元，總利息損失約 2 億 8 仟萬，淨總收益為新台幣 5 億元，回收期程為 9 年。

2.日處理量 150 公噸

每年償還金額為新台幣 2 仟 3 佰萬元，利息損失約 1 億 7 仟萬，淨總收益為新台幣 3 億 9 仟萬元，回收期程為 9 年。

3.日處理量 50 公噸

每年償還金額為新台幣 5 佰萬元，利息損失約 7 仟 8 佰萬，淨總收益為新台幣 6 仟 2 佰萬元，回收期程為 13 年。

考量投資總額、利息損失及回收年限，應以日處理量 150 公噸方案較佳，各方案投資總額、回收期程、淨總收益詳表 4.2.1-13~4.2.1-18。

表 4.2.1-1 日處理量 50 公噸電、熱及固液肥產量表

計算因子	單位	係數	計算結果	說明
廚餘日處理量	公噸	50	—	廚餘係數
營運天數	天	330	16,500	進料量公噸/年
運轉時數	小時	24	7,920	運轉小時數
廚餘生質沼氣轉換係數	M ³ /公噸	120	1,980,000	沼氣產生量 M ³
單位沼氣含有甲烷	%	50	990,000	甲烷產生量 M ³
每體積之生甲烷可產生電、熱總能約	kWh	10	9,900,000	電熱總能 KWH/年
熱能產生率	%	40	3,960,000	熱能 KWH/年
電能產生率	%	40	3,960,000	電能 KWH/年
液肥產生率	%	42	6,930	液肥產生量公噸/年
固肥產生率	%	18	2,970	固肥產生量公噸/年

表 4.2.1-2 日處理量 50 公噸設廠成本

項目	數量	單位
能源總量(生質沼氣進料量換算)	9,900,000	kWh
發電量轉換(能源總量×30%)	2,970,000	kWh
每年運轉時數	7,920	小時(hour)
發電機容量	375	kW
單位設廠成本	3,500	歐元/KW
歐元匯率	45	台幣
總設廠成本	59,062,500	台幣

表 4.2.1-3 日處理量 50 公噸營運成本

	項目	金額	單位	說明
營運成本	廠區營運成本	2,953,125	元/年	包含機組維護操作費用以設置成本 5%計算(營運所需電及熱力由自己生產扣除)
	人事成本	3,840,000	元/年	包含工程師 2 人、技術人員 2 人、工作人員 4 人,共 8 人(每人月薪以 4 萬元計算)
	物料購入成本	14,025,000	元/年	廚餘每公噸 850 元
	總營運成本	20,818,125	元/年	

表 4.2.1-4 日處理量 50 公噸營運收益

項目	細項	收益	單位	說明 1	說明 2
產品收益	產電收益	7,920,000	元/年	生質發電 1 度 2 元	台電收購價
	固肥收益	5,940,000	元/年	每公斤可賣 2 元	農委會尿素肥料 97/6 月公告資料 1 噸 9729 元~13000 元,農友種苗公司液體肥料 97/10 月 1 公斤 140 元(已添加其他營養質),本計畫肥料為基質尚未加工,故以 2 元/公斤出售
	液肥收益	13,860,000	元/年	每公斤可賣 2 元	
	總收益	27,720,000	元/年		

表 4.2.1-5 日處理量 150 公噸電、熱及固液肥產量表

計算因子	單位	係數	計算結果	說明
廚餘日處理量	公噸	150	—	廚餘係數
營運天數	天	330	49,500	進料量公噸/年
運轉時數	小時	24	7,920	運轉小時數
廚餘生質沼氣轉換係數	M ³ /公噸	120	5,940,000	沼氣產生量 M ³
單位沼氣含有甲烷	%	50	2,970,000	甲烷產生量 M ³
每體積之生甲烷可產生電、熱總能約	kWh	10	29,700,000	電熱總能 KWH/年
熱能產生率	%	40	11,880,000	熱能 KWH/年
電能產生率	%	40	11,880,000	電能 KWH/年
液肥產生率	%	42	20,790	液肥產生量公噸/年
固肥產生率	%	18	8,910	固肥產生量公噸/年

表 4.2.1-6 日處理量 150 公噸設廠成本

項目	數量	單位
能源總量(生質沼氣進料量換算)	29,700,000	kWh
發電量轉換(能源總量×30%)	8,910,000	kWh
每年運轉時數	7,920	小時(hour)
發電機容量	1,125	kW
單位設廠成本	3,500	歐元/KW
歐元匯率	45	台幣
總設廠成本	177,187,500	台幣

表 4.2.1-7 日處理量 150 公噸營運成本

	項目	金額	單位	說明
營運成本	廠區營運成本	8,859,375	元/年	包含機組維護操作費用以設置成本 5%計算(營運所需電及熱力由自己生產扣除)
	人事成本	3,840,000	元/年	包含工程師 2 人、技術人員 2 人、工作人員 4 人，共 8 人(每人月薪以 4 萬元計算)
	物料購入成本	42,075,000	元/年	廚餘每公噸 850 元
	總營運成本	54,774,375	元/年	

表 4.2.1-8 日處理量 150 公噸營運收益

項目	細項	收益	單位	說明 1	說明 2
產品收益	產電收益	23,760,000	元/年	生質發電 1 度 2 元	台電收購價
	固肥收益	17,820,000	元/年	每公斤可賣 2 元	農委會尿素肥料 97/6 月公告資料 1 噸 9729 元~13000 元，農友種苗公司液體肥料 97/10 月 1 公斤 140 元(已添加其他營養質)，本計畫肥料為基質尚未加工，故以 2 元/公斤出售
	液肥收益	41,580,000	元/年	每公斤可賣 2 元	
	總收益	83,160,000	元/年		

表 4.2.1-9 日處理量 200 公噸電、熱及固液肥產量表

計算因子	單位	係數	計算結果	說明
廚餘日處理量	公噸	200	—	廚餘係數
營運天數	天	330	66,000	進料量公噸/年
運轉時數	小時	24	7,920	運轉小時數
廚餘生質沼氣轉換係數	M ³ /公噸	120	7,920,000	沼氣產生量 M ³
單位沼氣含有甲烷	%	50	3,960,000	甲烷產生量 M ³
每體積之生甲烷可產生電、熱總能約	kWh	10	39,600,000	電熱總能 KWH/年
熱能產生率	%	40	15,840,000	熱能 KWH/年
電能產生率	%	40	15,840,000	電能 KWH/年
液肥產生率	%	42	27,720	液肥產生量公噸/年
固肥產生率	%	18	11,880	固肥產生量公噸/年

表 4.2.1-10 日處理量 200 公噸設廠成本

項目	數量	單位
能源總量(生質沼氣進料量換算)	39,600,000	kWh
發電量轉換(能源總量×30%)	11,880,000	kWh
每年運轉時數	7,920	小時(hour)
發電機容量	1,500	kW
單位設廠成本	3,500	歐元/KW
歐元匯率	45	台幣
總設廠成本	236,250,000	台幣

表 4.2.1-11 日處理量 200 公噸營運成本

	項目	金額	單位	說明
營運成本	廠區營運成本	11,812,500	元/年	包含機組維護操作費用以設置成本 5%計算(營運所需電及熱力由自己生產扣除)
	人事成本	3,840,000	元/年	包含工程師 2 人、技術人員 2 人、工作人員 4 人，共 8 人(每人月薪以 4 萬元計算)
	物料購入成本	56,100,000	元/年	廚餘每公噸 850 元
	總營運成本	71,752,500	元/年	

表 4.2.1-12 日處理量 200 公噸營運收益

項目	細項	收益	單位	說明 1	說明 2
產品收益	產電收益	31,680,000	元/年	生質發電 1 度 2 元	台電收購價
	固肥收益	23,760,000	元/年	每公斤可賣 2 元	農委會尿素肥料 97/6 月公告資料 1 噸 9729 元~13000 元，農友種苗公司液體肥料 97/10 月 1 公斤 140 元(已添加其他營養質)，本計畫肥料為基質尚未加工，故以 2 元/公斤出售
	液肥收益	55,440,000	元/年	每公斤可賣 2 元	
	總收益	110,880,000	元/年		

表 4.2.1-13 日處理量 200 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額

年度	1	2	3	4	5
負債	236,250,000	248,062,500	220,011,750	189,928,463	158,328,411
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	0	71,752,500	71,752,500	71,752,500	71,752,500
營運毛收入	0	110,880,000	110,880,000	110,880,000	110,880,000
營運淨收入	0	39,127,500	39,127,500	39,127,500	39,127,500
每年償還金額	0	38,527,500	38,527,500	38,527,500	38,527,500
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	0	0	12,000	12,240	12,245
營運總收益	0	600,000	612,000	612,240	612,245

表 4.2.1-13 日處理量 200 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 1)

年度	6	7	8	9	10
負債	125,148,104	90,308,777	53,727,484	15,317,126	0
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	71,752,500	71,752,500	71,752,500	71,752,500	71,752,500
營運毛收入	110,880,000	110,880,000	110,880,000	110,880,000	110,880,000
營運淨收入	39,127,500	39,127,500	39,127,500	39,127,500	39,127,500
償還金額	38,527,500	38,527,500	38,527,500	15,317,126	0
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	12,245	12,245	12,245	12,245	476,452
營運總收益	612,245	612,245	612,245	23,822,619	63,426,571

表 4.2.1-13 日處理量 200 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 2)

年度	11	12	13	14	15
負債	0	0	0	0	0
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	71,752,500	71,752,500	71,752,500	71,752,500	71,752,500
營運毛收入	110,880,000	110,880,000	110,880,000	110,880,000	110,880,000
營運淨收入	39,127,500	39,127,500	39,127,500	39,127,500	39,127,500
償還金額	0	0	0	0	0
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	1,268,531	2,076,452	2,900,531	3,741,092	4,598,464
營運總收益	103,822,603	145,026,555	187,054,586	229,923,178	273,649,141

表 4.2.1-13 日處理量 200 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 3)

年度	16	17	18	19	20
負債	0	0	0	0	0
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	71,752,500	71,752,500	71,752,500	71,752,500	71,752,500
營運毛收入	110,880,000	110,880,000	110,880,000	110,880,000	110,880,000
營運淨收入	39,127,500	39,127,500	39,127,500	39,127,500	39,127,500
償還金額	0	0	0	0	0
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	5,472,983	6,364,992	7,274,842	8,202,889	9,149,497
營運總收益	318,249,624	363,742,116	410,144,459	457,474,848	505,751,845

表 4.2.1-14 日處理量 150 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額

年度	1	2	3	4	5
負債	177,187,500	186,046,875	170,374,313	149,088,122	126,641,022
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	0	54,774,375	54,774,375	54,774,375	54,774,375
營運毛收入	0	83,160,000	83,160,000	83,160,000	83,160,000
營運淨收入	0	28,385,625	28,385,625	28,385,625	28,385,625
每年償還金額	0	23,785,625	23,785,625	23,785,625	23,785,625
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	0	0	92,000	93,840	93,877
營運總收益	0	4,600,000	4,692,000	4,693,840	4,693,877

表 4.2.1-14 日處理量 150 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 1)

年度	6	7	8	9	10
負債	103,069,635	78,319,639	52,332,144	25,045,273	0
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	54,774,375	54,774,375	54,774,375	54,774,375	54,774,375
營運毛收入	83,160,000	83,160,000	83,160,000	83,160,000	83,160,000
營運淨收入	28,385,625	28,385,625	28,385,625	28,385,625	28,385,625
償還金額	23,785,625	23,785,625	23,785,625	23,785,625	0
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	93,878	93,878	93,878	93,878	93,878
營運總收益	4,693,878	4,693,878	4,693,878	4,693,878	36,779,321

表 4.2.1-14 日處理量 150 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 2)

年度	11	12	13	14	15
負債	0	0	0	0	0
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	54,774,375	54,774,375	54,774,375	54,774,375	54,774,375
營運毛收入	83,160,000	83,160,000	83,160,000	83,160,000	83,160,000
營運淨收入	28,385,625	28,385,625	28,385,625	28,385,625	28,385,625
償還金額	0	0	0	0	0
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	735,586	1,390,129	2,057,763	2,738,750	3,433,356
營運總收益	69,506,474	102,888,169	136,937,498	171,667,814	207,092,737

表 4.2.1-14 日處理量 150 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 3)

年度	16	17	18	19	20
負債	0	0	0	0	0
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	54,774,375	54,774,375	54,774,375	54,774,375	54,774,375
營運毛收入	83,160,000	83,160,000	83,160,000	83,160,000	83,160,000
營運淨收入	28,385,625	28,385,625	28,385,625	28,385,625	28,385,625
償還金額	0	0	0	0	0
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	4,141,855	4,864,523	5,601,645	6,353,509	7,120,411
營運總收益	243,226,157	280,082,247	317,675,457	356,020,533	395,132,509

表 4.2.1-15 日處理量 50 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額

年度	1	2	3	4	5
負債	59,062,500	62,015,625	59,759,438	55,500,441	50,990,694
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	0	20,818,125	20,818,125	20,818,125	20,818,125
營運毛收入	0	27,720,000	27,720,000	27,720,000	27,720,000
營運淨收入	0	6,901,875	6,901,875	6,901,875	6,901,875
每年償還金額	0	5,101,875	5,101,875	5,101,875	5,101,875
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	0	0	36,000	36,720	36,734
營運總收益	0	1,800,000	1,836,000	1,836,720	1,836,734

表 4.2.1-15 日處理量 50 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 1)

年度	6	7	8	9	10
負債	46,254,704	41,281,899	36,060,454	30,577,936	24,821,293
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	20,818,125	20,818,125	20,818,125	20,818,125	20,818,125
營運毛收入	27,720,000	27,720,000	27,720,000	27,720,000	27,720,000
營運淨收入	6,901,875	6,901,875	6,901,875	6,901,875	6,901,875
償還金額	5,101,875	5,101,875	5,101,875	5,101,875	5,101,875
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	36,735	36,735	36,735	36,735	36,735
營運總收益	1,836,735	1,836,735	1,836,735	1,836,735	1,836,735

表 4.2.1-15 日處理量 50 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 2)

年度	11	12	13	14	15
負債	18,776,818	12,430,118	5,766,084	0	0
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	20,818,125	20,818,125	20,818,125	20,818,125	20,818,125
營運毛收入	27,720,000	27,720,000	27,720,000	27,720,000	27,720,000
營運淨收入	6,901,875	6,901,875	6,901,875	6,901,875	6,901,875
償還金額	5,101,875	5,101,875	5,101,875	0	0
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	36,735	36,735	36,735	36,735	200,130
營運總收益	1,836,735	1,836,735	1,836,735	10,006,496	18,339,653

表 4.2.1-15 日處理量 50 公噸納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額(續 3)

年度	16	17	18	19	20
負債	0	0	0	0	0
利率	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
營運支出	20,818,125	20,818,125	20,818,125	20,818,125	20,818,125
營運毛收入	27,720,000	27,720,000	27,720,000	27,720,000	27,720,000
營運淨收入	6,901,875	6,901,875	6,901,875	6,901,875	6,901,875
償還金額	0	0	0	0	0
營運總收益利息利率	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
營運總收益利息收入	366,793	536,789	710,186	887,050	1,067,452
營運總收益	26,839,473	35,509,290	44,352,503	53,372,580	62,573,058

4.2.2 沼氣及產肥經濟效益分析

如以廚餘產生沼氣及固液肥後，沼氣直接售出，則無需付出發電機設置成本，再行計算經濟收益，本節依據前文所設計之各項計算因子，分別就日處理量 50 公噸、150 公噸及 200 公噸等方案進行成本效益分析，基礎假設資料、產生量、操作成本不變，故本節不再列出。

一、日處理量 50 公噸

該廠以日處理量 50 公噸，每年運轉 330 天，每天運轉 24 小時方式操作，則該廠之設置成本約為新台幣 4 仟 9 佰萬元，每年操作成本約為新台幣 2 仟萬元，年毛收益約為新台幣 2 仟 8 佰萬元，年淨收益約為新台幣 7 佰萬元，回收期程約 6.53 年，計算結果詳表 4.2.2-1~4.2.2-2。

二、日處理量 150 公噸

該廠以日處理量 150 公噸，每年運轉 330 天，每天運轉 24 小時方式操作，則該廠之設置成本約為新台幣 1 億 4 仟 8 佰萬元，每年操作成本約為新台幣 5 仟 4 佰萬元，年毛收益約為新台幣 8 仟 5 佰萬元，年淨收益約為新台幣 3 仟萬元，回收期程約 4.89 年，計算結果詳表 4.2.2-3~4.2.2-4。

三、日處理量 200 公噸

該廠以日處理量 200 公噸，每年運轉 330 天，每天運轉 24 小時方式操作，則該廠之設置成本約為新台幣 1 億 9 仟 8 佰萬元，每年操作成本約為新台幣 5 仟 4 佰萬元，年毛收益約為新台幣 1 億 1 仟萬元，年淨收益約為新台幣 4 仟 1 佰萬元，回收期程約 4.74 年，計算結果詳表 4.2.2-5~4.2.2-6。

四、綜合分析

(一)回收期程及投資總額分析

1.以日處理量 50 公噸、150 公噸及 200 公噸等方案分別計算，則回收期程分別為 6.53 年、4.89 年及 4.74 年，而考量投資成本，則日處理量 200 公噸

之投資成本幾達日處理量 50 公噸 4 倍及日處理量 150 公噸 1.3 倍，每年投入之操作成本約為日處理量 50 公噸 3.5 倍及日處理量 150 公噸 1.3 倍，如考慮回收年限及投資總額，則日處理量 200 公噸之方案，較不適宜。

2.比較日處理量 50 公噸、150 公噸兩方案分別計算，則回收期程分別為 6.53 年、4.89 年，而考量投資成本，則日處理量 150 公噸之投資成本達日處理量 50 公噸 3 倍，每年投入之操作成本約為日處理量 50 公噸 2.7 倍，如考慮回收年限及投資總額，則日處理量 150 公噸之方案，較不適宜。

(二)長期收益分析

若考量長期收益及投資報酬率，以再生能源利用廠使用年限 20 年計算，則日處理量 200 公噸之淨總收益為新台幣 8 億 2 仟萬元，日處理量 150 公噸之淨總收益為新台幣 6 億元，日處理量 50 公噸之淨總收益為新台幣 1 億 5 仟萬元，以日處理量 200 公噸方案長期收益最佳。

(三)納入借貸利息之長期收益、回收期限及投資總額分析

若考量資金非自有，而需納入借貸利息計算長期收益及投資報酬率，以再生能源利用廠使用年限 20 年、借貸利率 5%複利計算。

1.日處理量 200 公噸

每年償還金額為新台幣 3 仟 8 佰萬元，總利息損失約 2 億 6 仟萬，淨總收益為新台幣 5 億 6 仟萬元，回收期程為 9 年。

2.日處理量 150 公噸

每年償還金額為新台幣 2 仟 5 佰萬元，利息損失約 1 億 7 仟萬，淨總收益為新台幣 4 億 1 仟萬元，回收期程為 8 年。

3.日處理量 50 公噸

每年償還金額為新台幣 5 佰 8 拾萬元，利息損失約 7 仟 7 佰萬，淨總收益為新台幣 6 仟 3 佰萬元，回收期程為 13 年。

考量投資總額、利息損失及回收年限，應以日處理量 150 公噸方案較佳，各方案投資總額、回收期程、淨總收益詳表 4.2.1-13~4.2.1-18。

表 4.2.2-1 日處理量 50 公噸設廠成本

項目	數量	單位
能源總量(生質沼氣進料量換算)	9,900,000	kWh
發電量轉換(能源總量×30%)	2,970,000	kWh
每年運轉時數	7,920	小時(hour)
發電機容量	375	kW
單位設廠成本(扣除發電機成本-560 歐元/KW)	2,940	歐元/KW
歐元匯率	45	台幣
總設廠成本	49,612,500	台幣

備註:出售沼氣無需購置發電機組設備，故單位設廠成本需扣除 560 歐元/KW

表 4.2.2-2 日處理量 50 公噸營運收益

項目	細項	收益	單位	說明 1	說明 2
產品 收益	產天然氣 收益	8,613,000	元/年	14.5 元/M3	中油工業用天然氣牌價，98 年 9 月 2 日公告，再考量其他加工成本，以 6 折出售
	固肥收益	5,940,000	元/年	每公斤可賣 2 元	農委會尿素肥料 97/6 月公告資料 1 噸 9729 元~13000 元，農友種苗公司液體肥料 97/10 月 1 公斤 140 元(已添加其他營養質)，本計畫肥料為基質尚未加工，故以 2 元/公斤出售
	液肥收益	13,860,000	元/年	每公斤可賣 2 元	
	總收益	28,413,000	元/年		

表 4.2.2-3 日處理量 150 公噸設廠成本

項目	數量	單位
能源總量(生質沼氣進料量換算)	29,700,000	kWh
發電量轉換(能源總量×30%)	8,910,000	kWh
每年運轉時數	7,920	小時(hour)
發電機容量	1,125	kW
單位設廠成本(扣除發電機成本-560 歐元/KW)	2,940	歐元/KW
歐元匯率	45	台幣
總設廠成本	148,837,500	台幣

備註:出售沼氣無需購置發電機組設備，故單位設廠成本需扣除 560 歐元/KW

表 4.2.2-4 日處理量 150 公噸營運收益

項目	細項	收益	單位	說明 1	說明 2
產品 收益	產天然氣 收益	25,839,000	元/年	14.5 元/M3	中油工業用天然氣牌價, 98 年 9 月 2 日公告, 再考量其他加工成本, 以 6 折出售
	固肥收益	17,820,000	元/年	每公斤可賣 2 元	農委會尿素肥料 97/6 月公告資料 1 噸 9729 元~13000 元, 農友種苗公司液體肥料 97/10 月 1 公斤 140 元(已添加其他營養質), 本計畫肥料為基質尚未加工, 故以 2 元/公斤出售
	液肥收益	41,580,000	元/年	每公斤可賣 2 元	
	總收益	85,239,000	元/年		

表 4.2.2-5 日處理量 200 公噸設廠成本

項目	數量	單位
能源總量(生質沼氣進料量換算)	39,600,000	kWh
發電量轉換(能源總量×30%)	11,880,000	kWh
每年運轉時數	7,920	小時(hour)
發電機容量	1,500	kW
單位設廠成本(扣除發電機成本-560 歐元/KW)	2,940	歐元/KW
歐元匯率	45	台幣
總設廠成本	198,450,000	台幣

備註:出售沼氣無需購置發電機組設備，故單位設廠成本需扣除 560 歐元/KW

表 4.2.2-6 日處理量 200 公噸營運收益

項目	細項	收益	單位	說明 1	說明 2
產品 收益	產天然氣 收益	34,452,000	元/年	14.5 元/M3	中油工業用天然氣牌價, 98 年 9 月 2 日公告, 再考量其他加工成本, 以 6 折出售
	固肥收益	23,760,000	元/年	每公斤可賣 2 元	農委會尿素肥料 97/6 月公告資料 1 噸 9729 元 ~13000 元, 農友種苗公司液體肥料 97/10 月 1 公斤 140 元(已添加其他營養質), 本計畫肥料為基質尚未加工, 故以 2 元/公斤出售
	液肥收益	55,440,000	元/年	每公斤可賣 2 元	
	總收益	113,652,000	元/年		

4.2.3 發電或沼氣出售方案比較

以前文計算結果，如以沼氣直接出售，則不論在設廠成本、回收期程及利息損失都較購買發電機組為優，故如係為求短期回收成本及減少投資風險，應以沼氣直接出售方案為主。但因發電機組，後續如有改善方案，尚有熱能可供出售，同時電價收益應會較天然氣收益來的高，如果在資金足夠，為長遠利益而言，應以設置發電機組較佳。

而在經濟規模上，不論生產沼氣或發電，皆以日處理量 150 公噸之設廠規模，在經濟收益及回收期程上較佳；而日處理量 50 公噸之設廠方案，則建議如在資金不足情形下，可以作為觀摩或示範場址進行設廠，後續再依據實際需求擴建；日處理量 200 噸以上之設廠，其長期收益最高，但初期投資風險與物料供應是否穩定之依存性過高，若是沒有足夠之物料來源後備方案，在桃園縣既有物料來源，較不建議採用，發電或沼氣出售方案比較詳表 4.2.3-1。

表 4.2.3-1 發電或沼氣出售方案比較

類型	規模	收益(新台幣)	利息損失(新台幣)	回收期程(年)
發電	50 公噸	0.62 億	0.78 億	13
	150 公噸	3.9 億	1.7 億	9
	200 公噸	5 億	2.8 億	9
天然氣	50 公噸	0.63 億	0.77 億	13
	150 公噸	4.1 億	1.5 億	9
	200 公噸	5.6 億	2.6 億	9

4.3 生質能源再利用廠初步規劃

生質能源再利用廠藉由厭氧消化生質廢棄物產生再生能源與肥料的過程符合環保科技園區產業共生及資源共享之設立宗旨，且綠色熱電等能源可就近提供園區廠商使用，促進園區內的資源循環再利用，朝零污染循環型社會邁進，因此本研究考量環保科學園區的設立目標、交通區位和生質能源再利用廠的屬性之後，認為在桃園環保科技園區之環保用地設立此生質能源再利用廠不論對園區本身或桃園縣廚餘處理問題都有正面幫助，本節將依據所蒐集之資料，初步規劃廚餘收集、生質能源再利用廠設備及廠區路線。

4.3.1 廚餘收集範圍

對生質能源再利用廠而言，穩定的物料來源為設廠之基礎，依據前文較建議設置日處理量 150 公噸規模之廠房，則預計每年可處理桃園縣 49,500 公噸之廚餘，而為掌握物料來源，同時規劃速度較佳、較節省成本之收集範圍與路線，需依據目前桃園縣廚餘產源、收集路線進行規劃。

一、產源及產量

桃園縣廚餘產源歸納為一般家戶、學校及非住戶（零售、批發市場及夜市等）三大類。廚餘之產生量＝清潔隊實際回收量＋私人機構自行回收量＋其他夾雜於垃圾中未分類推估量。

目前產量以桃園市、中壢市、八德市、平鎮市、楊梅鄉等 8 個鄉鎮市即佔總產量 8 成以上。

二、廚餘收集路線

桃園縣各鄉鎮廚餘收集由各鄉鎮公所清潔隊負責，廚餘的收集方式為清潔車後方附掛廚餘回收桶收集。桃園縣廚餘集中點位置多位在各清潔隊本部或掩埋場附近，詳細地點位置如表 4.3.1-1 及圖 4.3.1-1 所示。

表 4.3.1-1 桃園縣廚餘收集地點

鄉鎮市	集中點
八德市	八德市大安里興豐路 2208 號
大溪鎮	桃園縣大溪鎮普濟路十一號
中壢市	中壢市仁美 40 之 1 號
平鎮市	平鎮市中豐路 183 號
桃園市	桃園市虎頭山(虎頭山環保公園)
新屋鄉	桃園縣新屋鄉新福二路六號
楊梅鎮	楊梅鎮民有路 1 段 534 號
龜山鄉	桃園縣龜山鄉樂善村水泥四號
蘆竹鄉	中正北路中山高橋下
觀音鄉	觀音鄉草漯段保障村 8 鄰
復興鄉	無集中地點
龍潭鄉	無集中地點
大園鄉	無集中地點

資料來源:桃園縣環保局網站資料

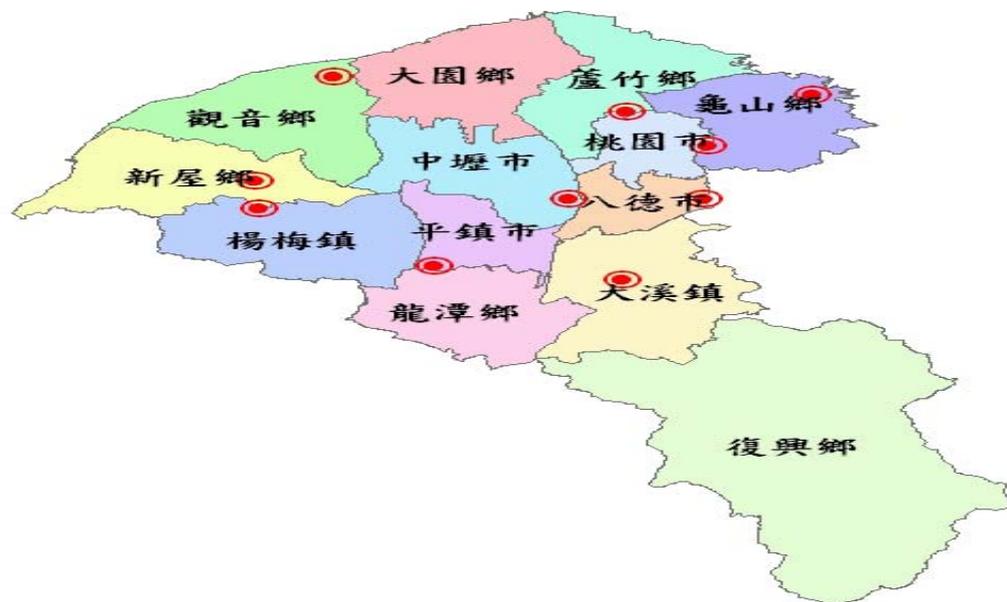


圖 4.3.1-1 桃園縣廚餘收集點地理區位

三、收集範圍與路線規劃

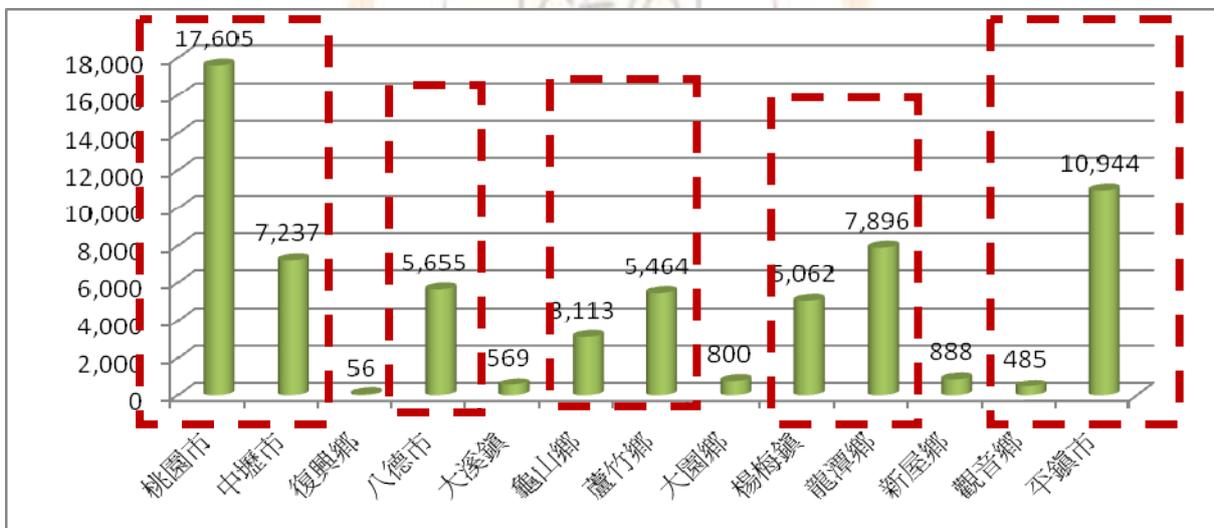
(一)收集範圍

本研究依據現有資料，規劃未來廚餘收集範圍，其中新屋鄉、大園鄉、大溪鎮及復興鄉因產量關係及路程，故考量成本暫不收集，其餘鄉鎮市皆納入收集範疇，收集鄉鎮市詳圖 4.3.1-2。

(二)規劃路線

1.路線規劃則分為 2 條，路線 1 包含觀音鄉、龍潭鄉、平鎮市及楊梅鎮，路線 2 包含蘆竹鄉、桃園市、八德市、中壢市及龜山鄉，收集車隊則可委託桃園縣清運業者或清潔隊，相關費用已納入營運成本計算。

2.或增加部分成本，由廠區自行購置 2~3 台車清運，其中 2 台車為主要使用車輛，另 1 台為備用車，收集規劃路線詳圖 4.3.1-3。



備註:收集範圍係依據 97 年桃園縣廚餘回收量規劃，龍潭鄉雖無回收點，但產量為第三高，具收集經濟效益。

圖 4.3.1-2 廚餘收集範圍

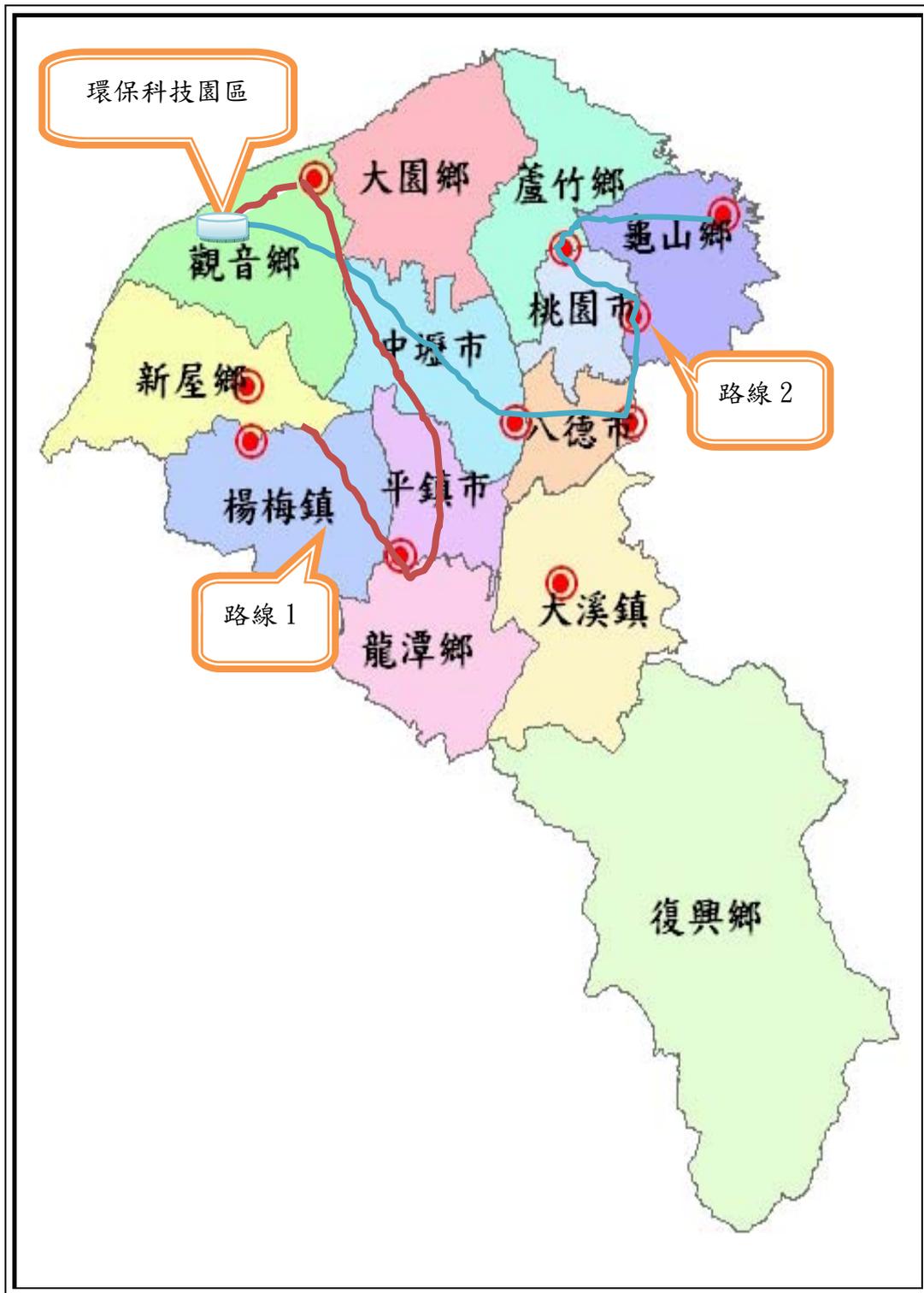


圖 4.3.1-3 廚餘收集規劃路線

4.3.2 生質能源再利用廠廠區初步規劃

桃園縣環保科技園區環保用地占地 4.38 公頃，本研究規劃使用 1.5 公頃做為生質能源再利用廠。

此生質能源再利用廠的設計處理量，依據前文暫時規劃為 150 公噸/日，年處理量 49500 公噸/年，每天廚餘由桃園縣各鄉鎮市收集至生質能源再利用廠厭氧消化後，每年產生等同 594 萬立方米的生質沼氣，其中可供利用之甲烷約 297 萬立方米，甲烷的利用目前有兩種方案、

一、方案一(甲烷純化出售)

(一)為直接將甲烷經純化後，供應給環保科學園區內的工業鍋爐使用或販售給中油公司。

(二)產生固液肥每年約 3 萬公噸，可經再加工，作為有機肥出售，或作為基肥出售給肥料工廠或桃園縣轄內農民。

二、方案二(甲烷經發電機組轉換為電熱能)

(一)為將甲烷提供熱電共生發電機發電並產生熱能，每年產生約產生 1 千 1 百萬度電與相當於 1 千 1 百萬 KWh 之熱能(約等於 3960 萬*106 焦耳)，其中電力可販售給台電公司。

(二)固液肥產生量與販售方式同方案一。

(三)熱能則可透過史特靈機等方式轉換為電能出售，或供應鄰近工廠加熱使用，但皆需增加成本，無可直接利用之方式，故暫未納入考量。

方案一的優點可節省熱電共生機組的建置成本，且甲烷內含熱能可直接被廠商所使用，不至於產生浪費，但缺點是廠商的鍋爐須做小部分更改且須埋設管線，同時廠商對天然氣的穩定度需求極高，不若電能販售有彈性來得有彈性。

方案二的優點為電能可直接輸入台電電網販售，且電能有基本的保障價格，當本廠的產能有所波動時，電能的波動對台電並不會產生影響；缺點為熱電共生

基組產生的熱能溫度不高，而環科對熱的需求以高溫熔爐為主，因此熱能再利用性不高造成浪費，可行方案示意詳圖 4.3.2-1。

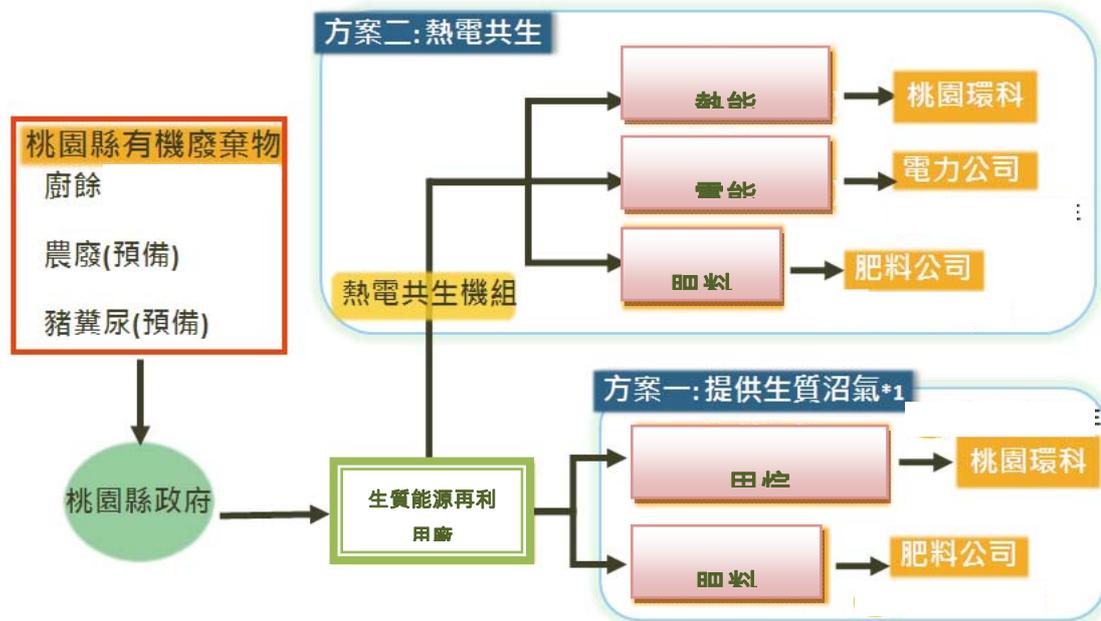


圖 4.3.2-1 生質能源再利用廠可行方案示意圖

三、生質能源再利用廠初步規劃設計

(一) 廠區設備比較

本研究依據所蒐集廠商資料，發現目前厭氧消化系統主要有乾式、濕式及中溫發酵、高溫發酵等區別，因此在本節選取兩家在歐洲負有盛名的公司，一家是設籍瑞士的 Kompogas 公司，另一家為德國的 Agrafarm 公司，由於此兩家公司一家使用高溫發酵，另一家使用較為常用的中溫發酵，且發酵方式一家採乾式，另一家採濕式，因此在此特別將兩家公司做技術上的比較，以了解哪一種方式較適合本研究來採用。

由所蒐集資料可知，Kompogas 的乾式發酵其含水量不能超過百分之七十，且其物料來源限縮在廚餘與枯枝落葉兩種，且廚餘不得超過總量的

1/3，因此較不適合本廠使用的狀況，而 Agrafarm 的濕式處理系統對含水量與消化基質種類沒有限制，因此在未來即使廠區的原物料種類與含水率有所改變，Agrafarm 的系統依然能夠適應，彈性較 Kompogas 的系統大，比較內容詳表 4.3.2-1。

表 4.3.2-1 Agrafarm 與 Kompogas 的技術對照表

	<u>Kompogas</u>	<u>Agrafarm</u>
厭氧發酵溫度	高溫槽(50°-60°C)	中溫槽(37°-41°C)
槽體型式	水平式	直立式
乾/濕式發酵	乾式	濕式為主
物料來源	廚餘&枯枝落葉(廚餘不超過1/3)	不限(能源作物亦可)
基質含水量限制	含水量<65~70%	無限制
亞洲設廠經驗	√ (日本x2)* ₂	√ (日本x4;南韓x1)
模組化設備	√	√
優點	殘渣已消毒(使用一半熱能), 省空間, 抗震, 免前處理* ₁	精細的前處理, 可接受各種物料, 殘渣不須後續處理

*₁ 含水量至少60%, 顆粒小於5cm, 非可消化物質佔3%以下(ex: 玻璃等)

*₂ Kompogas 日本廠分別為20000 t/a與1000 t/a



(二) 廠區初步設計規劃

在厭氧消化系統上，因本研究僅取得德國 Schmack 的厭氧消化系統資料，故依期設備作為初步規畫設計依據。該系統包含消化基質儲存槽、進料系統、水平消化槽、傳統消化槽與殘渣儲存槽等設備，設備內容詳圖 4.3.2-2。除上述 Schmack 系統的元件之外，廠區內尚包含有有控制室、地磅、停車位等基礎設施，同時建置控制中心一座，配置編列 8 位人力，以掌握控置厭氧消化系統運轉情形及進卸生質原料，另外因考量廚餘為主原料，但仍有可能需要農業廢棄物或豬糞尿作為輔助原料，以利產能穩定度，估規劃有農廢及豬糞尿貯存區，整體廠區規劃及動線示意詳圖 4.3.2-3 及圖 4.3.2-4。

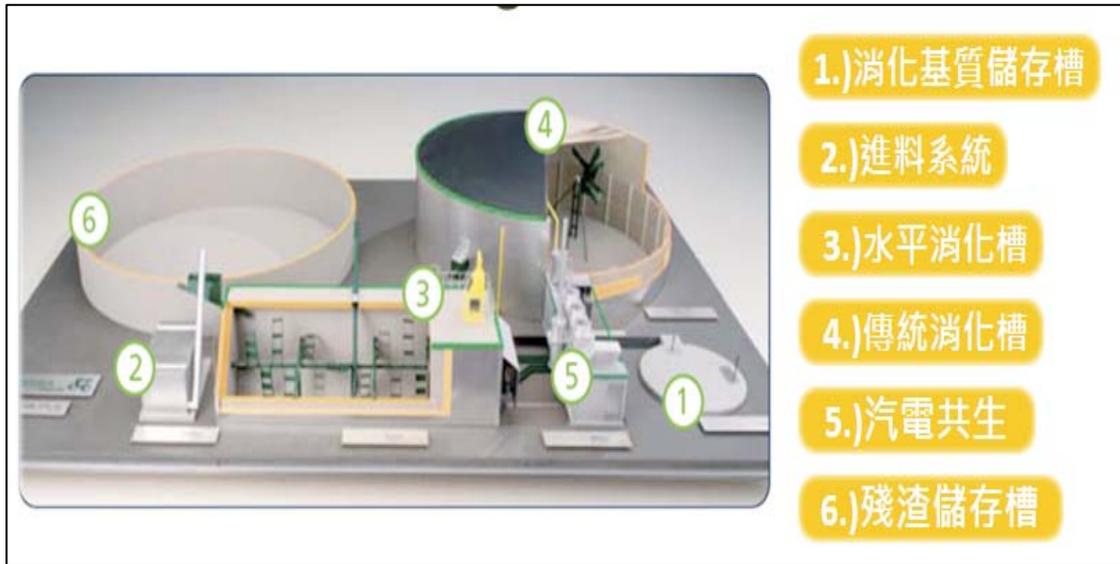


圖 4.3.2-2 Schmack 公司的厭氧消化模組示意圖



圖 4.3.2-3 生質能源再利用廠地利區位規劃圖



圖 4.3.2-4 生質能源再利用廠廠區規劃與動線示意圖

4.4 非經濟效益分析

本研究於前文提出，生質能源再利用廠為國內創造提供零廢棄、優良再生利用及替代能源等環境政策之最佳展現實例，但以目前技術及再利用發展情形，目前尚未能達到最佳再利用化經濟效益，故使得許多生質能源再利用廠計畫中斷，但生質能源再利用不應僅以經濟效益作為唯一考量建設之因素，而應以開發先驅之精神，故於本節將就非實質經濟效益進行分析，以供實質設廠政策之參考。

一、熱能利用部份

本研究如使用生質沼氣產生電能，則尚有熱能未進行利用，目前本研究所產生之熱能，經收集後可透過以下二點進行再利用，以朝永續之方向發展。

(一)作為預熱流體

本研究建設場址為桃園縣環保科技園區，未來園區內之企業若有使用蒸氣鍋爐、熱煤鍋爐及加熱爐等，或是燃料或原料須要預熱等都可以利用本案例產生的廢熱作為預熱流體，由於使用者距離相近，僅需設立氣體收集及供給管線則可以達到此部份熱能之再利用，對本廠所增加之額外投資亦有

限，但目前國內針對熱能售賣並未有一標準價格，而環科園區內是否有廠商需要使用此部份熱能，均為不確定因素，故此部份熱能收益難以估算。

(二)熱發電

熱發電則是一種利用溫差產生電流的熱電材料方法，過往熱發電由於效率低、成本高等不利因素，因此未能引起工業界重視。但近年由於環境問題備受重視，企業追求永續發展，且相關技術及材料科學的不斷進步，帶動了熱電轉換技術的發展。廢熱發電以熱能之溫度可區分為高溫廢熱發電及低溫廢熱發電。

高溫廢熱發電較有名的機組為史特靈引擎(Stirling Engine)，該機組要求廢熱溫度為 800-1100°C，能源轉換效率約 30%，若未達到此溫度，則會影響發電效能。

低溫廢熱發電較有名的機組則為 ORC (Organic Rankine cycle) 機組，該機組要求廢熱溫度 < 400 度，能源轉換效率約 10%，可與一般工業低溫廢熱、地熱、生質能結合成一冷、熱、電共生系統，而影響能源轉換效率的因素在於使用何種工作流體(如熱蒸氣、熱水等)，目前此機組的售價約 1500USD/KW，但未來售價可望降至 500USD/KW。表 4.4-1 為兩機組之比較。

而本研究所產生之熱約為 460-550 度，應可冷卻至 400 度後，利用 ORC 機組發電，但該機組熱電轉換效率並不高，未必符合經濟成本效益。

若要使用史特靈引擎發電，則需額外投資設備將溫度提高到符合史特靈引擎之溫度，雖然利用此引擎發電需把熱溫度提升，但該發電機組之熱電轉換效率約 30%，故與 ORC 比較未必較差。

在實質經濟效益方面，因暫時未確定使用發電機組容量為何，故成本方面未能估算，效益方面，若利用史特靈引擎，則約每年透過熱能利用可產生電力 356 萬 KWH，若以每度 2 元新台幣之售價販售，則每年收益約為新

台幣 7 百萬元；若使用 ORC 發電，則每年透過熱能利用可產生電力約 1 百萬 KWH，收益約為新台幣 2 百萬元。因此熱發電之成本效益在於發電機之選用與發電機之容量選用。

表 4.4-1 熱發電機組之比較

	史特靈引擎	ORC
售價	1500USD/KW	1500USD/KW
使用壽命	>10 年	>10 年
維護費	2000USD/年	1500USD/年
轉換效率	約 30%	約 10%
最佳操作溫度	800oC-1100oC	<400oC
售賣廠商	美國 ST-5	意大利 Turbo Den
	挪威 PCP-Striling	
	紐西蘭 Whisper Tech	以色列 ORMAT
	德國 UWE	

資料來源:工研院

二、碳減量

大氣中 CO₂ 濃度的增加，已使全球溫度上升 0.3~0.6°C，海平面也上升了 10~25cm；依此速度，未來氣溫將升高 2~3°C，海平面上升 30~100 cm，將嚴重危及人類生存。聯合國因之於 1992 年訂定「氣候變化綱要公約」，1997 年通過「京都議定書」，致力於減少溫室氣體排放。由於溫室氣體 CO₂ 排放量的增加，是導致氣候變遷的重要原因，而 CO₂ 與 SO₂、懸浮微粒最大的不同，是無法利用清潔設備消除，為達碳減量，本國勢必朝向能源結構改變之產業出發，故此如何開發優質替代能源為實為重要之課題，本研究恰提供一最佳之解決方案，若以廢棄生質資源物進行生質發電，則不但可減少廢棄物處理費用，並可減少因發電而產生之二氧化碳排放量，以本研究為例，則每年約可減少 5 萬 9 千公噸二氧化碳產生，資料詳表 4.4-2 所示。除依據計算所得之碳減量效益，國外目前已有碳稅及碳權交易之觀念，本國經建會也正在研擬相關課題，則本研究之減碳效益未來必有更大之效益，碳權交易與碳稅之比較詳表 4.4-3。

表 4.4-2 減碳收益

項目	推估收益	單位	說明	推估來源
減碳收益	59,400	噸/年	廚餘、豬糞尿及農業廢棄物總計	1.廚餘及豬糞尿自然排放之沼氣 1M ³ 轉換為 10 公斤 CO ₂ (屏東縣研究報告) 2.農廢減少焚燒 1 公斤 CO ₂ 減量 0.9 公斤(彰化縣溪州焚化爐研究報告)
	7,579	噸/年	發電減碳	依據經濟部能源局所公告資料顯示每使用一度電會產生 0.638 公斤的二氧化碳，本廠發電可換算減碳

表 4.4-3 碳稅與碳權交易之比較

	碳稅	碳權交易
實行難易度	碳稅則可及時運作	在國際協商共識未達成前，國內碳排放總量之共識達成不易，碳權交易困難
公平性	符合「污染者付費」原則	允許大污染排放者若有減量可出售其排放權，較不符合社會公平正義原則
課稅範圍	碳稅可包括使用化石燃料的大小用戶	碳權交易制因交易成本高，一般限於能源使用大戶，範圍較小
政府收入	碳稅比碳權交易制，政府多了碳稅收入，稅收可藉以實施綠色租稅改革，並可成立節能減碳及新能源研發基金	
效果明確性	價格需求彈性難以測定課稅的減碳效果	設定碳排放總量或減碳目標則較為明確
施行阻力	大	產業界（耗能產業）一般較偏好碳權交易，施行阻力較小

資料來源：梁啟源：能源稅、碳稅及碳權交易制之整合，2008 年 10 月

三、其他非經濟效益

(一)提供廚餘最佳處理方式

使用廚餘養豬不是一個最佳處理廚餘的方法，農委會近年為了要杜絕傳染病，大力提倡廚餘禁止養豬，但是對於廚餘處理問題卻始終未提出完善之處理政策。廚餘處理最重要的就是出路問題，台北縣三峽即曾發生因缺乏處理場，導致清潔隊濫倒的真實案件。而針對廚餘養豬環保署已有既定政策，規定廚餘需經 90°C、60 分鐘蒸煮，即安全，據專家研究，口蹄疫病毒經 80°C 處理 3 分鐘，豬瘟病毒經 60°C 處理 10 分鐘即可消除傳染性，但

是要落實廚餘高溫蒸煮政策實行不易，因此本研究可以提供廚餘最佳處理方式，使廚餘得到完善的處理。

(三)良好公共形象的建立

本研究為台灣第一座使用廚餘再生能源之科技廠房，其不僅可將廚餘進行生質發電，同時可產生有機肥料，透過有機肥料的贈送或廉價銷售，以及熱與電等能源之回饋地方居民使用，可有效提升所在地之公共形象。

(四)達到環保教育宣傳效果及產業人才培育

可透過團體參觀方式，邀請學校或機關團體至園區參訪，進行良好之環保教育宣導，不僅如此，本研究可望對本國再生能源技術產業有很大的提升，對人才培育以及業界觀念之改變亦有相當的助益。

(五)創造永續發展之優質生活環境

目前環保署處理廢棄物的做法，已逐漸轉變為以資源回收再利用為理念的「全分選、零廢棄」的處理方式。而利用廚餘再生能源技術於國內尚屬起步階段，但國外卻行之有年。其所再生之能源不僅用於發電，更可用於工業鍋爐、水泥窯的輔助燃料以及溫水游泳池與融雪之上，符合永續經營的理念。以本廠作為台灣的示範廠，這是結合能源與環保的最佳組合，也是一種永續發展理念的落實，有助於提高國內再生能源中生質能源的利用，且持續保有台灣最後一塊淨土的美譽。應用廚餘再生能源技術可有效回收廚餘中的能源，且符合我國能源有效利用的政策，而在能源回收的過程中，須考慮到對環境可能帶來的衝擊與影響，本廠 CO₂ 的減量效果佳，同時可有效減少對環境的二次污染，極具發展潛力。因此，本廠對於環境的衝擊將減到最少，在追求環境永續發展之目標下，應可提供政府未來環境政策施政之參考。

(六)節省公部門財政支出

目前公部門針對廢棄物處理及碳減量課題，須花費大筆之經費，以本研究為例，如將廢棄物全數進行焚化處理，則每年公部門約需支出新台幣 3 億元，如為減碳效益而進行植樹，則包含設置及維護費用每年約需支出 5 百多萬元。資料詳表 4.4-4。

表 4.4-4 節省公部門財政支出之效益

項目	推估收益	單位	說明	推估來源
節省開銷收益	5,788,937	元/年	造林成本	以每 1 公頃造林每年可發揮減碳 28 公噸推算，減碳成本為 20 歐元~90 歐元/噸，本園區節省造林開支以 55 歐元/噸計算
	335,610,000	元/年	垃圾清除處理費	中華民國台灣地區環境保護統計年報焚化爐每公噸處理經費桃園縣 3780 元，清理費每公噸 3000 元

第五章 結論與建議

石化能源的開發，造成生活舒適度與科技的迅速發展，但其產生的溫室效應，造成地球平均溫度逐步上升，而隨著石化能源蘊藏量日益減少，本國所使用的能源，98%仰賴進口，對民眾生活及本國科技、經濟發展，影響甚鉅，故如何因應全球氣候變遷的議題、達成溫室氣體減量與發展替代能源，實為本國在生活、經濟、環保及科技發展上的重要課題，而生質廢棄物資源再利用，雖有缺乏生質燃料的來源、尚無先導性試驗工廠等問題，但仍不失為一個解決能源問題與維護本國環境的好辦法，故本研究依據生質廢棄物種類、生質廢棄物來源、經濟效益、初步規劃等多方面，針對桃園縣環保科技園區，評估建立生質能源再利用廠之可行性，初步結論，依據生質廢棄物種類、經濟效益等評估結果，該廠應為解決桃源廚餘廢棄物問題，同時具有產生替代能源、生產有機肥料、維護環境等多方效益之可行處理方案，但仍有些許問題，有待技術發展或政府政策面之支持，以下提出本研究之結論與建議事項。

5.1 研究結論

- 一、桃園縣具有廚餘、豬糞尿、農業廢棄物等多種生質廢棄物，而依據物料來源、種類、產能比率及供應穩定度，應以廚餘作為生質能源再利用廠之主要物料來源，而以豬糞尿及農業廢棄物作為輔助物料來源。
- 二、廚餘可依堆肥、焚化產電、養豬及生質產能等多種再利用方式，因受限於技術及投資成本，其益本比低於養豬而優於焚化產電、堆肥等再利用方案，但考量人體健康風險、節能減碳與發展替代能源之目的，生質產能應是較佳之方案。
- 三、依據現有技術、物料來源與經濟效益，目前生質能源再利用廠應以建置日處理量 150 公噸之規模，具有較高收益與較低之投資風險；而若是已作為觀摩或示範廠區為目標，則以日處理量 50 公噸之規模較適宜；而以桃園縣現有生質

廢棄物之供應量與技術水準，日處理量 200 公噸之規模，已為最大之經濟效益規模，若再提高處理量，則具有高投資風險、低回收報酬及物料供應不足之問題。

- 四、生質能源再利用廠目前應以甲烷生質氣直接出售，為降低投資風險及高回收效益之最優方案，但考量能源短缺造成價格提升與熱能再利用之因素，仍建議以發展產電供熱之方案較佳。
- 五、依據初步規劃方案，生質能源再利用廠廚餘收集範圍應以新屋鄉、大園鄉、大溪鎮及復興鄉以外之其他鄉鎮市為主；收集路線則以觀音鄉、龍潭鄉、平鎮市及楊梅鎮與蘆竹鄉、桃園市、八德市、中壢市及龜山鄉劃分為 2 條較適宜。
- 六、依據初步規劃方案，生質能源再利用廠廠區內應包含有有控制室、地磅、停車位等基礎設施，廠區內編列 8 位執行人力，即可有效運作，而考量需要農業廢棄物或豬糞尿作為輔助原料，廠區內需規劃有農廢及豬糞尿貯存區。
- 七、除實質之經濟效益外，生質能源再利用廠具有落實永續經營的理念、妥善處理了廢棄物、提供地方居民更為優質之生活環境、減少本國溫室效應氣體的排放、提供一優良環保教育宣導的題材等多項非經濟效益。

5.2 未來研究建議

- 一、目前國內、外都在積極發展綠色農業（生態農業），生產綠色食品（營養、安全），無論從宏觀生態環境保護，還是從經濟效益以及社會效益的角度來分析，都迫切需要真正無害、高效的生物肥料來部份替代化肥，用以克服長年過量使用化肥帶來的不良後果，生質能源再利用廠所產生之有機肥，係屬於天然無害之再生資材，但依據現行法令如需實質商品化以收取最佳經濟效益，則須分析是加工處理方法及通過農委會成分認證，故未來仍須朝向法令認證、降低生產成本、如何達到商品化等方向進行研究。

- 二、生質能源再利用廠之物料仍有大量豬糞尿、農業廢棄物等輔助物料，尚未建立完整收集管道及資訊，而未能有效再利用，建議進行相關之研究，以增加生質能源再利用之利用率與能源產量，並可同步減輕地方水污染、空氣污染及廢棄物處理等環境問題。
- 三、生質能源再利用廠目前國內尚未有實績案例，概因缺乏相關係數、建廠實例，而這與政府施行政策與支持度有絕對關係，建議後續針對現行政策面進行檢討與改善之研究，以提供政府可行之生質能源再利用廠之建置方案。
- 四、生質能源再利用廠受限於國內再生能源收購價偏低，以致發展受限，建議依據能源供給需求及減碳目標，研究國內再生能源收購價格與可行方案，以立再生能源之發展。
- 五、生質能源再利用廠之熱能尚未有效利用，建議蒐集相關利用或轉能資料進行技術改善，以提高生質能源再利用廠之經濟收益。





參考文獻

中文部分

1. 中國畜產協會編印發行，畜牧要覽養豬篇。
2. 羅秋雄，蔬果及瓜果之合理化施肥技術。
3. 邱素芳，2003，以高溫厭氧共消化有機廢棄物之研究，國立屏東科技大學環境工程與科學系，碩士論文。
4. 王文科，2001，教育研究法，五南出版社。
5. 孫一菱，2005，不同政策工具對再生能源發展潛力之經濟分析，國立臺北大學自然資源與環境管理研究所，碩士論文。
6. 經濟部能源局，2007，能源政策白皮書。
7. 郭文健，2004，廚餘高溫生物發酵及養殖藻魚之綠色產業技術開發計畫期末報告，行政院環境保護署環保科技育成中心計畫委託研究。
8. 林建甫，2009，全球暖化現象與國際能源價格變化趨勢。
9. 林殿琪，2000，論台灣家庭廚餘堆肥現況與未來發展探討，國立臺灣大學環境工程學研究所。
10. 楊萬發，「廚餘及堆肥成品中有害成分調查肥力及土壤列管評估計畫暨廚餘資源化設施建設產品品質標準建置及市場開發近中程策略規劃」計畫，台北市環保局。
11. 李英裕，台灣地區生質能潛力評估，立德管理學院資源環境研究所。
12. 王圳宏、鄭百里、呂奎宛、張琪惠、林鼎傑、劉佳鈞、邱士菁，2008，廠址規劃與厭氧技術調查。
13. 呂朝祥、黃俐雯、顏裕焜、劉慧君、郭學文、洪淑惠、蔡宇庭，2008，桃園縣生質廢棄物基本與背景資料調查。
14. 霍勝中、翁瑞蓮、王美茹、洪建豪、吳兆衡，2008，生質能源再利用廠經濟效益分析。

15. 蘇瑞祥(1997) 政策設計在政策過程中的問題與對策之研究---以彰化縣溪州垃圾焚化廠興建計劃為例。東海大學碩士論文。
16. 96 年屏東縣環保局高高屏地區有機廢棄物生質能源示範計畫。
17. 96 年環保署中華民國台灣地區環境保護統計年報。

網站部分

1. 桃園縣政府 <http://www.tycg.gov.tw/> (2009.08.10)
2. 桃園縣政府環境保護局 <http://www.tyepb.gov.tw/> (2009.08.20)
3. 財團法人工業技術研究院 [http : //www.ipc.itri.org.tw](http://www.ipc.itri.org.tw) (2009.04.22)
4. 行政院環境保護署 <http://www.epa.gov.tw/> (2009.07.01)
5. 華頓投信 <http://money.chinatimes.com/fund/commercial/9501082.htm>
(2009.07.04)
6. ECO₂ <http://www.eco2.uk.com/> (2009.08.04)
7. 台灣中油股份有限公司 <http://www.cpc.com.tw/big5/home/index.asp>(2009.09.03)

