

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文

醫療廢棄物逆向物流聯合處理

營運模式之研究



A Co-Operational Model for Multi-Type
Medical Waste Reverse Logistics

研究生：邱于家

指導教授：許鉅秉 教授

中華民國九十五年六月

題目：醫療廢棄物逆向物流聯合處理營運模式之研究

研究生：邱于家

指導教授：許鈺秉

國立交通大學交通運輸研究所

摘要

企業物流是當前最受重視的一個物流環節，其著重於有效利用整體物流資源，各企業無不競相應用物流管理技術以提升其競爭力。一般企業物流觀點皆僅強調正向物流，然而，若以完整供應鏈循環之角度來看，應該還需要包括伴隨著製造過程所產生廢棄物之廢棄物物流，即所謂的環保物流、綠色物流(green logistics)或逆向物流(reverse logistics)才能夠兼顧物流管理的完整性。

有害廢棄物清理的逆向物流，有別於一般所謂的正向物流，處理決策上更來的迫切，尤其是醫療廢棄物的物流模式。有鑑於此，本研究將針對台灣地區一縣市所產生的醫療廢棄物加以聯合處理之營運規劃，利用廢棄物物流的觀念有效確保廢棄物流向與減少交通衝擊，更避免處理機構草率放置或使用不符合環保觀念的方式進行醫療廢棄物之中間處理，而衍生後續二度污染問題。

基於經濟誘因、社會責任理念和公、私部門之考量發展醫療廢棄物逆物流營運模式，除成本面考量外並加入風險外部性成本以構建模式，最後為求理論與實務結合，藉由台北縣所產生的三種最大宗醫療廢棄物之處理過程，進行模式驗證，以一聯合處理各小型醫療院所所產生之廢棄物之逆物流中心之運作，作為模式主軸。也藉此讓模式成果移轉到現實面具公信力，讓醫療機構之逆物流面也一樣不危害社會國民的健康。

關鍵詞：醫療廢棄物、逆向物流、聯合處理、風險成本。

A Co-Operational Model for Multi-Type Medical Waste Reverse Logistics

Student : Yu-Chia Chiu

Advisor : Jiuh-Biing Sheu

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

Abstract

Business logistics is a significant part of logistics. Enterprises depend on logistics skills to enhance its competitiveness. Logistics professional and researches are placing most emphasis on forward logistics. However, in the perspective of the whole cycle of the supply chain, reverse logistics (green logistics) must be considered as well.

Reverse logistics of hazardous wastes, unlike forward logistics, has a stronger urge to be handled, especially the logistics of medical wastes. Accordingly, this research designs a co-operation system to handle the medical wastes produced in a county in Taiwan. This proposed research suggests methods to avoid various kinds of pollution and the assure proper treatment for the medical wastes.

A model operated on reverse logistics for medical waste is constructed concerning economic、social、governmental and industrial reasons. The model consists not only of monetary cost but also external risk cost. The pivotal character of this model is a reverse logistics center which collects wastes generated from minor medical sites. Finally, this model testifies the data of three main medical wastes in Taipei county to combine theory with practice. The application of actual data persuades credibility, and ensures medical wastes harmless to public health.

Key Word : Medical waste, reverse logistics, co-operation, risk cost

誌 謝

在交研學習期間，十分幸運論文能得到許鉅秉老師的指導，老師在我求學的過程中不時提點指示，也時常關心學生的生活與心情，使我受益良多，於此對老師獻上最誠摯的謝意。

感謝馮正民老師、黃台生老師、藍武王老師、汪進財老師、黃承傳老師、徐淵靜老師等老師的身教言教，讓我們獲益良多。在論文口試時，承蒙張美香老師與陳惠國老師抽空仔細審閱，並給予許多寶貴意見，指證疏漏謬誤之處，使本論文更加完善，特此深致謝意，並特別感謝直屬學弟晉曄在口試時詳細的紀錄幫助。

研究所兩年，同門的損友益友：懷明、昱翰、裕仁、政儒、明鋒，常相處的天浩美婷、玠廷、于司、侯之怡憶、岳德、一帆、子揚、祖棟、兆鉞及其他班上同學們、學長們、學弟學妹們、新竹交研的老朋友們、以及所有參與我研究所生涯的朋友們，大家常常給我許多有形、無形的幫助，我會想念大家一起出遊玩樂、一起跨年、一起挑燈夜戰、一起切磋勉勵的日子。

最後要感謝我可愛聰明的弟弟昱舜昱翔，還有最親近、在第一線陪伴我、包容體貼我的壓力的姊姊，和你們在一起每一天的時光都充滿新鮮跟啟發，我很珍惜。我的爸爸媽媽，在我求學過程中無怨無悔的在各方面支持我，維持溫暖的家。沒有你們的栽培不會有今天的我，希望你們為我感到驕傲。

目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
第一章、緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究方法.....	4
1.4 研究步驟與流程.....	5
1.5 預期成果.....	7
第二章 背景文獻回顧.....	8
2.1 醫療廢棄物之問題與現況分析.....	8
2.1.1 醫療廢棄物之定義.....	8
2.1.2 相關法規探討.....	8
2.1.3 醫療廢棄物問題回顧.....	10
2.1.4 醫療廢棄物之現況分析.....	12
2.2 醫療廢棄物處理流程部份.....	14
2.2.1 醫療廢棄物之處理流程方面.....	14
2.2.3 相關文獻回顧.....	15
2.2.4 各國對醫療廢棄物處理方法.....	17
2.3 逆物流方面.....	19
2.3.1 逆物流的定義.....	19
2.3.2 逆物流決策架構.....	20
2.3.3 逆向物流與正向物流之比較.....	22
第三章 方法文獻回顧.....	26
3.1 風險成本量化方面.....	26
3.1.1. 運輸風險成本模式： <i>TOTRR</i>	27
3.1.2. 處理風險成本模式： <i>TOTPR</i>	27
3.1.3. 儲藏風險成本模式： <i>TOTIR</i>	28
3.2 多目標規劃方面.....	28
3.2.1. 基本組成：.....	28
3.2.2. 求解方法.....	30
第四章 模式構建.....	32
4.1 模式之構建.....	32
4.1.1 研究範圍與假設.....	32

4.1.2 概念性架構.....	32
4.1.3 參數定義.....	35
4.1.4 模式目標.....	38
4.1.5 模式限制式.....	46
第五章、實例應用：.....	48
5.1 實例資料分析.....	48
5.2 模式設定與導入.....	48
5.2.1 醫療廢棄物數量資料.....	48
5.2.2 目標函數及限制條件資料.....	49
5.2 演算流程與結果.....	58
5.3 目標式參數敏感度分析.....	61
5.4 限制式參數敏感度分析.....	64
第六章、結論與建議.....	67
6.1 結論.....	67
6.2 後續研究建議.....	69
參考文獻.....	70
簡 歷.....	73



表目錄

表 2.1 醫療事業廢棄物貯存方法相關規定.....	14
表 2.2 醫療事業廢棄物清理方法相關規定.....	15
表 2.3 醫療廢棄物之文獻整理.....	17
表 2.4 各國醫療廢棄物管理的比較(宋鴻樟, 1998).....	18
表 2.5 逆物流的類別與特點.....	22
表 3.1 多目標規劃轉換成單目標規劃之釋例(整體準則法).....	31
表 3.2 個別目標最大值之求解模式.....	31
表 4.1 本研究參數定義.....	35
表 4.2 決策變數.....	37
表 5.1 台北縣醫療廢棄物每期產生量(單位：公斤/期).....	48
表 5.2 戴奧辛在空氣中散佈比率.....	50
表 5.3 醫療廢棄物中戴奧辛含量.....	51
表 5.4 戴奧辛在都市與鄉村散佈的差別.....	52
表 5.5 回收廢棄物之價值.....	55
表 5.6 醫療廢棄物處理廠商營運資料.....	56
表 5.7 本研究訂定之參數(一期=一天).....	56
表 5.8 醫療廢棄物之風險轉化貨幣因子.....	57
表 5.9 Max(TG - TR)的初步結果.....	58
表 5.10 目標式參數經敏感度變動後之總成本.....	61
表 5.11 目標式參數經敏感度變動後之總成本變化情況.....	62
表 5.12 限制式參數經敏感度變動之總利潤.....	64
表 5.13 限制式參數經敏感度變動之總利潤變化.....	64

圖目錄


圖 1.1 研究流程圖.....	6
圖 2.1 逆物流機制圖.....	20
圖 2.2 影響逆物流活動之環境因素圖.....	24
圖 3.1 運輸風險模式示意圖.....	27
圖 3.2 非劣解目標函數空間圖.....	29
圖 4.1 醫療廢棄物處理概念圖.....	34
圖 4.2 總成本與總收益之個別概念圖.....	39
圖 4.3 總風險成本圖.....	44
圖 5.1 台北縣醫療廢棄物每期產量趨勢圖.....	49
圖 5.2 醫療廢棄物處理中成本比例.....	54
圖 5.3 七期處理期後總利潤與總風險成本圖.....	59
圖 5.4 限制式參數敏感度變動後之總利潤.....	62
圖 5.5 目標式敏感度變動後之總利潤變化.....	63
圖 5.6 限制式參數變動後之總利潤.....	65
圖 5.7 限制式敏感度變動後總利潤變化圖.....	65



第一章、緒論

1.1 研究背景與動機

二十一世紀以降，隨著社會的進步與發展，人們對生活水準越加重視，健康被視為民眾的基本權益。在臺灣，先有許多大型化、財團化、企業化的大型醫院興起，後有小型、私人的開業診所林立。莫不為了提供最佳的醫療軟、硬體設備，給予民眾良好之醫療服務品質。在這麼多醫療機構裡，各診療科別包羅萬象，每天產生的醫療廢棄物數量驚人且種類複雜；加上醫院是專門治病的場所，在此各種病菌聚合，若有不慎，醫院也可成為各種病菌繁衍的溫床。由此可想而知，基於國內環境污染問題日益嚴重，與民間環保意識的抬頭，醫療單位所排放的廢棄物已成為一個十分敏感的問題。



一般醫療行為所產生的廢棄物，可分為「一般事業廢棄物」、「感染性事業廢棄物」、「毒性事業廢棄物」及「放射性廢棄物」。除了一般廚房及行政部門垃圾外，醫院還會產生廢血清、殘肢、破裂玻璃器皿、衣物、紗布、排泄用具、褥墊、手術用具、抹片、手套、實驗衣、口罩、毛斤、床單、生化醫學檢驗廢液、水銀廢液、廢藥品、重金屬廢液、有機溶劑、洗片廢液及放射性廢棄物等等。這些廢棄物若無妥善依其不同性質加以處理，對環境將造成相當的傷害，因此，其出路甚為值得研究。

台灣地區目前有醫療院所近 16000 家，其中小型診所約佔 15000 家。根據環保署八十七年對感染性醫療廢棄物清除及處理調查的報告顯示，國內各醫療院所大致上均能妥善配合感染性廢棄物清理規定。但依規定，在常溫下，感染性廢棄物貯存以一天為限，攝式五度以下冷藏者則以七日為限，但是所見半數小型診所均缺乏冷藏設施，卻每週僅清理一次感染性廢棄物，等於是違規貯存六日。在這六天違規的貯藏中若有感染物外洩，難保造成病菌對病人的二度污染、環境污染、處理人員之

風險等等。

另外，依據八十八年底台灣地區醫療院所病所推估，醫療廢棄物每日產生量為 286.4 噸，其中一般醫療廢棄物每日產量為 242 公噸，可合併一般廢棄物處理。感染性醫療廢棄物產量每日約為五十公噸，臺灣現有卅七座合法處理廠每日總許可處理量約為 110 噸，處理能力看似闊綽有餘，但因為處理廠管理不當及設備老舊等內在不利因素，加上外在市場惡性競爭等影響，國內醫療廢棄物處理工作已經亮起警訊，業務不但未能如預期般的順利，不但污染環境，甚至部分醫院發生廢棄物無從清理，影響及醫院的正常作業。

另外從調查中，也可以發現部分醫院已經就一般廢棄物或者是醫療廢棄物中的可回收物質進行資源回收，顯示醫院使用之大量以高品質材質製造的醫療用品，具有很高的回收價值。但是這種可能遭病菌污染物品的回收方式，依法尚未定明，其安全程度也堪虞。醫療廢棄物有每公噸 5000 元的清理價格。在調查中也明顯的表示，業者對醫療廢棄物之清理意願遠較其它事業廢棄物者為佳。醫療廢棄物之剩餘價值仍有其經濟利多，如何將其善加利用，同樣也是值得探討的課題。

綜合以上所述，現有醫療廢棄物處理的不確實與處理資源的閒置，造成了對社會環境污染的威脅與社會資源的浪費；而醫療廢棄物的高回收價值，也暗示了醫廢處理市場的商機所在。因此，迫切需要一個聯合處理體系，透過整合之機制效率化廢棄物清理與運輸作業，來滿足廢棄物處理量的需求、提升廢棄物處理能力與解決目前處理中心缺乏之問題，進而建立健全的醫廢處理體系。

醫療廢棄物因其有害特性，直接或間接會對人類或環境造成負面影響，因此在處理程序上有其特定方式。首先必須由醫療單位對廢棄物做種類之認定，再經過分類收集、包裝及貯存、清除、運輸、處理等。其特別的處理包括以物理化學或其他方法將其性質轉化的中間處理，再來才是將其送至掩埋或棄置或焚化的最終處理，

最後才進行回收動作之再利用處理。

一個完整的醫療廢棄物處理系統，必須能涵蓋上述的處理流程，並能對過程中的各環節加以監督追蹤，然而翻看醫療廢棄物處理相關文獻，抑或國內外對於廢棄物之管理之研究，泰半只基於單向度的成本或利益考量，著眼於處理技術最佳或處置成本最小，考慮較周全的也許額外加入運輸風險評估這一項，逐漸地，環保意識抬頭，遂有人進一步研究醫療廢棄物收集過程中的車輛繞徑行為及暴露衝擊危害性評估，但並沒有人以廢棄物物流（逆向物流或稱環保物流）管理方式探討整個醫療廢棄物系統的處理問題。


因此，本研究希望依照臺灣的法規與民情，取台北市之醫療廢棄物中對環境危害較顯著的感染性廢棄物與經濟利益較大的可資源回收類作研究對象。考慮收集過程、處理過程、回收過程中所有可能產生的運輸、倉儲、中間處理、焚化、掩埋之成本與風險，以數學規劃方式求解加入風險貨幣化後的逆物流成本，最適化廢棄物處理決策，冀望透過本研究的示範操作，將感染性廢棄物對環境、人類造成的風險外部性要求處理廠商納入自身逆物流成本裡，以達社會公平性，並警醒不肖廠商感染性廢棄物若不甚散佈之嚴重後果。另一方面本研究也符合政府有意推動聯合的醫療廢棄物處理系統之政策，政府也可依規劃結果研擬適宜的環保法規、聯合處理系統的雛型，如此直接或間接推動臺灣醫療廢棄物之逆物流觀念，達到環境保護的大目標，使醫德在醫療行為結束後也能延續至醫療廢棄物的得到善終。

1.2 研究目的

本研究之研究目的如下：

1. 進行醫療廢棄物相關資料的蒐集，了解台灣現階段醫療廢棄物之處理狀況、所遭遇之問題與不盡完善之處。
2. 針對目前醫療廢棄物處理之不經濟處，以及現有醫廢處理機制之不完善處，以專業第三方的醫療廢棄物處理廠商之角度為出發點，嘗試找出一符合醫療廢棄物基本處理過程之最適合處理營運模式，以作為未來發展醫廢逆物流組織之參考。
3. 作為台灣地區發展醫療廢棄物逆向物流之聯合營運的參考依據，完成廢棄物處理效率化之要求，並提供實際決策之需要。

1.3 研究方法



本研究方法涵蓋的層面，舉凡模式構建、分析結果等，都需要不同的研究方法來加以配合，本研究主要分為兩方面，一方面探討感染性廢棄物從起運點開始，一直到廢棄物處理廠商，至最終的掩埋或回收的整個過程當中所牽涉的成本問題；另一方面則是由感染性醫療廢棄物散佈的可能性所衍生出來的風險成本問題，總而言之，本研究會以站在醫療廢棄物處理業者的角度，來探討這整個處理過程中的問題。以下是本研究應用的方法：

1、數學規劃：

在這個階段，利用數學規劃中的線性規劃方法，來構建開始收集醫療廢棄物後，所產生的一連串運輸、處理、倉儲成本；與運輸、處理、倉儲風險。

2、多目標規劃：

基於本研究之模式目標，同時存在需考慮利潤最大化與風險最小化的兩種情況，為解決此兩項可能會彼此衝突的目標，使用多目標規劃中的整體準則法，既可標準化此兩項子目標，也在權衡兩目標式時，找到最佳的妥協解。

3、敏感度分析：

針對個案中之目標函式中感染性醫療廢棄物之參數(已處理、未處理存貨成本、處理成本、運輸成本、焚化成本、利潤、儲存風險、運輸風險、處理風險)；與限制式參數變動(收集總量限制、處理總量限制、最大處理量限制、未處理和已處理之最大庫存限制)，和廢棄物需求處理量之變動，以及公私部門對於成本、風險項目不同重視程度之作法等，進行敏感度的調整，以進一步瞭解目標函式總成本變動的情形，藉由此種探討，可以更清楚了解在參數條件改變下，目標函式變動之敏感性，一方面可以彌補參數設定之合理性，另一方面，也有利於日後之廢棄物之收集、處理決策管理。

1.4 研究步驟與流程

本研究工作分下列步驟進行，整個研究流程如圖 4-1 所示。

1. 問題確認及研究範圍界定

對醫療廢棄物處理近年之弊病進行探討，進而了解本研究欲解決之盲點所在，以確定本研究之相關假設及研究之範圍。

2. 文獻回顧

分別就醫療廢棄物、相關環保法規、醫療廢棄物處理手續、專業物流之營運方式、風險成本貨幣化之方法進行回顧。藉由這些文獻的回顧，所以有建構研究方法之基礎。

3. 構建模式

此模式架構包含了兩個模組，第一個為淨成本之模式，另一為風險成本之模式，風險成本依其產生的地點與成因不同，使用不同的方法將其量化。將本模式研擬之兩個模組轉換為演算法形式，訂定目標式、參數及限制式。

4. 測試及分析

設計一醫療廢棄物處理之實際案例，對此假設之問題模擬其收集及處置之整個逆物流流程，測試本研究所建立之成本最小化模式，並分析各項變數對成本的影響。

5. 結論與建議

將測試及分析之結果加以彙總，並以此提供具體的結論與建議，以供政府、實務界業者及此方面學者專家在未來從事相關研究之參考。

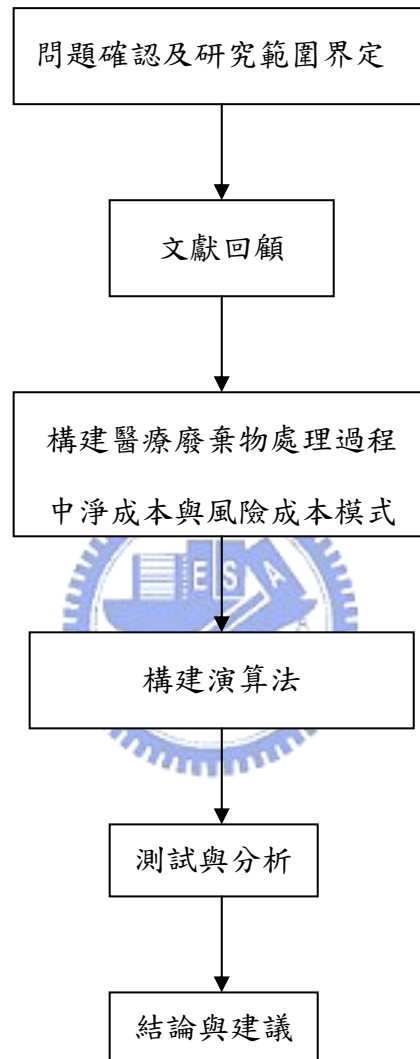


圖 1.1 研究流程圖

1.5 預期成果

本研究擬發展台北地區醫療廢棄物逆物流最適管理模式，預期在研究過程中及最後可得的結果如下：

(1) 藉由國內外醫療廢棄物管理的相關研究、作法的整理，了解各種醫療廢棄物處理成功之經驗。

(2) 為台灣地區的醫療生態，建立醫療廢棄物管理系統之更為完備的逆物流架構。

(3) 藉此研究，政府可以據以制定相關法規與政策，規範與鼓勵產生醫療廢棄物的醫運診所採用逆物流之處理方式。

(4) 為求理論與實務結合，挑選台灣地區醫療事業最密集的台北市，作模式的驗證。讓處理效能、環境危害性、經濟效益、污染防治成本加入逆物流決策管理的過程，確實達到最佳化之目標。



第二章 背景文獻回顧

2.1 醫療廢棄物之問題與現況分析

欲構建一專業物流及配送車隊之動態即時派遣模式，首先必須先對目標的醫療廢棄物事業領域之背景、特色、問題等作一了解，因此接下來將針對醫療廢棄物之問題與現況作一文獻回顧探討與分析。

2.1.1 醫療廢棄物之定義

醫療廢棄物是指醫療院所產生之一般事業廢棄物、感染性事業廢棄物、毒性事業廢棄物及放射性廢棄物。未與病人血液、體液、引流液、排泄物等接觸之普通垃圾為一般事業廢棄物；有接觸發生者即為感染性廢棄物，包括：

1. 廢棄之感染性培養物、菌株及相關生物製品：指醫學、病理學實驗室廢棄之培養物，研究單位、工業實驗室感染性培養品、菌株、生物品製造過程產生之廢棄物或其他廢棄之活性疫苗、培養皿或相關用具。
2. 病理學廢棄物：指手術或驗屍取出之組織、器官、殘肢等。
3. 血液廢棄物：指廢棄之人體血液或血液製品，包括血清、血漿及其他血液成分等。
4. 廢棄之尖銳器具：指於醫學、研究或工業實驗室中曾與感染性物質接觸之破裂玻璃器皿等。
5. 受污染之動物屍體、殘肢、用具：指於研究生物製品製造、藥品實驗等過程接觸感染性物質，包括經檢疫後廢棄或因病死亡之動物屍體、殘肢或用具等。
6. 手術及驗屍廢棄物：指使用於醫療、驗屍或實驗行為而廢棄之具有感染性之衣物、紗布、覆蓋物、導尿管、排泄用具、褥墊、手術用手套等。
7. 實驗室廢棄物：指於醫學、病理學、藥學、商業、工業、農業、檢疫或其他研究實驗室中與感染性物質接觸之廢棄物，包括抹片、蓋玻片、手套、實驗衣、口罩等。
8. 透析廢棄物：指進行血液透析時與具感染性病人血液接觸之廢棄物，包括導管、濾器、毛斤、床單、手套、口罩、實驗衣等。
9. 隔離廢棄物：指罹患傳染性疾病或動物之血液、排泄物、分泌物或其污染之廢棄物。
10. 其他經中央主管機關會同目的事業主管機關認定對人體或環境具危害性，並經公告者。
11. 溶出毒性事業廢棄物：指具有重金屬、有害有機物質之廢棄物，包括生化醫學檢驗廢液、水銀廢液、廢藥品、重金屬廢液、有機溶劑、洗片廢液。
12. 放射性廢棄物：指具有游離輻射之核子醫學放射性廢棄物。

2.1.2 相關法規探討

由於台灣地區近二十年來工商業發展迅速，使得事業廢棄物之產生量逐年漸增且成份日趨複雜化。故廢棄物清理法自民國63年公佈後，分別於69年、74年、77

年、86 年及88 年進行五次修正。於民國88(環保署，民88 年)修正公告之內容中，代清除處理業者、廢棄物製造者及各級主管機關相關之權責之規範，對於嚴重違反法令者亦有刑法之約束。故事業廢棄物之妥善處理，除環境面外，在法令層面之考量上亦為不得不之趨勢。醫療廢棄物屬於事業廢棄物的一種，而政府雖然在法規訂定上已日趨完善，然而國內事業廢棄物之產生與處理在能力上嚴重供需失調的事實，仍是所有環保工作人員於妥善處理（置）廢棄物時面臨的最大考驗。

就醫療廢棄物的處理處置而言，與其相關法令包括有「廢棄物清理法」、「有害事業廢棄物認定標準」、「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」、「公民營廢棄物清除處理機構管理輔導辦法」、「有害事業廢棄物再利用許可辦法」等幾項。茲分別將其關鍵重要條文敘述如下：

一、廢棄物清理法：

第十三條 事業廢棄物之清除、處理除以再利用方式外，應以左列方式為之：

1. 自行清除、處理。
2. 共同清除、處理：由事業機構向目的事業主管機關申請核准設立清除、處理該類廢棄物之共同清除、處理機構清除、處理。
3. 委託清除、處理：
 - (一) 委託經主管機關許可核備清除、處理該類廢棄物之公、民營廢棄物清除、處理機構清除、處理。
 - (二) 經執行機關同意，委託其清除處理。
 - (三) 委託目的事業主管機關設置之處理設施清除、處理。
4. 境外處理：由事業機構向主管機關申請許可或核備輸出境外處理者。
5. 其他經中央主管機關許可之方式。

第十四條 中央主管機關，對於需經特殊技術處理之有害事業廢棄物，得會同中央目的事業主管機關，設置適當設施，代為貯存、清除或處理，並收取必要費用。

二、事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準：

第二條 貯存：指事業廢棄物於清除、處理前，放置於特定地點或貯存容器、設施內之行為。

清除：指事業廢棄物之收集、運輸行為。

處理：中間處理、最終處置、再利用。

清理：指貯存、清除或處理事業廢棄物之行為等。

三、公民營廢棄物清除處理機構管理輔導辦法：

第二條 公、民營廢棄物清除、處理機構：指經營廢棄物清除、處理業務之下列兩種

公、民營機構：

1. 廢棄物清除機構。
2. 廢棄物處理機構。

四、有害事業廢棄物再利用許可辦法：

第二條 有害事業廢棄物再利用行為，應避免造成二次污染或危害性物質擴散。

五、『共同處理或聯合處理體系』：所謂聯合處理體系產生同類廢棄物之工廠聯合具有廢棄物清除處理意願者，共同投資廢棄物處理廠(場)來處理廢棄物。以醫療性廢棄物為例，所謂醫療廢棄物聯合處理即除醫療機構外，聯合廢棄物處理廠商共同投資廢棄物處理廠(場)，來處理參與醫院之廢棄物(其中醫療機構總投資比例不得低於百分之五十一)，稱之為「聯合處理體系」。處理廠之處理容量尚有餘裕可處理其他非參與投資醫療機構所產生之廢棄物，可以作營利之行為，其組織型態以公司之設立營運。廢棄物區域集中(聯合/共同)處理，可避免設施投資、人力重疊浪費，並由於連續運轉，可降低廢棄物處理成本，增長設施之使用壽命，及協助人員之訓練。

2.1.3 醫療廢棄物問題回顧

2.1.3.1 減量回收方面

由相關文獻整理可以發現目前國內醫療廢棄物仍存有許多減量、回收的空間，尤以大型醫院為然。目前未能普遍做好減量、回收工作之原因可以綜合歸納如下：

(一) 消費取向生活方式：

由於社會變遷，近年來用過即丟〔拋棄式disposable〕的產品越來越多，且用過即丟的行為也越來越普遍。一方面由於個人衛生的強調，一方面避免病菌的蔓延，致使似乎變成為一個即棄式社會〔disposable society〕而其中可回收再利用的材料，未能處理得當的結果，使得廢棄物減量、回收的工作不易落實。

(二) 院內減量、回收機制不良：

國內醫療肌肉於院內大多未定有明確的醫療廢棄物減量、回收政策及目標，且與減量、回收有關之管理系統〔如規劃、組織、查核及矯正措施〕亦不健全。因此，在無明確可行的管理機制下，其減量、回收工作之推展就顯得格外困難。

(三) 院外資源回收管道不暢：

與一般事業單位廢棄物之資源回收不同，單一醫院醫療廢棄物中可為資源回收者其數量較少。對院外資源回收商而言，因其缺乏經濟誘因，故前往醫院執行回收工作之頻率及意願較差，於此資源回收管道不太順暢之情況下，有些醫院乾脆不進行醫療廢棄物減量、回收之工作。

(四) 回收政策涵蓋面不足：

環境保護主管機關宜在政策面多做考量，如要求廢寶特瓶之回收，並可評估就醫療廢棄物中某些毒性較大且量也較多之廢棄物品中要求其原供應廠商加以回收。

(五) 減量、回收智能欠佳：

由於專業人才缺乏，相關醫療設備、器具之妥善維修管理或醫院廢水之再利用等都做的不甚理想，其中尚有許多減量回收之空間。

2.1.3.2 焚化處理方面

台灣地區感染性醫療廢棄物產量每日約為五十餘公噸，卅七座合法處理廠每日總許可處理量約為一百一十噸，國內醫療廢棄物處理能力已經闊綽有餘。將來理應可針對管理、規範及輔導等工作，強化處理成效著手。不過近期因為抗爭陸續發生，國內醫療廢棄物處理不但未能如預期般的順利，反而部分醫院有發生廢棄物無從清理，可能要停院的疑慮，就其原因可以分析如下：

(一) 公開招標削價競爭：

大型醫療院所依規定公開招標委託處理其廢棄物，眾多業者爭食全年總值不及四億餘元的醫廢市場。因為最低處理成本得標，削價競爭日趨激烈，不肖業者不擇手段，降價求貸，大型合法業者如榮工處台北廠及桃園廠等則因不敷成本而相繼退出市場，削減處理容量，市場也漸形成寡佔的局面。

(二) 地方政府保護過當限制越區處理：

若干地方政府以維護環保及保護地方權益為由，設立屏障不准外縣市醫療廢棄物進入其轄區清理，以致部分較偏遠的醫廢焚化爐，因為原料不足而難以運轉，設備形同虛設。

(三) 醫院焚化爐失修報廢：

醫療廢棄物比一般都市廢棄物，含有較多的塑膠、玻璃及金屬等，含有鹽份的塑膠焚化時會產生酸氣，遇冷凝結，再熱濃縮，侵蝕爐體，然而國內相當多的醫廢焚化爐一個月開機不到 10 次，每次運轉少有超過 10 小時者，使得焚化爐折舊損壞更快。其次業者削價競爭及原料不足影響，醫院所屬焚化爐操作維護費高於外界處理費，院方不願再支持焚化爐營管費之編列，同時又因戴奧辛議題，院方乾脆以此為由，減量或終止焚化爐運作，處理容量再大打折扣。

(四) 非理性的對立抗爭：

過去政府曾推動台北與中部地區兩大聯合處理體系，結果都因地方民眾有計畫的抗爭而告終止。部分環保抗爭充斥非理性及泛政治化的訴求，加重醫廢處理問題的複雜性。

(五)戴奧辛的產生：

醫廢焚化處理仍有戴奧辛的疑慮，過去原來許多是焚化處理的廢棄物，多因為有產生戴奧辛的疑慮而改採掩埋處理。回顧過去陳水扁總統在任職台北市長的時候，也曾為榮總醫廢焚化爐設備有產生戴奧辛之虞，而堅持反對其營運。醫廢裏面含有比一般廢棄物為多的致戴奧辛鹽份，因此醫廢焚化處理必須克服戴奧辛的問題，才較有可能獲得高層的支持處理。

2.1.4 醫療廢棄物之現況分析

2.1.4.1 現況數據整理

台灣地區目前有醫療院所近16000家，其中小型診所佔15000家，醫療廢棄物的估算，醫院每病床每日產生三公斤醫療廢棄物，其中感染性廢棄物約佔20%；診所以每員工每日產生0.6公斤醫療廢棄物，感染性廢棄物約佔30%，大醫院的每床廢棄物產量較高，平均可達12.3公斤/月/床，清理費估計為313元/月/床(宋鴻樟, 1998)。針對醫廢處理工作，台北市八十九年六月份總清除處量約為323.8噸、平均每日清理量為10.8噸。

目前台北市有將醫費清除處理的診所家數為2,181家，其中清除後委由嘉德技術開發股份有限公司處理之處理量約215.1噸(佔總處理量66.4%)、處理家數1958家(佔總處理家數89.7%)，委由日友廢棄物處理股份有限公司處理之處理量約106.1噸(佔總處量32.8%)、處理家數223家(佔總處理家數10.3%)，委由中山醫學院附設醫院處理之處理量約2.6噸。顯示目前台北地區之醫療廢棄物處理基本上是由嘉德及日友兩家公司寡占的市場。

醫療廢棄物處理廠受到長期抗爭因素的影響，全台三十七處合格處理廠，十八處被迫停機，六處合法共同處理業被迫放棄，處理費於是水漲船高。因為抗爭問題未能解決，政府祇得同意感染性醫廢可以在零度下存放三個月，醫院冰櫃冰箱全部都作為廢棄物堆置箱。受到貯存場逐日飽和的影響，法規只好再度棄守醫廢焚化處理溫度應高於一千度以上及停留時間一秒以上的規定，要求台北市處理一般垃圾的焚化爐協助處理醫療廢棄物。其實如果非理性抗爭問題一再不能解決，僅憑權宜措施轉移由不當的處理方式處理，只會加深問題的複雜及危險性。

2.1.4.2 現況調查分析

依據環保署八十七年委託感染性醫療廢棄物清除及處理調查報告，針對242家

0-9床之診所，28家10-99床之醫院，30家100-499床之醫院及18家500床以上醫院之調查結果如下：

(一) 95.7%醫療院所把感染性廢棄物與一般廢棄物分開清除；67%院所把感染性廢棄物分為可燃及不可燃性清除。

顯示大部分醫療院所均有注重醫療廢棄物丟棄的環保問題，超過半數的醫療院所在處理醫療廢棄物上，有稍微將其分類，但此種粗略以可燃及不可燃的分類相較於醫療廢棄物龐雜的種類、不同的性質來講，並不能達到物盡其用甚至於回收再利用創造剩餘價值的作用。因此在處理醫療廢棄物上，是迫切需要多花心思研究，而非依環保規章被動的丟棄焚化了事。

(二) 約半數診所缺乏5°C冷藏設施。

(三) 71%的診所每週清除一次感染性醫療廢棄物。

在常溫下，感染性廢棄物貯存以一日為限，攝式五度以下冷藏者則以七日為限，但是所見大多數小型診所每週僅清理乙次，等於是貯存六日，依規定必須冷藏，調查中卻又發現半數診所缺乏冷藏設施，未能符合規定，因此小量感染性廢棄物的管理仍然有需要再加強。

(四) 每月感染廢棄物產量，診所平均為11.7公斤，清除費1716元/月；大型醫院則為12.3公斤/床，清除費313元/床。

(五) 半數以上醫師同意壓舌片應視為感染性廢棄物。

(六) 38%的醫師認為點滴瓶的導管應分開處理。

(七) 約4成500床以上之醫院實行資源回收。

以上調查結果顯示部分醫院已經在實行資源回收，其回收內容係一般廢棄物或者是醫療廢棄物中的可回收物質，並未得知，不過已顯示醫院使用之大量以高品質材質製造的醫療用品，具有很高的回收價值，但是這種可能遭病菌污染物品的回收方式，依法尚未定明。對於清理費部分，醫療廢棄物每公噸5,000元的清理價格與其它調查顯示者相若。這份調查明顯的表示，業者對醫療廢棄物之清理意願遠較其它事業廢棄物者為佳。這點也是深入探討醫療廢棄物，將其回收處理過程去蕪存菁的一項基本誘因。

2.2 醫療廢棄物處理流程部份

2.2.1 醫療廢棄物之處理流程方面

依廢棄物清理法規定，有害事業廢棄物應與一般事業廢棄物分開貯存，同時亦不得與一般廢棄物或一般事業廢棄物合併清除、處理。產生事業廢棄物之事業機構，其廢棄物應自行或委託公、民營廢棄物清除、處理機構負責清除、處理之。有關醫療廢棄物貯存及清理方法相關規定詳列如表一及表二。

表 2.1 醫療事業廢棄物貯存方法相關規定

表一.醫療事業廢棄物貯存方法相關規定			
廢棄物種類	貯存容器	貯存方法	貯存期限
一般事業廢棄物	可以一般容器貯存。	應以中文標示廢棄物之名稱。	貯存地點、容器、設施 應經常保持清潔完整，不得飛揚、逸散、滲出、污染地面或散發惡臭情事。
感染性事業廢棄物	紅色可燃容器	密封貯存，標示感染性事業廢棄物標誌、貯存日期。	常溫下貯存以一日為限，攝式五度以下冷藏者以七日為限。
不可燃感染性事業廢棄物	不易穿透之黃色容器	密封貯存，標示感染性事業廢棄物標誌、貯存日期。	貯存以二年為限，超過二年時，應於屆滿前三個月前向貯存設施所在地主管機關申請展延。
溶出毒性事業廢棄物	固定包裝材料或容器。	密封盛裝，置於貯存設施內，分類編號，標示產生廢棄物機構名稱、貯存日期、數量、成分及區別有害事業廢棄物特性之標誌。	貯存以二年為限，超過二年時，應於屆滿前三個月前向貯存設施所在地主管機關申請展延。
放射性廢棄物	依原能法規定辦理。	依原能法規定辦理。	依原能法規定辦理。

表 2.2 醫療事業廢棄物清理方法相關規定

表二.醫療事業廢棄物清理方法相關規定			
廢棄物種類	醫院內中間處理	清除方法	處理方法
一般事業廢棄物	無。	應以中文標示廢棄物之名稱。	焚化、衛生掩埋、資源回收、再利用。
可燃感染性事業廢棄物	高溫高壓滅菌處理；直接送焚化處理者免經中間處理。	1.以不同顏色容器貯存之廢棄物不得混合清除存，但直接送焚化者不在此限。 2.在運輸過程中，不可壓縮及任意開啓。 3.不可燃感染性廢棄物直接清除至最終處置場所前應先經滅菌處理。	焚化法處理，燃燒室出口中心溫度應保持攝氏一千度以上；燃燒氣體滯留時間在一秒以上，燃燒效率達百分之九九·九以上。
不可燃感染性事業廢棄物	高溫高壓滅菌處理，針頭針筒應再經粉碎處理；直接送焚化處理者免經中間處理。	4.運輸途中應備有冷藏措施。	1.焚化法同上。 2.滅菌法，操作溫度攝氏121度以上，操作壓力每平方英尺至少15磅，操作時間30分鐘以上，且指示帶應變色。
溶出毒性事業廢棄物	無。	1.清除車輛應標示機構名稱、電話號碼及區別有害事業廢棄物特性之標誌。 2.應隨車攜帶對有害事業廢棄物之緊急應變處理器材。	固化法、電解法、薄膜分離法、熱蒸發、熔煉法或「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」規定方法處理。
放射性廢棄	依原能法規定辦理。	依原能法規定辦理。	依原能法規定辦理。

2.2.3 相關文獻回顧

根據文獻回顧及資料的搜集，可以發現放諸各國，醫療廢棄物的處置在綱領與立意上大同小異，但在處理或分類的方法上，還是有些微的差異。又由於醫療廢棄物的處理，攸關對環境難以復原的影響，已有許多學者開始重視這個問題，並對這個問題做出相關的探討，本論文回顧相關學者所探討的研究，分述如下：

Ozbek(2004)提出對土耳其地區之牙科醫療系統的研究。牙科的醫療廢棄物有其獨特性，例如：容易沾染病人血液或體液，帶有感染性的病毒；含有修補牙齒需要的水銀成分，散佈到環境中容易造成汞的毒性沉積。研究中搜集土耳其當地的醫療資料，分析牙科醫學廢棄物的組成及各項所佔比例，並追蹤研究各種不同廢棄物項目的處理方式。研究中提出不論廢棄物沾染的血液或體液多寡，都不能輕忽當作普

通垃圾處理；牙科所用的X光片顯影劑也需要妥善處置。

Mato(1998)探討了開發中國家的事業與醫療廢棄物處理。開發中的國家，醫療法規設定還未臻完全，國家著重的方向偏重於產業的進步而尚無完整的環保概念，醫療事業也不那麼發達。研究中也點出，即時的廢棄物處理是減少廢棄物量、安定廢棄物並使廢棄物轉為無害的一個有效且重要之方法。研究中並分析醫院、健康中心、實驗室等不同醫療廢棄物產生源之處置方式差異，最後總結開發中國家需喚醒群眾對醫療廢棄物處理的注意，強制政府制定法規，並建造焚燒或掩埋場所以符合應當前及未來需要。

Chitnis(2003)提出針對開發中國家，或已開發國家的小型診所，當一天的醫療廢棄物產生量並不大，但放置著不處理又可能會有危害環境或人體之虞，可以使用太陽能的加熱儀器，做小數量的加熱消毒，如此一來便可在小型醫療場所當日處理，將等待醫療廢棄物收集廠商處理的時間延遲化為零，也把感染性廢棄物的危害風險降到最低。

Ibanez(2000)探討焚化廢棄物過後與過程中的分類與管理。研究中首先解析了醫療廢棄物在焚化過後產生剩餘的成分，緊接著利用過濾器溶濾焚化後的殘渣，討論飛灰及剩餘中含有的重金屬、病菌、氯化物、鉻，並提出當這些元素在燃燒剩餘中所佔比例不同時，該有什麼不同的最終處置措施。

表 2.3 醫療廢棄物之文獻整理

作者	研究範圍與內容	研究重點
Ozbek(2004)	牙科醫療廢棄物系統	<ul style="list-style-type: none"> • 修補牙齒的汞成份該如何棄置 • X光照射產生的廢棄物 • 不同手術產生的不同廢棄物分析
Mato(1998)	開發中國家的醫療廢棄物處理狀況	<ul style="list-style-type: none"> • 開發中國家產生的醫療廢棄物類型 • 不同醫療院所處理醫療廢棄物之輕重緩急
Chitnis(2003)	太陽能滅菌裝置	<ul style="list-style-type: none"> • 小型醫療院所自行以太陽能滅菌處理小量醫療廢棄物
Ibanez(2000)	焚化後剩餘之處理與管理	<ul style="list-style-type: none"> • 醫療廢棄物燃燒後產生之剩餘成分 • 剩餘中各成分的處理方式

來源：本研究整理

2.2.4 各國對醫療廢棄物處理方法

表2.4是綜合顯示各國對醫療廢棄物管理的方式，採用焚化為處理方式者，主要有我國及美國環保署，顯示我國是模仿美國的處理方式，但是美國多是大型醫院，與國內以小型診所居多者情況並不相同，不過美國環保署訂定的處理辦法也包括其它非焚化的處理方式，顯然我國目前規範的處理方式屬於一個比較嚴格的作法。對於感染性廢棄物的定義，英國等國就較美國嚴苛，只要有沾染血液或體液，在英國就必須歸於感染性廢棄物處理，但在美國的規定則較鬆散，只有完全浸透血液或體液的廢棄物才需歸於感染性廢棄物處理。

表 2.4 各國醫療廢棄物管理的比較(宋鴻樟, 1998)

國家名稱	美國	U S	U S	佛 羅 里 達	路 易 斯 安 那	喬 治 亞	麻 州	北 卡 州	南 卡 州	田 納 西 州	肯 他 基 州	加 拿 大	英 國	瑞 士	瑞 典	丹 麥	新 加 坡	日 本	我 國	
醫廢名稱																				
Infectious Waste		√	√		√		√		√									√	√	
Biomedical W.			√	√	√							√				√				
Medical W.		√	√		√		√	√		√										
Hospital W.													√				√			
Hazard W.	24				√						√				√					
Special W.		√			√								√		√					
Clinical W.																				
處理方法	感 染 性 以 焚化為主		√																	√
	有非焚化 法之規定		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√							
	可用下水 系統		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√							
	危險組4,另 有規定											√	√				√			
	棉花、紗	飽和血液或體液	20cc										√ ^a				√ ^a	√	√	
家居照護有規定			√	√	√		√													
貯存/運輸		34-45°F 3天, 保存7天																5 °C		
尚未立法	11										√									

a.

未特別註明含量。但有的地區國家註明為血液或體液飽和時, 或會滴下來時(北卡州 特別註明含量達20cc時), 即應以感染性廢棄物處理。

2.3 逆向物流方面

2.3.1 逆向物流的定義

逆向物流可被定義為是正向物流的逆向流程[Luttwak, 1971]。傳統上，逆向物流主要是考量產品的回收處理。現在，逆向物流的定義會依其企業或產業區隔之差異而有不同界定。如：零售商觀點而言，逆向物流為顧客退回之商品運回至賣方。[Buxbaum, 1998]；製造商觀點而言，從顧客端收回瑕疵品或可再使用之容器的處理程序，稱之逆向物流[Rogers and Tibben-Lembke, 1998]。

在供應鏈系統中，逆向物流一般包含產品的收回、運輸及處理等作業程序 [Dennis and Chwen, 2002]。這些產品從顧客端收取後，進行逆向的運輸及處理，並包括資訊流所構成之產品追蹤與帳務處理等作業。所以完整的供應鏈系統，應包含正向物流和逆向物流二種處理程序。

美國物流管理協會[Council of Logistics Management, 1998]定義逆向物流 (Reverse Logistics) 為產源減量 (source reduction)、再生(recycling)、替代(substitution)、產品再利用(reuse)及廢棄物清理(disposal)等方法進行之物流相關活動，在物流程序中扮演物品再生、廢棄物清理及有害物質管理的角色。Stock[1998]將逆向物流(RL)定義為在物流中扮演產品退回、產源減量、再生、物品替代、再利用、再處理、維修與再製、廢棄物清理等物流活動；且認為逆向物流管理是一種系統性的商業模式，意即企業採用最佳的物流管理方式，以完成供應鏈的循環並且從中獲利。

Carter and Ellram[1998]定義逆向物流為公司透過再生、再使用及減少原物料的使用，使公司能有效的達成環境保護的過程。並認為透過配銷網路系統將所銷售的產品進行回收的過程係為逆向物流狹義的定義。

Dowlatshahi[2000]指出逆向物流在物流和供應鏈管理上是一個新的概念。並將逆向物流的構成要素分為策略要素與操作要素二種。策略要素是由策略成本、全面品質、顧客服務、相關的環境及法令等五種因素所組成；操作要素則由成本效益分析、運輸、倉儲、供應管理、再製和再生、包裝等六個因素所組成。

de Brito and Dekker(2002) 提出逆向物流需思考的三大觀點why, how, and what :

* 什麼東西要被回收：是否本身具有某些特性或理由使商品被回收。

why(1)：驅動商品回收的三大原因：經濟、立法、其他

why(2)：商品回收有三大理由分別是製造、配送與顧客

製造退回：原物料有剩餘、品質控制、產品剩餘

配送退回：產品召回、商業性回收（產品未售出）存貨調整

顧客退回：償還保證、保證回收、服務性回收（如修理）、商品使用結束、商品壽命結束

* 什麼樣型式的商品要被回收

what：回收商品的型式和特性

how：商品要用什麼方法回到製造者手中

逆物流的回收流程很長，過程當中關係到整個供應鏈的行為，這些行為包括行銷、物流、再製造、再行銷或銷毀等；研究逆物流的回收必須從流程上去解析，才能知道那些環節要上下連結達到管理的目的。

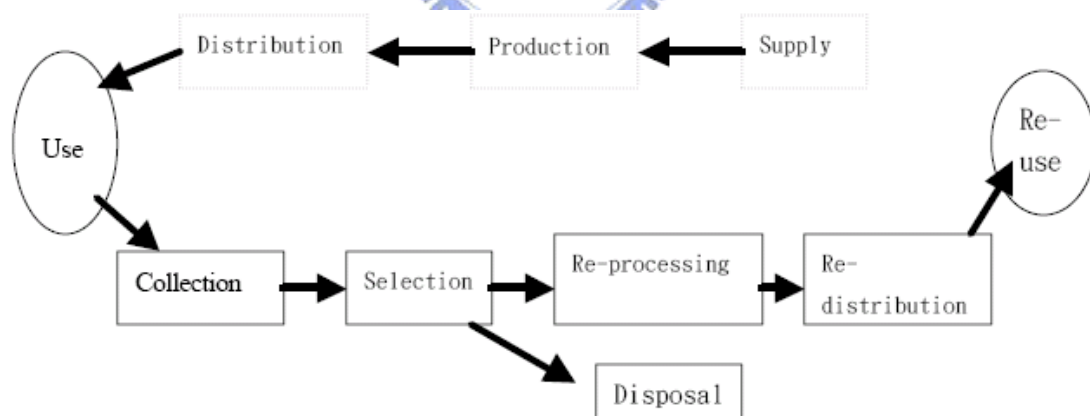


圖 2.1 逆物流機制圖

2.3.2 逆物流決策架構

經過幾年的探討，大家對於逆向物流的認知，不僅僅認為它是產業活動中的一個環節，而且這個環節深入探討下來，還包括事前的計劃，流程中的有效執行；以及為了提升效率和效益，必須考慮到的因素包括交易成本、生產存貨、門市存貨、

缺貨成本、銷售資訊、回收的價值、銷燬、和再出貨。

如果以上的各項因素用上下垂直整合的觀念來思考，我們會發現這就是一種供應鏈的關係；也就是說，要有效的控制和執行逆向物流的計劃，首先要做到供應鏈的整合，無論生產者、通路商、和零售商等，各環節都必須緊密的配合，有一致性的作業規範，以及作業過程當中的資訊反饋。

逆向物流的環境：區位的被選擇必須注意回收的設施、回收的地點、回收產品的檢查及其它作業流程、以及使用過的產品必須從使用者或特別的取回點被集回來（Fleischmann,2001），這當中所列出的每一項過程都存在著成本因素在內，因此歸納這些因素為區位、貨物分配、運輸路線、排程等。

近年來因為逆向物流在策略上的意義，使得它在最近幾年裡受到更廣泛的關注；一個好的逆向物流管理系統，能夠節省在途存貨成本、廢棄物成本、和改善客戶服務（Rogers & Tibben-Lembke, 1999）。

黃詩彥（2000年）論文中指出Kim & John 於1998 研究中發現企業在考慮將如何進行逆向物流活動時，是否應該導入公司計劃(In-house programs)亦或是委外處理(Out-sourcing)。其可藉由本身核心競爭優勢的考量下，若是逆向物流活動將可由公司本身的業務範疇支援者，可考慮導入公司計畫執行；若將對公司本身核心競爭能力的資源分配造成影響者，可採委由專業逆向物流公司來進行。

Dowlatshahi(2000)定義逆向物流為製造商有系統地從銷售點回收之前所銷售的產品及零件而來進行再生(recycling)、再製造(remanufacturing)或是廢棄處理(disposal)的過程。Dowlatshahi 在文中並提到要有效的實行逆向物流系統，有幾個因素是相當重要的：

(1) 產品再製作業和現有的製造流程必須要是相容的。因為將產品再製作業納入現有的製造過程之中是較為節省成本的方案，而且可以使得製造和產品再製製造的作業較有效率。

(2) 必須要做成本效益分析(cost-benefit analysis)。

(3) 逆向物流所需的運輸工具以及網路必須和現有的物流網路配合。

(4) 逆向物流中所使用的包裝必須是低成本、容易處理，而且對於環境的影響是較小的。

下表(表2.5)整理了不同逆物流活動的驅動因素，連帶影響其影響方式的決策，以及應用在日常生活中的實例。

表 2.5 逆物流的類別與特點

類別	周期	驅動因素	處理方式	例證
投訴退貨 運輸短少、偷盜、 質量問題、重復運 輸等	短期	市場營銷 客戶滿意服 務	確認檢查，退換 貨補貨	電子消費品如手機、 DVD 機、錄音筆等
終端退回 經完全使用後需處 理的產品	長期	經濟 市場營銷	再生產、回收再 利用	電子設備的再生產， 地毯回收再利用，輪 胎修復
		法規條例	再回收利用	白色和黑色家用電器
		資產恢復	再生產、回收再 利用、處理	電腦元件及列印硒鼓
商業退回 未使用商品退回還 款	短到 中期	市場營銷	再使用、再生 產、回收再利 用、處理	零售商積壓庫存，時 裝、化妝品
維修退回 缺陷或損壞產品	中期	市場營銷 法規條例	維修處理	有缺陷的家用電器、 零部件、手機
生產報廢和副品 生產過程的廢品和 副品	較短 期	經濟 法規條例	回收再利用、 再生產	藥品行業，鋼鐵業
包裝 包裝材料和產品載 體	短期	經濟	再使用	托盤、條板箱、器皿
		法規條例	回收再利用	包裝袋

資料來源：郝皓，2002

2.3.3 逆向物流與正向物流之比較

正向物流與逆向物流之間存在一種基礎上的不同；也就是說，逆向物流在許多情況下是一種例外驅動（Exception-driven）的過程。另外，商品的數據資料顯示進入循環修復鏈（Recovery chain）的產品多為品質較差的產品（Kokkinaki, Dekker, Nunen, & Pappis 2000）。如此說來，這樣就需要一個完全不同的觀點來發展逆向物流系統。

Blumberg（1999）的研究發現指出，逆向物流的服務必須和正向物流進行無縫的整合。無論如何，讀者應該意識到，逆向物流計劃在執行和維持方面需要企業密

集的資源。充分的時間和資源是實施逆向物流計劃不可或缺的條件(Daugherty, Myers, & Richey 2002)。

林俊穎(2003)論文中指出Jones(1998)提出的產品逆向物流流程，其認為逆向物流除了在正向物流程式進行時強調從原物料取得、產源減量、物料替代外，亦著重於產品完成其生命週期時所伴隨之再生、物料再利用、廢棄物清理以及有害物質的管理活動；正如同逆向物流程式所定義，逆向物流管理除提供系統性的管理方法外，將可達成完整供應鏈循環，而且達到獲利目標。

以逆向物流作為企業價值鏈的一環，在與正向物流相比較之下，其有四點極為明顯的差異性，如下所述(李強，2002)：

- (1) 逆向物流產生的地點、時間與數量是難以預測的，而正向物流則與其不同，數量、發貨地點與準時為基本要求；
- (2) 逆向物流產生的地點較為分散、無一定的規則，且不可能集中一次向接受點轉移；
- (3) 逆向物流發生的原因，通常與產品的品質與數量異常有關；
- (4) 逆向物流的系統與作業方式，通常比正向物流來的複雜且多樣。

逆向物流及維修服務的循環與正向物流相較之下，有幾點特性分別說明如下(Blumberg, 1999)：

- (1) 供給不確定(Uncertainty of supplies)：通常購買者不知何時要將產品回流，而且亦不知道該產品之狀況是如何。
- (2) 顧客的特點(Customer specific focus)：產品回收的數量是決定於最終的使用者，所以通常十分多變，這種程式的逆向物流服務提供者必須真的知道且瞭解這種顧客的特性。
- (3) 即時性(Timing)：需要能夠快速地提供適當的材料，使得顧客的產品能夠得到處理。
- (4) 增加價值(Improvement in value)：一般而言，逆向物流套裝程式含透過再製、修理、再銷售等，來將回流的物品價值極大化。

(5) 彈性(Flexibility)：逆向物流中的儲存設備、處理程式以及運送必須是有彈性，以致於能夠將逆向流量極大化。

(6) 多夥伴合作(Multi-party coordination)：在逆向物流中主要的困難之一是需要多夥伴的合作，因為多夥伴合作可以確保進行這項活動時的效率為最大。

逆向供應鏈上所進行的活動和正向供應鏈有部份是相同的，像是這兩種供應鏈同樣是需要有原物料的供應，同樣是需要進行生產規劃和控制，同樣是需要將生產後的產品運送到顧客的手中；但是相對地，這兩種供應鏈也有很多不一樣的地方，像是在逆向供應鏈中的原物料採購並非像正向供應鏈的訂購方式，逆向供應鏈中的原物料是要等到顧客不再使用這項產品之後，才會將產品提供出來，且在再製過程上因為回收產品的品質和時間的不確定性，將使得逆向供應鏈的生產規劃和控制相對於正向供應鏈變得更加的困難和複雜。

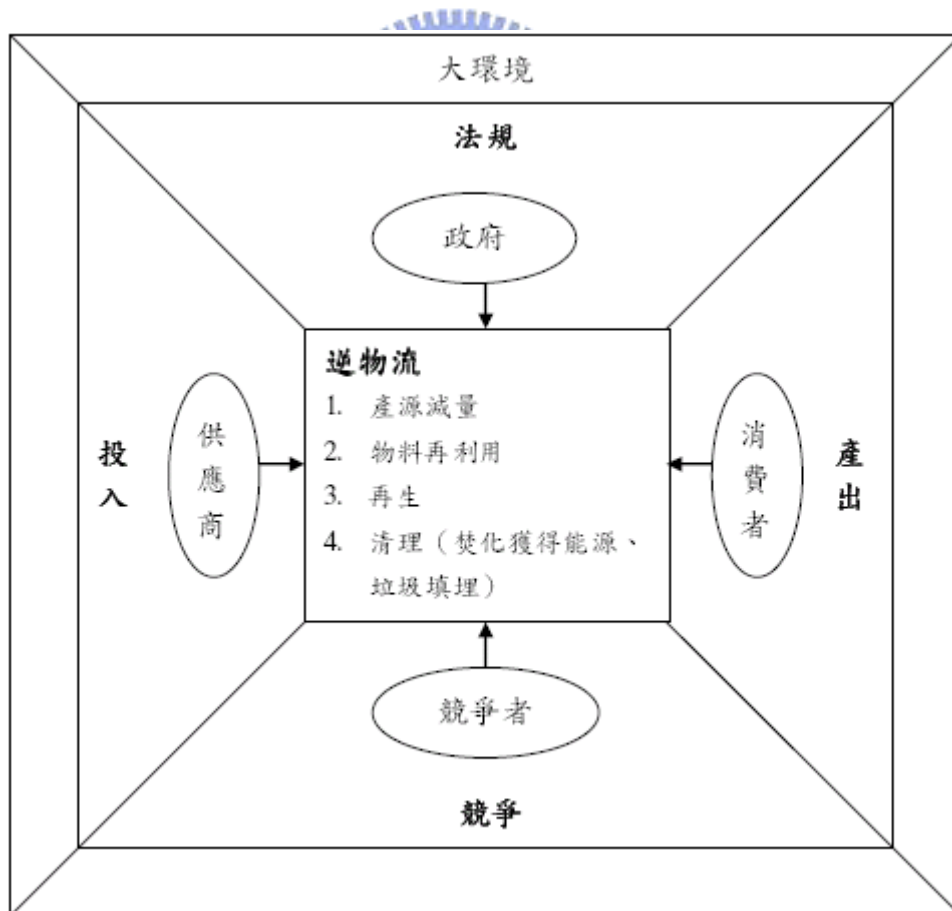


圖 2.2 影響逆物流活動之環境因素圖

而醫療廢棄物之逆物流，由於還加上了政府、民間團體、社會等大環境的因素，

其流程圖與外在的相對關係較類似上圖(圖 2.2)，醫療廢棄物為一特別的廢棄物種類，醫療廢棄物之逆物流也有許多不同於其他廢棄物物流的特性，本研究即是針對醫療廢棄物之逆物流處理，量身定做一處理模式。



第三章 方法文獻回顧

本研究利用以下方法，構建醫療廢棄物之處理模式。

3.1 風險成本量化方面

本研究之風險模式主要是依學者Erkut所提出之風險概念作延伸。該學者所提出風險值應為發生機率與發生結果之乘積。且學者Erkut將運輸風險機率計算概念設定為每公里計算可能發生風險的機率，而發生結果則以影響範圍中的人口數為標的。

其公式如下所示：

$$TR = \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) P_i C_i \tag{3.1}$$

$$C_i = POP_i * \lambda_m * \pi / 2 \tag{3.2}$$

TR ：總運輸風險值

P_j ：j區中發生風險的機率

P_i ：i區中發生風險的機率

C_i ：i區中發生風險所造成之影響值

POP_i ：i區之人口密度

λ_m ：m物質發生事故所影響之門檻範圍

n ：總路徑長度（單位：公里） $n=1,2,3,\dots,n$

由以上公式可計算出在某一條運輸路徑上的總運輸風險值，其計算概念相較於將全段路途之風險以單一機率值表示更為精準。且在風險發生造成之結果方面，式中採用人們所關心的影響人口數為標的，如此較能反映出人民所認真的風險結果。本研究之風險模式及依據公式（3.1）、（3.2）為基礎，並加入生命價值成本觀念，將風險值轉化為金錢成本。而透過將風險值量化，即可與醫療廢棄物之處理成本合併計算。

本研究之醫療廢棄物風險模式主要是依照不同作業型態做區分。可分為運輸、處理與儲藏三種。三種物流風險之模式如下所示：

3.1.1. 運輸風險成本模式：TOTRR

$$TOTRR = \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j^A) P_i^A * POP_i * 2\lambda_m * C \quad (3.3)$$

P_j^A , P_i^A : 運輸過程中每公里所發生事故之機率

POP_i : 人口密度(單位：平方公里)

λ_m : m物質發生事故所造成影響之門檻範圍(單位：公里)

C : 生命價值成本(單位：元/人)

n : 總路徑長度(單位：公里) $n=1,2,3,\dots,n$

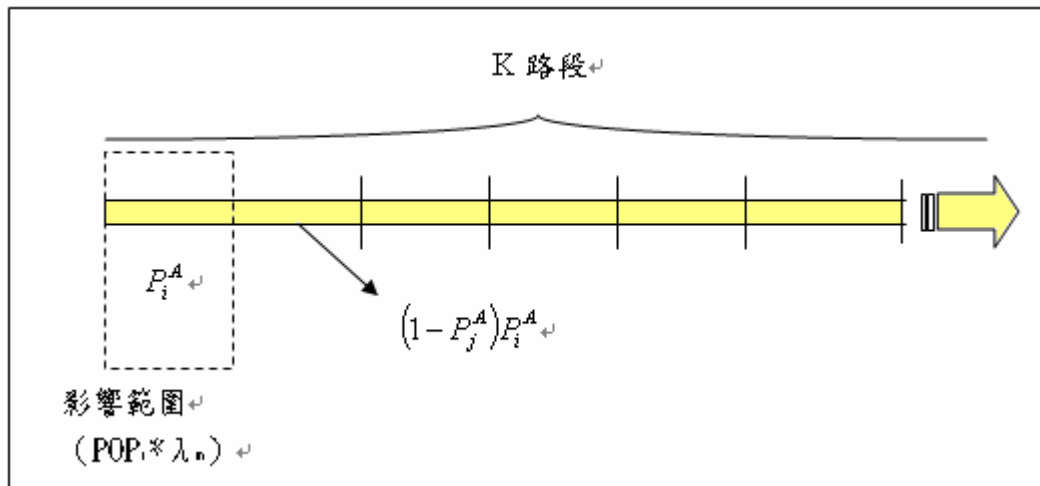


圖 3.1 運輸風險模式示意圖

由上述模式與示意圖可看出模式主要概念在於運輸風險值為每公里發生風險機率之加總，且每公里所發生的機率值不會相同。例如：在第一公里時，發生風險機率為 P_i^A ，而第二公里之發生機率為 $(1 - P_j^A) P_i^A$ 。路段上運具連續經過每公里之風險發生機率會受到前一路段之風險發生機率影響。因此每公里之風險發生機率均須經過計算再予以加總。而這些風險的影響範圍單位，配合每公里之發生機率將影響範圍設為長條狀，涵蓋在一公里中所發生之風險。

3.1.2. 處理風險成本模式：TOTPR

在作業方面來說，醫療廢棄物均在廠房中進行處理，故本研究將處理風險值定

義為機具發生故障導致感染性廢棄物外洩之風險，而該處理風險成本則視為固定成本，若處理廠商有進行醫療廢棄物的處理作業，此成本就會產生。

在處理風險模式中，由於處理過程屬於間斷情形，且每次的醫療廢棄物處理均為獨立事件。因此本研究之處理風險的事故發生機率採用單一風險值，而非連續概念的計算模式。如以下所示：

$$TOTPR = P_i^B * POP_i * \lambda_m^2 \pi * C \quad (3.4)$$

P_i^B ：處理醫療廢棄物之發生風險機率值

(3.4)式中未定義變數之定義與(3.3)式相同。

3.1.3. 儲藏風險成本模式：TOTIR

本研究的儲藏風險成本，是指感染性醫療廢棄物未經中間處理階段，於儲存期所可能發生的病菌外洩的風險。本研究設定一個儲存風險邊際成本的參數 SR ，儲存風險成本為此參數乘以每期末處理倉儲中的醫療廢棄物量。

3.2 多目標規劃方面

多目標規劃是指考量多個決策目標的數學規劃問題，而各個目標之間具有衝突關係，亦即某個目標的增加必定會伴隨其他目標的降低，反之亦然，這種關係有時又被稱為「權衡」。多目標規劃的目的，在使決策者於有限資源的限制下，處理互相衝突的目標，尋求較佳的決策方案或方案集合。

3.2.1. 基本組成：

多目標規劃的基本組成有三：

1. 一組目標函數 $Z = \{f_1, f_2, \dots, f_p\}$
2. 一組決策變數 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$

3. 一組限制條件 = $\{g_j(x) \leq b_j, j = 1, 2, \dots, m\}$

多目標模式可表為：

$$\text{Max}[f_1(X), f_2(X), \dots, f_k(X)]$$

$$\text{Min}[f_{k+1}(X), f_{k+2}(X), \dots, f_p(X)]$$

s.t.

$$g_j(X) \leq b_j, j = 1, 2, \dots, m$$

其中， X 是指 n 維決策變數向量， $f_l(X)$ 是指第 l 個目標式，其中， $l = 1 \sim k$ 為極大化目標， $l = k + 1 \sim p$ 為極小化目標，計有 p 個目標。 $g_j(X)$ 是指第 j 個限制式，計有 m 個限制式。問題的解(或解集的元素)為向量解 $Z^* = [f_1^*, f_2^*, \dots, f_p^*]$ ，顯示各個目標的值，因此又被稱為「向量最佳化(vector optimization)」問題。

多目標規劃不像單目標規劃一般，一次就可以求出最佳解。多目標規劃常需要兩階段的計算才能求出其最佳解。第一階段先找出目標間替換關係之非劣解。非劣解又稱為折衷解(compromise solution)或柏雷圖解(Pareto's solution)，若模式已求出非劣解，則無法在不損失其中一組目標值的情況下，改善其他的目標值。此時各目標已達到一個經濟學上所謂的柏雷圖最佳(Pareto optimality)境界。

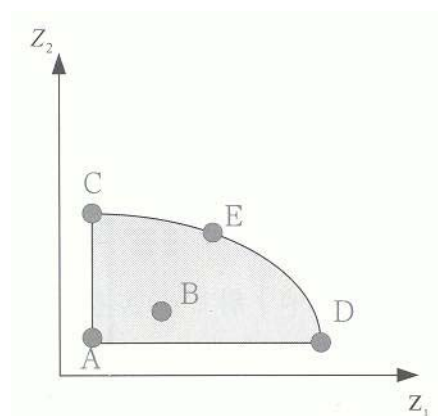


圖 3.2 非劣解目標函數空間圖

若以目標函數空間圖(圖3.2)來解釋非劣解集合， Z_1 、 Z_2 兩座標軸代表同時存在的兩個目標，對於 Z_1 ，越往 X 座標軸右方代表越佳的目標值(不管是最大化或最小

化)，對於 Z_2 ，越往Y座標軸上方代表越佳的目標值(不管是最大化或最小化)。則CD曲線為其非劣解集合。A、B兩解及其他非在CD區線上的目標可行解集合(灰色區域)，皆為劣解。若以A解為例，A解與C解在 Z_1 目標值上相同，但C解之 Z_2 目標值高於A解，同理A解與D解在 Z_2 目標值上相同，但D解在 Z_1 目標值高於A解，故A解比C解或D解差。如欲改善A解，要向東北角方向的方案移動，同理B解也會向東北角移動，直到達到CD曲線的邊界為止。超過CD邊界線則為非可行解。至於在CD邊界線上之任一解，如C、E、D皆為非劣解，因為由C到E，會產生 Z_1 增加且 Z_2 減少之現象，不同於由劣解到非劣解，兩目標值皆會改善少一改善一不變的情況。

而多目標規劃的第二階段，通常必須藉重決策者的決策偏好來進行。決策者可以在方案解產生之前、事中或事後表達其對各目標之權重偏好，由決策者的偏好產生之最佳方案解，稱為最佳妥協解，即決策者在目標替換關係中或妥協關係中，找出其認為最佳之妥協解。當然，每一個決策者可能對目標持有不同的偏好，導致不同決策者產生之最佳妥協解會不同，因此，最佳妥協者又稱為偏好解(preferred solution)。



3.2.2. 求解方法

多目標規劃的求解方法甚多，可依決策者偏好資訊加入求解過程的時間點分為四類：決策者完全不提供偏好資訊、決策者先前提提供偏好資訊、決策者在互動中逐漸提供偏好資訊、決策者事後提供偏好資訊。本研究模擬一醫療廢棄物共同處理廠商對利潤及風險權衡的評估模式，由於處於模擬的情況，對決策者的偏好做許多假設，故屬於決策者完全不提供偏好資訊的第一類。

這類型的多目標規劃，在問題認定、目標函數與限制式決定後，決策者不需提供任何主觀之偏好資訊，唯一要求即是接受規劃者提供的結果。此法之優點為其結果不受規劃者的影響，缺點則是上段提及的必須對決策者的偏好做諸多可能假設。例如： ϵ -限制法(ϵ -constraint method)、整體準則法(global criterion method)、最小誤差法(minimum deviation method)、多目標單形法(multi-objective Simplex method)等。

本研究使用的是整體準則法。整體準則法將各目標距離其最佳解的比例予以加總，而成為單目標問題。單目標問題中目標函數的意義是希望多目標的最佳解距離各目標的最佳解愈小愈好。由於各目標的單位與尺度可能不同，如某一目標的單位為「元」，另一個目標的單位為「小時」，故各目標與最佳值間的距離，必須予以標準化(如表3.1)。距離「 α 」參數表示距離之權重，即當 α 愈大時，距離差愈大，影響力愈大。以三個目標之數學規劃問題為例，先分別求解各目標之最佳解，再轉換為表4.2之單目標規劃問題，後以單目標規劃求解方法解之。所求得之解，代表：「使三目標最接近正理想解(positive ideal solution)的解」。所謂正理想解即是： $[f_1(X_1^*), f_2(X_2^*), f_3(X_3^*)]$ 。各目標解的最佳解 (X_1^*, X_2^*, X_3^*) 分別是表3.2之各單目標模式求解而得。求解得出的結果 $X_1^* \neq X_2^* \neq X_3^*$ ，否則便不是多目標規劃問題。

表 3.1 多目標規劃轉換成單目標規劃之釋例(整體準則法)

多目標規劃	單目標規劃
$MaxZ_1 = f_1(X)$ $MaxZ_2 = f_2(X)$ $MaxZ_3 = f_3(X)$ <i>s.t.</i> $g_j(X) \leq b_j, j = 1, 2, \dots, m$ $X \geq 0$	$MinF = \sum_{i=1}^3 \left[\frac{f_i(X_1^*) - f_i(X)}{f_i(X_1^*)} \right]^\alpha$ <i>s.t.</i> $g_j(X) \leq b_j, j = 1, 2, \dots, m$ $X \geq 0$

表 3.2 個別目標最大值之求解模式

目標一	目標二	目標三
$MaxZ_1 = f_1(X)$ <i>s.t.</i> $g_j(X) \leq b_j, j = 1, 2, \dots, m$ $X \geq 0$	$MaxZ_2 = f_2(X)$ <i>s.t.</i> $g_j(X) \leq b_j, j = 1, 2, \dots, m$ $X \geq 0$	$MaxZ_3 = f_3(X)$ <i>s.t.</i> $g_j(X) \leq b_j, j = 1, 2, \dots, m$ $X \geq 0$
$\rightarrow X_1^*、f_1(X_1^*)$	$\rightarrow X_2^*、f_2(X_2^*)$	$\rightarrow X_3^*、f_3(X_3^*)$

第四章 模式構建

4.1 模式之構建

本研究，考量風險與各操作成本之限制，站在一個醫療廢棄物逆物流的處理廠商的角度，建構出一套輔助的計算工具，用來考慮從事廢棄物的收集、處理、丟棄等過程中會發生的成本與風險、代理醫院處理醫療廢棄物所得收入及回收有價值廢棄物所得到的獲益。讓此醫療廢棄物的處理廠商，可使用物流的觀點，衡量每期最佳的廢棄物收集量、廢棄物處理量等，以達到同時考慮風險最小後的最大利潤。

4.1.1 研究範圍與假設

本研究為了討論焦點之明確，參考國內法規、污染現況和輔導方案後，以專業廢棄物之處理廠商為營運主體，為決定清運過程之決策單位，設立若干假設。以期構建之醫療廢棄物清理業的營運管理體系模式能確實反映現實、方便分析，研究過程之情境假設，有以下幾點：

1. 參考國內法規及管制、管理措施，主要是以適合本國現況為主。
2. 由於全台灣大型醫院加上小型診所之數量太多，故研究對象選定為重點研究台北市的醫療機構。
3. 一般醫療行為所產生的廢棄物，可分為「一般性廢棄物」、「感染性廢棄物」、「毒性廢棄物」和「放射性廢棄物」，本研究僅討論感染性廢棄物此主要大宗的醫事產物，以逆物流為主要研究論點，分析探討分類、收集、處理之問題及其作業程序。
4. 醫療廢棄物焚化技術的專業領域，不在本研究探討之列。
5. 公司的設置程序及社會的抗爭問題不在本研究解決範圍內。
6. 單一車種配送所有物品。

4.1.2 概念性架構

本研究的整個收集、處理、清運的過程可用以下概念性的流程圖(圖4.1)表示：

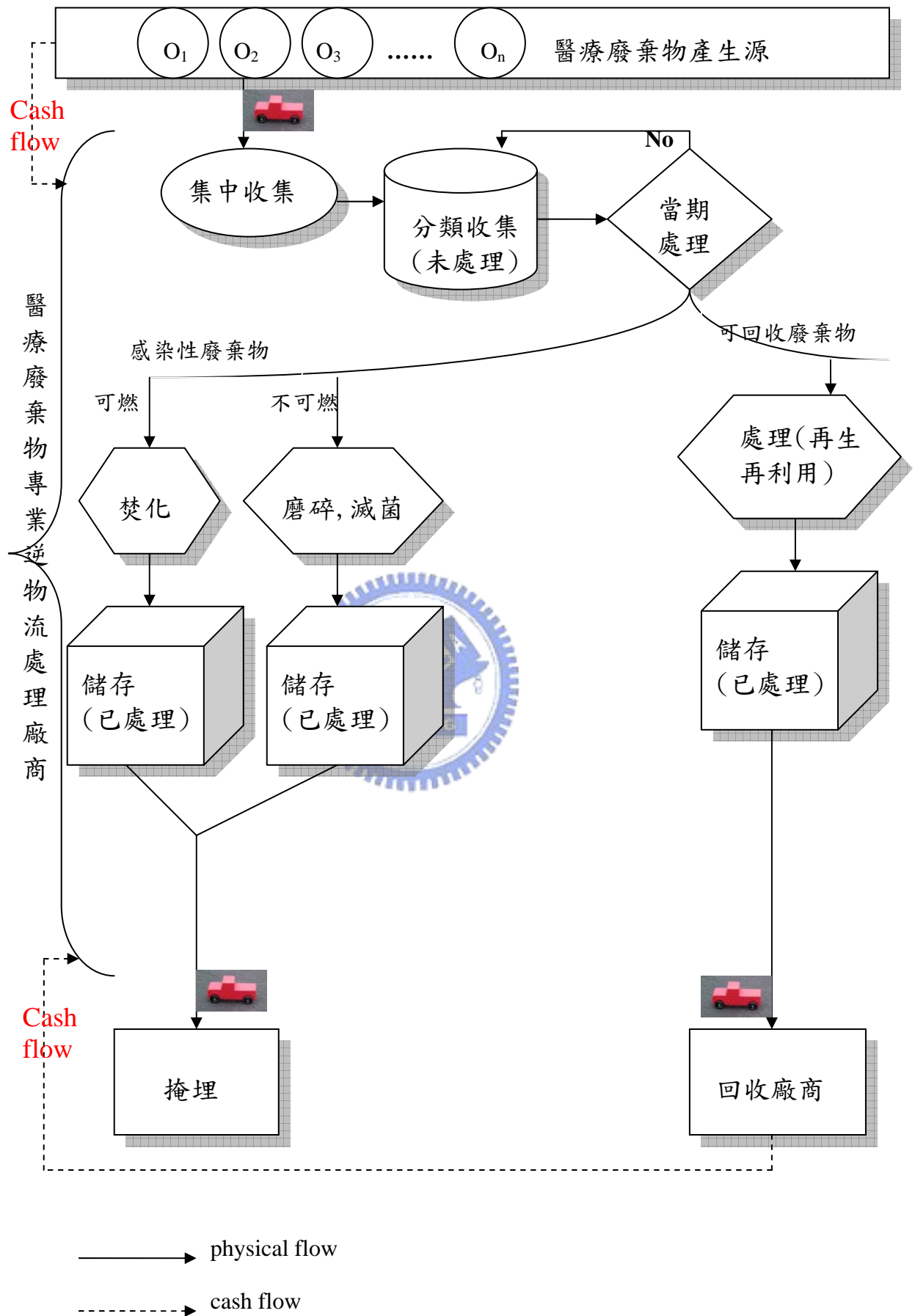


圖 4.1 醫療廢棄物處理概念圖

醫療廢棄物處理廠商先派車開往與其受委託簽約的處理醫療廢棄物產生源(如醫院、診所)，收集當期產生的醫療廢棄物，運回處理場後，先將收集來的廢棄物依其性質分類貯藏。本研究中分為三大類：感染性可燃廢棄物、感染性不可燃廢棄物、可回收廢棄物。收集來的廢棄物，一部份會送去當期處理，剩下的部份就先儲藏在低溫的冷凍貨櫃裡，等待下期處理。

不同種類的廢棄物有不同的處理方式。感染性可燃廢棄物首先會經過焚燒，焚化後通常會餘下原體積10%的灰渣，此燃燒剩餘已大量減少其體積並降低其感染毒性，暫時儲存於處理場的封閉容器中。感染性不可燃廢棄物由於不能以燃燒方式解決，其處理方式會透過磨碎、微波熱滅菌等手段消滅病菌，約會剩下20%的處理剩餘，一樣是併入倉儲，等待適當時機累積相當數量與感染性可燃廢棄物之剩餘一起送至掩埋地點。可回收廢棄物運送至場內後，也會經過一些較簡單的清洗處理、在生利用等手續，一樣也是累積相當數量後運送給回收廠商，並從回收廠商得到以重量計的收益。

本研究即以上述的流程構建模式，模式之參數如表4.1、4.2所示：

4.1.3 參數定義

(1) 本研究參數定義

表 4.1 本研究參數定義

參數定義	
I	$\{1,2,3,\dots,i\}$ 所有醫療廢棄物種類之集合
K	$\{1,2,3,\dots,k\}$ 處理週期的集合
λ_f	感染性可燃廢棄物 f 發生事故影響之門檻範圍 (公里)
λ_h	感染性不可燃廢棄物 h 發生事故影響之門檻範圍 (公里)
λ_m	收集醫療廢棄物過程中廢棄物發生事故影響之門檻範圍 (公里)
CAR	貨車之最大裝載量 (噸/車)
$Dist_f^b$	感染性可燃廢棄物在送去焚化過程中的運輸距離 (公里)
$Dist^c$	醫療廢棄物在進行蒐集活動 c 時所產生的總運輸距離 (公里)
$Dist_i^{df}$	感染性可燃廢棄物最後處理過程中的運輸距離 (公里)
$Dist_i^{dh}$	感染性不可燃廢棄物最後處理過程中的運輸距離 (公里)
$Dist_i^r$	第 i 種廢棄物在進行回收再利用活動 r 之總運輸距離 (公里)
ent	醫院委託廠商清運廢棄物之單位委託金 (元/噸)
FDC_i^{df}	第 i 種感染性可燃廢棄物 f 在進行最終處置活動 d 之處置成本 (元/噸)
FDC_i^{dh}	第 i 種感染性不可燃廢棄物 h 在進行最終處置活動 d 之處置成本 (元/噸)
$FDUC_i^{df}$	第 i 種感染性可燃廢棄物 f 在進行最終處置活動 d 之單位處置成本 (元/噸)
$FDUC_i^{dh}$	第 i 種感染性不可燃廢棄物 h 在進行最終處置活動 d 之單位處置成本 (元/噸)
HC_i^f	第 i 種感染性可燃廢棄物 f 之處理成本
HC_i^h	第 i 種感染性不可燃廢棄物 h 之處理成本
HC_i^x	第 i 種可回收廢棄物 x 之處理成本
IR_i^{upf}	未處理過 up 之 i 種感染性可燃 f 廢棄物之儲存成本
IR_i^{uph}	未處理過 up 之 i 種感染性不可燃 h 廢棄物之儲存成本
IC_i^{upf}	第 i 種未處理感染性可燃廢棄物 f 之總儲存成本
IC_i^{uph}	第 i 種未處理感染性不可燃廢棄物 h 之總儲存成本
IC_i^{upx}	第 i 種未處理可回收廢棄物 x 之總儲存成本

IC_i^{pf}	第 i 種已處理感染性可燃廢棄物 f 之總儲存成本
IC_i^{ph}	第 i 種已處理感染性不可燃廢棄物 h 之總儲存成本
IC_i^{px}	第 i 種已處理可回收廢棄物 x 之總儲存成本
P_y	y 區中發生風險的機率
P_z	z 區中發生風險的機率
P_u	最後處理之 u 區中發生風險的機率
P_v	最後處理之 v 區中發生風險的機率
P_k^{Bf}	處理感染性可燃廢棄物 f 過程中發生風險之機率值
P_k^{Bh}	處理感染性不可燃廢棄物 h 過程中發生風險之機率值
POP_y	y 區之人口密度
POP_k	進行處理感染性廢棄物周圍之人口密度
Q	生命價值成本 (元/人)
Q_y	y 區若發生風險將造成之影響值
RV_i^r	回收第 i 項廢棄物所得利潤
SR_i^f	第 i 種感染性可燃廢棄物 f 之儲存風險邊際成本
SR_i^h	第 i 種感染性不可燃廢棄物 h 之儲存風險邊際成本
TRR	總運輸風險成本
PR	總處理風險成本
IR	總儲藏風險成本
$TOTTRC$	總運輸成本
$TOTHC$	總處理成本
$TOTIC$	總儲存成本
$TOTFDC$	總最終處理成本
$TOTRV$	總收益
T_i^{cap}	第 i 種廢棄物之最大處理容量 (噸)
TR^b	感染性可燃廢棄物送去焚化過程中的運輸風險成本
TR^c	收集醫療廢棄物過程中的運輸風險成本
TRC_i^c	第 i 種廢棄物從醫療廢棄物產生源收集過程 c 之運輸成本
TRC_i^r	第 i 種廢棄物在進行回收再利用活動 r 之運輸成本
TRC_i^{df}	第 i 種廢棄物在進行最後棄置活動 df 之運輸成本
TRC_i^{dh}	第 i 種感染性可燃廢棄物在處理過程中 d 之運輸成本
$TRUC_i^c$	第 i 種廢棄物從醫療廢棄物產生源收集過程 c 之單位運輸成本 (噸/公里)

$TRUC_i^r$	第 i 種廢棄物在進行回收再利用活動 r 之單位運輸成本 (噸/公里)
$TRUC_i^{df}$	第 i 種感染性可燃廢棄物在處理過程中 d 之單位運輸成本 (噸/公里)
$TRUC_i^{dh}$	第 i 種感染性不可燃廢棄物在處理過程中 d 之單位運輸成本 (噸/公里)
UB_i^r	第 i 種可回收廢棄物進行回收再利用活動 r 之單位回收利潤 (元/噸)
UHC_i^f	第 i 種感染性可燃廢棄物 f 之單位處理成本 (元/噸)
UHC_i^h	第 i 種感染性不可燃廢棄物 h 之單位處理成本 (元/噸)
UHC_i^x	第 i 種可回收廢棄物 x 之單位處理成本 (元/噸)
UIC_i^{upf}	第 i 種未處理感染性可燃廢棄物 f 之單位儲存成本 (元/噸)
UIC_i^{uph}	第 i 種未處理感染性不可燃廢棄物 h 之單位儲存成本 (元/噸)
UIC_i^{upx}	第 i 種未處理可回收廢棄物 x 之單位儲存成本 (元/噸)
UIC_i^{pf}	第 i 種已處理感染性可燃廢棄物 f 之單位儲存成本 (元/噸)
UIC_i^{ph}	第 i 種已處理感染性不可燃廢棄物 h 之單位儲存成本 (元/噸)
UIC_i^{px}	第 i 種已處理可回收廢棄物 x 之單位儲存成本 (元/噸)
w_1	加在(總淨收益—總風險成本)上的權重
w_2	加在總風險成本上的權重
W_i^d	第 i 種廢棄物在處理後需最後處置 d 之 (輸入 input/輸出 output) 技術比率 (元/噸)
W_i^r	第 i 種廢棄物在經過初步處理後之 (輸入 input/輸出 output) 技術比率 (元/噸)

(2) 決策變數

表 4.2 決策變數

決策變數	
$C_i(k)$	第 k 期蒐集之第 i 種廢棄物之數量 (噸)
$T_i(k)$	第 k 期中第 i 種廢棄物之處理量 (噸)
$X_i(k)$	第 k 期廢棄物種類 i 由逆物流中心配送至回收需求市場之配送量 (噸)
$S_i^{up}(k)$	第 k 期末處理廢棄物種類 i 之庫存量 (噸)
$S_i^p(k)$	第 k 期已處理廢棄物種類 i 之庫存量 (噸)

4.1.4 模式目標

依照以上概念性架構以及參數的定義，可以建構本研究之模式。其目標式及演算步驟如下：

首先，分別以Lingo軟體求算最大化(總利潤減總風險成本)之目標式如下：

$$Max (TG - TR)$$

用 Lingo 進行演算上述目標式，下兩節分別敘述兩個子目標 TG、TR 之意義與組成。

(1.) 子目標一：總淨收益

在整個醫療廢棄物處理過程中負的醫療廢棄物一開始的收集運輸成本、後續過程中的運輸成本、未處理廢棄物與已處理廢棄物之儲存成本、廢棄物之處理成本與最終處理成本，以上若干項加總後，再用總收益扣掉上述四項的總和，即為總淨收益。

$$\text{數學式} = \text{總收益} - (\text{總運輸成本} + \text{總處理成本} + \text{總儲存成本} + \text{總最終處理成本})$$
$$TG = TOTRV - \{TOTRC + TOTHC + TOTIC + TOTFDC\}$$

總淨收益之示意圖如下：

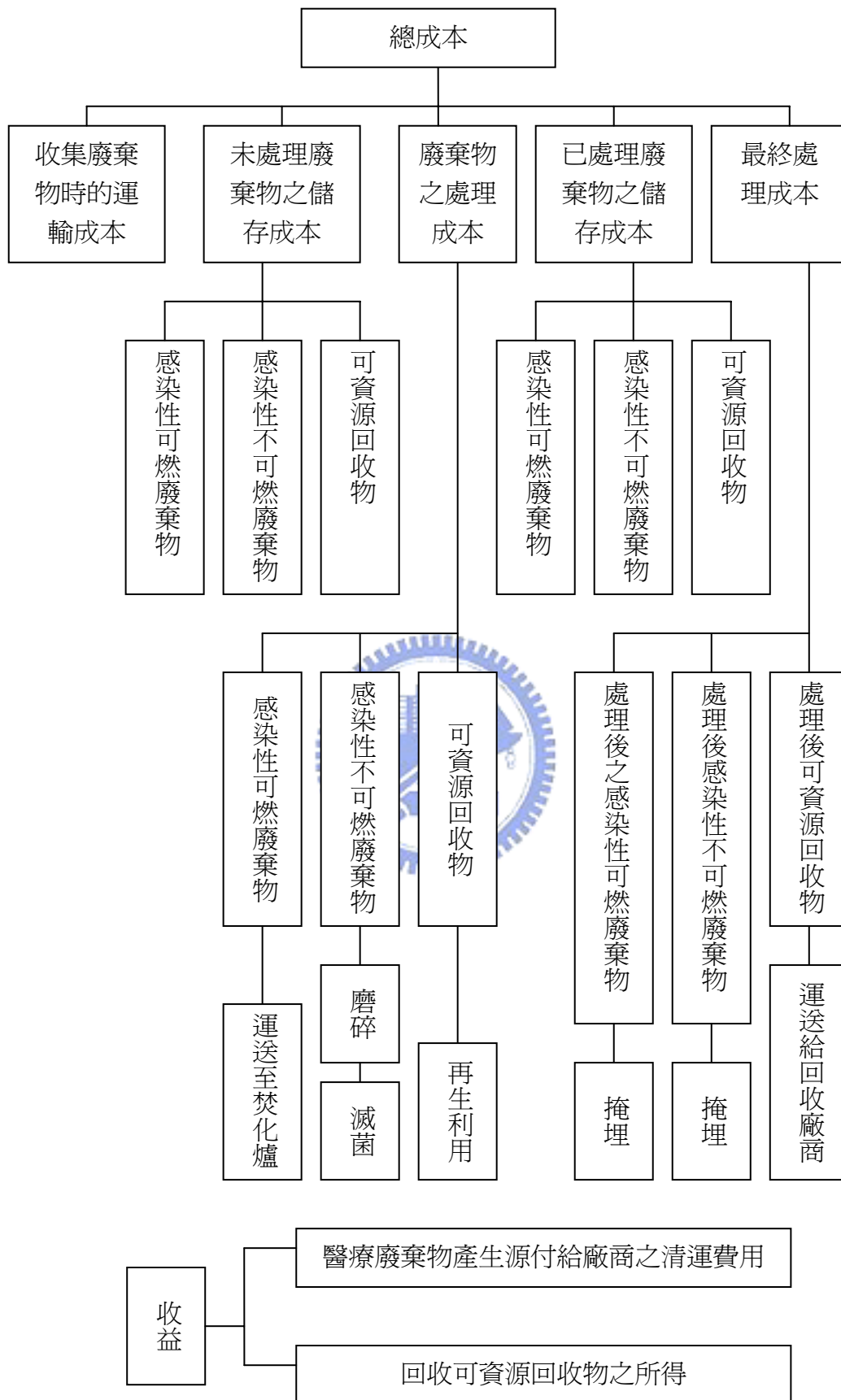


圖 4.2 總成本與總收益之個別概念圖

◇ 總收益：TOTRV

醫療廢棄物產生源依廢棄物之秤重給予醫廢處理機構清運費用；每期經逆物流中心廠商處理過之可再回收利用物料，可賣給專門的機構而產生經濟利潤。

總收益 = 清運費用 + 回收利潤

$$= (\text{廢棄物總重量} \times \text{費率}) + (\text{回收品配送量} \times \text{單位售價})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} RV_i^r = X_i * UB_i^r \\ RV^{ent} = C_i * ent \end{array} \right. \quad (4.1)$$

$$RV^{ent} = C_i * ent \quad (4.2)$$

$$TOTRV = \sum_{i=1}^I RV_i^r + \sum_{i=1}^I RV^{ent} \quad (4.3)$$

◇ 總運輸成本：TOTTRC

包含從醫療廢棄物產生源收集廢棄物時的運輸成本、在處理過程中將感染性可燃廢棄物送去焚燒過程中的運輸成本、感染性不可燃廢棄物處理過程中的運輸成本與可資源回收物最後送至回收過程中的運輸成本。

• 從醫療廢棄物產生源收集廢棄物時的運輸成本

$$TRC_i^c = C_i(k) * TRUC_i^c * Dist_i^c \quad (4.4)$$

• 感染性可燃廢棄物在處理過程中的運輸成本

$$TRC_i^{df} = [T_i(k) * W_i^d] * (TRUC_i^{df} * Dist_i^d) \quad (4.5)$$

• 感染性不可燃廢棄物在處理過程中的運輸成本

$$TRC_i^{dh} = [T_i(k) * W_i^d] * (TRUC_i^{dh} * Dist_i^d) \quad (4.6)$$

• 可資源回收物送至回收過程中的運輸成本

$$TRC_i^r = X_i(k) * TRUC_i^r * Dist_i^r \quad (4.7)$$

$$TOTTRC = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I (TRC_i^c + TRC_i^{df} + TRC_i^{dh} + TRC_i^r) \quad (4.8)$$

◇ 總處理成本：TOTHC

感染性醫療廢棄物需經過中間處理手續，降低對環境、人類之有害性之後再做最後處置。分為感染性可燃廢棄物、感染性不可燃廢棄物、可資源回收物等三類來做處理。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{感染性可燃廢棄物之處理成本} \\ \text{感染性不可燃廢棄物之處理成本} \\ \text{可資源回收物之處理成本} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} HC_i^f = T_i(k) * UHC_i^f \\ HC_i^h = T_i(k) * UHC_i^h \\ HC_i^x = T_i(k) * UHC_i^x \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (4.9) \\ (4.10) \\ (4.11) \end{array}$$

$$TOTHC = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I [HC_i^f + HC_i^h + HC_i^x] \quad (4.12)$$

◇ 總儲存成本：TOTIC

分為未處理醫療廢棄物之儲存成本與已處理醫療廢棄物之儲存成本

• 未處理醫療廢棄物之儲存成本：UPIC

$$UPIC = IC_i^{upf} + IC_i^{uph} + IC_i^{upx} \quad (4.13)$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{未處理感染性可燃廢棄物之儲存成本} \\ \text{未處理感染性不可燃廢棄物之儲存成本} \\ \text{未處理可資源回收物之儲存成本} \end{array} \right.$

$$\left\{ \begin{array}{l} IC_i^{upf} = UIC_i^{upf} * \left\{ S_i^{up}(0) + \sum_{k=1}^K [C_i(k) - T_i(k)] \right\} \\ IC_i^{uph} = UIC_i^{uph} * \left\{ S_i^{up}(0) + \sum_{k=1}^K [C_i(k) - T_i(k)] \right\} \\ IC_i^{upx} = UIC_i^{upx} * \left\{ S_i^{up}(0) + \sum_{k=1}^K [C_i(k) - T_i(k)] \right\} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (4.14) \\ (4.15) \\ (4.16) \end{array}$$

• 已處理醫療廢棄物之儲存成本：PIC

$$PIC = IC_i^{pf} + IC_i^{ph} + IC_i^{px} \quad (4.17)$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{已處理感染性可燃廢棄物之儲存成本} \\ \text{已處理感染性不可燃廢棄物之儲存成本} \\ \text{已處理可資源回收物之儲存成本} \end{array} \right.$

$$\left\{ \begin{array}{l} IC_i^{pf} = UIC_i^{pf} * \left\{ \sum_{k=0}^{k-1} S_i^p(0) + \sum_{k=1}^K [T_i(k) * W_i^r] \right\} \end{array} \right\} \quad (4.18)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} IC_i^{ph} = UIC_i^{ph} * \left\{ \sum_{k=0}^{k-1} S_i^p(0) + \sum_{k=1}^K [T_i(k) * W_i^r] \right\} \end{array} \right\} \quad (4.19)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} IC_i^{px} = UIC_i^{px} * \left\{ \sum_{k=0}^{k-1} S_i^p(0) + \sum_{k=1}^K [T_i(k) * W_i^r - X_i(k)] \right\} \end{array} \right\} \quad (4.20)$$

$$TOTIC = \sum_{i=1}^I (UPIC + PIC) \quad (4.21)$$

◇ 總最終處理成本：TOTFDC

逆物流過程中經中間處理後，感染性可燃廢棄物焚燒後之最終處理為掩埋；感染性不可燃廢棄物經過滅菌與磨碎之後最終也必須送交掩埋。

$\left\{ \begin{array}{l} \text{處理過之感染性可燃廢棄物之最終處理成本} \\ \text{處理過之感染性不可燃廢棄物之最終處理成本} \end{array} \right\}$

$$\left\{ \begin{array}{l} FDC_i^{df} = [T_i(k) * W_i^d] * FDUC_i^{df} \end{array} \right\} \quad (4.22)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} FDC_i^{dh} = [T_i(k) * W_i^d] * FDUC_i^{dh} \end{array} \right\} \quad (4.23)$$

$$TOTFDC = \sum_{k=1}^K \sum_{i=i+1}^I (FDC_i^{df} + FDC_i^{dh}) \quad (4.24)$$

(2.) 子目標二：總風險成本

總風險成本的項目包含醫療廢棄物在處理過程中所有可能面對的風險。醫療廢棄物一開始的收集運輸過程中產生的運輸風險成本、處理廢棄物過程中的處理風險成本以及處理廢棄物過程中的倉儲風險成本。

數學式＝運輸過程中的風險成本＋處理過程中的處理風險成本＋處理過程中的倉儲風險成本

$$TR = TOTRR + TOTPR + TOTIR$$

總風險成本之示意圖如下：



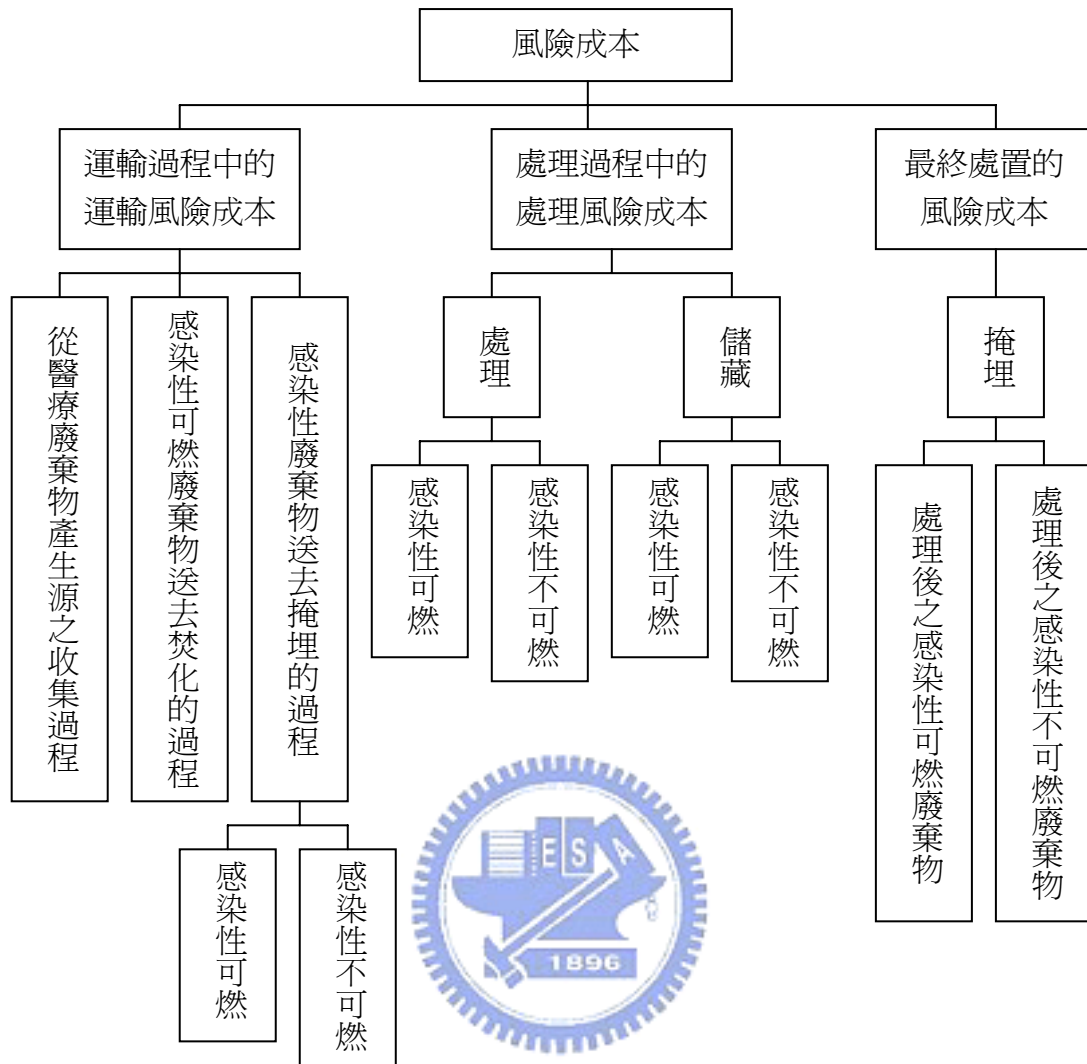


圖 4.3 總風險成本圖

◇ 運輸過程中的運輸風險成本：TOTTR

• 收集過程中的運輸風險成本：SUBTR^c

$$SUBTR^c = \sum_{y=1}^{Dist^c} \prod_{z=1}^{y-1} (1 - P_z^A) P_y^A * POP_y * 2\lambda_m * Q_y * \left(\frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I C_i(k)}{CAR} \right) \quad (4.25)$$

• 感染性可燃廢棄物送去燃燒的運輸過程中之風險成本：SUBTR^b

$$SUBTR^b = \sum_{y=1}^{Dist^b} \prod_{z=1}^{y-1} [(1 - P_z) P_y * POP_y * 2\lambda_m * Q_y] * \left(\frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I C_i^f(k)}{CAR} \right) \quad (4.26)$$

• 感染性可燃與不可燃廢棄物送去掩埋之運輸過程之風險成本：SUBTR^{df}

$$SUBTR_i^{df} = \sum_{u=1}^{Dist_i^{df}} \prod_{z=1}^{y-1} [(1-P_v)P_u * POP_u * 2\lambda_m * Q_u] * \left(\frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I T_i(k) * W_i^d}{CAR} \right) \quad (4.27)$$

$$TOTTR = SUBTR^c + SUBTR^b + SUBTR_i^{df} \quad (4.28)$$

◇ 處理廢棄物過程中的處理風險成本：TOTPR

逆物流中心裡的處理風險是指在操作廠房內機具時，人為疏失或機器故障造成感
染物外洩的風險。

{ 感染性可燃廢棄物的處理風險成本
感染性不可燃廢棄物的處理風險成本

$$\left\{ \begin{array}{l} PR^f = P_k^{Bf} * POP_k * \lambda_f^2 * \pi * Q * \frac{\sum_{k=1}^K T_f(k)}{T_f^{cap}} \\ PR^h = P_k^{Bh} * POP_k * \lambda_h^2 * \pi * Q * \frac{\sum_{k=1}^K T_h(k)}{T_h^{cap}} \end{array} \right. \quad (4.29)$$

$$TOTPR = PR^f + PR^h \quad (4.31)$$

◇ 處理廢棄物過程中的倉儲風險成本：TOTIR

逆物流中心裡的倉儲風險指的是有害廢棄物未經過中間處理階段於儲存所發生
的風險。

{ 感染性可燃廢棄物的倉儲風險成本
感染性不可燃廢棄物的倉儲風險成本

$$\left\{ \begin{array}{l} IR_i^{upf} = SR_i^f * \left\{ S_i^{up}(0) + \sum_{k=1}^K [C_i(k) - T_i(k)] \right\} \\ IR_i^{uph} = SR_i^h * \left\{ S_i^{up}(0) + \sum_{k=1}^K [C_i(k) - T_i(k)] \right\} \end{array} \right. \quad (4.32)$$

$$TOTIR = \sum_{i=1}^I [IR_i^{upf} + IR_i^{uph}] \quad (4.34)$$

4.1.5 模式限制式

◇ 非負限制式

所有決策變數皆大於或等於零。廢棄物在任何時期的量都不會小於零，都是正的量。

◇ 考慮營運基本要求的收集量限制

要有廢棄物才能發出車輛去回收，廢棄物之收集量至少需要滿足逆物流處理廠去回收一趟下來的最低經濟門檻。

$$C_i(k) \geq \max\{M_{com}^c, 0\} \quad \forall i, k \quad (4.35)$$

◇ 收集量有最大處理量之限制

廢棄物的收集量有其最大的限制，若超過該廢棄物之最大處理量則廠商將不能負荷。

$$C_i(k) \leq T_i^{cap} \quad (4.36)$$

◇ 廢棄物收集量與其實際需要被收集量之關係

當期的收集量無論如何必定小於當期該考量區域所實際產生的廢棄物量。

$$C_i(k) \leq O_i(k) \quad (4.37)$$

◇ 環保法規與營運基本要求對處理量之考量

基於廢棄物太多，在處理過程中可能會發生不完全焚燒，若不完全燃燒可能會造成有毒氣體的產生，基於環保因素，政府制定環保法規對廢棄物的處理有數量上的門檻；而廠商在能打平其基本營運的考量上也對廢棄物處理量有一規模經濟的限制。

$$T_i(k) \geq \max\{M_{gov}^T, M_{com}^T, 0\} \quad \forall i, k \quad (4.38)$$

◇ 處理量與作業產能之關係

逆物流中心基於機具設備之負荷、操作人員之多寡、不同階段配合的專業技術要求等等的現實條件，對廢棄物之處理有其負荷之上限。

$$T_i(k) \leq T_i^{cap} \quad \forall i, k \quad (4.39)$$

◇ 未處理廢棄物基於風險考量之倉儲限制

廢棄物之逆物流中心內，由於風險的考量，在每個時期內，未處理廢棄物之暫存量必須小於其針對各類廢棄物所限定之最大倉儲容量。

$$S_i^{up}(k-1) + [C_i(k) - T_i(k)] \leq \text{Min}\{S_{safe}^{up}, S^{up}\} \quad \forall i, k \quad (4.40)$$

◇ 已處理廢棄物之倉儲限制

廢棄物之逆物流中心內，由於風險的考量，在每個時期內，已處理過之廢棄物其總和暫存量必須小於針對各類廢棄物所限定之最大倉儲容量。

$$S_i^p(k-1) + [T_i(k) * W_i^r - X_i(k)] \leq S^p \quad \forall i, k \quad (4.41)$$

◇ 未處理廢棄物每期庫存總和 = 當期庫存 + 當期收集量 - 當期處理量

此限制式代表處理廠中，收集來廢棄物以及當期處理量、當期儲存量等三者為平衡之限制式。換句話說，在概念圖上，處理廠在處理與儲存加總起來的環節，流入與流出的量成守恆的狀態。

$$S_i^{up}(k) = S_i^{up}(k-1) + C_i(k) - T_i(k) \quad \forall i, k \quad (4.42)$$

◇ 已處理廢棄物每期庫存總和 = 當期庫存 + 當期處理量 - 當期配送量

此限制式代表處理廠中，處理過之廢棄物以及當期配送量、當期儲存量等三者為平衡之限制式。換句話說，在概念圖上，處理廠在處理過後與配送加總起來的環節，流入與流出的量成守恆的狀態。

$$S_i^p(k) = S_i^p(k-1) + T_i(k) * W_i^r - X_i(k) \quad \forall i, k \quad (4.43)$$

◇ 權重總和等於一

針對 $TG - TR$ 與 TR 標準化後，合併為單目標最小化式子的權重。兩權重加起來必須等於一。

$$w_1 + w_2 = 1 \quad (4.44)$$

第五章、實例應用：

以台北縣之醫療廢棄物進行聯合處理為例

本章以台北縣為探討範圍，建立數學模式。

5.1 實例資料分析

本研究資料是以行政院環保署及行政院主計處所公佈的醫療廢棄物資料為基礎，並引用國外所公佈之醫療廢棄物、事業廢棄物文獻數據，作為模式參數資料之參考。本節中將就這些資料的來源及推得過程作一介紹。

5.2 模式設定與導入

5.2.1 醫療廢棄物數量資料

醫療廢棄物之數量資料參考行政院主計處發布之統計公報，打算挑選出三大項最具代表性之醫療廢棄物分類：感染性可燃廢棄物、感染性不可燃廢棄物、以及可回收物，來進行醫療廢棄物逆物流聯合處理之規劃作業。根據公報之資料，91年度台北縣每日平均的總感染性可燃廢棄物量為2.06785公噸/日、總感染性不可燃廢棄物1.03392公噸/日、總可回收廢棄物0.0122公噸/日。以日為規劃期基數，以一週七期為本研究之研究期數，並假設每期呈poission獨立分佈情況下，所推估出各類廢棄物的各期產量(需求處理量)如表5.1。

表 5.1 台北縣醫療廢棄物每期產生量(單位：公斤/期)

廢棄物 \ 期需求	1	2	3	4	5	6	7
感染性可燃廢棄物	2024	2081	2025	2006	2008	2171	2018
感染性不可燃廢棄物	1124	1085	1060	986	993	1100	989
可回收廢棄物	20	18	21	19	18	19	18

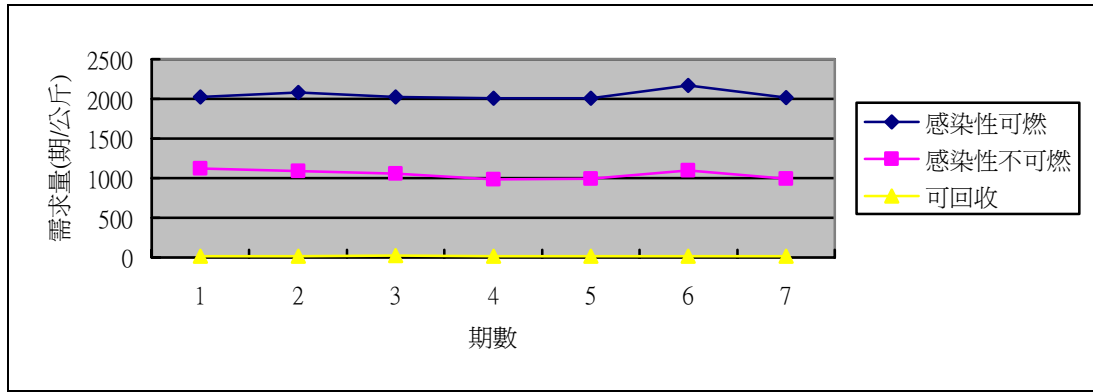


圖 5.1 台北縣醫療廢棄物每期產量趨勢圖

5.2.2 目標函數及限制條件資料

有了最基本的醫療廢棄物量之後，考慮數學模式中所需的數據資料，參考各相關文獻回顧，以及現階段台灣醫療廢棄物處理業界的真實數據，茲將各數據之來源說明如下：

(1) 運輸距離 *Dist*

利用電子地圖找出感染性可燃廢棄物在焚化過程中的運輸距離、醫療廢棄物在進行蒐集活動時的總運輸距離、感染性可燃廢棄物最後處理過程中的運輸距離、感染性不可燃廢棄物最後處理過程中的運輸距離，以及廢棄物在進行回收過程中的運輸距離。

(2) 貨車之最大裝載量(噸/車) *CAR*

經由相關新聞資料，以及參考環瑋廢棄物處理公司之網站 www.how-well.com.tw 之貨車規格，得知使用的冷凍貨櫃車之裝載量約為15~25公噸不等。

(3) 單位委託金(元/噸) *ent*

民國八十九年一月，高雄市南區資源回收廠正式營運，各項機電設備及焚燒過程全功能測試完成，高雄市環保局指出，該廠焚化爐戴奧辛檢測數據低於美國國家標準南區廠是目前高雄唯一可代處理一般事業廢棄物焚化廠，每噸廢棄物收費五百八十元，而政府鑑於低廉的委託金可能傾向使一些企業主認為太貴，所以寧願委由不法清運單位，低價清運事業廢棄物，空地相當多位置又隱密的高坪特定區預期將淪為非法棄置場，遂擬立法規定單位委託金近期內將調漲為每噸一千七百元。故使用此數據(1700元/噸)為本研究模式所用。

(4) 棄置及最終處理成本(元/噸) *FDUC*

參考Michael J. Ellenbecker等對減少醫療廢棄物處理及棄置成本之研究，可歸納得知每單位感染性廢棄物之最終單位處置成本為每公噸0.79美元，本研究以台

幣對美元32:1的匯率經過換算，假設每單位感染性之最終單位處理成本為每噸25.28元；每單位可回收廢棄物進行最終處理的成本則為每公噸0.12美元，經過換算假設為每噸38.4元。

(5) 風險值與門檻範圍 P 、 λ

由於台灣地區也曾發生醫療廢棄物隨便棄置，導致戴奧辛流入土壤水源之案件，又因戴奧辛是醫療廢棄物中最明顯、也最為人熟知的一種毒素，故選其來作主要研究對象。參考Kirsten Lohman等對戴奧辛在空氣中散佈傳播可造成傷害的研究(表5.1)，選取其中緯度與地形與台灣地區最相似的鳳凰城做參考，另外並參考其研究中醫療廢棄物中所含戴奧辛的比率(表5.2)、在城市與鄉間不同的戴奧辛散佈值(表5.3)，以

$$(\text{醫療廢棄物中戴奧辛含量比例}) \times (\text{戴奧辛散溢比例}) = \text{發生風險機率}$$

之式子，並經過單位換算 ($1\text{ng} = 10^{-9}\text{g}$)，來求得 y 區中發生風險的機率、 z 區中發生風險的機率、最後處理之 u 區中發生風險的機率以及最後處理之 v 區中發生風險的機率，計算式如下：

$$P_y = \frac{(756.5 + 893.5)_{\text{ng}}}{1\text{kg}} * 0.85 = 1.4025 * 10^{-9} \quad (5.1)$$

$$P_z = \frac{(756.5 + 893.5)_{\text{ng}}}{1\text{kg}} * 0.60 = 9.9 * 10^{-10} \quad (5.2)$$

$$P_u = \frac{(93.3 + 110.2)_{\text{ng}}}{1\text{kg}} * 0.82 = 1.6687 * 10^{-10} \quad (5.3)$$

$$P_v = \frac{(93.3 + 110.2)_{\text{ng}}}{1\text{kg}} * 0.43 = 8.7505 * 10^{-11} \quad (5.4)$$

同時發生風險之門檻範圍也因參考Lohman之研究一併決定為100km。

表 5.2 不同物質中所含之戴奧辛成分在 100 公里範圍之外空氣中之散佈比率

戴奧辛 來源	散佈地點					
	西雅圖	鳳凰城	芝加哥	匹茲堡	紐約長島	福特梅爾
MSW-RDF	0.87	0.84	0.86	0.87	0.91	0.84
MSW-MB	0.89	0.86	0.88	0.89	0.92	0.85
<u>MWI未受控制</u>	0.83	0.77	0.81	0.82	0.88	0.60
<u>MWI受控制下</u>	0.80	0.74	0.79	0.80	0.86	0.43
精銅冶煉廠	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99
水泥窯	0.95	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97
燒結工廠	0.91	0.91	0.91	0.92	0.94	0.95

柴油車	0.91	0.88	0.90	0.91	0.93	0.74
-----	------	------	------	------	------	------

上表中MWI代表醫療廢棄物焚化廠。由於台灣地區之氣候與上表中的鳳凰城較為接近，皆為潮濕炎熱的天氣，本研究乃採取上表中在鳳凰城地區，由有加以控制戴奧辛排放之醫療廢棄物焚化廠與無控制戴奧辛排放之醫療廢棄物焚化廠中散溢出的戴奧辛之散逸比率作為本研究之參考。

表 125.3 醫療廢棄物中戴奧辛含量

散逸物質	MSW-RDF	MSW-MB	<u>MWI受控制</u>	<u>MWI不受控</u>	精銅冶煉廠	水泥窯	燒結工廠	柴油車
TCDD	0.4	1.0	41.4	2.1	127	1.2	0.052	20.5
PCDD	1.9	1.8	180	33.0	NR	3.7	0.046	11.5
HxCDD	13.7	5.2	969.2	539.5	NR	14.8	0.16	36.9
HpCDD	11.9	19.7	1476	1433	NR	14.6	0.22	96.5
OCDD	10.7	104.3	2059	2028	1350	4.4	0.95	854.0
TCDF	4.7	23.3	168.5	26.5	2720	18.2	0.49	70.0
<u>1,3PCDF</u>	3.1	4.9	756.5	93.3	NR	11.0	0.43	39.5
<u>2,4PCDF</u>	3.7	5.8	893.5	110.2	NR	27.4	0.89	34.5
HxCDF	20.0	14.1	7355	972.6	NR	36.2	1.8	147.9
HpCDF	18.3	21.7	6145	1309	NR	8.1	0.95	245.7
OCDF	6.4	41.4	4925	1823	2520	1.0	0.23	250.5
TEQ	7.5	9.9	1548	263.5	403	24.5	0.8	75.5
堆疊高度(m)	64.0	64.5	8.5	17.1	154	67	125	NA
堆疊直徑(m)	2.0	1.2	0.5	0.5	4.6	4.0	5.5	NA
離開溫度(K)	430	422	974	350	494	483	403	NA
離開速度(m/s)	16.0	22.5	6.9	10.7	6	14.3	10.5	NA

本研究採用上表中的受控制戴奧辛排放與無控制戴奧辛排放之醫療廢棄物焚化廠(MWI受控制、MWI不受控)此兩欄，對應1,3PCDF、2,4PCDF兩列戴奧辛成分中最主要毒素的資料，作為本研究之參考數據。

表 5.4 戴奧辛在都市與鄉村散佈的差別

戴奧辛 來源種類	100 公里範圍以外之戴奧辛毒素散佈比率	
	鄉村地區之散佈	都市地區之散佈
MSW-RDF	0.84	0.89
MSW-MB	0.85	0.90
<u>未受控制的 MWI</u>	0.60	0.85
<u>受控制下的 MWI</u>	0.43	0.82
精銅冶煉爐	0.99	0.98
水泥窯	0.97	0.97
燒結工廠	0.95	0.94
柴油車	0.75	0.93

本研究採取上表中未控制戴奧辛排放與控制戴奧辛排放之醫療廢棄物焚化廠，在都市與鄉村地區散佈比率之不同，作為研究中的參考數據資料。

(6) 發生風險之機率值 P_k^B

同樣參考Lohman之研究數據，以相似的方法求得處理感染性可燃廢棄物，與處理感染性不可燃廢棄物過程中發生風險之機率值，計算式如下：

$$P_k^{Bf} = \frac{756.5_{ng}}{1kg} * 0.77 = 5.82505 * 10^{-10} \quad (5.6)$$

$$P_k^{Bh} = \frac{893.6_{ng}}{1kg} * 0.77 = 6.87995 * 10^{-10} \quad (5.7)$$

(7) 儲存風險之機率值 SR_i

同樣參考Lohman之研究數據，以相似的方法求得感染性可燃廢棄物，與感染性不可燃廢棄物之儲存風險邊際成本，計算式如下

$$SR_i^f = \frac{93.3_{ng}}{1kg} * 0.74 = 6.9042 * 10^{-11} \quad (5.8)$$

$$SR_i^h = \frac{110.2_{ng}}{1kg} * 0.74 = 8.1548 * 10^{-11} \quad (5.9)$$

(8) 生命價值成本(元/人) Q

雖然人命的價值理應為無價，無法用金錢或其他以物易物的等價交換方式衡量，但為了研究中的計算之便，本研究參考民國 88 年九二一大地震災後，行政院善後會議評估之生命價值成本為參考，以政府決定賠償每位受災者之金額台幣 50 萬元

為本研究之生命價值成本。此成本為經由政府及民間單位之捐款或公款預算考量下，再考慮 921 受災人數訂定之成本，並不直接代表人命的價值，僅供研究中計算之用。

(9) 發生風險之影響值 Q_y

參考中石化原台鹼安順廠戴奧辛污染案後，政府委請法國專家進行之研究。其結果估計，一旦土壤遭受污染，要全部清除污染土壤環境，需要一百億元，美國專家的評估也要五十億元。因此本研究取其平均的 75 億元，經過些許修正，以 750 萬元作為本研究中發生風險將造成之影響值。

(10) 廢棄物最大處理容量(噸) T_i^{cap}

根據文獻回顧，台灣地區的焚化爐有分大中小三型。小型為每小時處理 90.8 公斤以下的廢棄物；中型為每小時處理 90.8 到 227 公斤的廢棄物；大型為每小時可處理 227 公斤以上。但另外又參考國內處理公司之網站，得到一較中庸之處理量為每小時處理 100 公斤，故以此為本研究廢棄物最大處理容量。

(11) 單位儲存/運輸成本(元/噸) $TRUC$ 、 UIC

由台北縣環保業務的統計資料顯示，與垃圾有關之預算，91 年為 64.5 億元，90 年為 62.5 億元。

利用統計資料，先求得代處理廢棄物量在(垃圾量 + 資源回收量 + 代處理廢棄物量 + 溝泥量)中之比例，再將此比例乘以醫療廢棄物在所有事業廢棄物(工業廢棄物 + 醫療廢棄物 + 農業廢棄物)中之比例，即可得知醫療廢棄物在所有生產垃圾中的比例。91 年度此比例為 0.08%，90 年度為 0.12683。

將台北縣環保業務統計與垃圾有關的預算乘以醫療廢棄物在總垃圾量中的比例，即可知道供給醫療廢棄物處理之預算，91 年度為 516 萬元，90 年度為 792 萬 6875 元。

又知道在醫療廢棄物的處理過程中，運輸所佔的成本為 75%，處理的成本佔了 15%，儲存的成本所佔之比例為 10%，如圖 5.1。

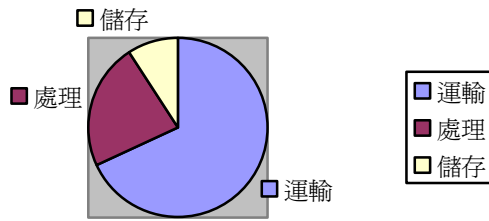


圖 5.2 醫療廢棄物處理中成本比例

因此可以計算 91 年醫療廢棄物儲存單位成本為 $5160000 \times 0.1 / 61000$ (91 年度醫療廢棄物量，單位公噸) = 8.46 元/公噸；90 年醫療廢棄物儲存單位成本為 $7926875 \times 0.1 / 117000$ (90 年度醫療廢棄物量，單位公噸) = 6.775 元/公噸

同理可知 91 年醫療廢棄物運輸單位成本為 $5160000 \times 0.75 / 61000$ (91 年度醫療廢棄物量，單位公噸) = 63.44 元/公噸；90 年醫療廢棄物運輸單位成本為 $7926875 \times 0.75 / 117000$ (90 年度醫療廢棄物量，單位公噸) = 50.81 元/公噸

即用以下式子求得所需單位運輸/儲存成本(元/噸)。

$$\frac{\text{代處理廢棄物量}}{\text{總垃圾量}} * \frac{\text{醫療廢棄物量}}{\text{事業廢棄物量}} * (\text{運輸/儲存之比例}) \div \text{該期醫療廢棄物量}$$

(12) 單位回收利潤(元/噸) UB_i^r

參考 Michael E. Goldberg 等之研究如表 5.3，得知每 10.5 磅的醫療廢棄回收物，約可產生 1.84 美元之利潤，亦即每一公斤回收物約有 0.386 美元的回收價值 (12352 元/噸)。

表 5.5 回收廢棄物之價值

	產出量(磅)	價值(美元)	延伸價值(美元)
乙基乙烯基醋酸鹽	4.39	0.53	2.33
乳膠	2.66	0.02	0.05
聚氯乙炔	1.01	0.13	0.13
聚丙烯	0.87	0.35	0.30
聚碳酸酯	0.68	0.60	0.41
低密度聚乙烯	0.63/10.24	0.35/0.34	0.22/3.44
直接勞力			1.60
利潤			1.84
考慮之醫療廢棄物包含電路、面罩、供氣管、呼吸袋等等			

(13) 單位處理成本(元/噸)UHC

參考美國之醫療廢棄物處理，可回收廢棄物部分的處理成本為每公噸 167 美元 (5344 元)；感染性不可燃廢棄物之單位處理成本(ex. 微波)為每公斤 0.16 美元(5120 元/噸)；感染性可燃廢棄物之單位處理成本約為每公斤 1.38 美元(44160 元/噸)。

(14) 輸入/輸出比率 W_i^d 、 W_i^r

參考醫療廢棄物處理方式跟我國相似的美國之醫療廢棄物焚化標準，可燃性廢棄物在經過處理後至少需要有減少90%之效率，理想狀況則要達到輸出時減少輸入時 99.99%高效率，也就是至多只能有0.1的輸入input/輸出output比率。不可燃性廢棄物在經過處理後之量則設定在0.2的輸入/輸出比率。而根據推估在初步處理(ex. 磨碎)後醫療廢棄物之輸入/輸出技術比率約為0.8。

綜合以上，將本研究參數值整理成以下頁表格：(表5.5、表5.6)

表 5.6 醫療廢棄物處理廠商營運資料

參數	處理成本	未處理倉儲成本	已處理倉儲成本	處理比率	運輸成本	最終處置成本	回收利潤	委託處理費用
代表符號 醫療廢棄物種類	UHC_i (元/噸)	UIC_i^{up} (元/噸)	UIC_i^p (元/噸)	w_i	$TRUC_i$ (元/噸)	$FDUC_i$ (元/噸)	RV_i^r (元/噸)	ent (元/噸)
感染性可燃廢棄物	1380	8.46	8.46	0.1	63.44	25.28	0	2890
感染性不可燃廢棄物	160	8.46	8.46	0.2	63.44	25.28	0	2890
可回收廢棄物	167	8.46	8.46	1	63.44	0	12352	2890



表 5.7 本研究訂定之參數(一期=一天)

參數	最大處理量	未處理最大倉儲量	已處理最大倉儲量	法規限制或營運所需收集量下限	法規限制或營運所需處理量下限
代表符號 醫療廢棄物種類	T_i^{cap} (噸/期)	S_i^{upcap} (噸/期)	S_i^{pcap} (噸/期)	$M_{gov}^c . M_{com}^c$ (噸/期)	$M_{gov}^T . M_{com}^T$ (噸/期)
感染性可燃廢棄物	4	10	6	2	1.4
感染性不可燃廢棄物	4	10	6	0.9	0.6
可回收廢棄物	4	4	6	無	0.005

參數	第0期末未處理庫存量	第0期末已處理庫存量	車隊規模	收集距離	共配或處置距離
代表符號 醫療廢棄物種類	$S_i^{up}(0)$ (噸)	$S_i^p(0)$	CAR (噸)	$Dist^c$ (公里)	$Dist^{d.b.r}$ (公里)
感染性可燃廢棄物	0	0	5	132	11
感染性不可燃廢棄物	0	0	4		11
可回收廢棄物	1.8	1.8	1		11

表 5.8 醫療廢棄物之風險轉化貨幣因子

風險種類	儲存風險	運輸風險	處理風險
代表符號 醫療廢棄物種類	SR_i	TR	P_i^B
感染性可燃廢棄物	6.9042×10^{-11}	1.4025×10^{-9}	5.82505×10^{-10}
感染性不可燃廢棄物	8.1548×10^{-11}	1.4025×10^{-9}	6.87905×10^{-10}
可回收廢棄物	0	0	0

在法定處理量下限方面，由於感染性醫療廢棄物依規定，在常溫下，貯存以一天為限，攝氏五度以下冷藏者則以七日為限。在收集地點的小型醫療院所多半沒有攝氏五度以下的冷藏設備，故這些感染性醫療廢棄物在其產生源，有不能放過當日的限定，因此本研究之處理量下限設定得非常接近每期平均的醫療廢棄物產量，以符合此法定之限定。此外，假設之每期處理量下限，也是經過考量能使該醫療廢棄物處理公司獲利之最低底限，這也是逆物流之特色，有別於正向物流。在參數之設定上，由於醫療廢棄物處理過程與一般商品生產過程不同，在逆物流中心倉儲時因其不同性質與毒性，採取分開存放，以避免發生化學作用或二度的汙染，有別於正向物流之總庫存限制，此處逆物流之特色在個別庫存限制。

5.2 演算流程與結果

本研究使用 Lingo 演算軟體來求解，依上一節設定之參數與台北縣醫療廢棄物的實際產生量（需求量），以七期需求規劃進行模式推演後，得到三種醫療廢棄物的初步結果包括：每期之收集量、處理量、配送量、未進行中間處理之庫存量、已處理後之庫存量等。如下表 5.9：

表 5.9 Max(TG - TR)的初步結果

種類	感染性可燃廢棄物					感染性不可燃廢棄物					可回收廢棄物			
	需求	收集量	處理量	未處理庫存量	已處理庫存量	需求	收集量	處理量	未處理庫存量	已處理庫存量	需求	收集量	處理量	配送量
1	2.024	2.024	1.4	0.624	0.14	1.164	1.124	0.60	0.524	0.120	0.020	0.020	1.82	3.620
2	2.081	2.081	1.4	1.305	0.28	1.085	1.085	0.60	1.009	0.240	0.018	0.018	0.018	0.018
3	2.025	2.025	1.4	1.93	0.42	1.060	1.060	0.60	1.469	0.360	0.021	0.021	0.021	0.210
4	2.006	2.006	1.4	2.536	0.56	0.986	0.986	0.60	1.855	0.480	0.019	0.019	0.019	0.019
5	2.008	2.008	1.4	3.144	0.70	0.993	0.993	0.60	2.241	0.600	0.018	0.018	0.018	0.018
6	2.171	2.171	1.4	3.915	0.84	1.1	1.1	0.60	2.271	0.720	0.019	0.019	0.019	0.019
7	2.018	2.018	1.4	4.533	0.98	0.989	0.989	0.60	3.130	0.840	0.018	0.018	0.018	0.018

風險考量之下的總利潤 12591.5 元

	總成本(元)
不含風險之總利潤	38289.29
總風險	25697.78
風險考量之總利潤	12591.5

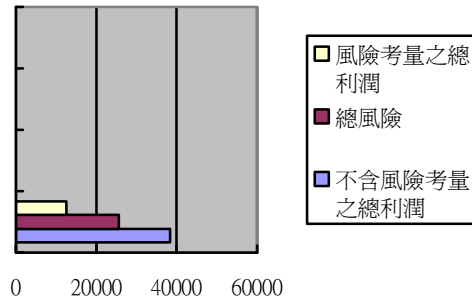


圖 5.3 七期處理期後總利潤與總風險成本圖

風險成本是不一定發生的成本，但本模式之目標為最大化「減去風險成本的總利潤」，等於無論醫療廢棄物處理過程中發不發生問題，聯合處理逆物流公司皆有一筆提撥給風險成本的預算。模式跑出來，不考慮風險成本的總利潤為38289.29元，而總風險成本為25697.78元，考量風險剩下的總利潤為12591.5元，還是有獲利存在。由於風險成本不一定會發生，但一旦發生就要負擔這額外的金錢，有時候醫療廢棄物的化學污染可能造成不只估計範圍之內的傷害，所以可以聯合處理逆物流中心可以考慮把這樣的風險成本，轉為為公司本身可能發生的醫療風險作保險之金額，以防止真正風險的發生。

在政府法令，規定當期感染性醫療廢棄物必須盡快當期處理的情況下，因此模式中對每期收集量有一定的下限限制，跑模式得出的結果發現在這樣的限制下，醫療廢棄物處理廠商自然的就將每期的收集量訂為當期的醫療廢棄物產生量。這樣的結果反映在感染性廢棄物的處理上，就免除了含有病菌的感染性廢棄物不當儲存於小型診所所對環境或人體可能造成的威脅，反映在可回收醫療廢棄物的處理上，則由於可回收醫療廢棄物之回收價值相當高，每期回收也是確保醫療廢棄物處理廠商的一個穩定收入來源。

基於環保因素與廠商的營運考量，模式中每期廢棄物的處理量有一最小數量之門檻。由模式的結果可以看出醫療廢棄物處理廠商傾向每期只處理這個最小處理數

值的份量，可能是因為再多處理的成本會大於暫時儲藏的風險與成本，而在處理場站環保評鑑合格的貨櫃中暫時分類儲存，則可以使處理的時限延長至一個禮拜，所以這樣的處置方法並無不可。

在三大類醫療廢棄物中，可回收廢棄物是處理、配送最有效率的一類，可回收廢棄物處理完畢留存在處理廠內只會造成儲存成本，相較之下選擇配送雖然有其連帶的運輸成本，卻也帶來相當可觀的利潤，因此醫療廢棄物處理廠商對可回收廢棄物的作法每期都是當期處理當期配送。

由以上討論可看出：

(1.) 聯合處理逆物流中心在收集、處理的首要考量，是為了同時滿足環保法規要求與營運獲利所需，幾乎沒有自我的決策考量，而且兩者互不影響。

(2.) 只有可回收廢棄物這一類，在每期收集量、處理量、配送量上都會完全滿足該期產量，這是由於可回收廢棄物配送後可獲得的利潤相當大，讓聯合處理逆物流中心很樂意處理。

(3.) 可考慮每月提出一些成本為可能發生的醫療廢棄物風險作保險，在真正風險發生前未雨綢繆。

5.3 目標式參數敏感度分析

本節擬針對個案中之目標函式有害廢棄物之參數(已處理、未處理存貨成本、處理成本、運輸成本、燃燒成本、利潤、儲存風險、運輸風險、處理風險)，進行敏感度分析，以進一步了解這些變動對目標函式總成本之影響，藉由此小節的探討，可以更清楚理解在參數條件改變下，目標函式變動之敏感程度，一方面可以彌補參數設定之合理性，另一方面，也有利於日後之廢棄物之收集、處理決策管理。

表5.10 即針對目標函式中，已處理、未處理存貨成本、處理成本、運輸成本、燃燒成本、利潤、儲存風險、運輸風險、處理風險，進行敏感度分析後的結果，而表5.11 顯示改變成本、利潤、風險項目之相關參數後對於加入風險外部性之總成本的增減變化情況。

表 5.10 目標式參數經敏感度變動後之總成本

原總利潤：12591.5(單位：元)				
參數變化幅度	減少50%	減少25%	增加25%	增加50%
參數項目	經敏感度變動後之總利潤			
處理成本	19802.91	16197.2	8985.799	5380.097
未處理倉儲成本	12722.48	12656.99	12526.02	12460.53
已處理倉儲成本	12622.3	12606.9	12576.1	12560.71
運輸成本	39822.21	39505.1	38870.06	38552.55
最終處置成本	12614.51	12603	12580	12568.5
儲存風險成本	12591.5	12591.5	12591.5	12591.5
運輸風險成本	21735.58	17169.42	8013.456	3435.672
處理風險成本	16280.74	14436.29	10747.37	8902.909
清運費	-77113.14	-60815.4	28889.24	45186.99
回收利潤	-46697.96	1067.731	24119.01	35646.51

表 5.11 目標式參數經敏感度變動後之總成本變化情況

原總利潤：12591.5(單位：元)				
參數變化幅度	減少50%	減少25%	增加25%	增加50%
參數項目	經敏感度變動後之總利潤變化狀況			
處理成本	7211.41	3605.7	-3605.701	-7211.403
未處理倉儲成本	130.98	65.49	-65.48	-130.97
已處理倉儲成本	30.8	15.4	-15.4	-30.79
運輸成本	27230.71	26913.6	26278.56	25961.05
最終處置成本	23.01	11.5	-11.5	-23
儲存風險成本	0	0	0	0
運輸風險成本	9144.08	4577.92	-4578.044	-9155.828
處理風險成本	3689.24	1844.79	-1844.13	-3688.591
清運費	-89704.64	-73406.9	16297.74	32595.49
回收利潤	-59289.46	-11523.769	11527.5	23055.01

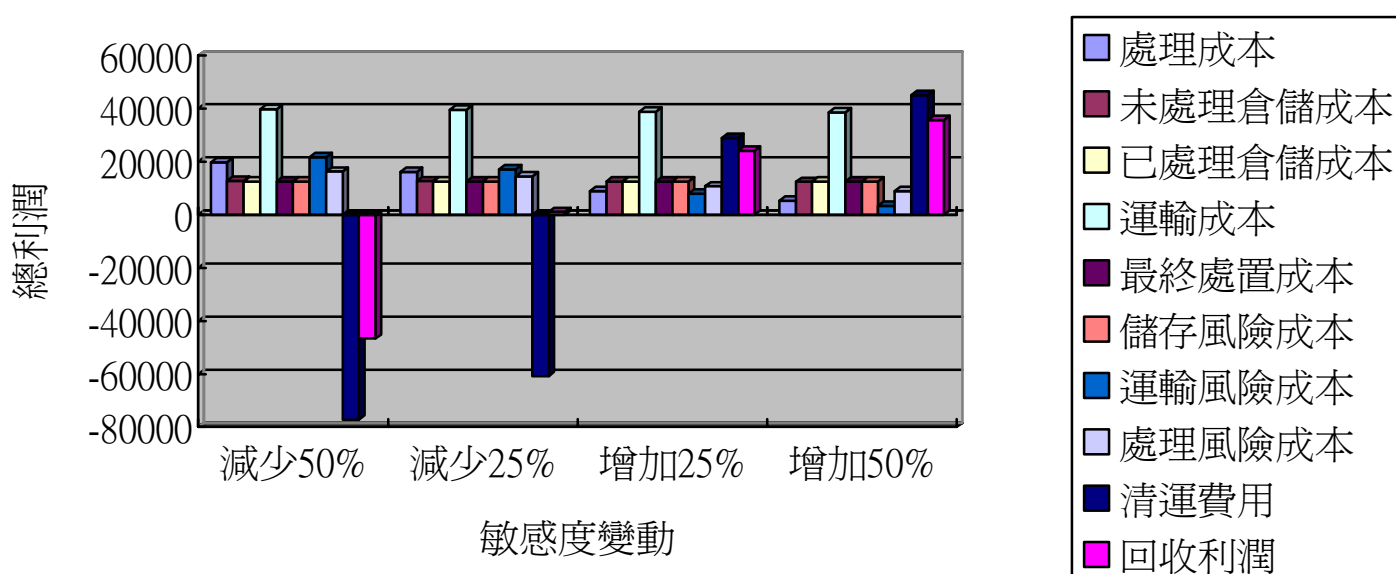


圖 5.4 限制式參數敏感度變動後之總利潤

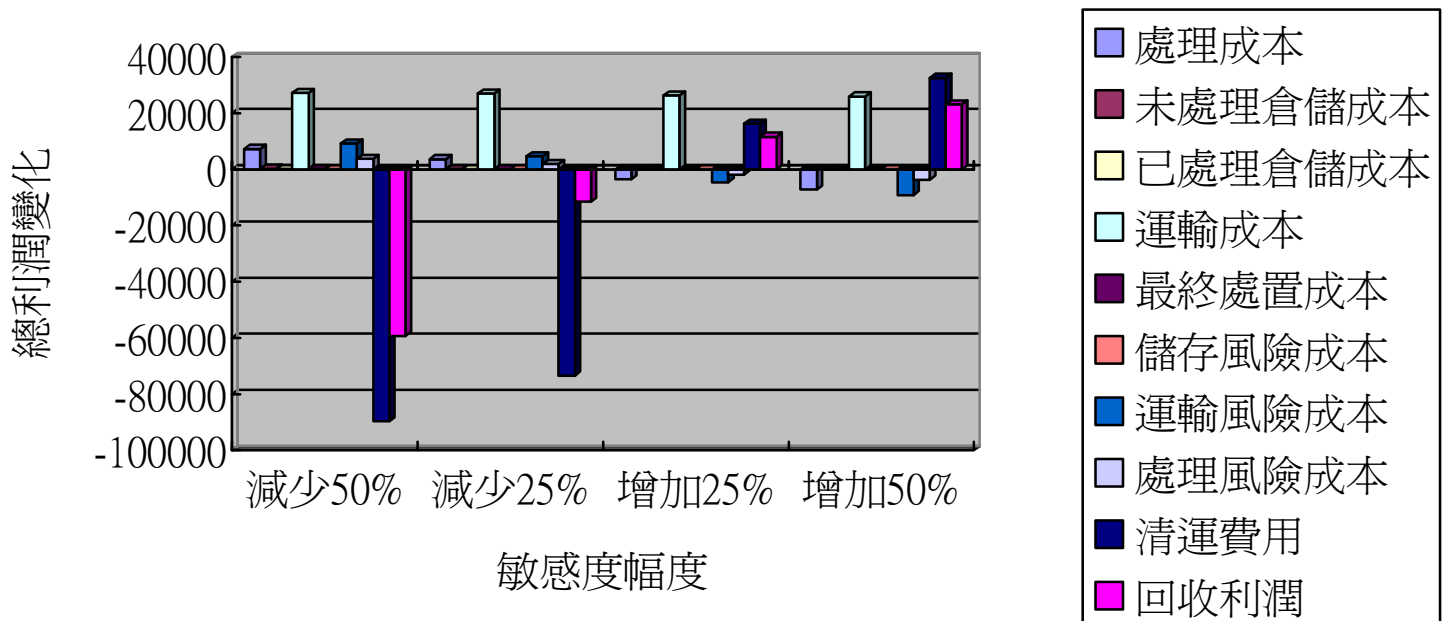


圖 5.5 目標式敏感度變動後之總利潤變化

由圖5.4、圖5.5可知，在整個醫療廢棄物處理過程裡的「清運費」、「回收利潤」與「運輸成本」，對於逆物流總利潤會產生相當程度的影響，所有項目中又屬單位清運費的影響最大，可見經濟誘因是逆物流活動推行之關鍵所在。

從圖5.5裡的「成本」項目參數變動得知，單位清運費下降50%或下降25%對總利潤的影響最大，讓總利潤分別減少89704.64元、減少73406.9元，影響次之的是回收利潤與運輸成本項目；運輸成本對於總成本的影響程度比處理成本來的大；對總利潤變動影響最小的是最終處置成本。

首先，有鑑於過去清運費過低，醫療廢棄物逆物流處理廠商為節省其成本，避免入不敷出，紛紛規避環保法規，草率處理醫療廢棄物，政府因此頒布新法令調漲醫療廢棄物處理之清運規費。本研究所使用之清運費數值設定即參考政府調漲後之處理費用。然而模式跑出之結果，雖然並無虧本之情況，但經敏感度分析，清運費減少50%或25%，都會大大影響廠商的利潤，甚至會變成虧損之狀況，由結果不難想像在政府未調漲清運費之前，廠商是犧牲了多少必要之處理環節，省略了多少的應盡社會義務，才能達到其仍繼續營運，甚至獲利的狀態。也不難了解政府調高處理費確實其來有自，除了希望能鼓勵廠商盡其義務之外，也將醫療廢棄物處理的市場轉向更公平的態勢。

5.4 限制式參數敏感度分析

限制式參數變動（收集總量限制、處理總量限制、最大處理量限制、未處理和已處理之最大庫存限制），和廢棄物產生量（需求處理量）變動以及公私部門對於成本、風險項目不同重視程度之作法等，進行敏感度的調整

表 5.12 限制式參數經敏感度變動之總利潤

原總利潤：12591.5(單位：元)				
參數變化幅度	減少50%	減少25%	增加25%	增加50%
參數項目	經敏感度變動後之總利潤			
收集量限制	12591.5	12591.5	12591.5	12591.5
處理量限制	23786.52	18189.01	6993.995	--
最大處理量限制	12591.5	12591.5	12591.5	12591.5
未處理風險考量倉儲限制	12591.5	12591.5	12591.5	12591.5
已處理倉儲限制	12591.5	12591.5	12591.5	12591.5

表 5.13 限制式參數經敏感度變動之總利潤變化

原總利潤：12591.5(單位：元)				
參數變化幅度	減少50%	減少25%	增加25%	增加50%
參數項目	經敏感度變動後之總利潤變化情形			
收集量限制	0	0	0	0
處理量限制	11195.02	5597.51	-5597.505	--
最大處理量限制	0	0	0	0
未處理風險考量倉儲限制	0	0	0	0
已處理倉儲限制	0	0	0	0

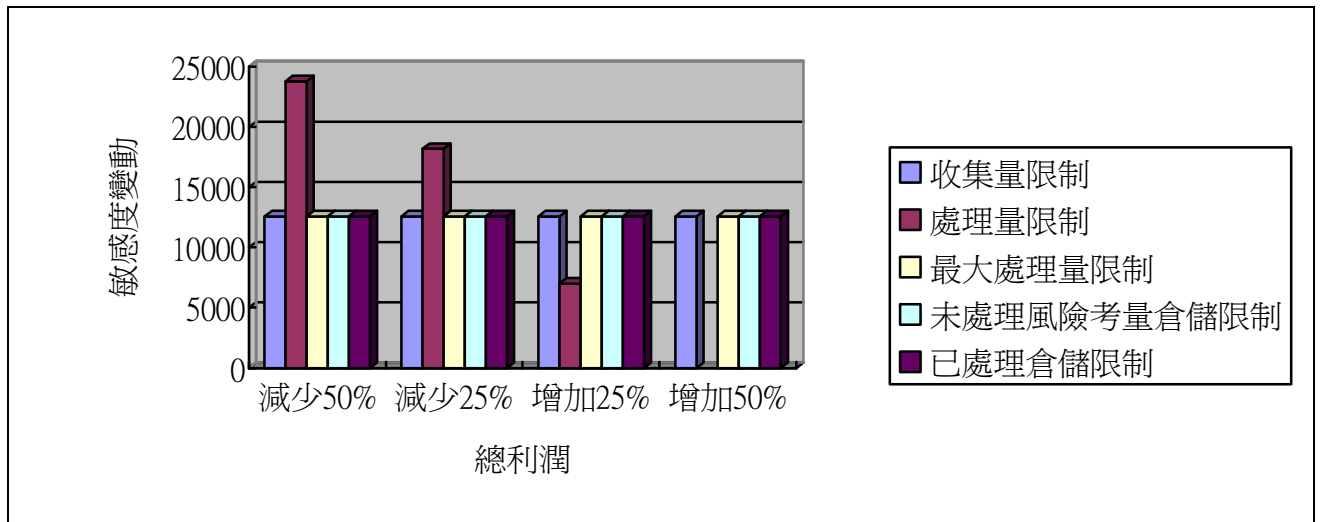


圖 5.6 限制式參數變動後之總利潤

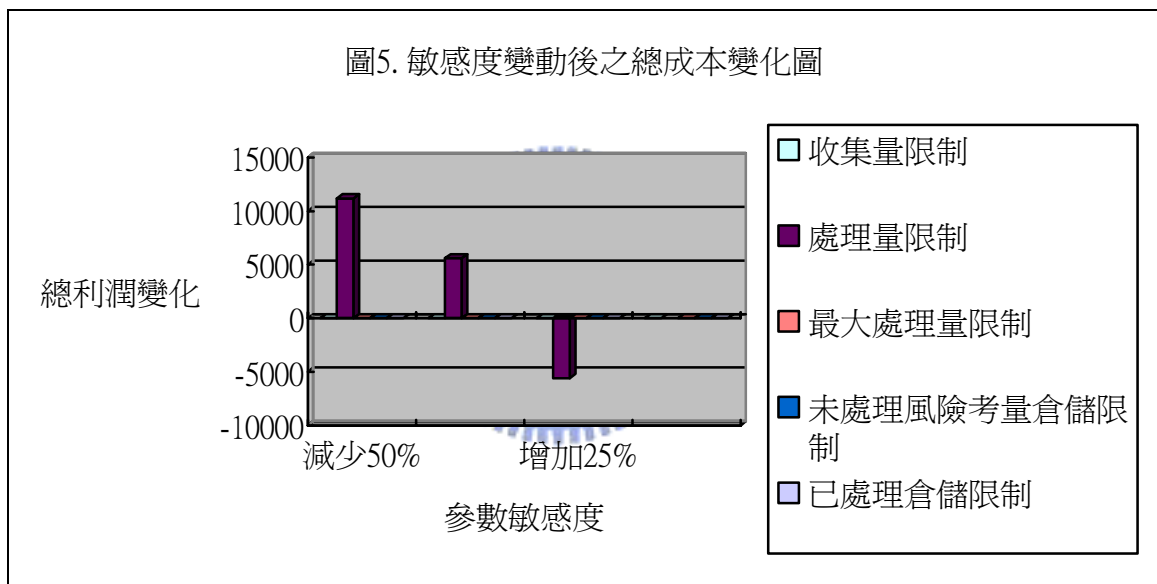


圖 5.7 限制式敏感度變動後總利潤變化圖

限制式的敏感度調整後，對總利潤增加貢獻最多就屬放寬處理量限制，放寬50%後，總利潤大幅上升11195.02 元，處理量增加後不但減少倉儲成本，更同時降低儲存風險，加速逆物流鏈的流動，雖然也會造成處理成本、運輸成本同時增加，但這些增加的成本乃必然，且會因為多處理變多回收而產生利潤來抵消成本。但此處理量的限制是由於過小處理量會導致燃燒不完全，進而造成空氣污染等災害，因此有這樣的政令規定。在實際操作上不能因為追求商業的利益而罔顧政令，因此僅

供研究之參考。

其餘討論的因素如：收集量限制、最大處理量限制、未處理風險考量倉儲限制、已處理倉儲限制等等，在本研究進行的敏感度分析之下，對總利潤增加均無幫助，這可能是因為原本模式的限制太寬鬆，或者因為聯合處理逆物流中心原本建造時的目標容量或處理量，不只以台北縣為唯一目標，不排斥接收其他縣市的醫療廢棄物處理案例，事實上，全台目前合格的醫療廢棄物處理廠商只有七所，因此接受外縣市的醫療廢棄物處理應屬合理，唯外縣市之案例不在本研究討論範圍之內，因此暫不繼續討論。



第六章、結論與建議

6.1 結論

本研究是以一個逆物流的醫療廢棄物處理廠商的立場，針對台灣區台北縣所產生的醫療廢棄物，去從事聯合處理之逆物流決策管理研究，所構建之規劃模式加入了風險之外部性影響，有別於以往只重視成本面之傳統物流作法。從結果的分析中得知風險對於逆物流活動的影響並不亞於成本面的影響，因此一個好的醫療廢棄物逆物流模式，不可以忽略風險評估的重要性。

具體而言，本研究之結論與貢獻如下：

1. 經濟誘因是逆物流實施成功與否關鍵之所在，如果回收處理之委託金額無法反應醫療廢棄物的處理成本，政府應該透過補貼或獎勵措施，促使醫療廢棄物廠商確實回收，並確實處置。
2. 由於醫療廢棄物在所有事業廢棄物中的量屬較小宗，若只單點對點的收集實為一浪費金錢及資源的做法，但集結起各個醫療廢棄物產生點的量就有一定的規模經濟效益存在，因此靠著推動聯合處理機制的作法來降低處理成本與運輸成本，是未來廢棄物處理的趨勢。
3. 未處理倉儲成本對總成本影響幅度雖然有限，但從另一個觀點來看，未處理的風險成本卻很大，因此醫療廢棄物在產生源產出後不但應立刻通知逆物流廠商派車來運送，一來逆物流處理廠商必須勤於收集，二來將醫療廢棄物收集在逆物流中心內的同时也應加以妥善庫存，此外，也必須嚴格規定不得廠商輕忽處理，或因為想減少處理成本而逾期放置醫療廢棄物，以免造成環境二度傷害。
4. 已處理庫存區的倉儲容量其設計的庫存容量應該盡量達到一定的規模大小，以降低前端未處理倉儲成本、倉儲風險，因為已處理的有害廢棄物並無風險考量的限制又具回收價值。
5. 運用多期存貨累積模式於逆物流活動中進行決策，有別於多數研究以處理單期決策為主，更接近處理廠商實際運作模式。
6. 提供醫療廢棄物整體處理流程以供參考，不僅跳脫以往專注於處理技術、焚化技術、分類減量等單部份提昇之迷失，更進一步運用逆物流管理模式加以探討在加入風險外部性後之處理決策，以方便公、私部門進行策略規劃。
7. 提供政府擬定環保相關法規時參考，上位管理者可藉由本研究模式來深入瞭解廠

商在進行有害廢棄物處理決策時可能遭遇的困難，也可以更了解廠商可能規避的責任，進而考量放寬或加緊法令規章之約束力，除鼓勵醫療廢棄物逆物流活動之進行，也避免政策之擬定與處理廠商的經營目標相衝突，或有廠商力有未逮之處。

8. 讓醫療廢棄物處理廠商負擔應該支付的社會成本，如風險所造成的外部性，才會使補貼的經濟誘因直接促進廢棄物處理方式朝向回收再利用邁進。



6.2 後續研究建議

醫療廢棄物逆物流之規劃與正向物流供應鏈之規劃，除了處理對象不同外，醫療廢棄物本身在廢棄物的範疇內就屬於一個比較特別的種類，不僅處理的方式與普通逆物流有些許差別，法令等等的規定也與一般逆物流的規格有差異。但回歸物流的本質，逆物流與正向物流皆相當著重於成本的估計，而本研究又加入風險評估這一項，因此建議有以下幾點：

1. 本研究模式之成本項目與風險項目之估算過程屬於單純化，實際應用上則依每期條件不同，或其他狀況而加以改變。
2. 回收需求資訊、運輸成本、未處理存貨成本、已處理存貨成本、運輸風險、處理風險、儲存風險等，主要取廠商訪談資料或者可獲得資訊的平均數據，往後可以朝動態規劃發展。
3. 對於風險所造成的外部傷害估算，國外在環境乃至人身傷害方面的都比台灣來得早也比較重視，因此風險邊際成本的估算方面可盡量採用外國資料以免造成低估。
4. 因廢棄物的有害特性在收集與回收共配時都應盡量避開交通尖峰時段，選擇日間進行運輸活動對於交通肇事風險與外洩傷害絕對也會比夜間的傷害來得大，可對配送時段的選定加以研究規劃。
5. 逆物流中心的設置地點對於收集過程有很大影響，可能一方面要考慮地租的價錢、一方面因其感染性之特質宜選在人煙稀少之處、一方面也要考慮運送之方便性、甚至鄰里居民的同意與否等等。因此區位選擇也是將來可研究的方向。
6. 醫療院所及小型診所可能散佈在特定區域裡的很多點，因此如何在收集過程中節省運輸成本，也是將來可繼續將此模式完整化的一部份，可考慮加入車輛遠境以求得收集一趟的最短路徑。
7. 未來可考慮採用多目標的方式拆解模式，以同時最大化利潤與最小化風險成本為目標。並可以替最大化利潤與最小化風險成本分別加上權重，最大化利潤的權重可代表廠商方面的意向，而最小化風險成本部分的權重可代表政府或民間團體的意向，以用來作現實中不同情境的分析。
8. 本模式亦可針對其他產業（如：核能發電業）所產生的有害廢棄物進行逆物流體系之運籌管理。

參考文獻

1. Sheu, Jiuh-Biing, Chou, Yi-Hwa and Hu, Jun-Ja (2004).An Integrated Logistics Operational Model for Green Supply Chain Management.Paper accepted by Transportation Research Part E
- 2.Sheu, Jiuh-Biing (2004). A Coordinated Reverse Logistics System for Regional Management of Multi-Source Hazardous Wastes.Paper accepted by Computers and Operations Research
3. Buxbaum P. “The reverse logistics files,” Inbound Logistics, (September), pp.64-7, 1998.
4. Carter, C. R. and L. M. Ellram, “Reverse logistics: A Review of the Literature and Framework for Future Investigation,” Journal of Business Logistics, Vol. 19, No. 1, pp.85-102, 1998.
5. Dennis W. and Chwen S., “A Model for Reverse Logistics Entry by Third-Party Provider,” The International Journal of Management Science, Omega, Vol.30, No5, October, pp. 325-333, 2002.
6. Dowlatshahi, S., “Developing a Theory of Reverse Logistics,” Interfaces, Vol. 30, No.3, pp.143-155, 2000.
7. Luttwak E., “A dictionary of modern war,” New York: Harper & Row, 1971.
8. Rogers, S., and Tibben L., “Going Backwards: Reverse Logistics Trend and Practices,” Reverse Logistics Executive Council, 1998.
9. Kristen Lohman, Christian Seigneur, “Atmosphere Fate and Transport of Dioxins : Local Impacts”, Chemosphere 45 (2001).
10. Byeong-Kyu Lee, Michael J. Ellenbecker, Rafael Moure-Evsaso, “Alternatives for Treatment and Disposal Cost Reduction of Regulated Medical Wastes.”, Waste Management 24 (2004).

11. C. C. Lee, G. L. Huffman, Y. L. Mao, "Regulatory Framework for the Thermal Treatment of Various Waste Streams.", *Journal of Hazardous Materials A76* (2000).
12. C. C. Lee, G. L. Huffman, Y. L. Mao, "Medical Waste Management/Incineration.", *Journal of Hazardous Materials* 48 (1996).
13. Michael E. Goldberg, Denis Vekeman, Marc C. Torjman, Joseph L. Seltzer, Teecie Kynes, "Medical Waste In the Environment : Do Anesthesia Personnel Have A Role to Play?", *Journal of Clinical Anesthesia* Volume 8, Issue 6, September 1996.
14. Byeong-Kyu Lee, Michael J. Ellenbecker, Rafael Moure-Eraso, "Analysis of the Recycling Potential of Medical Plastic Wastes", *Waste Management* 22 (2002).
1. 季宗杰，台灣醫療廢棄物聯合處理體系營運管理之研究，高雄工學院管理科學研究所碩士論文，民國 85 年 6 月。
2. 黃詩彥，企業逆物流之探索研究，東吳大學企業管理學系碩士班論文，民國 89 年 7 月。
3. 潘大永、楊美雪、林秀碧，醫療院所對醫療廢棄物處理滿意度之研究，*嘉南學報*，民國 93 年 12 月。
4. 韓佩軒，感染性廢棄物正確分類及減量方案，*榮總護理*，民國 91 年 9 月。
5. 楊盛玉，有效解決醫療廢棄物的方法，*台灣醫界*，民國 91 年 7 月。
6. 邱永仁，醫療廢棄物處理問題，*台灣醫界*，民國 90 年 5 月。
7. 刊欣，醫療廢棄物處理，*亞洲國家新課題*，*商業週刊*，民國 90 年 1 月 22 日到 2 月 4 日。
8. 黃慶三，醫療廢棄物非焚化處理簡介，*永續發展*，民國 83 年 9 月。
9. 袁平成，醫療廢棄物處理技術日新月異，*貿易週刊*，民國 85 年 9 月 4 日。
10. 高明見，感染性醫療廢棄物的處理，*北市醫誌*，民國 84 年 10 月。
11. 吳義雄，感染性醫療廢棄物處理策略及技術回顧，*工程*，民國 90 年 4 月。
12. 蕭志文，談醫療廢棄物處理--日本能！台灣為何不能？，*高雄醫師會誌*，民國 89 年 10 月。

13. 謝宏媛，看完醫生，醫療廢棄物何處去？--揭開台灣醫療垃圾的清運內幕，商業週刊，民國 88 年 6 月 21 日到 6 月 27 日。
14. 何家豪，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，有害廢棄物逆向物流聯合處理營運模式之研究，民國 92 年 6 月。
15. 馮正民、邱裕鈞，研究分析方法，民國 93 年 6 月。
16. 鍾耀章，核能發電之綠色供應鏈營運管理模式研究，民國 94 年 6 月。
17. 鄭偉平，國立高雄第一科技大學運輸與倉儲營運系碩士論文，華文圖書出版的供應鏈管理---探討逆物流，民國 93 年 11 月 30 日，
18. 魏凡峰，國立成功大學工業管理研究所碩士論文，逆物流對供應鏈體系成本與時間的影響，民國 91 年 6 月。



簡 歷

中文姓名：邱于家

英文姓名：Yu-Chia Chiu

生日：1982 年 4 月 11 日

居住地：台灣省台北市

學歷：

國立交通大學交通運輸研究所

國立交通大學運輸科技與管理學系

國立中山女子高級中學

台北市立金華國民中學

國立台北師範學院附設實驗國民小學

e-mail：waitresskill@msn.com

