

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

資源生產力暨其相關政策評估

Resource Productivity and Related Policies Evaluation



指導教授：馬鴻文 博士

Advisor : Hwong-Wen Ma, Ph.D.

中華民國 101 年 6 月

June, 2012

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

資源生產力暨其相關政策評估

Resource Productivity and Related Policies Evaluation

本論文係邱銘誠君(學號 R99541201)在國立臺灣大學環境工程學研究所完成之碩士學位論文，於民國 101 年 6 月 11 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

論文審查委員：

馬鴻文

馬鴻文博士
國立臺灣大學環境工程學研究所教授

李公哲

李公哲博士
國立臺灣大學環境工程學研究所教授

張慶源

張慶源博士
國立臺灣大學環境工程學研究所教授

指導教授：

馬鴻文

所長：

張能復

誌謝

馬鴻文老師，王宏文老師，李公哲老師，張慶源老師

必晟學長，研究室的學長姐、同學、學弟妹們

政治系一起修課、執行研究計畫的同學們

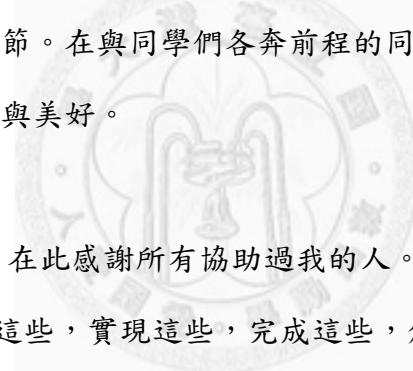
父親，母親，祖母，妹妹

校園文化資產詮釋

臺灣大學環境工程學研究所

在環工所短短兩年裡，遇到許多有趣的人，發生許多有趣的事。猶記當年推甄完找老師，相商能否進入研究室的情境。那是這段日子之濫觴。

時至今日到了畢業時節。在與同學們各奔前程的同時，相信每個人都可以發揮所學，追尋自己的志業與美好。



在此感謝所有協助過我的人。

使我認識這些，實現這些，完成這些，創造這些。

自己，夢想，成就與可能。

鳴蟬細訴各西東

薄暮微醺挽夕風

相逢謹記別時處

但謝驪歌道素衷

邱銘誠

2012.6.24

摘要

自古至今，不管是經濟或社會之發展皆有賴於不同種類資源的多元運用。然而於工業革命之後，伴隨經濟快速成長的還有資源耗用以及環境劣化議題。也因此相關研究領域特別著重在如何提高資源生產力以及降低環境衝擊兩方面，以求改善問題，朝向更永續運用資源之路邁進。

其中「資源生產力」為一重要指標，主要用途是檢視一國家之經濟成長與資源使用方面二者間是否能夠脫鉤。但此指標為了追求能夠廣為應用，設計上顯得稍微簡化，並不能完全展現資源運用的完整效率。故本研究第一部分為探討資源生產力指標之不足，並且設計一項能更全面描述資源使用效率之指標，「具回收基礎之資源生產力 (Recycling based Resource Productivity, RRP)」。

但不管任何指標之設計與計算，目的都是為了觀察社會環境狀態，以及用於相關政策之設計與成效衡量。因此本研究第二部分將納入「制度分析」與「方案評估」兩種研究工具，分別用來解釋當前政策運作背景，以及衡量政策可能產生之影響。在此研究脈絡下，資源生產力、制度分析與方案評估三者間之關係為資源生產力提供更完善之指標作為政策目標，制度分析提供更詳實之政策理論模型，方案評估涵蓋以上兩者，彙整為一完整之資源政策成效評估模式。

而為了能更具體描述此模式之樣貌，選取臺灣 2010 年紙類物質流進行 RRP 計算，並且設計「限制產品過度包裝」政策之衡量方法，作為研究案例驗證此政策評估模式。結果顯示臺灣紙類當前回收水準已提高至超過六成，但整體用量卻未見下降；RRP 計算結果則說明了當衡量原生與再生資源所生產之產品差異、不同產業別運用資源之差異，以及納入未來可再運用之效益後，整體生產力表現將約為傳統計算方式之四倍。

關鍵字：資源生產力、制度分析、方案評估、紙類物質流、限制產品過度包裝

Abstract

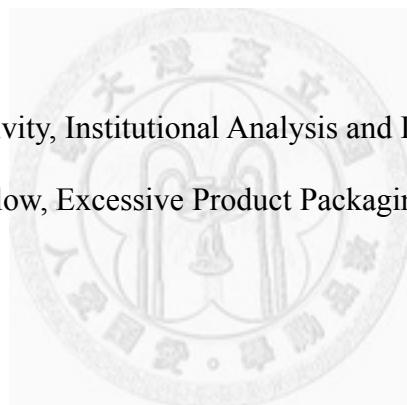
Throughout the history and until now, either economic or social development depends on the versatile applications of different kinds of resources. But since the Industrial Revolution, the issue of resources depletion and environmental degradation come along with the rapid economic growth. Hence, in order to improve the problems and thus move forward to more sustainable utilization of resources, related study fields especially focuses on how to promote resource productivity and to abate the environmental impact.

“Resource productivity” is an important indicator, examining whether the economic growth and resources usage could decouple. However, since the indicator is sought to be widely applied, the design of it is somehow simplified, which fails to show the overall efficiency of resources use. As a result, the first part of this study is to investigate the inefficiency of the indicator “resource productivity”, and design one that could describe resources use efficiency more completely: “Recycling based Resource Productivity (RRP).”

Any indicator is designed and calculated for observing social environment status, as well as related policies making and the effect evaluation. Therefore, in the second part of this research, two methods “Institutional Analysis and Development” and “program evaluation” are adopted respectively to explain the present operation background of the policy, and assess the possible effects of that policy. Following this thread of thought, resource productivity contributes a more comprehensive indicator for policy goal; Institutional Analysis and Development provides a rather detailed theory policy model; and program evaluation includes those two mentioned before. The interaction among the three factors then builds up an integrated evaluation model of the

resource policy effect.

To elucidate the model more concretely, the paper material flow in 2010 Taiwan is selected as the case study to run RRP calculation, and an evaluation method of the policy “Excessive Product Packaging Restrictions” is designed. The result shows that current recycling of paper in Taiwan has raised to over 60%, but the entire usage volume does not seem to decrease. The RRP result, on the other hand, illustrates that the differences of products made from raw material and secondary resource, the divergence between various industries in applying resources, and also, after the benefit of resources re-applied in the future is considered, the whole productivity is around four times the performance of traditional calculation method.



Keyword: resource productivity, Institutional Analysis and Development, program evaluation, paper material flow, Excessive Product Packaging Restrictions

目錄

口試委員會審定書	i
誌謝	ii
摘要	iii
Abstract.....	iv
圖目錄	viii
表目錄	ix
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	4
第二章 文獻回顧	6
2.1 永續物質管理與物質流分析	6
2.1.1 永續物質管理	6
2.1.2 物質流分析	8
2.2 資源生產力指標	9
2.2.1 產業差異	11
2.2.2 物質特性	13
2.3 制度分析與發展	14
2.4 環境資源政策與方案評估	19
2.5 紙類物質流研究前例	21
2.5.1 荷蘭紙類物質流分析	21
2.5.2 英國紙類物質流分析	23
2.5.3 韓國紙類物質流分析	24
2.6 臺灣當前廢棄物管理政策	25

2.6.1 臺灣廢棄物管理發展簡史	25
2.6.2 臺灣廢棄物管理政策近況	33
第三章 研究方法	37
3.1 研究範疇	38
3.2 資料來源	38
3.3 物質流資料盤查與模型	41
3.4 資源生產力指標計算	43
3.5 廢棄物管理制度分析	49
3.6 資源政策成效評估	54
第四章 結果與討論	57
4.1 臺灣紙類物質流	57
4.2 臺灣紙類生產力指標	61
4.3 臺灣紙類資源政策評估	66
4.3.1 確認政策之目的與目標	68
4.3.2 建構政策之理論模型	68
4.3.3 衡量政策之影響	71
4.3.4 研究設計	72
4.3.5 蒐集資料	73
4.3.6 分析並解釋	74
第五章 結論與建議	75
5.1 結論	75
5.2 建議	78
參考文獻	79

圖 目 錄

圖 1.1 研究流程圖	5
圖 2.2 制度分析之架構	16
圖 2.3 外部變量內各式規則對行動條件之影響	17
圖 2.4 荷蘭 1990 年木頭與紙類物質流	22
圖 2.5 英國紙漿與紙循環模型	23
圖 2.6 韓國紙類物質流模型	24
圖 2.7 臺北市 1987 至 2011 總廢棄物處理量	31
圖 3.1 研究方法與流程圖	37
圖 3.2 物質流之生命週期架構	41
圖 3.3 紙類物質流系統圖	42
圖 3.4 經濟行為與廢棄物管理示意圖	49
圖 4.1 臺灣紙類 2010 年物質流系統圖	57
圖 4.2 十二項產業別於紙及紙製品消費圓形圖	59
圖 4.3 臺灣近年紙類最終處理流量	60
圖 4.4 2009 年全球包裝材料使用比例	66
圖 4.5 臺灣包裝材料使用比例	67
圖 4.6 限制產品過度包裝影響決策示意圖	70
圖 4.7 限制產品過度包裝政策 SITS 示意圖	73

表目錄

表 2.1 常見之物質流指標	9
表 2.2 規則分類表	18
表 2.3 預設狀態	18
表 2.4 廢棄物管理大事紀	25
表 2.5 八項資源回收管理基金	34
表 2.6 十四項公告應回收廢棄物	35
表 3.1 產業關聯表 166 部門別	39
表 3.2 指標選擇標準	46
表 3.3 RRP 指標選擇標準	47
表 3.4 事業廢棄物管理制度規則分類表	50
表 3.5 一般廢棄物管理制度規則分類表	52
表 4.1 十二項產業別於紙及紙製品消費比例表	58
表 4.2 2010 紙類物質流最終處置流量	61
表 4.3 臺灣 2010 年紙類 RRP 計算參數表	62
表 4.4 產業總體運用效益係數相關數據表	63

第一章 緒論

1.1 研究動機

隨著社會經濟發展，人類與環境相處之態度由早期單方面資源取用，創造人為價值的態度慢慢地轉向。意識到資源的有限性，環境資源並非無窮無盡；只有單向的原料開採、產品加工、消費使用、廢棄處理路徑並沒有辦法順遂地永續運作。尤其人類社會不管是在經濟發展或社會需求上，皆對資源使用有著越來越強烈的依賴。相對於這樣的發展壓力，各式環境變遷與資源壓力因此隨之而來(Behrens et al., 2007)。

在近代永續發展意識高漲的氛圍下，對於如何更有效地運用資源、減輕環境負荷的研究方法也陸續開發出來；包含「物質流分析(Material Flow Analysis, MFA)」、「生命週期評估(Life-cycle Assessment, LCA)」、「廢棄物投入產出分析(Waste Input-Output model, WIO)」等。

其中物質流分析對資源運用成效有進一步的使用效率討論。試圖運用投入使用資源量以及經濟上能夠創造出多少產值，此二參數組合出資源生產力指標以衡量資源使用效率(OECD, 2008)。

但就目前研究領域的發展進程來說依然有兩項問題懸而未決；一為資源生產力衡量指標運用在管理決策時並無法將所有重要訊息納入，二為儘管有諸多與永續資源管理相關政策，但並沒有發展出能夠有系統地衡量政策成效之方法。

在資源生產力指標的結構方面，傳統是將所有物質統一以重量加總，但如此一來將無法區分出國家產業結構所造成的差異。例如以工業為主的產業型態因為有大量的原物料投入，導致與服務業為主的產業型態相比較時會有較低的資源生產力。此外，原有指標計算方式同樣未將原生資源與再生資源此二來源進行區隔，並無法確知物質投入使用之狀況。例如衡量物質為石化燃料類時，必然全屬原生物質且不可回收；但如果是金屬、塑膠、紙類等，則投入使用之物質量有多少是

經由回收管道而來，過程與結果都將產生極大差異。

另外，傳統資源生產力指標亦無法分辨使用物質的差異性。例如在同等資源生產力下，可能因為使用之物質中含有危害性物質量的多寡差異，從而產生不同受體族群與不同規模的環境衝擊。但因為目前所使用之指標並未將環境衝擊納入計算，所以資源生產力指標高低和環境受影響程度兩者間之關係無法展現。此問題來源正是未將使用物質之種類進行分項，只要未曾討論過細項資源運用種類，那麼在最終的指標意義上將受到極大侷限。

因此通常在衡量經濟體資源生產力時，需要同時納入其他面向一併進行考量，才能有較佳詮釋空間。可能增加的衡量面向有經濟上的貨幣投資與產值、人力考量上的投入人力與產值等，這些都是從旁提供更多資訊的重要資料。但就資源生產力本身而言，因為沒有足夠的解釋強度蘊含其中，如以當前指標就希望能夠描述出物質資源使用的整體樣貌就顯得略為粗糙。

在釐清當前資源使用情況後，最重要的目標就是能夠改善問題，朝永續發展之路再往前邁進一步。因此自然而然地會有相對應之環境政策提出，以求改善發現的癥結點。但是政府實際在運作時並沒有辦法很全面地衡量政策成效及其影響，只能單一向地比較是否有達到初始預期目標。

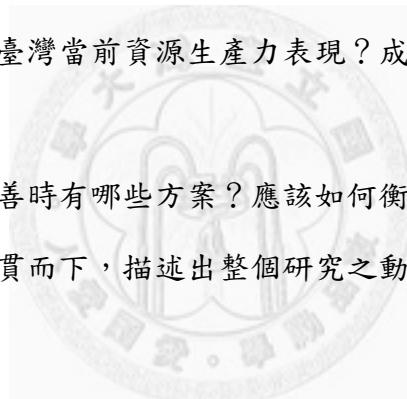
所以對當前資源政策成效方面的研究而言，目前僅能夠將各政策工具概分為「命令與管制類型工具(Command and Control Instruments, CCI)」、「經濟類型工具(Economic Instruments, EI)」、「資訊類型工具(Informational Instruments, II)」、「自願協議類型工具(Voluntary Agreements, VA)」四類(IGES, 2010)，並沒有詳細計算或描述出各政策工具的執行成效。主要原因在一般皆採用多種工具組合模式，很難分解出各政策工具本身的運作成效；另外各政策工具間除了施行標的外，運作方式亦有極大差異，執行成果也會深受整體社會經濟文化層面影響，極難訂定統一標準進行比較。

因此資源政策成效評估無可避免地需要從所有與此相關的規則集合，以及廢棄與回收制度分析著手。因不管是何種政策，都是希望藉由導入新的規則、修正現行規範等方式來改變整個體制內各參與者之行為。所以唯有在當前施行的制度以及所有利益相關團體的行為選擇被分析出清楚關係脈絡後，才有辦法衡量後續的政策介入究竟會產生哪些效果。

以上幾點為當前資源生產力指標與政策評估所遭遇之問題。本研究之動機就在解決此方面困境，可列為以下四項研究發問。

1. 究竟目前的資源生產力指標有哪些問題？
2. 該使用什麼新指標來改善？
3. 是何因素決定了臺灣當前資源生產力表現？成因何在？目前制度運作狀況如何？
4. 未來希望進行改善時有哪些方案？應該如何衡量相關環境政策之成效？

此四項研究發問屬一貫而下，描述出整個研究之動機與核心。



1.2 研究目的

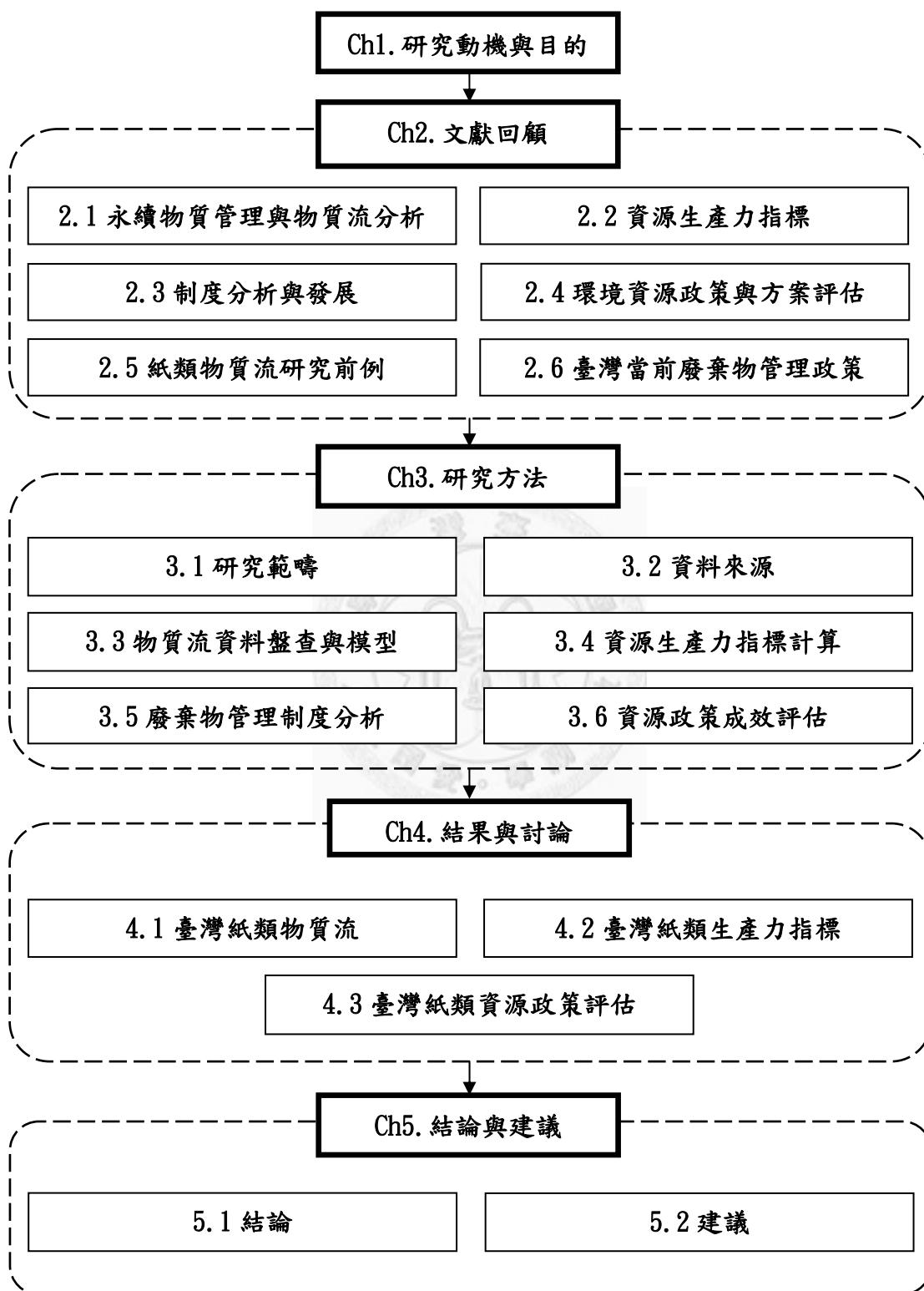
本研究之目標在檢討故有指標，建立起更細緻之資源生產力新指標；並藉由對當前廢棄物管理制度進行分析，從而達到更完整的政策成效評估，衡量其在資源生產力方面之改善程度。

為確保政策成效評估與物質實際流量兩者能有完整論述與契合，所以增加案例研究來整合。本研究採用紙類作為研究案例，因紙類的使用和回收都有許多值得探討的策略，統計資料也較充分；儘管無可避免地在過程中會有些限制與特殊條件，但最終目的在整體研究方法之革新，期望能夠將此指標與研究方法帶入傳統物質流分析中。在未來可以有更完整的資源生產力描述、衡量過往政策對資源生產力的影響，以及規劃能夠加以改善之方向。

因此研究目的並非著重在物質流量、指標計算等量化資料的精確程度，而是以整個研究方法的建構及其應用為主體，並不侷限在所選擇的案例，而是能夠推展到其他物質流分析與相關政策評估，此部分方為最重要之研究貢獻所在。

而為達此研究目標，整理研究流程如圖 1.1 所示。

圖 1.1 研究流程圖



第二章 文獻回顧

2.1 永續物質管理與物質流分析

2.1.1 永續物質管理

永續發展概念之發端一般皆從世界環境與發展委員會(World Commission on Environment and Development, WCED)於 1987 年所出版的「我們共同的未來 (Our Common Future)」而來。其中最主要，也最廣為人知之概念即為：「暨符合當代需要，同時亦不損及未來世代之發展。」(WCED, 1987)

而自 1987 年至今已逾二十五載，除了最初主張的生態、經濟、社會三維面相調合外，亦須要更清楚之定義，否則在擁有太多解釋空間的論述內，不管是世代間正義或世代內正義都極難達成。因此近代提出「自然進程 (Natural Step, TNS)」架構進行更多補述。

所謂的自然進程提出共四點永續原則，如果能夠依循此四原則，達到普世性，方有可能實現永續發展之目標(Jouni, 2007)。而此四原則如下：

1. 在永續發展的社會裡，因系統性成長而需要持續地開採地球資源並非自然狀態(*In the sustainable society, nature is not subject to systematically increasing concentrations of substances extracted from the Earth's crust*)。
2. 物質經由社會使用的強度需要提升(*Concentrations of substances produced by society*)。
3. 減少依賴使用實體物質，以非物質性服務替代(*Degradation by physical means*)。
4. 在永續發展的社會裡，人類的需求必須以符合全球短期及長期發展目標為前提(*In a sustainable society, human needs are met worldwide in the short- and long-term.*)。

由此可見，永續發展概念下物質使用模式具相當重要之影響力。雖然物質永續使用並不全然能夠代表永續發展，但如未達此目標，自難符合原初訴求。因此後續研究議題逐漸將模糊的永續發展逕行細分，特別針對物質使用方面者即為「永續物質管理 (Sustainable Materials Management, SMM)」。

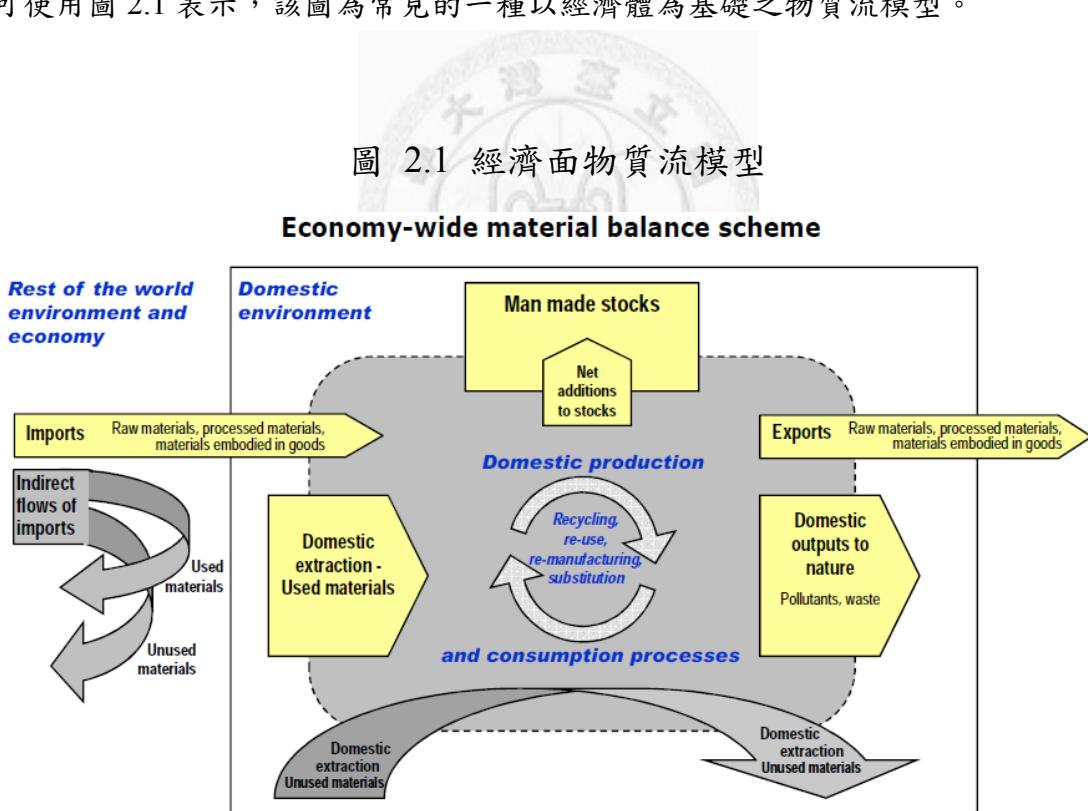
其中影響最廣泛、著力最深之組織即為「經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)」。OECD 自八零年代起即開始整理廢棄物管理相關之統計與研究；早期主要政策方針為廢棄物減量，然而隨著經濟發展，發現原減量政策並無法趕上經濟成長產生廢棄物之速度。因此於 2001 年開始試圖從永續物質管理之角度重新審視相關環境議題，並且在 2005 年組成第一個 OECD 永續物質管理工作坊。希望能夠不再將廢棄物與最終處置畫上等號，而是從更全面的生命週期角度思考，暨同時減少原生物質使用，並且盡可能將具再使用潛力之物質作二次運用。

之後則是在 2008 年召開第二次永續物質管理工作坊。該次工作坊更廣泛地邀請 NGO 組織加入，整理出更多公私部門可改善之指標與方法。而最接近目前之活動則是 2010 年十月所舉辦的永續物質管理全球論壇，論壇結論裡除了指出永續物質管理可能會面臨的重要挑戰外，同時希望能夠在後續的研究中找到更多適合之政策工具與指標來推動永續物質管理。

2.1.2 物質流分析

「物質流分析(Material Flow Analysis, MFA)」是瞭解經濟體中物質使用情形的一種極佳工具。它能夠協助辨識出物質資源於自然環境與人類社會間、各式原物料與消費產品間，各種不同階段的轉化關係；模擬整個經濟體或環境的物質流動系統，從而藉由一些指標找出需改善之處(OECD, 2008)。儘管在不同的組織有不同的描述方式或用途，例如在「世界資源協會(World Resources Institute, WRI)」稱為「物質流量帳(Material flows accounts)」，但實際在計算與定義上並沒有太多差異(Wernick & Irwin, 2005)，單純視其應用領域不同而有不同分析方向。整體概念皆可使用圖 2.1 表示，該圖為常見的一種以經濟體為基礎之物質流模型。

圖 2.1 經濟面物質流模型



資料來源：OECD， 2008

一般而言，MFA 運作流程分為兩大部分。第一部分為物理流量計算，以物質不減為原則，盤查出所需要之物質流動資訊。第二部分為物質流指標，從既有資料中再進行二次加總歸納，計算方式與內容依照所關心之面相或最終所要進行決策的尺度而定。常見分類有「投入指標(Input indicators)」、「消費指標(Consumption indicators)」、「平衡指標(Balance indicators)」及「產出指標(Output indicators)」四類(OECD, 2008)。

通常物質流分析目標有兩種。第一種為計算出目標物質可能引發之環境風險，找出癥結所在，減輕所造成之衝擊，稱為「去毒化(Detoxification)」。第二種則是關切資源生產力，以物質流量分布與相關經濟效益合算，衡量資源使用效率，稱為「去物質化(Dematerialization)」，屬本研究主要探討主軸。

2.2 資源生產力指標

主流的物質流指標可分為六類十二項，整理如表 2.1 所示。



表 2.1 常見之物質流指標

投入指標 (Input indicators): 描述為了支持經濟體運作，而進入系統邊界內之物質。	
境內開採使用量 (Domestic Extraction Used, DEU)	DEU 為一經濟體因消費需求而自環境中開採使用之物質。以物理量計算國內實際開採量，排除進口部分。
直接物質輸入量 (Direct Material Input, DMI)	DMI 表示物質之供給。除了 DEU 所表示的國內開採量外，再加上從國外進口之物質量，兩者和為 DMI。
總體物質需求 (Total Material Requirement, TMR)	TMR 除了直接使用之物質量外，亦將生產過程中可能耗用的隱藏流納入，標示經濟體整體物質需求量。

消費指標 (Consumption indicators)：描述因經濟活動而消耗之物質。	
境內物質消費 (Domestic Material Consumption, DMC)	DMC 計入所有因經濟活動而直接使用之物質量。一般而言 DMC 等於 DMI 扣除掉出口之物質量。
整體物質消費 (Total Material Consumption, TMC)	TMC 同時計入非直接使用之物質量，除了出口相關之外皆納入計算。
平衡指標 (Balance indicators)：描述物質使用與經濟成長間之關係	
淨存量增值 (Net Additions to Stock, NAS)	直接將經濟體內物質增加量扣除消去量，即為淨存量所增之值。
物理性收支 (Physical Trade Balance, PTB)	PTB 由進口量減去出口量而來，表示經濟體內物質使用方面為出超或入超。
產出指標 (Output indicators)：描述物質出口量與生產、消費之關係	
境內加工出口(Domestic Processed Output, DPO)	DPO 表示廢棄物與污染量，意即因生產或消費活動所造成物質逸散、排放進入環境中之總量。
整體境內出口 (Total Domestic Output, TDO)	TDO 為 DPO 加上境內開採物質所使用之隱藏流，為環境使用物質之總體負擔。
效率指標 (Efficiency indicators)：將經濟指標與物質流指標相結合，資源生產力。	
GDP per DMI	國內生產毛額除以 DMI、DMC 或 TMR，描述每使用單位物質能夠提供多少經濟產出。
GDP per DMC	
GDP per TMR	

資料來源：OECD，本研究翻譯

表 2.1 為常見之物質流指標。其中最後三項屬目前資源生產力討論之主要標的，目標與方法皆不外乎設法減少使用資源量或提高經濟產出量。相關指標如此設計之原因在於資料可及性以及統一性，如果設計過於複雜，那麼將很難在許多國家內進行調查。因此如果只單純考慮總體物質使用量與國內生產毛額，就能夠概略看出整體趨勢，並且在進行國際間比較時亦較容易取得需要之數據。但在此種設計下同時會產生一些未盡精確之處，導致如欲以此作為討論基礎將產生某些問題。

以下將分就兩項無法解釋現象描述之，此二問題主要由自林姿君(2010)論文而來，由本研究延伸整理。該篇論文描述了臺灣自 2000 至 2008 年間資源生產力之變化趨勢，但正因為使用之指標為故有計算方式，因此最終導致此二問題浮現檯面。



2.2.1 產業差異

GDP 由消費、投資、政府支出再加上淨出口值總和而來，是最常見區域內經濟情況的度量基準。其中就計算方式與所能涵蓋之範疇已有相當多研究，並且同時有許多希望更全面應用在其他領域之討論，例如社會福利面相(England, 1998)。而在物質流相關的分析裡，因為不同物質有極大之應用領域差異，也會因使用在不同產業而產生區隔。所以以全國性質的整合資料來說，GDP 與使用物質的總重計算將產生類似問題。

以國家尺度而言，不同產業會運用到不同物質，每單位物質產出之 GDP 也不相同。例如服務業一般所用到之物質多為交通運輸、電子電機產品、紙張印刷類；而營造建築業則含有土木砂石，甚至金屬、塑膠、纖維等無所不包。以之相較每單位 GDP 所需物質不單在總量上有極大差距，實際使用的物質也大不相同。

而國際尺度方面又將揭露出另外不同的影響。一般而言，發展中國家相當依賴國內天然資源與大量人力，雖力求擺脫傳統工業化發展途徑，但不管是人口素質、公共建設普及程度等方面都無法一蹴可幾。因此儘管已有許多先進國家所提供之資金或技術，但在實際成效上卻不容易擺脫對自然資源之依賴，產業型態以初階生產或加工出口為主亦屬情理之中。其狀況不只總體經濟產出不如已開發國家之研發或高階服務產業，甚至在整體物質使用量上也必然遙遙領先。

但其實國際分工在全球化影響下已然形成不可逆之潮流，順應而生的是適當之比較利益選擇。因此儘管已開發國家進口許多開發中國家產品的現象蘊含了環境正義(Mitchell, 2011)議題，但並不能就此抹煞那所帶來的眾多福祉。因為要求先進國家減少對開發中國家的物質依賴既不實際，同時也只傷害到更多人的工作機會與服務水準。所以在不同國家擁有不同產業特色之現況下，跨國際尺度之比較並不能說明太多物質生產力水準，甚至要對不同產業間進行選擇或評斷都有欠公允。

故依照目前資源生產力指標之設計，並沒有辦法說明因產業差異所造成之不同。若依據當前計算方式，將其訂為政策目標，則達成途徑不外乎減少物質使用總量與提高經濟產出二者。乍看之下似乎並無問題，但必須是在某些適當前提下產生才能有較多已改善之說服力，例如產業結構不變、就業人口數不變等。因為有許多物質產生之商品具有不可替代性，就算國內產業進行結構重組，但需求壓力依然存在，需要的物質很可能只是移轉至未被衡量之系統內，例如由其他國家生產，之後再輾轉進口。

2.2.2 物質特性

不同物質具有不同之特性與用途屬基本自然科學概念，例如木頭與塑膠皆能製成桌椅，但其原料來源、加工方法、廢棄回收等方面皆截然不同。過往討論資源生產力時若以最巨觀之角度，是直接計算所有物質總重量，討論有多少屬於進口，有多少隱藏流量未被納入等。而如欲再逕行細分，則是分為「生質物類」、「金屬物質類」、「非金屬物質類」及「化石燃料類」四類。此種作法就如同投入產出表中對產業類別之分類方式，想要討論越詳細變化，就需要越完整分類(Bringezu et al., 2004)。

以環境永續經營概念而言，目前討論資源生產力疏漏處就在所使用之資源是否可再利用、以及再利用程度之多寡並沒有納入考量。如果資源運用型態及使用物質大宗屬可回收再利用類別，那麼和無法再利用資源相比將顯得有所不同。因為當不同物質使用在不同的用途時，其環境衝擊同樣會反應在不同面向上。所以所有回收手段若以生命週期概念進行環境衝擊的分析比較，依然可以找到之中的良窳差異，甚至可能有完全不合乎經濟效益、或者整體社會需負擔成本過於高昂的回收方式。

但是若以物質永續使用目標作為前提，那麼在環境衝擊或方案可行性差異不大時，物質回收再利用與否將成為非常重要之差異。尤其是許多資源具有不可回復性，甚至本身即為稀有資源，則能否回收再利用將導致完全不同的結果。

除了再利用性外，還有使用不同物質會對環境造成不同之環境衝擊、具毒性物質對人類造成健康風險等因特性不同所產生的問題。這些潛藏性議題皆不易從宏觀統計資料內觸及；其中物質流的「去毒性能(detoxification)」特性確實並不屬於資源生產力之討論範疇，應該依賴風險管理等相關研究方法進行補足，但在「去物質化(Dematerialization)」部分卻不然，如未將資源的可再利用性、稀少性等特性納入考量，那麼將難以彰顯資源本身之價值。

2.3 制度分析與發展

「共同的悲劇(The tragedy of the commons)」(Hardin, 1968) 肇因於某些資源本身具有外部性，導致最終的使用狀態極度不效率。此概念自 1968 年至今已逾四十載，已有難以勝數之研究在探討如何改善與管理這方面問題。而共同的悲劇這種因所有人過度開採資源而導致快速耗竭之現象，原因來自於人類的自利心態與資源具有「敵對性(Rivalrous)」但並沒有「排他性(Excludable)」。因此，具有敵對性但不具有排他性資源一般統稱為「共有財」或「共有資源(common-pool resources, CPRs)」。

CPRs 定義相當明確，能夠應用的範圍也相當廣泛；然而其中大部分所討論與實踐之領域主要還是圍繞在社會科學方面，並未擴展到自然科學層面。但其背後包含的資源有限概念，以及藉由合作與管理能夠帶來更多價值的可能性卻是此處討論資源生產力不可或缺的一部分。

CPRs議題方面雖然在環境經濟學領域上有許多不同案例的獨到研究，但其中多數皆為針對性研究，以解決特定問題為前提，並未建立起系統性研究方法。因此為了更深切地探索CPRs議題，印第安納大學的Elinor Ostrom教授以其畢生歲月與麾下研究團隊集結而成「制度分析與發展 (Institutional Analysis and Development, IAD)」的研究架構(Ostrom, 2010)。並且亦以此領域之研究獲得2009年諾貝爾經濟學獎。

IAD之理論背景主要由「賽局理論(Game theory)」而來，分析賽局內不同決策者基於內在與外在諸多動機所產生之行動可能性，探討應如何設計與運作才能夠增加合作機率。其中可能產生之變因與條件千變萬化，因個案差異而有不同情境。但終究能夠從其中整理出一些分類，以較全面之輪廓進行分析討論，此即為IAD研究方法之概要。

時至今日 Ostrom 已與許多其他領域之學者進行過合作計畫，分就不同領域進行 IAD 方法之施行與驗證。其中最知名的研究成果有漁業資源、林業，以及灌

溉系統。與本研究之探討主題相較，其主體性相當明確，屬於針對特定共有資源進行資料收集與分析討論。但本研究之研究目的並不在此，並非研究特定共有資源之運用狀況，而是希望藉由不同方法的結合，能夠將制度分析帶入當前物質流分析後端的政策規劃當中，以更具基礎之理論評估與資源生產力相關政策之改善成效。

因此最應先行闡明處，即為何政策評估必須先從制度分析著手。任何領域之政策皆有其必經發展歷程，包含事前審議、事中管制以及事後評估，在如此周全的檢視下才能確保政策能夠達到原先所擬訂之目標。臺灣於此方面之研究與執行面並未如此嚴謹，不管是事前、事中、或者事後都慣以評估稱呼。而本研究重點亦無法涵蓋所有部分，為了回應前端資源生產力指標探討，將會把重心放在回顧過往廢棄物管理制度及其制度對當前資源運用的影響，屬於事後的評估。並且希望藉由確認當前制度與政策成效之後，能夠協助往後的資源政策在制定與成效評估時擁有完整的依據與理論基礎，依照更嚴謹之分析方式進行政策成效評估。

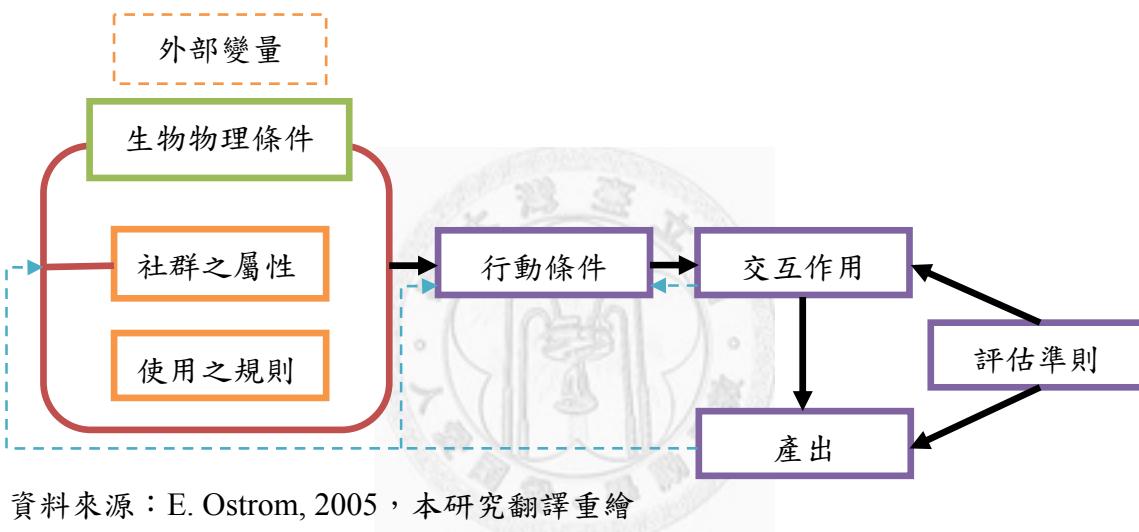
政策施行後是否能夠適當地達到政策目標，最重要者為建構方案之理論模型。若欠缺理論基礎，則極易導致投入人力物力後政策卻無法得到預期效果，甚而產生反效果之意外亦屢見不鮮。這彰顯出政策施行層面上制度的重要性，若政策並無法清楚地知道其所處之生物物理環境、社會經濟環境、有多少利害關係人、參與者依循著怎樣的文化與規則在行動；那麼將顯現出理論運作的薄弱處，更遑論之後尚須確認能否施行無礙、資源支持與否。

故制度分析屬政策評估中相當重要之一環，必須先確認當前制度環境所處狀況，才能夠逐步分析推斷後續政策導入的影響，以及對政策運行與成果產生信心。也基於以上立論，實際制度分析之目標與運作方法就在描述制度內各式「使用規則(rule in use)」之間的影響，以及制度內行為者們依循各式規則所作出之決策與後續結果。

使用規則之概念除了詳細記載規範之法律、成文規定、管理規則外亦將實際制度內一些包含了默契、傳統、潛規則等不成文但眾人依然遵循之規則納入。反之若一些規則儘管有明文規定，但體制內的所有利害關係人並未切實地執行，則其所占份量將不如實際執行之潛規則重要。

綜合以上概念，制度分析之整體輪廓可整理如圖 2.2 所示。

圖 2.2 制度分析之架構



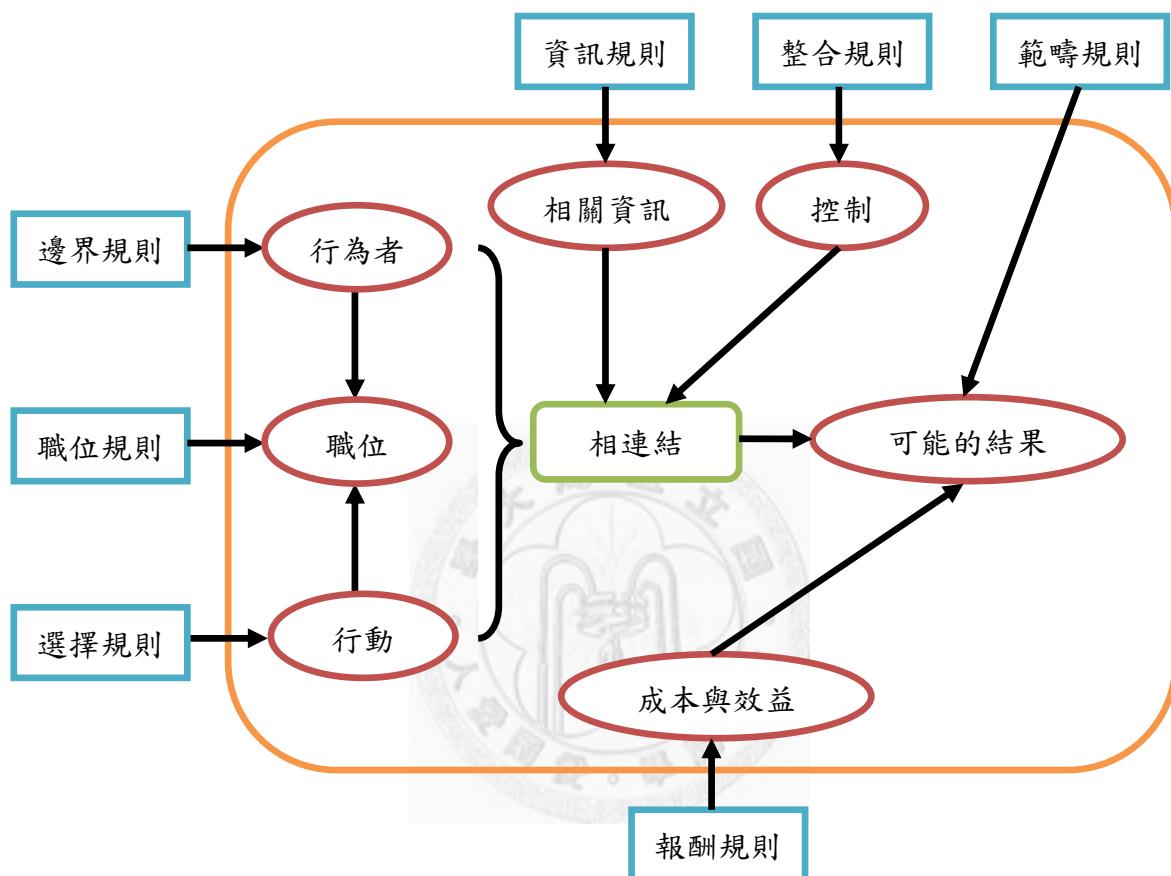
資料來源：E. Ostrom, 2005，本研究翻譯重繪

圖 2.2 為任何體制內運行之制度輪廓。圖中各點分述如下。

1. 生物物理條件：意指外在客觀條件，亦包含所分析之資源特性。
2. 社群之屬性：社群之歷史、文化、知識、社會資本，以及有哪些人會參與其中等要素。
3. 使用之規則：為制度分析重要要件，原因及內涵已於前論述。
4. 行動條件：外部變量屬個人行動條件的重要因子，並因這些因子而組成當前行動條件，在進行互動後依循評估準則進行產出。實際情境中，人會因價值判斷與外在環境改變後修正原有決策依據，因此圖中同樣繪出回饋機制，使得整體展現出循環樣貌。

其中，最重要的使用規則可再逕行細分為七類，並且產生不同的行動條件。整理如圖 2.3 所示。

圖 2.3 外部變量內各式規則對行動條件之影響



資料來源：E. Ostrom, 2005，本研究翻譯重繪

由圖 2.3 可知，對一行動條件而言共有七種規則在影響，分別為邊界規則、職位規則、選擇規則、資訊規則、整合規則、報酬規則，以及範疇規則。此七類規則針對行動決策內不同的考量發揮影響力，也從而決定最終可能的結果。以下將此七類規則整理成表 2.2 進行說明。另外，制度之演變如以此框架進行分析時可能會有碰到未定義之規則，為了完整起見亦將預設狀態整理成表 2.3，以茲說明在未發展出更多規範前之樣貌，做為「自然狀態(state of nature)」之假設。

表 2.2 規則分類表

規則名稱	原文	內涵
邊界規則	Boundary rules	決定行為者如何進入或離開系統
職位規則	Position rules	決定有多少種職位，以及每種職位多少人
選擇規則	Choice rules	規範各職位有多少行動可以或不可以執行
資訊規則	Information rules	說明是否允許交流資訊，以及分享之方式
整合規則	Aggregation rules	行為者們之決策應如何產生
報酬規則	Payoff rules	行為者們之成本與效益總量及應如何分配
範疇規則	Scope rules	說明最終結果受到哪些因素影響，及其可能性

資料來源：E. Ostrom, 2005，本研究翻譯整理

表 2.3 預設狀態

預設邊界狀態	任何人皆可進入
預設職位狀態	不存在正式職位
預設選擇狀態	任何人皆可執行可能的行為
預設資訊狀態	每個人皆可自由流通任何資訊
預設整合狀態	行為者獨立判斷與行動，集體產出為所有人產出之總合
預設報酬狀態	任何人皆可獲得與捍衛其可能的個人成果
預設範疇狀態	每個人皆可在可能的範圍內影響世界狀態

資料來源：E. Ostrom, 2005，本研究翻譯整理

在建構出制度整體框架後，即可進入規則演進之細節。以上雖是以“規則”來描述制度內容，但其實七種規則皆可依其強度分為規範與規則二類。規範屬於強度較低之「應為(Should, S)」，而規則可再分為「需要(Required, R)」、「允許(Permitted,

P)」、「禁止(Forbidden, F)」，為方便起見統一以規則稱呼，唯其內容會再分為 SRPF 四類。

以上內容即為 IAD 框架，依照此研究方法針對想要分析的制度規則進行分類與剖析後，即可整合出當前制度樣貌，並且作為新政策導入時因應其變化之載體。

2.4 環境資源政策與方案評估

藉由某些措施或行動來改善公共議題的計畫稱為政策，因此希望扭轉當前環境資源使用情形之政策即為環境資源政策。這裡所論之資源單純以物質資源為限，而非廣義上土地、空氣、水、生物多樣性等一起納入討論的環境資源。因為一般而言並不可能以單一政策要求有非常廣泛的影響效果，在設計與研究上會具有針對性，而且目前在「資源政策(Resource Policy)」的定義中依然清楚地標示了以「物質(Materials)」作為主軸。例如發表相關研究的期刊 *Resources, Conservation and Recycling*、*Resources Policy* 等皆如此定位。

而在政策部分，時至今日對政策成效之研究尚未有一體適用之典範出現，主要原因在面對不同議題時會有非常多樣的作法；因此無法以統一的衡量方式套用在所有案例上，也不容易進行各政策工具間的成效比較，因為若以單一指標衡量將顯得過於狹隘，實際上不同的政策工具能夠產生的效果也不盡相同(IGES, 2010)。例如命令與管制型政策工具和經濟型政策工具兩者相比，成效何者較佳之爭論由來已久，但至今依然未有定論，時常需要視情況進行抉擇或合併使用。故政策之成效顯不顯著完全反應在是否有達到原本預期之目標，若有完整地改善原有問題，那麼即為成功政策；反之若未能達到預期成果，則表示存在改善空間。無法更詳細地討論政策過程中每一個環節對結果的貢獻有多少，也無法證實若使用不一樣的方案，效果會更好或更糟。

所以當前與環境資源政策相關之研究重點皆放在有哪些政策工具、施行過程有哪些影響因子、最終成效描述、如應改善則有哪些建議等(Ekins, 1999; Mazzanti &

Zoboli, 2008; Melanen et al., 2002; Roach & Wade, 2006; Rouw & Worrell, 2011; Soderholm, 2011)。如果想要對較全面之政策成效進行評估，單純以一種或少數政策工具為研究重心將不足以完整描述出政策介入問題前後，系統整體的變化情形。其根本問題在每一個案間不管是時間序列上、地理空間尺度上、族群特徵表現上都或多或少存在差異。並且各式政策工具之間的使用亦非完全互斥，並不是採用了甲方案就不得實施乙方案，而是在大多數的時間裡會綜合施行，假若甲方案施行一半，發現成效不夠理想，馬上就會繼續施以乙方案，甚至在一開始就將所有可能有用的方案全部投入施行，以求更迅速地達到目標。卻從未考慮各政策本身的特性與成效，若單純浪費社會資源或可補救，但如果是造成反效果則反而得不償失。

因此環境政策評估之切入點應該在當前相關領域的制度層面：相關的行為者們在決定他們的行為時是考量哪些規範。只要能夠釐清其中關係與輕重，就可以整理出該資源領域內相關管理與運用制度的演化樣貌，並且從中向後擴張分析出當一項新政策介入時將會改變哪些部分，以及是否能夠達到原本預期的目標。

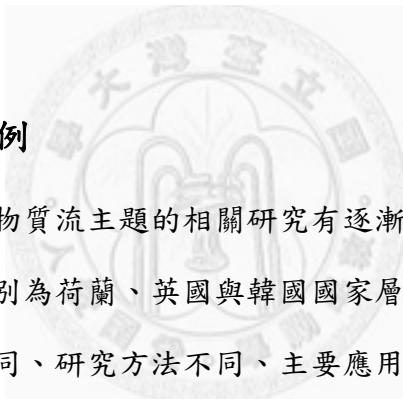
而在有了這樣的基礎之後，就是一項政策的評估流程應該如何體現，以及該有哪些步驟與注意事項問題。一套由來已久的評估流程稱為「方案評估(Program Evaluation)」，用來衡量方案或政策之成效。

依據「社會與行為學百科全書(International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences)」所錄，自古羅馬時期就有觀察稅收政策變動對收益的影響。隨著時間更迭，1960 年代之後從美國開始，逐漸廣泛運用在各層面政策，並且也正因為大量施行，1970 年代美國「教育評估標準聯合委員會(the Joint Committee on Standards for Educational Evaluation, JCSEE)」著手制定方案評估標準，最後甚至納入「美國國家標準委員會(American National Standards Institute, ANSI)」，成為目前普世標準(Spiel, 2001)。

方案評估標準可分為四類，分別是實用性(Utility)、可行性(Feasibility)、正當性(Propriety)以及準確性(Accuracy)。實用性表示該方案確實符合利害關係人所需，可行性表示包括經濟等各方面皆可行，正當性表示該方案能夠保護受影響個人的權力，最後的準確性標示了資料以及最終衡量成果精確可信賴。

總體而言，方案評估為衡量政策成效之工具，但是並沒有保證成功的秘方(Spiel, 2001)。如果依其流程與標準，納入良好指標以及現況制度分析，將有助於整體政策之評估，避免無謂的混淆與臆測。

此處僅回顧環境政策與方案評估之概念，對於方案評估與資源生產力指標、制度分析的結合運作方式因至今尚屬不同領域之研究，因此將留到後續研究方法章節再行說明。



2.5 紙類物質流研究前例

時至今日，紙類作為物質流主題的相關研究有逐漸在增加，此處挑選最為相關的三篇作為重點說明，分別為荷蘭、英國與韓國國家層級的紙類物質流分析。這些文章雖和本研究國情不同、研究方法不同、主要應用層面不同；但此三篇研究發表年代有先後順序之別，分別標示了紙類物質流研究的歷史進程。因此對於本研究在紙類物質流的分類、後續結果建議上都有可借鏡之處，故本節將對這三篇研究酌與摘要回顧。

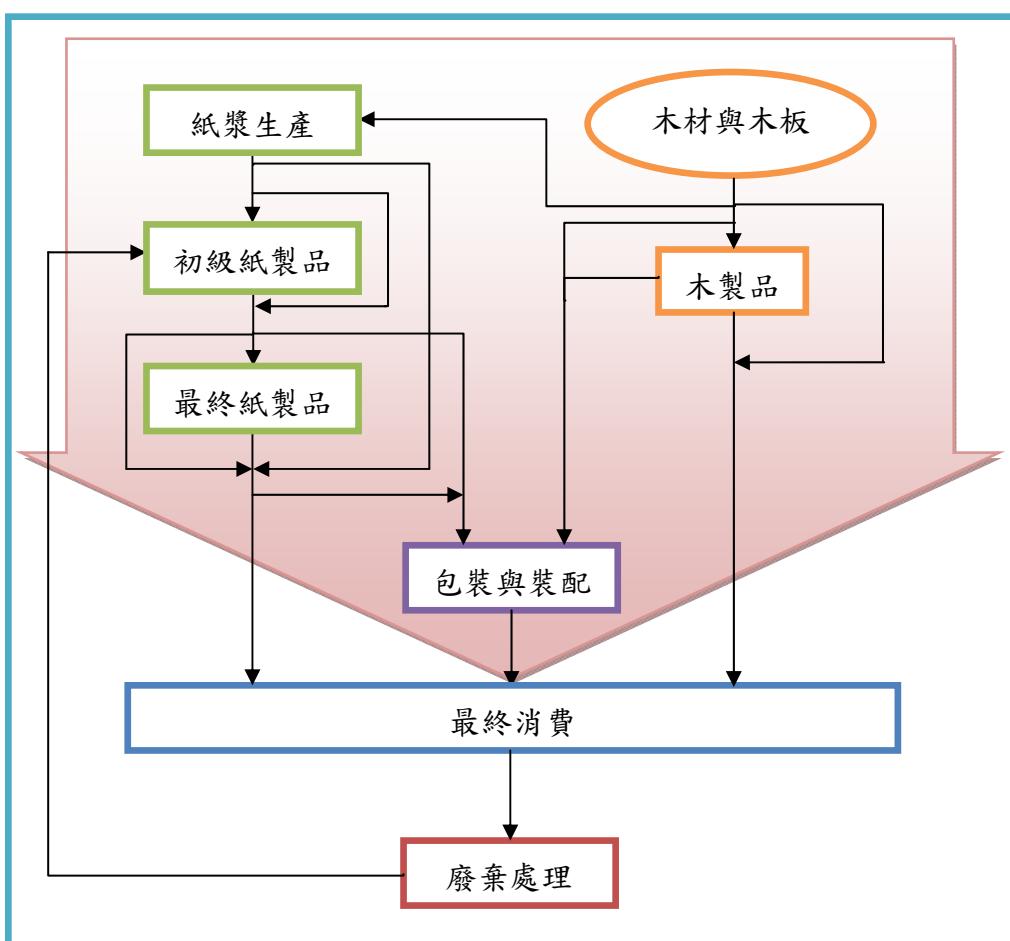
2.5.1 荷蘭紙類物質流分析

Hekkert等人於2000年完成一份荷蘭紙類與木頭物質流分析(Hekkert et al., 2000)。該研究和過往研究方法上最大的區隔在嘗試使用STREAMS方式進行物質流分析。STREAMS主要是運用經濟系統統計出之貨幣量為單位，再經轉化後成為物理流量，並非傳統上直接對物理量進行盤查推估。此方法之優勢在資料來源一致，不會有常見的多重來源所導致流量不吻合問題。其成果如圖2.4所示，因須借

鏡處為系統框架而非完整流量，故只標示出分類與流向，省略該研究盤查出之實際數值。

但同樣此種研究方法依然存在極大研究限制。因資料來源為貨幣，在轉化為物理重量時需要依賴轉換係數，可惜研究上無法窮盡所有相關財貨在貨幣與重量兩者間百分之百正確的轉換係數，因此存在無可避免之轉換誤差。

圖 2.4 荷蘭 1990 年木頭與紙類物質流



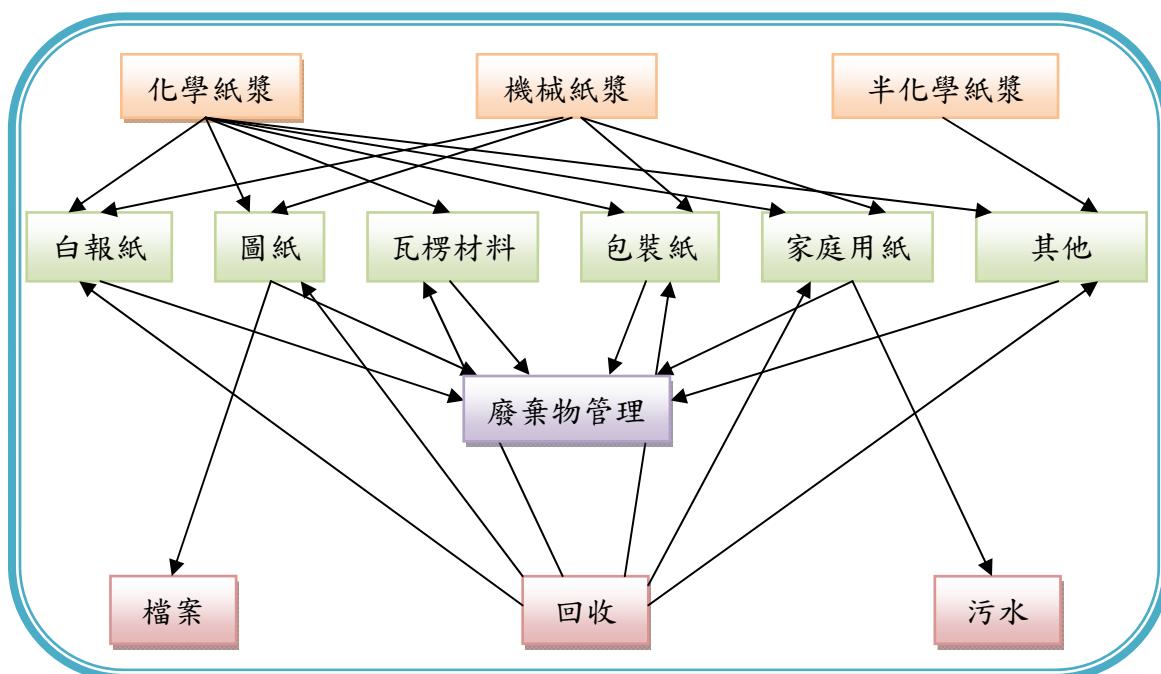
資料來源：Hekkert et al., 2000，本研究翻譯重繪

由其研究成果圖，可見當年因為研究方法與資料來源之故，而未將整體紙類與木頭的使用流程進行更詳細切割以及分析，只粗略地分為初級製品以及成品二類。但已可看出該類物質整體流量離型，屬於紙類物質流研究濫觴。

2.5.2 英國紙類物質流分析

Sundin 等人於 2001 年進行一項英國紙類消費所引發的能源消費研究，資料區間為 1987 至 1996，並且進行後續變化推估至 2010 年(Sundin et al., 2001)。該研究和之前的荷蘭案例相比，因為紙類物質流要再延伸作為能源消費基礎，所以在產品分類以及製造程序上需要有更完整的分層架構。而此分類方式亦成為後續紙類物質流研究中的常見分類。其紙漿與紙循環模型見圖 2.5。

圖 2.5 英國紙漿與紙循環模型



資料來源：Sundin et al., 2001，本研究翻譯重繪

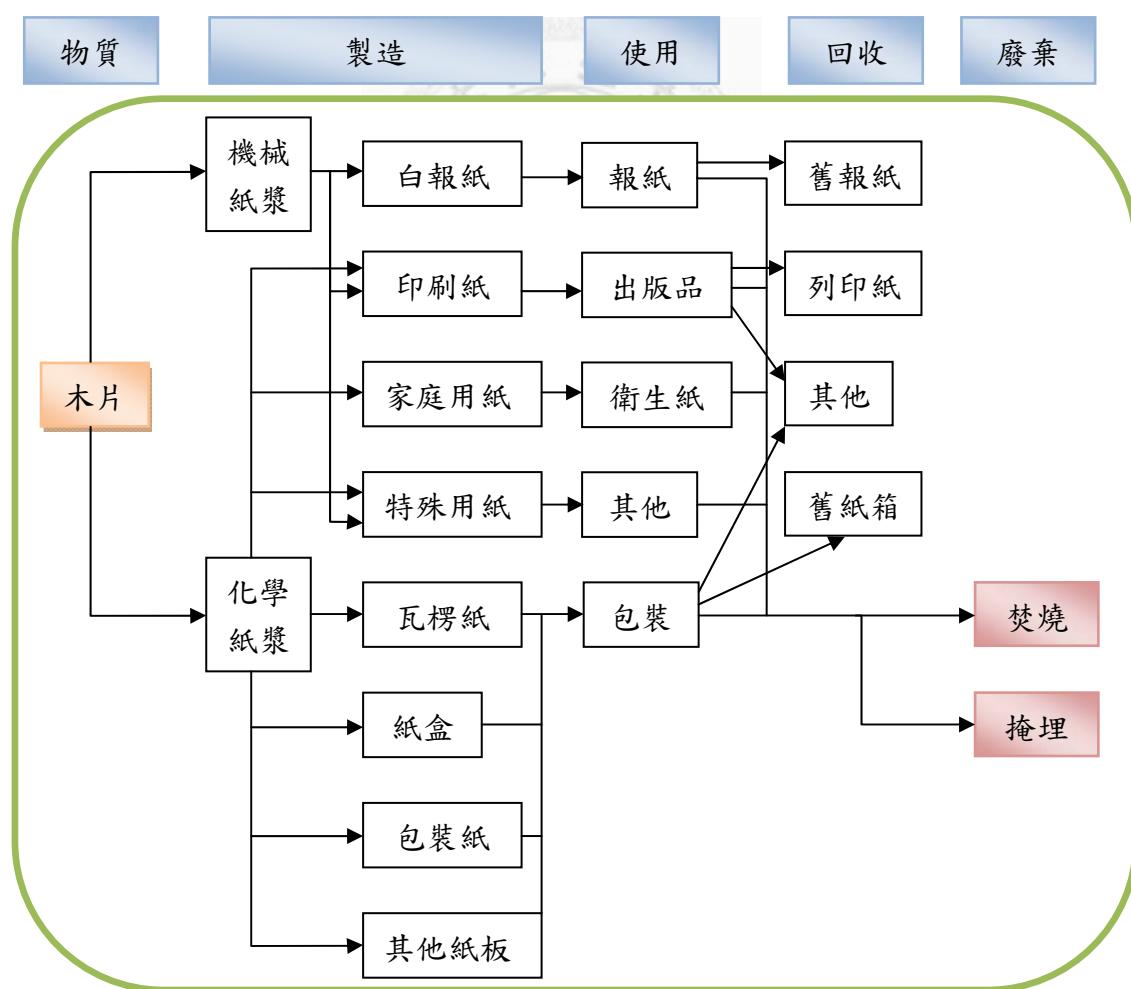
在此模型基礎下，他們藉由盤查出物質流資料推估英國在相關物質使用上歷年所耗用的能源量，並且設定不同情境推導可能產生的變化趨勢。其整體能源消費趨勢相當可觀，但因與本研究相關性較低，此處略過不表，僅摘要最重要的紙類物質流模型。

2.5.3 韓國紙類物質流分析

2011 年有一篇關於韓國的紙類物質流研究刊登在 *Resources, Conservation and Recycling* 期刊上，作者為 Hong 等人。該篇研究題目即為 Material flow analysis of paper in Korea，但可能因為研究範疇太廣，屬於較長期之研究，所以目前只刊載了關於資料收集與模型計算的第一部分，之後也許還會有相關延續研究發表(Hong et al., 2011)。

其研究所用之物質流模型為圖 2.6。受限於版面因素，省略進出口與回收流向，但已可從圖中觀察到相當詳細的紙類物質流分類以及流向。

圖 2.6 韓國紙類物質流模型



資料來源：Hong et al., 2011，本研究翻譯重繪

該研究使用傳統的物質流盤查模式建立，並且在後續進行「平均值絕對誤差(Mean Absolute Error, MAE)」與「平均值絕對百分比誤差(Mean Absolute Percent Error, MAPE)」兩種評估方式，以衡量韓國不同年代紙類物質流模型精確度。有助於後續物質流相關研究在資料收集以及數據計算的精確度。

此物質流模型已相當完整，其生命週期分類方式亦與本研究所需相當近似。並且後續的精準度計算也隨著時間推進，在越接近現代資料越齊全的情況下呈現出更精確的趨勢。由此可見此物質流模型之設計架構頗具可行性，再經過些許本土資料補充修正後，即可作為本研究紙類物質流模型。

2.6 臺灣當前廢棄物管理政策

臺灣廢棄物管理政策包含面相極廣，發展歷程亦久，如欲詳細說明當前狀況則必然需先從過往發展脈絡著手。因此以下將依照時間分為兩節，第一節為臺灣廢棄物政策發展史，第二節為當前廢棄物管理政策。

2.6.1 臺灣廢棄物管理發展簡史

表 2.4 廢棄物管理大事紀

1984	09.20	院頒「都市垃圾處理方案」，垃圾處理短期以掩埋，中長期以焚化為主
1987	03.12	行政院環保小組第十次委員會議通過當前行政院衛生署環境保護局所提之「事業廢棄物管制近程措施」
	05.12	發布「有害事業廢棄物認定標準」
	08.22	行政院環保署成立
1988	11.11	修正廢棄物清理法明定一般廢棄物回收
1989	04.13	成立「經濟部暨環保署工業減廢聯合輔導小組」
	06.26	公告「廢寶特瓶回收清除處理辦法」
	10.06	公告暫停進口廢五金核章
	10.11	執行外星人計畫(資源回收計畫)。開始推動垃圾分類回收工作，由汽水公會成立之惜福基金會自荷蘭進口大型「外星寶寶」資源回收桶
1990	05.09	擬訂「廢棄物清理設施改善計畫」，由環保署統一購置以節省購置費用及協助

		地方加速汰換垃圾儲存、清除設備
	12.10	與退輔會榮工處簽訂「事業廢棄物示範焚化處理廠工程及操作維護協議書」 籌建大發「特殊性廢棄物焚化處理廠」
1991	07.31	發布「一般廢棄物清除處理費徵收辦法」
	08.30	公告「一般廢棄物清除處理費附加自來水應納水費之百分比、自來水供水區未接管使用自來水地區及非自來水供水地區居民每戶每年應徵收之清除處理費金額及按戶徵收每年之徵收期數」
	09.02	訂定「臺灣地區垃圾資源回收(焚化)廠興建計畫」，由政府興建 21 座焚化廠，其中臺灣省計畫興建之焚化廠由環保署成立「垃圾焚化廠興建工程處」負責興建
1992	01.27	成立垃圾焚化廠興建工程處
	03.16	寶特瓶每支 2 元押瓶費方式回收
1993	01.29	發布「有害事業廢棄物輸入許可辦法」
1994	04.15	發布「廢一般容器回收清除處理辦法」將廢寶特瓶、廢鋁罐、廢鐵罐、發泡塑膠廢容器及廢玻璃瓶、鋁箔包、紙容器等容器整合為廢一般容器
	06.08	行政院核定「維護公共安全方案—醫療廢棄物管理部分」，環保署與衛生署自 1994 年至 1998 年依方案所訂醫療廢棄物妥善處理目標，辦理相關措施
1995	01	頒定「多氯聯苯廢棄物定期處理辦法」
1996	01.01	試辦「全國資源回收日」計畫
	03.01	訂定「鼓勵公營機構興建營運垃圾焚化廠推動方案」，計畫再興建 15 座垃圾焚化廠
	06.15	行政院核定「廢棄物輸入輸出管理方案」
1997	01.01	提出全民參與回饋式資源回收四合一計畫(結合社區民眾、地方政府、回收商及基金，對具有回收再利用價值或有嚴重污染環境之虞之一般廢棄物，共同進行回收工作，參與回收之民眾及回收商可獲得合理利潤或獎勵)
	01.01	寶特瓶回收獎勵金改為每支 1 元
1998	06.01	公告「資源垃圾之類別」，將垃圾區分為資源垃圾及一般垃圾
	07.01	成立資源回收管理基金管理委員會
	08.01	第一批公告大型事業及國營事業(共 76 家)應以網路申報廢棄物流向
	09	設立「資源回收專線」免費服務電話
	09.03	實施廢車回收獎勵金
	11.17	行政院為徹底解決全部封閉及停止之河川行水區內鄉鎮市垃圾棄置場問題，核定「河川行水區內鄉鎮市垃圾棄置場處置計畫」
1999	01.06	「廢棄物清理執行機關實施資源回收變賣所得款項運用原則」，規定清潔隊變賣資源回收物所得款項，應納入公庫預算，其中至少 30%回饋於配合資源回收之機關、團體、學校、村里、社區或其他相關單位，其餘得作為從事資源

		回收工作相關人員個人獎勵金、購置相關機具設備或推動資源回收工作相關業務
04		針對不同的行業類別進行公告第二批至第五批事業，應以網路申報廢棄物流向。
07.14		修正廢棄物清理法明定執行機關辦理一般廢棄物回收
11		與榮民工程公司議價完成，由榮民工程公司協助進行大發工業區堆置廢五金拆解廢棄物之焚化處理
2000	01.17	頒定「全國事業廢棄物清理管制方案」
	04.01	寶特瓶回收獎勵金改為 0.5 元
	09	建立 0800 免付費之事業廢棄物申報諮詢服務專線
	09.11	訂定「非都市土地申請變更為廢物品及容器資源回收機構設施使用之興辦事業計畫審查作業要點」，作為回收業於非都市土地申請變更之審查依據
	10.21	成立「事業廢棄物管制中心」
2001	04.03	為使事業廢棄物基線資料的建置完善，執行「事業廢棄物流向追蹤督導管制計畫」
	05.11	行政院核定「鼓勵公營機構興建營運一般事業廢棄物(含垃圾焚化底渣)最終處置場設置計畫」
	06.22	環保署為加速處理各地區囤積之醫療廢棄物，公告「感染性醫療廢棄物處理緊急應變期間以煉鋼業電弧爐支援處理之認定原則」，將電弧爐業者納入應變處理體系
	10.24	修正廢棄物清理法增加原料之製造輸入業者納入應負回收、清除處理責任
	10.24	「廢棄物清理法」修正公布，授權由目的事業主管機關訂定事業廢棄物再利用管理規定
	12	建立全世界第一套越境處理之流向追蹤管理系統
	12	建立事業廢棄物清除 GPS 追蹤系統
	04	成立「事業廢棄物流向追蹤及查核專案小組」(後改為「環保稽查大執法行動計畫專案小組」)
2002	06.01	取消寶特瓶回收獎勵金
	06.26	訂定「事業辦理廢棄物清理及資源減量回收再利用績效優良獎勵辦法」
	07.01	第一階段購物用塑膠袋限制使用，管制對象包含政府部門、國軍福利品供應站、公私立學校及公立醫療院所等
	07	建置聯單統計 OLAP(線上分析)系統及建置定期發送 e-mail 之功能，即時通知業者申報管制訊息
	07	擴大公告應上網申報之事業 11 大類及應檢具清理計劃書之各行業，共 14,953 家
	07.03	公告「資源回收再利用法」

	10.01	第一階段塑膠類(含保麗龍)免洗餐具限制使用，管制對象包含政府部門、國軍福利品供應站、公私立學校及公立醫療院所等
	10.09	發布「應回收廢棄物回收清除處理補貼申請審核管理辦法」，規範回收清除處理補貼申請、審核之程序
	10.11	公告「一般廢棄物－垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」
	12.10	實施「應裝置即時追蹤系統之事業廢棄物清運機具」第一批公告：液態有害事業廢棄物之清運機具。
2003	01.01	第二階段購物用塑膠袋及塑膠類(含保麗龍)免洗餐具限制使用，管制對象包含百貨公司、購物中心、量販店、超級市場、連鎖便利商店及有店面餐飲業等
	01.02	修正發布「廢棄物輸入輸出過境轉口管理辦法」，列管對象除有害事業廢棄物外，增列一般事業廢棄物及屬國際公約管制之一般廢棄物
	04.07	公告「屬產業用料需求之事業廢棄物種類」
	04.22	公告「禁止輸入之事業廢棄物及一般廢棄物種類」
	04.24	公告「一般廢棄物－廚餘再利用管理方式」
	07	將「事業廢棄物共同清除、處理機構」、「設有中小型廢棄物焚化爐之事業」、「再利用機構」及「設置廢棄物清除處理設施之機構」納入列管
	07.09	訂定「再生資源回收再利用績效優良獎勵辦法」
	08.19	核定「垃圾清運民營化推動專案小組設置要點」，並成立「行政院環保署垃圾清運名營化推動專案小組」，積極推動垃圾清運民營化
	12.04	行政院核定「垃圾處理方案之檢討與展望」，訂定我國「垃圾零廢棄」政策目標
	2004	「挑戰 2008：國家發展重點計畫－綠色產業－資源再生利用計畫」，共分四大子計畫
	02.27	實施「應裝置即時追蹤系統之事業廢棄物清運機具」第二批公告：感染性事業廢棄物、有害污泥、有害集塵灰、焚化爐飛灰、焚化爐底渣之清運機具
	03.11	修正「環保科技園區推動計畫」，設置四座園區，總面積 123 公頃
	03.19	訂定「臺灣地區垃圾處理後續計畫」，共分為三子計畫：垃圾處理計畫、已封閉掩埋場垃圾移除及土地再生復育計畫及垃圾掩埋場滲出水(含水肥)區域集中處理場興建計畫，實施期程自 2004 年度起至 2006 年度止
	12.17	公告「一般廢棄物－水肥再利用管理方式」
	2005	第一階段垃圾強制分類計畫於直轄市、省轄市及宜蘭縣、台中縣、高雄縣等 10 個縣市全面實施，其他縣則採部分鄉鎮市示範性推動。
	01.05	訂定「一般廢棄物焚化廠廢棄物進廠管理規範」
	04.01	實施「應裝置即時追蹤系統之事業廢棄物清運機具」第三批公告：甲級公民營廢棄物清除、清理機構清除事業廢棄物之清運機具、清除有害事業廢棄物、

		焚化爐灰渣之清運機具
	12.01	於東京「臺日經貿會議」中，正式簽定「亞東關係協會與財團法人交流協會間關於控制有害廢棄物越境轉移及其處置之協定」，並自 2006 年 1 月 1 日起生效實施
2006	01.01	第二階段垃圾強制分類計畫臺灣地區全面實施
	03.15	行政院核定「新竹縣及苗栗縣二座焚化廠興建政策評估」，停建新竹縣焚化廠
	04.17	修正「執行機關一般廢棄物應回收項目」，將廢光碟片及廢行動電話納入執行機關應回收項目
	05.01	修正購物用塑膠袋限制使用規定，取消有店面餐飲業之管制
	05.01	於 13 縣市推動塑膠袋回收再利用試辦計畫
	06.01	公告實施「應裝置即時追蹤系統之事業廢棄物清運機具」第三批公告：清除有害事業廢棄物、焚化爐灰渣、斃死畜禽或畜禽屠宰下腳料之清運機具
	06.21	推動空、水、廢、毒基線資料及申報整合系統規劃計畫
	07.01	政府機關之餐廳於內用飲食時禁止提供各類免洗餐具
	07.01	第一階段「限制產品過度包裝」，管制糕餅、化妝品、酒類的禮盒及電腦程式著作光碟的包裝
	09.01	禁止製造、輸入及販賣汞含量超過 5ppm 之錳鋅電池及非鈕扣型鹼錳之一次電池
	09.01	公私立學校之餐廳內用飲食時禁止提供各類免洗餐具
	10.02	頒定「公有廢棄物掩埋場管理規範」
	12.01	新售錳鋅電池及非鈕扣型鹼錳電池之一次電池，應由製造輸入業者進行產品標示
2007	02.27	再次修正上網申報應檢具清理計畫書之事業公告，下修「營造業」、「再利用機構」列管標準，並新增「建築拆除業」、「應回收廢棄物處理業」、「以桶裝、槽車或其他非管線、溝渠清除未符合放流水標準之廢(污)水之事業」
	03.01	行政院核定「一般廢棄物資源循環推動計畫」，分七大項子計畫
	03.15	訂定「非都市土地申請變更為一般廢棄物回收清除處理設施使用興辦事業計畫暨申請免受山坡地開發建築面積不得少於十公頃限制審查作業要點」
	03.28	公告「限制塑膠類托盤及包裝盒使用」，針對量販店及超市用於包裝蛋類、生鮮食品、糕餅麵包等產品之塑膠類托盤及包裝盒，第一年應減量 15%，第二年應減量 25%
	04.01	擴大至全國 25 縣市試辦塑膠袋回收再利用
	04	公告第五批「應裝置即時追蹤系統(GPS)之事業廢棄物清運機具」，新增包含有清除非有害顯影液、非有害廢鹼、非有害有機廢液或廢溶劑、非有害性混合廢液等事業廢棄物之清運機具；乙級公民營廢棄物清除、清除機構之經許可之清運機具，其車體為槽體式、罐式、罐槽體式、高壓罐槽體式、常壓罐

	槽體式之清運機具；以桶裝、槽車或其他非管線或溝渠清除未符合放流水標準之廢(污)水之清運機具；清除有機性污泥、無機性污泥、非有害油泥、污泥混合物、漿紙污泥之清運機具
06.08	修正「非都市土地申請更為應回收業設施使用之興辦事業計畫暨申請免受山坡地開發建築面積不得少於十公頃限制審查作業要點」，將既存回收業之審查納入規範，並加強對於已通過變更案件之管理
07.01	推動「政府機關學校紙杯減量方案」
07.01	第二階段「限制產品過度包裝」，管制加工食品禮盒
08.01	啟用空、水、廢、毒管理資訊系統(EMS)
08.21	為掌握廢食用油之流向，公告擴大列管產生廢食用油之西式連鎖速食店及麵條、粉條類食品製造業，檢具清理計畫書及上網申報清理流向，共 575 家。

資料來源：行政院環保署，2008，本研究刪節整理

以上表格整理自行政院環保署 2008 年所出版之廢棄物管理三十年紀實。將環保署自 1987 年成立以來，歷年於廢棄物管理方面所有重要事項逐條列出，有助於觀察近年此方面發展樣貌。從這些逐漸增加的規範與法令中，依本研究最為關切的資源運用概念與政府管理方式作分野，可以概略分為三個時期。

第一期為 1987 年環保署成立之前。此時期政府並不認為廢棄物處理屬於公共服務範疇，未曾在此方面進行明文管制與提供服務。但廢棄物處理議題的特徵深具負面外部性，自然而然地使得環境劣化程度逐年加劇。進而造成環境運動的風起雲湧，最終在政治解嚴風潮引領下，促使政府正視此議題，於 1987 年成立環保署，將廢棄物管理議題正式納入政府組織之中。

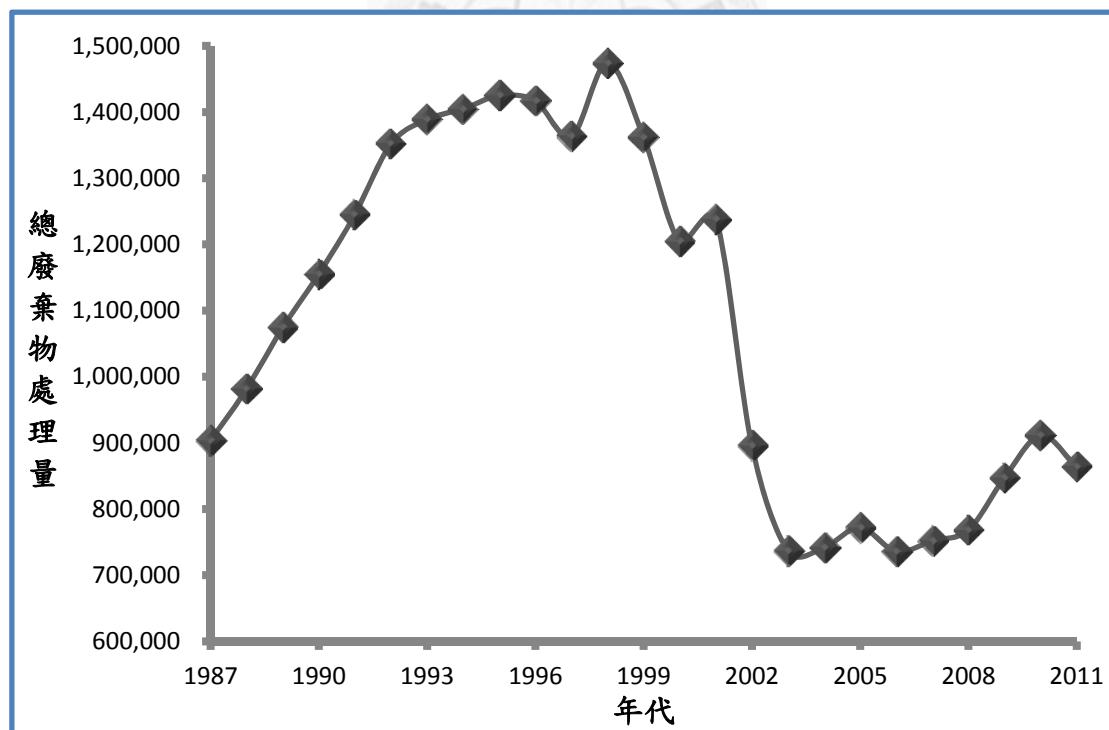
第二時期為 1987 年至 2003 年底。這段時間因為早期未曾在廢棄物管理上有太多著力之處，因此環保單位主要工作項目放在處理當前已發生之議題上。包含設立焚化廠與掩埋場、研擬相關規範與管理辦法、訂定有害廢棄物管理與追蹤辦法、推動資源回收計畫以減輕垃圾處理負擔等。對政府來說，基本的命令與管制類政策工具屬於最大宗慣用手段，不僅方式簡單，同時也具有一定成效。因此在數不清需要管理的項目面前，環保署之態度即為碰到一個問題就限制一個，雖整

體思維為一種亡羊補牢心態，但至少有逐步在改善環境狀態。然而此類著重後端管理的方式潛藏一些難以處理之問題，例如無法看到整體變化趨勢以預測政策成效，以及降低環境衝擊未必完全符合永續方針二類。

第一類問題以廢棄物產生量進行說明。因為全臺灣廢棄物完整統計資料前端只到 1998 年，故僅以臺北市為例。雖然臺北市不具完整代表性，但整體趨勢而言相當接近，並且因為臺北市為臺灣首善之區，時常作為政策示範或試行區域，變化趨勢代表了臺灣未來的極大可能性，此為選其作為資料說明之代表性原由。

圖 2.7 為臺北市自 1987 年至 2011 年間總廢棄物處理量，包含一般廢棄物、一般事業廢棄物、營建廢棄物、廚餘等。

圖 2.7 臺北市 1987 至 2011 總廢棄物處理量



資料來源：臺北市環保局

由資料變化趨勢可見早期廢棄物量逐年高漲，但在過了 1998 年後開始大幅下降，尤其自 2000 年臺北市推動垃圾費隨袋徵收政策之後更為明顯。而臺灣整體變化趨勢亦同，從民國 1998 年 8,992,240 公噸下降至 2010 年的 7,870,665 公噸¹。現象成因來自資源回收推動成果、環境教育推廣成效等；然而此變化趨勢卻並未在最初焚化廠興建案時納入考量，導致興建中焚化廠被迫停工(例如表 2.4 中 2006 年行政院停建新竹縣焚化廠)，甚至有些焚化廠實際處理之焚化量遠低於初始設計量。此現象發生並非因為政策執行成效不彰，而是政策評估與執行時未能一窺全貌。

第二類問題以限用某些物質使用為主。環保署推動之政策有很大一部分為限制使用某些物質，例如含汞電池、塑膠袋、免洗餐具，或者是限制有害廢棄物之出入境與處置方式。然而在實際執行上因為政策目標訂為某種物質之用量降低，但卻可能忽略消費者的行為是否產生轉移。減少塑膠袋的使用是否代表需要更多購物袋？增加的購物袋所造成之環境衝擊是否較塑膠袋低？限制國內有害廢棄物的量與處理途徑，但在非法越境處理與出口方面是否同樣能有效遏止？

這些潛藏的可能性都是在達成政策目標前提下產生。並不能說達到初始預期目標即為成功之政策，因為同時很可能會有許多非預期影響發生，若未曾詳細評估政策之理論模型與影響，則將不斷地重蹈覆轍。

第三時期為 2004 年至今，環保署正式納入零廢棄作為執行目標，分水嶺為表 2.4 中 2003 年十二月四日「行政院核定『垃圾處理方案之檢討與展望』」，訂定我國『垃圾零廢棄』政策目標。直至此時期開始，相關管理制度與政策才有較完整之生命週期概念，以資源取代原有廢棄物觀點。然而並非上位理念修正之後馬上就能反應到所有執行計畫，從 2004 年之後的一連串施政方向依然和第二時期的手法並無太大差別中可見其端倪。例如 2006 年開始推動的限制過度包裝、內用飲食禁止提供免洗餐具等，都還是單純認為某種目標適切，就直接訂定相關規定，未曾有更充分的考量與設計。

¹ 資料來源：行政院環保署中華民國 100 年環境保護統計年報

2.6.2 臺灣廢棄物管理政策近況

臺灣廢棄物管理機制目前之基礎為廢棄物清理法以及資源回收再利用法。廢棄物清理法自 1974 年公布之後至 2006 年共修正九次，計 77 條。其中明確地將廢棄物分為一般廢棄物以及事業廢棄物，而事業廢棄物亦可再分為有害事業廢棄物以及一般事業廢棄物，其定義如下：

一般廢棄物：由家戶或其他非事業所產生之垃圾、糞尿、動物屍體等，足以污染環境衛生之固體或液體廢棄物。

事業廢棄物：

1. 有害事業廢棄物：由事業所產生具有毒性、危險性，其濃度或數量足以影響人體健康或污染環境之廢棄物。
2. 一般事業廢棄物：由事業所產生有害事業廢棄物以外之廢棄物。

一般廢棄物之回收、清除、處理由地方環保局負責。因環保署之零廢棄政策目標，所以在推行垃圾強制分類以及擴大資源回收範圍之後全國平均垃圾清運量降至約每人每日 0.5 公斤，其中具體政策包含「限制產品過度包裝」、「限制乾電池製造輸入及販賣」、「限制水銀體溫計之輸入及販賣」等。並且減少衛生掩埋量、促進焚化廠底渣再利用，此些方案不僅減少了一般廢棄物之產生量，同時也提高資源回收量，表現出這段時間政府在一般廢棄物管理面之成效。

另外環保署在資源回收方面尚有資源回收基金管理委員會(以下簡稱基管會)，統籌管理公告應回收廢棄物之運作基金。該基金源於「生產者責任」精神，自 1988 年開始由民間自組回收組織，向環保署提送回收計畫，經環保署核准後執行回收。1997 年成立基金會，1998 年立法院決議將基金整併改由環保署管理。至 2012 年為止資源回收基金共有八個回收基金帳戶，回收十四項公告應回收廢棄物，項目整理如表 2.5 與 2.6。

表 2.5 八項資源回收管理基金

資源回收管理基金	回收物品
一般物品及容器	含水銀電池、一般容器
農藥容器	農藥容器
機動車輛	汽、機車
鉛蓄電池	鉛蓄電池
潤滑油	潤滑油
輪胎	輪胎
電器	電視機、冰箱、冷氣機、洗衣機
資訊物品	電腦

資料來源：行政院環保署



表 2.6 十四項公告應回收廢棄物

類別	公告項目	類別	公告項目
容器類	1 (1)廢鐵容器	物品類	7 (15)廢乾電池
	2 (2)廢鋁容器		8 (16)廢汽車 (17)廢機車
	3 (3)廢玻璃容器		9 (18)廢輪胎
	4 (4)廢鋁箔包、紙盒包 (5)廢紙餐具		10 (19)廢鉛蓄電池
	5 廢塑膠容器 (6)PET (7)PVC (8)PE (9)PP (10)PS 發泡 (11)PS 未發泡 (12)其他塑膠 (13)生質塑膠		11 (20)廢潤滑油
			12 廢資訊物品 (21)廢 記型電腦 (22)廢機 (23)廢主機板 (24)廢 視器 (25)廢 式 碟機 (26)廢印表機 (27)廢電源器 (28)廢鍵盤
6 (14)農藥廢容器	13 廢電子電器 (29)廢電視機 (30)廢洗衣機 (31)廢電冰箱 (32)廢冷 氣機 (33)廢電風		
	14 (34)廢照明光源		

資料來源：資源回收管理基金管理委員會

環保署藉由基管會的運作促使生產者與回收業者間產生移轉性支付，降低回收業者負擔，以達到更大回收量。因此一般廢棄物進入焚化爐與掩埋場等最終處置量也從而出現逐年下降之趨勢。

臺灣事業廢棄物主要來源有六，分別為營建廢棄物、工業廢棄物、實驗室廢棄物、醫療廢棄物、國廢棄物、農業廢棄物。其管制重心放在稽核與流向追蹤，不管是委處理、再利用或者是越境處理都希望能夠確實掌握所有資訊，避免因蓄意或疏失造成嚴重的環境危害。另外環保署亦於 2004 年開始推動環保科技園區計畫，希望促進產業間投入與產出面之關連性連結，進而擴展至都市主要生活之連結。

整體而言當前廢棄物管理政策目標相當明確，各式方案皆試圖導向零廢棄目標。雖然不管是一般廢棄物或事業廢棄物在妥善處理率上都已提高到接近百分之百，但回收率亦因邊際效果，也越來越難以提高；其中回收量的增加肇因於更多生產與消費，而非處於固定生產消費量的情境下。因此除了推動廚餘回收這類另徑的後端擴大管理範疇手段之外，前端物質使用量降低以及回收再利用技術、應用層面提升都是需要納入考量的方向，否則依照當前管理方式，終將遇到難以逾越之瓶。

第三章 研究方法

本研究之研究方法與流程如圖 3.1 所示。前四節為物質流研究流程與資源生產力計算，第五節為制度分析，兩者作為第六節政策評估之基礎。

圖 3.1 研究方法與流程圖



3.1 研究範疇

傳統上政府於制定與執行與資源相關之公共政策時會將生產、消費、端廢棄等階段分開討論，因而分類出產業政策、經濟政策、社會福利政策、廢棄物管理政策等，以回應原始問題。這些政策分類皆為應運特定政策目標而生，優勢在能夠明確分工，解決特定議題。然而政策之施行，時常並非完全專一化運作於原先規劃之領域內，除本身在目標的發揮效果之外亦有可能帶來許多潛藏外部效果。因此物質流、生命週期評估等研究方法可謂為解決此類因研究範疇不夠廣泛而問題產生之新模式。

本研究為對應於國家尺度上之資源政策，其系統範疇將包含某一年度全國在物質分類前端的原料來源、生產過程中之進出口、流量與流向，後端消費產業以及端最終處置與回收。以紙類物質流為例，選取年份為 2010 年；空間尺度上則是臺灣區域內所用之紙漿、紙張、紙製品、相關紙類 生性產品、回收廢紙等。

制度分析之畫分則改以生產者、消費者、管理者等面相進行討論，其區隔方式轉化為非物質性判定，由利害關係人之立場與行為決定。唯時間與空間尺度亦不脫以上之設定。

3.2 資料來源

資料來源分為質化與量化二部分。量化數據主要由臺灣區造紙工業同業公會所出版之 2011 年臺灣造紙工業統計、環保署出版之民國一百年環境保護統計年報、行政院主計處所公布之 95 年 166 部門產業關連統計表，以及國際原物料價格。選用 166 部門分類之原因為 52 部門分類過於簡略，無法完全反應需分類之物質流向；而 554 部門分類則過於 ，需要之分類於 166 部門已出現，並不需用到 554 部門別。166 部門之分類整理如表 3.1 所示。

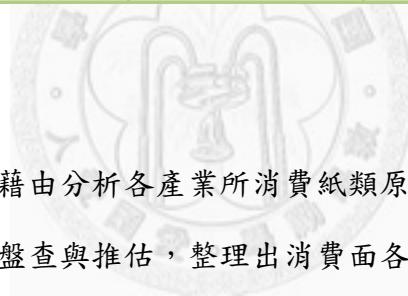
表 3.1 產業關聯表 166 部門別

	雜 農作物	特用作物	水果	
其他園 作物		其他禽畜產	農事服務	林產
漁產	原油及天然氣 產	金屬 產	建築用砂石	其他非金屬 產
屠宰生 及 產	食用油 及 產	製粉		
料	罐頭食品	冷 食品	調 品	製品
果及 食品	其他食品	酒精飲料	非酒精飲料	
及 織品	毛及毛 織品	人造纖維及玻璃纖維 織品	針織布	其他 織品
印染整理	織成衣	針織成衣	織服 品	革
類製品	其他 革製品	製材	合板及組合木材	木竹 製品
紙漿及紙	紙製品	印刷及資料儲存 體複製	石油煉製品	及其他 製品
基本化學材料	石油化工原料	化學肥料	塑膠(合成)	合成 膠
合成纖維	其他人造纖維	農藥及環境衛生用 藥	料、染料及 料	清潔用品及化 品
其他化學製品	醫療藥品	膠製品	塑膠製品	玻璃及其製品
製品	水泥	水泥製品	其他非金屬 物製 品	生鐵及粗鋼
鋼鐵初級製品	鋁	其他金屬	金屬手工具及模具	金屬結構及建築組件
金屬容器	金屬加工	其他金屬製品	半導體	光電材料及元件
印刷電路板組件	其他電子零組件	電腦產品	電腦週邊設備	通訊傳 設備
視 電子產品	空白資料儲存 體	精 器械	發電、輸電及配電 設備	電線、電 及配線 器材
照明設備	家用電器	其他電機器材	金屬加工機械	其他專用機械設備
爐及壓力容器	通用機械	汽車		機車
自行車	其他運輸工具	非金屬家具	金屬家具	育 用品
其他製品	產業用機械設備修 配及安裝	電力及 汽	燃氣	自來水
廢 污 水處理	廢棄物清除、處理	資源回收處理	污染整治服務	工程
其他 工程	公共工程	其他營造工程	商品經紀	批發
零售	道車輛運輸	其他陸上運輸	水上運輸	空中運輸

表 3.1 產業關聯表 166 部門別(續)

運輸輔助服務	儲	政快 服務	服務	餐飲服務
出版品	影片及 出版 服務	廣 及電視服務	電信服務	電腦系統設計服 務
資料處理及資訊供應服 務	金 中介	保險	證 期貨及其他 金 輔助	不動產開發服務
不動產經營及相關服務	服務	法律及會計服務	研究發展服務	廣告服務及市場 研究
建築、工程及相關技術檢 測	設計服務	其他專業及技術 服務	服務	就業服務
行服務	保全及私家 探 服務	建築物及綠化服 務	其他支援服務	公共行政服務
教育 服務	醫療保健服務	居 照顧及其他 社會工作服務	術、 及 服務	人民團體服務
其他社會服務	汽車維修服務	其他修理服務	家事服務	其他個人服務
分類不明				

資料來源：行政院主計處



產業關聯表之用處在藉由分析各產業所消費紙類原料與商品金額後，進行各產業間紙類資源可能流向盤查與推估，整理出消費面各產業之特性與差異。

造紙工業同業公會出版之造紙工業統計年報包含臺灣地區 2010 年各式紙漿、紙張、紙板進出口、生產量、消費量等重要資訊，組成此物質流分析最重要之主體原始資料。而環保署出版之統計年報提供該年度總體廢棄物量、廢棄物焚化、掩埋量、垃圾成分分析中紙類含量、執行單位紙類回收量等物質流後端的處理與回收資訊。

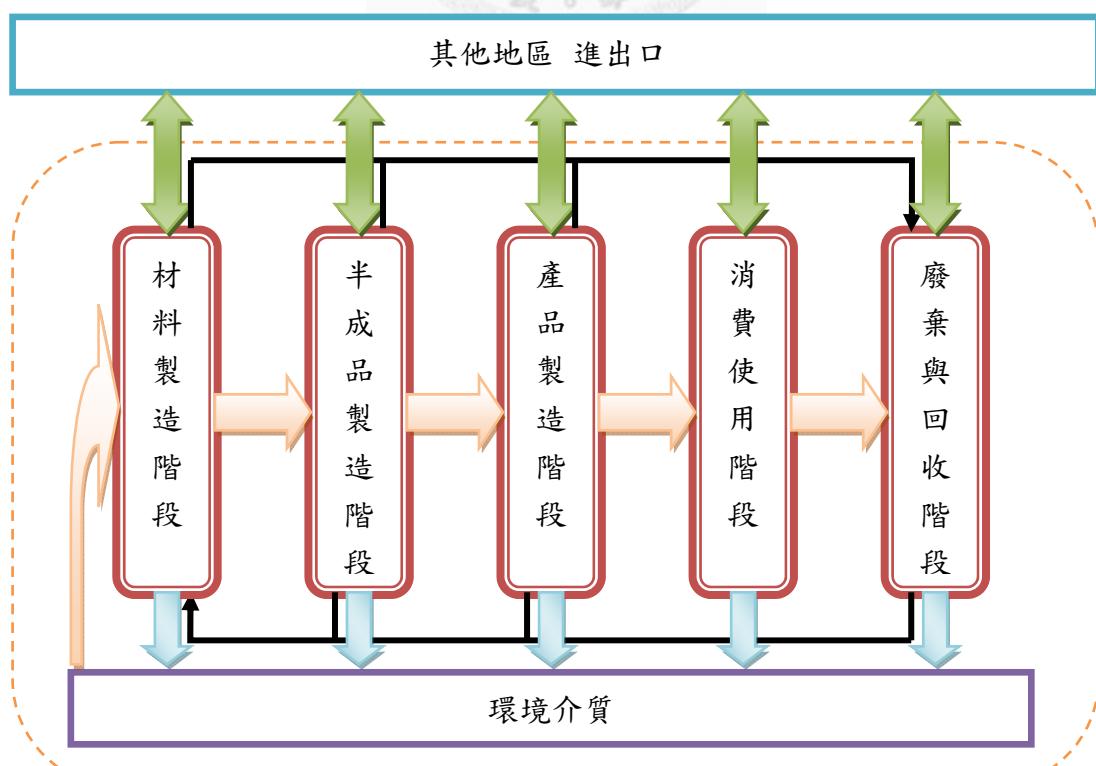
質化資料部分將以文獻彙整分析為主，包含環保署過往相關研究報告、相關產業政策與資訊，以及其他國家相關政策建議等。

3.3 物質流資料盤查與模型

任一種物質流模型皆可由圖 3.2 展示之內容進行資料收集與彙整；為方便述，以下將以紙類作為案例說明。於系統邊界內物質之使用流程可分為自環境開採出之原料，加工過程之半成品、產品，消費使用階段，以及最後的廢棄與回收五類階段。紙類模型中前端原料即為紙漿、半成品為紙張與紙板、產品為書、各類紙製品等。而其中各生命階段皆有可能因生產過程而流回環境介質以及因進出口而產生總量差異。

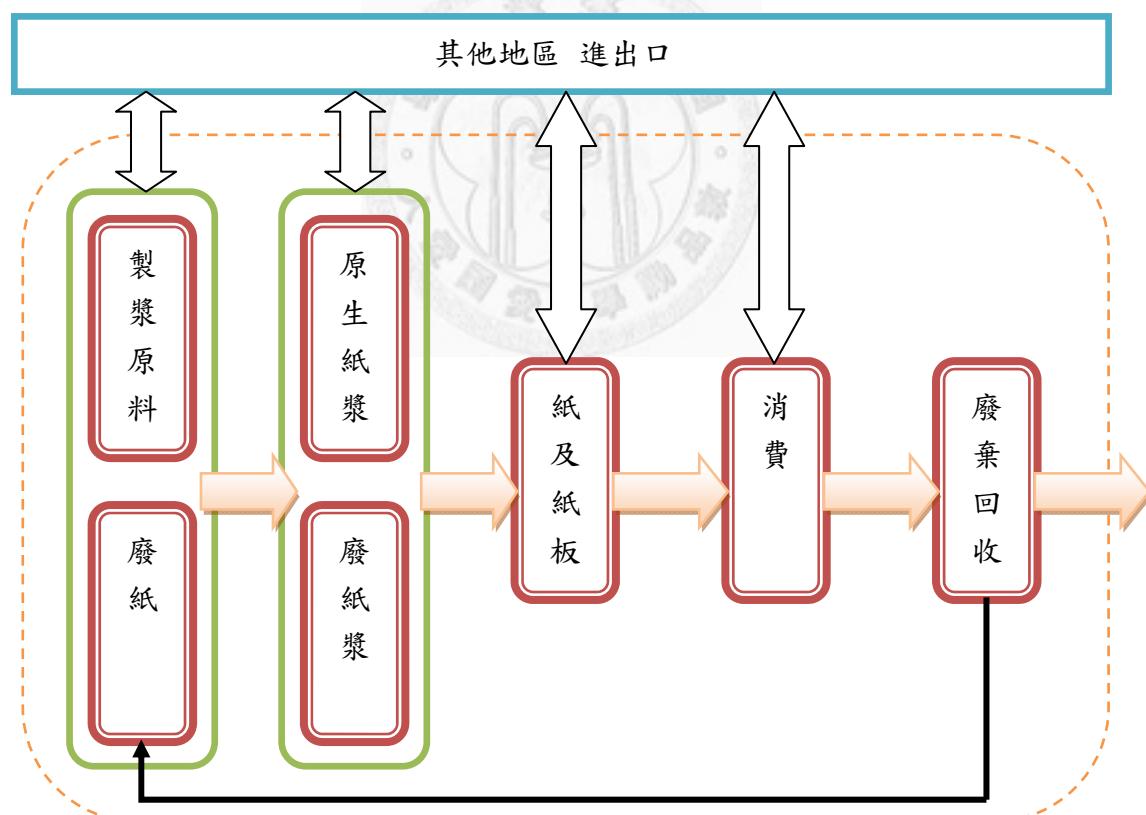
紙類與其他資源物質最大差異在製作過程中並無法完全依賴質量進行推估，會因水分及加物等因素而有些微差異。然而在生產製作過程中卻也不會有環境逸散部份需要盤查，模型建立過程中擁有產品項目較單純、系統內流向較少之優勢。此為紙類物質流需要留意整理之優勢與劣勢，反之其他資源物質則可能有不同注意面相。然而整體模型建立卻終究以該概念圖為基準，整理出所有流量與關係後即完成初步資料收集與整理。

圖 3.2 物質流之生命週期架構



由以上之結構為基礎，可整理出紙類物質流系統圖如圖 3.3 所示。臺灣因不再本土木材作為紙漿原料，而是全部由國外進口之原生紙漿、廢紙以及本地回收之廢紙、木料進行紙類生產，故原料來源將不包含環境介質。另外製作過程中所損失之部分因不適合歸入紙漿、紙張之定義，多為廢水、污泥等，因此亦不會將過程中產生之逸散納入研究範疇。而經過最終處置後，紙類除了回收外流向以焚化與掩埋為主。此處同樣與其他物質流分析不同，雖元素層面依然屬化合物等，但因研究主體並非該類元素之元素流，並不會再以原化合物特性存在，故以離開系統量表示，而非回歸環境介質以得到再利用之機會。

圖 3.3 紙類物質流系統圖



3.4 資源生產力指標計算

傳統資源生產力指標之計算方式及其未盡之處已於前文論述過，本節將著重於新的資源生產力指標應如何計算以及應用來改善原有問題。

過往指標之意涵以每單位物質能夠產生多少經濟價值為主，因為指標中物質使用量計算屬於直接 計當年度該類資源用量而得，只能部分衡量到永續物質管理中需要的減量面相，而忽略了循環再利用面相。因此本研究中新的資源生產力指標希望能夠納入資源回收再利用量， 指標不再單純以總用量進行計算，而是能夠分流出原生資源與再生資源，以茲 別出再生資源價值，從而更全面地描述資源生產力。因為計算概念從生命週期中資源具有回收效益而來，所以新指標名稱訂為「具回收基礎之資源生產力 (Recycling based Resource Productivity, RRP)」。

RRP 之概念為資源在生命週期的不同階段時，將展現出不同效益，完整的資源使用效益必須將不同階段以及未來可能效益一併納入考量。因此主要衡量要素有不同階段中所使用的資源量，在各階段進行加工再製時能夠運用到的資源比例，以及這些資源能夠產生之效益。

數學式表示如下：

$$RRP = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n MR_{i,j} \times P_{i,j} \times U_{i,j}}{MI}$$

1. i 表示第 i 次生命週期，資源經生產、消費、回收後為一次生命週期。從第一次進入系統， 計至第 m 次， m 代表著當前技術該資源之運用極限，為其可用生命週期數。例如金屬回收再利用於製作過程中流失量少，品質不易因回收而降低，其可用生命週期數較大。反之紙類所用紙漿於回收再利用時纖維將不斷變短、劣化，因此其可用生命週期數較小。

2. j 表示第 j 個資源使用階段，材料製造、消費、廢棄回收等分別為一使用階段，若以傳統物質流架構來說，就是分成材料製造階段、半成品製造階段、產品製造階段、消費使用階段以及廢棄與回收階段等五個階段， $j=1 \sim 5$ 。
3. MI 為初始資源投入量。
4. $MR_{i,j}$ 為第 i 次生命週期第 j 個資源使用階段的資源投入量，初始投入 $i=1$ ， $j=1$ 時 $MR_{1,1}$ 等於 MI ，之後的投入取決於資源轉換係數 $P_{i,j}$ 。
5. $P_{i,j}$ 為第 i 次生命週期第 j 個資源使用階段時的資源轉換係數。於實際計算時 $P_j, j=1 \sim (n-1)$ 代表原料製造、產品製造等階段間之轉換比例，例如 100 公噸原生紙漿製成文化用紙 80 公噸，此處 P 即為 0.8。而 $j=n$ 時表示回收再製率，進入下一次生命週期，例如回收 100 公噸廢紙，製成 60 公噸再生紙漿， $P=0.6$ 。
6. 因此理想上物質流量為：
- $$MR_{i,j} \times P_{i,j} = MR_{i,j+1} \text{ (if } j < n) \text{ or } MR_{i,j} \times P_{i,j} = MR_{i+1,1} \text{ (if } j = n)$$
7. $U_{i,j}$ 為第 i 次生命週期第 j 個資源使用階段時利用資源所獲得之效益。
8. RRP 指標在計算時，對過往資源使用效率可使用實際統計值，而在對未來推估時方案有二。一為假設短期未來技術與狀況與當前年份相同，以相同係數推算。二為納入其他可能變化，計算未來係數變化模式進行導正。例如若欲計算 2000 年紙類 RRP，則 2000 至 2010 可用實際統計值計算，2010 之後則用估計係數。本研究之目的並非詳細計算指標精確度，因此僅以 2010 年起始，以當年係數進行估計，呈現 2010 年 RRP 之概略狀況。

RRP 整體計算思維為當資源的使用有更高的效率時可以提高 P ，從而增加每一階段之 MR 量，當能夠產生更大的效益時 U 也能夠隨之提高；以及減少原生資源 MI 的投入量，這些全部都能夠實際在指標中反應出資源使用效率的改善。

以上為理想之概念與計算方式，然而實際在操作時依然需要遷就現實資料狀況，很可能沒辦法獲得所有想要納入因子的資料。例如資源使用階段理想上共有五個，但極可能沒有辦法分到這麼精細而需要合併。或者每一生命週期與階段的物質使用量與效益沒有辦法很精確地盤查到，那麼就有可能要直接使用某一具代表性之回收率與效益來推算所有的投入量。

但此指標概念之重要處在能夠應用於所有物質流分析及其後續政策評估上，因此學理上即應如此呈現；實務操作時可以視所研究之物質特性、研究尺度、資料齊全度等限制條件進行簡化計算。

以上為 RRP 指標計算方式。然而不管任何指標皆有其特性與限制，使用上需視乎政策制定者之需求來進行選擇。因此指標之良 嚴尚須一些評判標準以供參考，以下整理常見之指標選擇標準成表 3.2(Tanaka, 2008)。

表 3.2 指標選擇標準

標準	內涵	說明
可 度 (Reliability)	資料可信度 (Data Credibility)	統計資料皆有誤差，指標所用之資料來源可能因屬不同資料庫而有所不同，須注意所用資料之準確度。
	資料可用性 (Data availability)	指標所用之資料可能是當前一般普查統計所無，或者因尺度不同而使得現有資料並不適用。
	資料可比性 (Data comparability)	如政策內容希望進行比較時，須注意指標在時間與空間尺度上是否具有可比較性。
可行性 (Feasibility)	轉換成本 (Transaction costs)	指標計算皆從原始資料轉換而來，收集與計算過程皆須耗費人力物力，須考量過程成本是否過於高昂。
	產業接受度與機密程度 (Industries' acceptance and data confidentiality)	資料來源在業界商業機密時很可能導致資料難以取得。而評估指標與政策方針對相關產業來說不受時，亦無法獲得所需資料。
可驗證 (Verifiability)	資料監督與回饋 (Data monitoring and feedback)	指標計算完成後，重點在確認政策目標與指標間之關係，驗證資料效果與提供政策回饋。

資料來源：Tanaka，2008，本研究翻譯整理

依據表 3.2 所列標準檢視 RRP，可對照分析如表 3.3

表 3.3 RRP 指標選擇標準

標準	RRP 表現
資料可信度	RRP 所用資料來源包含了主計處統計資料、一般公會年報資料、國際原物料價格等。並非統一資料庫來源，因此無可避免地會在結果中蘊藏了各統計資料本身之誤差。然這些資料本身目的就在提供國家尺度狀況，自有其公信力，雖不保證準確度無可挑，但已屬最接近現實資料。
資料可用性	原始資料皆為一手來源，未經轉換，故並無不適用之問題。
資料可比性	如計算結果為國家內不同時間點之比較，則只要統計方式與項目相同則可比性並無 慮。然而若期望進行國際尺度之比較，則須再行確認 方所用資料計算方式與項目是否吻合。
轉換成本	所用資料皆為現成，計算方式亦不複雜，因此指標之轉換成本極低。其最大成本來自收集資料過程。
產業接受度與機 程度	物質流量與產品細節可能 商業機 ，該方面可能不易取得最精細之資料，但大體而言尚屬可接受範圍，並不因未能獲得最詳細資料而無法進行推算。
資料 督與回饋	指標結果應確實能反應目標物質於考量回收量後整體生命週期之生產力，然若望有更完善之政策評估，尚需將其他相關之指標一併納入衡量。

整體而言此 RRP 計算方式在表現某單一物質之資源生產力時並不會產生太大差，只要資料來源型式一致，即可
出同一地區一段時間或同一時間兩區域間之差異，並且從中觀察到其成長或
退原由來自於更多回收量、更大效益，或
者是更少的原生物質投入。

尚未完成部分為同類型物質的整合計算，以及更詳細的效益衡量方式。雖然原始資料之物質流即為國家尺度，但社會生產與消費總共可能運用到的物質種類雜，若要一
地分開計算與改善，則容易流於見
不見林。而且目前效益計算方式依然只以產品投入產出間之價差、不同產業在運用該資源時其總體效益比例多寡二者表示，並沒有很精確地衡量出該物質使用之效益。因此在後續計算與應用上尚有整合同性質物質以及使用更好效益計算方式，這兩方面來補充原設計之不足。



3.5 廢棄物管理制度分析

由當前廢棄物清理法以及相關規定可確知目前廢棄物之管理流向分為一般廢棄物與事業廢棄物二類。一般廢棄物由自然人所產生，主要因消費行為而來；事業廢棄物由法人所產生，屬於生產行為之產物。故如以此為分野，將產生兩個互有關連，但可分開解析之系統，繪如圖 3.4。

圖 3.4 經濟行為與廢棄物管理示意圖

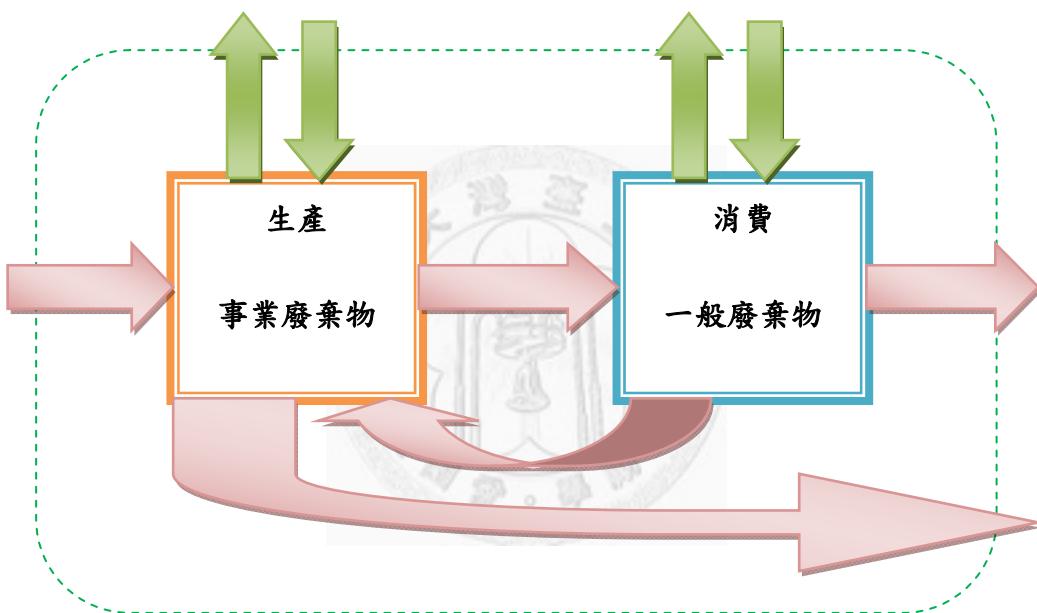


圖 3.4 內之頭並非單一物質或元素流量，而是描繪社會整體物質運用在廢棄物管理制度框架下之樣貌。例如進口或國內開採某項天然資源後，經由生產過程產生生性產品，有些外，有些內，並且同時產生事業廢棄物。一些產品進入國內市場售，經由消費者使用後產生一般廢棄物，並且有些資源經由回收管道再度進入生產流程。此圖為物質使用與當前制度相結合之概念，其中生產與消費兩大流程對主管機關而言即代表兩大管理制度，詳細內涵可再經由圖 2.3 的 IAD 框架，區分為兩個制度分別進行規則分析。

因此依循章節 2.3 之內容，可對事業廢棄物與一般廢棄物管理制度進行七種相關規則分類，其中事業廢棄物之利害關係人有生產者、環保業務主管機關、環保團體以及消費者四類。一般廢棄物之利害關係人則有消費者、環保局、清潔公司、回收商、產品製造商以及資源回收基金管理委員會六類。分別整理為表 3.4 與 3.5，如未列出特別說明者，即為不存在相關規則，依據個人或團體利益或慣例進行決策。

表 3.4 事業廢棄物管理制度規則分類表

規則類別	利害關係人	描述
邊界規則	生產者	某些產業可能需要較高資本額或技術，並不一定能夠自由進出，例如高科技產業。而有些小型產業門檻較低，例如個人服務業。
	環保業務主管機關	依據相關法律規定，業務與職責固定，不能輕易退出或易手。
	環保團體與消費者	個體皆可自由選擇進出，依據關心程度不同而調整參與程度。
職位規則	生產者	產生與負責處理事業廢棄物之主要利害關係人
	環保業務主管機關	身分為督者與規則制訂者
	環保團體	二次督及反向說、發展論施壓
	消費者	消費偏好與態度決定市場需求
選擇規則	生產者	依據當前市場條件，可選擇依照當前規定制定生產流程、生產量、處理事業廢棄物。或者使用更高標準換取商、以更低之標準規範漏節省成本三類

	環保業務主管機關	衡量暨有行政資源後決定執法嚴格程度
	環保團體	依照當前生產者表現，決定對政府施壓程度以及 制生產者程度。
	消費者	影響消費者行為之因子眾多，而此處消費者之選擇單純為更支持該類產品展現需求，或者表現冷 ， 制相關產品市場。
資訊規則	生產者	當前市場價格屬於公開資訊，而事業廢棄物類別與總量亦屬應回報資訊。但生產過程與可能造成之危害則並不流通。
	其他	相關資訊皆可隨意流通，雖未明訂必須公開，但亦未規範不可揭露。
整合規則	環保業務主管機關	所有相關規則制定者，相關意見皆須 情至此進行 決。
報酬規則	生產者	對於生產者而言，結果皆可化為成本與效益，以追尋最大利益能夠經營下去為原則。
	其他	對於其他利害關係人來說報酬並不必然展現在金 上，有許多屬於內化報酬，包含環境改善之成就、達成業績、社會名 等等。
範疇規則	所有	此類規則極廣，例如架設 GPS 系統、限制某些廢棄物進出口、禁用某些原料與製程等皆能夠納入。

表 3.5 一般廢棄物管理制度規則分類表

規則類別	利害關係人	描述
邊界規則	清潔公司、回收商、產品製造商	需具備某些技術與核准方可進入市場營運
	其他	所有自然人皆可納入消費者定義，而政府相關部會依其職位不同而有不同進入條件，唯不可輕易更動業務與權責。
職位規則	消費者	一般廢棄物由消費行為所產生，幾乎所有民眾皆可算入此處消費者定義
	環保局	包含清潔隊、稽察大隊、大部分焚化廠與掩埋場運營
	清潔公司	民營業者，性質近似於清潔隊，但運作過程中能夠營利
	回收商	收取清潔隊或清潔公司所清運出之可回收物，經處理後可再轉賣再生資源營利。某些屬公告應回收廢棄物可獲得自基管會而來之補助
	產品製造商	某些公告應回收廢棄物會對相關產品之製造商收取回收清除處理費，以補貼後端之回收商
	資源回收基金管理委員會	簡稱基管會，針對公告應回收廢棄物處理相關資源回收基金
選擇規則	消費者	消費者整體行為決定當期一般廢棄物產量，消費者可能依據個人習慣與方便程度展現出多樣消費行為以及垃圾處理與回收行為。
	環保局	環保局不管是清潔隊、焚化廠或掩埋場幾乎都是依

		照操作流程運作，如果有所疏忽都將造成 紀事 件。因此除非規定有所更動，否則環保局方面行為 選擇相當有限，能夠選擇的只有執法嚴格程度。
	回收商	回收商之利潤受到再生資源市場 動，且受到政府 單位之稽核，因此雖然多數遵照規定運作，但或多 或少存在私下 私出境行為。
	資源回收基金管理委員會	基管會每年皆有目標需達成，因此對於公告應回收 廢棄物之費率有可能進行調整，包含不變、提高或 降低，以及排除舊有或納入新公告項目。
	其他	清潔公司及製造商在此處能夠選擇之行為不多，主 要還是依賴當前市場環境運作。
資訊規則	回收商	再生資源市場雖具國際價格，但實際運作過程潛藏 許多可能性，不會流通在外。
	其他	大部分資訊雖未要求必須公開，但同樣亦無禁止流 通之規定。
整合規則	環保局與基管會	兩者皆為環保署下之執行機關，因此於決策時表現 出之態度與結果皆為反應中 想法。原則上依然是 中 部會擁有決策權，此處直接化約為環保局與基 管會。
報酬規則	回收商、產品製 造商與基管會	基管會從中運作基金，形成生產與回收兩者間之給 付關係，雖不以營利為目的，但依然從中獲取經費 維持運作。
	消費者	目前臺灣某些縣市有推動垃圾費隨袋徵收，因此反 應部分廢棄物處理成本。而其他未實施區域則因歷

		史與便利因素隨水費徵收，廢棄物量與用水量兩者無法完全反應出處理與供應成本。
範疇規則	所有	包含 是環境教育推廣、引進新回收技術、納入更多應回收廢棄物等都屬於此類規則。

以上兩張表為事業廢棄物與一般廢棄物之管理制度概況，簡單地描述了有哪些利害關係人以及可能會影響整體表現的規則。因屬於尺度較大之分類，所以會有些內容略顯模糊，例如不同的事業廢棄物可能會有些個別差異，但在表格分類描述中無法顯現出來。而此處尚未針對特定政策或管理層面進行分析，還是以整體狀況描述為主，若想更詳細了解影響細節，則須 小範疇後選擇特定政策、特定目標，測試單一政策在施行後對相關指標之影響。但這兩張表及其分類方式依然有其用處，它說明了制度現況輪廓、當中潛藏哪些問題、施行新政策會對哪些利害關係人產生影響等。

3.6 資源政策成效評估

於廢棄物管理制度分析完成之後，方能夠對當前整體運作樣貌有所討論基礎；包括哪些利害關係人處於其中、有哪些運作規則在影響，以及這些參與者如何進行決策，並從而影響結果。接著是在這樣的脈絡裡去清楚描述出一項過往施行、或未來期望運作的政策。

對過往已經施行之政策，進行該政策成效評估，或者是對未來希望採用的政策，進行可能的影響評估有所區別。以下將著重在已施行政策之成效評估，若期望對未來可能施行之政策進行成效預測，則須將角度轉為設想未來可能變化之情境以及實際施行準實驗法進行成效測試。

對已經存在之政策進行評估是較為容易且常見，但整體評估過程要做到嚴謹且精確卻不容易。以最直接迅速的角度而言，只要觀察最終政策成果是否有達到

初始設定之政策目標，就可以論其成敗。但其實這樣的推論卻很可能隱含了不易看見之誤，例如一些一開始沒有考慮到的環境條件、其他外在因子影響等，導致並不需施行此政策亦有可能得到相似結果。同樣地，也有可能政策最後的成果沒有達到預期目標，但成因並非政策本身設計或施行不佳，而是有未考量到之因素影響了整體政策表現。因此為了確保政策評估之嚴謹度，通常依照以下方案評估的六項程序進行。

1. 確認政策之目的與目標：

為因應某些問題，圖解決某些困境，政府為此訂下政策目的；因此必然需要先衡量政策目的之合理性與重要性，接著才以相關量化或質化指標作為政策目標。

2. 建構政策之理論模型：

一項政策必然有其理論基礎，而理論模型就是用來解釋為何政策作為能夠達到預期目標。建構模型之用意在評估前須先確定該政策理論之可行性，否則在理論上若已經顯示不可行時，遑論後續過程能夠順利執行。之前章節的制度分析最大貢獻就在於解釋政策施行背景條件，以及描述規則過去以及未來的可能變化樣貌。

3. 衡量政策之影響：

政策運作過程中包含許多可被衡量之標的，例如投入、過程、產出、結果、效率等。並非所有可能衡量之標的都必須被納入，而是須從中決定哪些在評估結果中有舉足輕重的地位，是主要衡量目標。另外進行衡量的指標亦須令其信效度皆達到一定水準，信度若過低，則根本無法確定是否能正確進行量測。而效度部分是期望研究成果能夠更具有普遍適用性，因為若具有良好外部效度，則能夠在更大的範圍上尋求適用；若無法普及，則至少在內部效度上必須具備足夠說服力，否則同樣將失去整個研究目的。另

外本研究重點之一，資源生產力，就是一項衡量政策的指標，也因為是一種指標，自然存在著一些先天侷限性，但是或多或少能夠經由分析其優劣特性後獲得改善，並且在與其他指標相配合下更完善地達成衡量政策之目的。

4. 研究設計：

研究設計需視政策評估者擁有的資料、時間、資源、分析政策之特性而定，無法無限上 地追求細節。並且須盡可能地 實驗過程隨機，以測試方案施行與否的差異，減少人為 ，增加整體評估效度。

5. 蒐集資料：

資料收集過程須小心資料之精確度，以及過程中可能 及之道 議題。基本上資料取得的難易度、適用性、研究設計的應注意事項、評估結果能否被相關人使用等執行方案評估前需要釐清的 點，都可先經由「可評估性之衡量(Evaluability Assessment)」以及「執行評估(Process Evaluation)」兩者的研究來增加整體評估之可行性。

6. 分析並解釋：

最後在資料收集計算完成之後，分析數據結果並闡釋政策之成效。

以上六點為政策評估程序。之前章節所述之制度分析有助於呈現管理政策之目標、政策背後的理論模型；而資源生產力則能夠列為政策在結果呈現中被衡量的指標之一。

但不管是方案評估程序或者是制度分析，都並非完美解釋所有政策的工具，就 無法單用資源生產力來衡量某一物質流成果一樣。這些方法屬於通則性概念說明，是嚴謹的評估基礎，實際上在操作時依然需要視政策目標與特性進行設計。

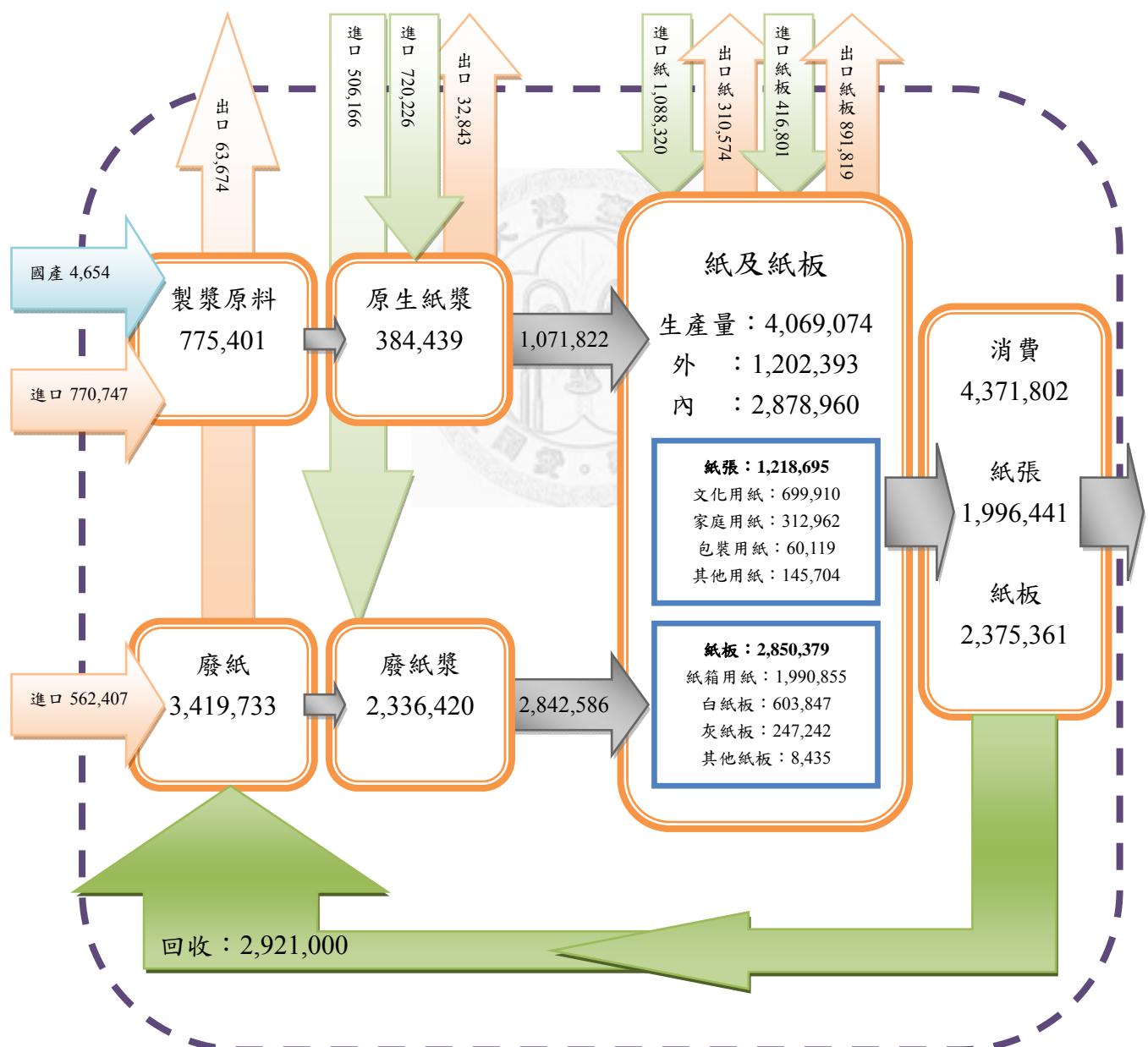
但這些概念最大貢獻就在 政策評估過程更有所本，不會產生空泛的 測與論述，有助於提高政策評估研究說服力，以及從中發揮足夠影響力來更完善地檢討舊政策與規劃新政策。

第四章 結果與討論

4.1 臺灣紙類物質流

臺灣 2010 年紙類物質流系統圖整理如圖 4.1 所示，數值單位為公噸。

圖 4.1 臺灣紙類 2010 年物質流系統圖



依據行政院主計處 95 年所公布之 166 部門產業關連統計表，將表 3.1 所列之部門分類整理為食品、酒、織衣、紙漿及紙、紙製品、印刷及出版、塑膠、清潔醫療、工業原料、電子電機產品、服務業、觀光餐飲以及其他，共十二類。並且依據各產業於紙及紙板該品項之消費額決定 有總體紙類物質消費之百分比，其基本假設為紙類物理消耗量與消費金額呈正比。最後再 上實際總消費量以求取各產業消費量。各產業於紙及紙製品之消費量如下表 4.1 所示。

表 4.1 十二項產業別於紙及紙製品消費比例表

產業別	消費比例	紙及紙板消費量(公噸)
食品 酒	4.28%	187,000.1
織衣	2.76%	120,749.1
紙漿及紙	11.29%	493,748.2
紙製品	24.83%	1,085,676
印刷及出版	16.97%	741,775.8
塑膠 膠	1.56%	68,144.47
清潔醫療	1.19%	52,125.84
工業原料	2.41%	105,427
電子電機產品	6.36%	277,997.2
服務業	20.72%	905,836.1
觀光餐飲	3.66%	160,121
其他	3.96%	173,201.4
總計	100.00%	4,371,802

若繪為圓形圖，則如圖 4.2 所示。

圖 4.2 十二項產業別於紙及紙製品消費圓形圖

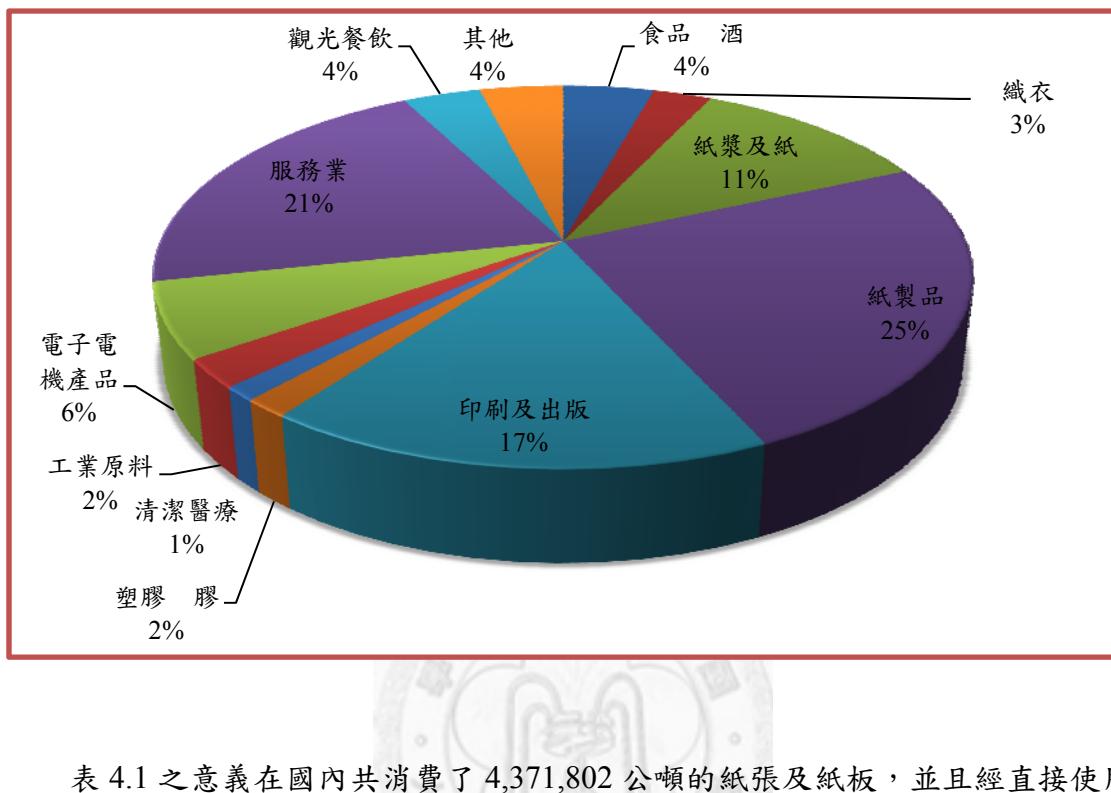
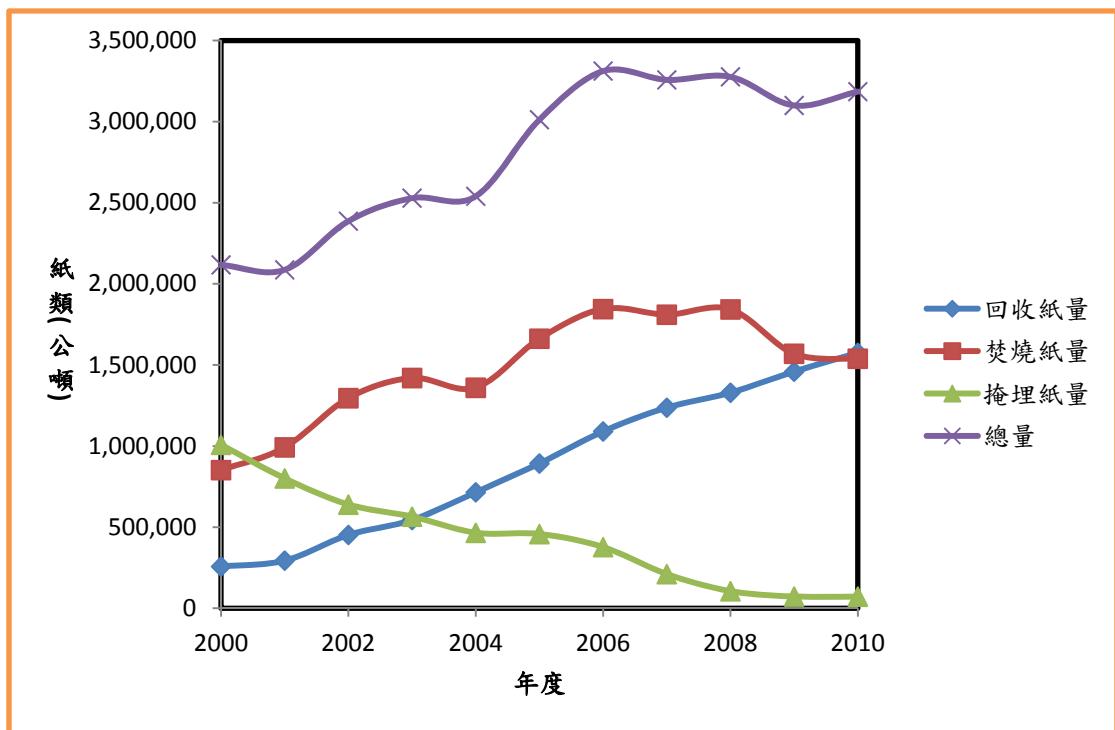


表 4.1 之意義在國內共消費了 4,371,802 公噸的紙張及紙板，並且經直接使用或轉換再製成各式產品後流入共十二項的產業分類內。其十二條細部流量即為圖 4.2 後端消費階段，因一張圖表內能夠放入之資訊有限，故將數據分開列。同樣最終處置離開系統量之數據亦說明於後，三者連結即為完整系統流量。

紙類資源在端處理量近年的分布趨勢由圖 4.3 所示，原始資料來源為行政院環保署統計年報。其中焚燒紙量與掩埋紙量因統計資料內只有垃圾組成分析以及總體焚化與掩埋量，因此藉由垃圾組成分析中紙類百分比回推在最終進入焚化與掩埋的廢紙量。其中 2010 年回收紙量共 1,574,593 公噸、焚燒紙量 1,538,735 公噸、掩埋紙量 71,927 公噸，總量共計 3,185,255 公噸。

圖 4.3 臺灣近年紙類最終處理流量



由圖 4.3 可見十年來回收紙量呈現一定成長趨勢，而因為整體廢棄物管理政策減少對掩埋處理之依賴，所以紙類進入掩埋程序量逐年減。但是在焚燒處理量方面實際上直至 2007 年之後才開始有略微下降，其原因在紙類廢棄物相較於一些更易回收之廢棄物來說，較不容易從一般廢棄物內分離出來，所以垃圾組成中紙類含量從早年的 25% 提升到近年的 40%。最終結果也顯示出儘管紙類回收量在提升，但整體紙類末端處理量卻並未隨之減少。

另外因為資料來源為行政院環保署，屬於官方統計資料，並未將民間私下處理量納入，例如鄉間自行焚燒量、民間回收業回收量，因此所錄之回收量較造紙工業統計資料內的紙類回收量少。為更合理顯示整體用量，焚化與掩埋量採用環保署數據，而回收量則使用造紙工業資料。因為目前臺灣一般廢棄物處置大宗依然以官方控管的焚化廠與掩埋場為主。至於民眾私下處置量一來無法估算，二來相關法律有所限制焚燒行為，量並不會太大，故此處忽略不計。整體末端離開系統量如表 4.2。

表 4.2 2010 紙類物質流最終處置流量

分類	重量(公噸)
焚化量	1,538,735
掩埋量	71,927
回收量	2,921,000
總量	4,531,662

4.2 臺灣紙類生產力指標

依據 3.4 節之計算方法，以及 4.1 節紙類物質流模型，可彙整計算出臺灣 2010 年紙類具回收基礎之資源生產力。

若依照完整概念，則紙類物質流必須依照圖 3.3 紙類物質流系統圖分成五個階段計算流量及效益，但實際數據並無法將五階段之效益皆展現出來，例如從木材製成紙漿之效益、將紙類焚化或掩埋後需要多少成本。因此此處之計算將只著重在最大宗的產品產出與產業消費兩個階段。

另外因為紙類資源在回收利用時纖維將產生必然 損，無法永久回收再利用，並且隨著時間流 ，系統內最初投入資源量逐漸 減。故此處所計算之 RRP 以二十年為其可用生命週期數。因為在過了十多年後，一開始投入生產的一百萬公噸原生紙漿與兩百多萬公噸再生紙漿都將 減至不到一公噸，影響已微乎其微，計算二十年已非常接近此資源再利用之極限。

臺灣 2010 年紙類 RRP 計算參數如表 4.3 所示

表 4.3 臺灣 2010 年紙類 RRP 計算參數表

係數名稱	數值	單位	對應原公式符號
原生紙漿初始投入量	1,071,822	公噸	MI (若為計算原生紙漿)
再生紙漿初始投入量	2,842,586	公噸	MI (若為計算再生紙漿)
廢紙製漿係數	0.683	無	$J_{i,1}$
回收比例	0.668	無	$J_{i,5}$
原生紙漿製品效益	10,536.52	新臺幣/公噸	$U_{i,3}^*$
再生紙漿製品效益	9,739.336	新臺幣/公噸	$U_{i,3}^{**}$
產業總體運用效益	16,837.59	新臺幣/公噸	$U_{i,4}$
原生紙漿運用比例	0.2738	無	$U_{i,4}$ 修正係數
再生紙漿運用比例	0.7262	無	$U_{i,4}$ 修正係數

原生紙漿初始投入量、再生紙漿初始投入量、回收比例以及廢紙製漿係數皆由物質流模型內實際流量估算而得。

原生紙漿製品效益以及再生紙漿製品效益($U_{i,3}$)²依照紙漿及紙板製造量、原生紙漿與再生紙漿運用比例、2010 年相關產品國際價格(包含原生紙漿、文化用紙、包裝用紙、工業用紙、進口廢紙等)，依比例每公噸產品售價減去每公噸原料購入價而得。

產業總體運用效益($U_{i,4}$)依據投入產出表計算而得。各產業於紙及紙製品中間投入金額除上總體投入金額得到紙類貢獻係數，再 上各產業之附加價值³得到產業用紙效益。最後再依據各產業之用紙比例分配 加，獲得產業總體運用效益。

² $U_{i,3}^*=U_{i,3}$ or $U_{i,3}^{**}=U_{i,3}$ (if $i>I$)，若為第一期則為原生紙漿，以 $U_{i,3}^*$ 計算，之後則為再生紙漿，以 $U_{i,3}^{**}$ 計算。

³ 包含 動報酬、營業 餘、固定資本消耗及間接稅淨額四類，等同於各產業之生產價值，對應於

實際在計算時因產業資料內並未顯示消費產品有多少是由原生紙漿而來，多少是由再生紙漿而來。因此視所計算之生命週期數，決定依照原生紙漿運用比例或再生紙漿運用比例修正為該期該階段效益。

產業總體運用效益之計算數據見於表4.4。

表 4.4 產業總體運用效益係數相關數據表

產業別	中間投入金額 (百萬元)	紙類貢獻係數	產業用紙效益 (百萬元)	各產業紙類運用效益(\$/ton)
食品 酒	8,592	0.022485	2,736.41	14,633.22
織衣	5,548	0.012596	808.52	6,695.89
紙漿及紙	22,686	0.313772	3,546.56	7,182.93
紙製品	49,883	0.431899	12,450.34	11,467.83
印刷與出版品	34,082	0.19991	13,118.07	17,684.69
塑膠 膠	3,131	0.003121	441.43	6,477.89
清潔醫療	2,395	0.023488	720.84	13,828.83
工業原料	4,844	0.007126	1,303.65	12,365.45
3C 原料產品	12,773	0.002911	2,935.04	10,557.81
服務業	41,620	0.005185	29,760.08	32,853.71
觀光餐飲	7,357	0.015872	3,802.00	23,744.52
其他	7,958	0.002867	1,987.65	11,475.92

此處未討論紙漿製造以及回收成本效益。因為這些階段影響重心主要是反應在環境議題上，包含製漿可能產生之污染以及因回收而能夠減少多少原木等，皆難量化為貨幣單位，故忽略不納入計算，只計算紙類製品以及後續產業運用效益。並且因實際盤查資料只有 2010 年，未來可能流量以及係數皆以當年為基礎，不作修正向後計二十年。

最終計算結果臺灣 2010 年原生紙漿 RRP 為 33,578.15、再生紙漿 RRP 為 40,397.79，兩者相加即為總體 RRP，73,975.94。若依照傳統資源生產力計算方式，則紙類資源生產力單純由運用紙類所產生之 GDP 除以總用量，數值為 18,805.04。

兩者間最大差異來源有二，一來傳統資源生產力並未將原生資源以及再生資源分開討論，忽略了不同階段不同產品可能造成的差異，二來並未衡量資源未來之價值，只計入當年之狀況。

雖然所計算之 RRP 較傳統資源生產力包含更多資訊，能夠解釋更多現象，但因為同時納入更多假設，必然存在一些模糊空間以及有修正之處。在創新貢獻上，RRP 指標能夠因回收率之改變、後續製造與消費財貨之差異、不同產業改良運用資源之方式、整體技術演進等因素而反應出不同結果，並且從更細部之計算過程觀察到是何原因造成改變。

但同樣也會因以下幾點計算過程中使用之假設，而產生些許誤義，有後續更多研究進行補足。

1. 受限於資料，未能將整體五個階段皆納入計算。雖然目前計算出之數據已屬最重要之部分，但若以完整生命週期之概念而言，依然有些許不足。
2. 在所計算的兩個階段內，若能夠將所有財貨與效益皆盤查出來，則能夠如原始設計般逐項推算，展現更細緻之差異。但同樣因資料完整度問題，只能概略性地以較廣定義進行分類與計算。

3. 目前向後推演之效益以及回收量皆為 2010 年之數據，但此二者必然會隨著時間而有所不同，例如科技演進及其他政策影響，皆非此處能夠納入評估之因素。故若能對此些參數進行更詳實之校訂，則將提高整體指標之信賴度。
4. 因目前投入產出表最新版本為民國 95 年版，內容終究和 2010 年實際情況有所差異，但受限於政府資源有限，同樣無法輕易 說服。另外目前計算方式是利用投入產出表內產業間移轉之貨幣量轉換為物質使用比例，中間轉換誤差同樣在所難免。
5. 最後一項估算缺 在目前的投入產出表中品項分類不夠精細，導致當前計算方式從產業別估算效益會和上一階段生產端之物品效益產生重 ，使得最終指標計算可能有些許高估之情形。

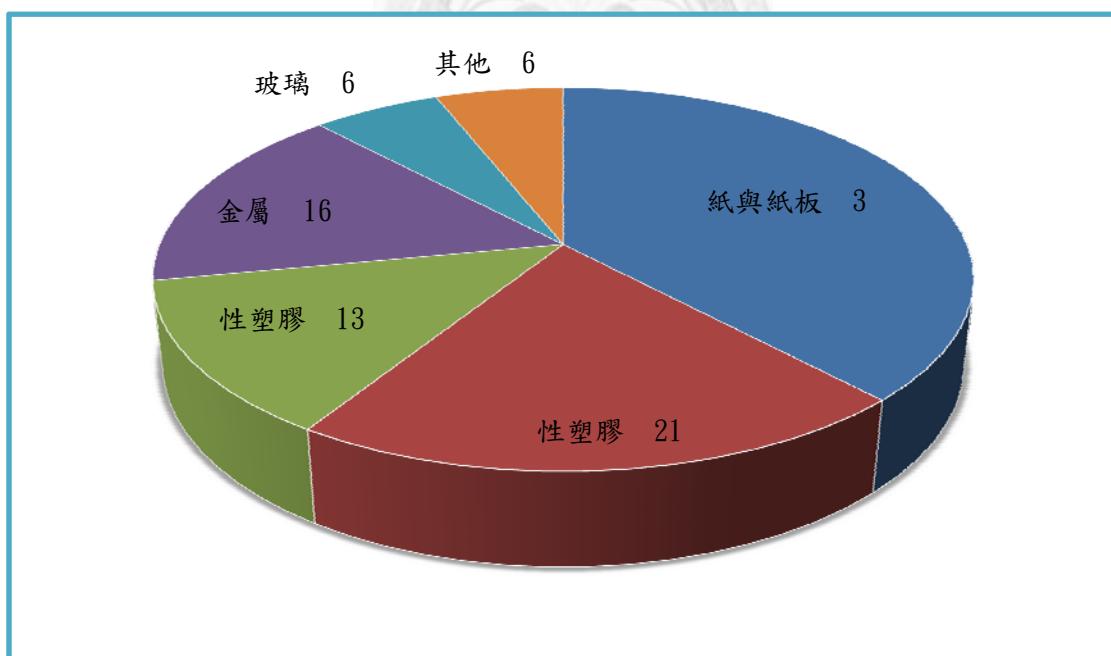
以上幾點為目前研究成果與能夠改善之處。在政策應用上該指標能夠納入過往更長期之變化數據，以對相關政策成效進行衡量，或者是變更一些參數進行未來的情境分析，以供政策設計時參考。而若希望擴大研究尺度，則將更多不同資源進行計算整合亦屬可行方向，如此一來則更能夠和傳統資源生產力比較出差異，也可以在國家尺度上表現出資源運用的完整成效。

4.3 臺灣紙類資源政策評估

此處所選擇之政策案例為「限制產品過度包裝」。基於 2002 年通過的資源回收再利用法之精神及規定，環保署於 2006 年 7 月 1 日開始第一階段「限制產品過度包裝」政策，管制糕餅、化妝品、酒類禮盒以及電腦程式包裝。並且在 2007 年 7 月 1 日擴大實施，包含第二階段管制目標，加工食品禮盒。

依據「世界包裝組織(World Packaging Organization, WPO)」2008 年發行之統計資料，預估 2009 年全球用於包裝之材料比例如圖 4.4 所示。該數據雖非準確之統計資料，但其預估模式 依據過往資料而得，已可看出本研究所關注之紙與紙板類占總體包裝用材近百分之四十。

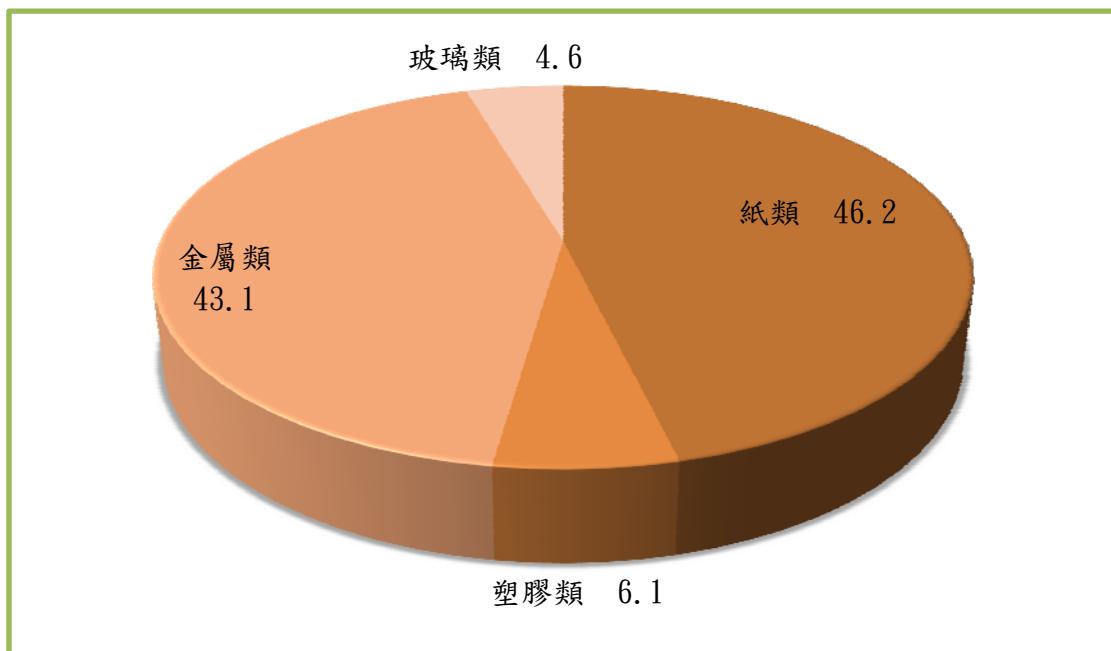
圖 4.4 2009 年全球包裝材料使用比例



資料來源：WPO，2008

而臺灣實際包裝材料使用比例，由行政院環保署「99年度綠色包裝與包裝減量推動計畫報告書」中所整理推估出之數據繪如圖4.5。其推估方式為依據主計處「產業關連統計資料庫」與「產業技術知識服務計畫產存資料庫」兩者進行推算。

圖 4.5 臺灣包裝材料使用比例



資料來源：行政院環保署，2010

雖然臺灣包裝材料之使用比例與全球推估量不盡相同，但同樣重要之處在於紙類所占比例極高。由此可見限制包裝政策雖未規範特定物質之使用，但已可從中預期到對紙類使用之影響力。所以經確認此政策會對紙類物質流造成影響後，即可依照3.6節方案評估之流程著手衡量該政策的成效。

4.3.1 確認政策之目的與目標

因為包裝材料使用廣泛，造成許多後續廢棄物處理問題。目前國內外皆希望藉由一些與包裝使用相關之管理政策介入來減少包裝材料的使用，甚至發展出更多對環境 善的綠色包裝設計。而此處所討論之限制產品過度包裝就是最明確的一類，政策目的與目標皆相當清楚：目的為希望藉由此政策來減少包裝材料使用，目標則是減少包裝材料的使用量、減少相關廢棄物產生量等。而為了更完善地呼應先前章節之研究，此處所設定之目標再稍微限 至提高紙類資源生產力，觀察限制產品過度包裝政策對紙類資源生產力之影響。

4.3.2 建構政策之理論模型

政策施行方式依照行政院環保署之公告事項，刪節整理如下。

一、指定產品：

- 一 烘焙禮盒：含糕餅之禮盒或複式禮盒。
- 二 化 品禮盒：含化 品之禮盒或複式禮盒。
- 三 酒禮盒：含酒之禮盒或複式禮盒。
- 四 加工食品禮盒：含加工食品之禮盒或複式禮盒。
- 五 電腦程式著作光碟。

二、下列產品或包裝，不受公告限制：

- 一 輸出之產品。
- 二 專供隔 之包裝。
- 三 提袋或運輸用紙箱等專供運輸之包裝。
- 四 消費者要求之包裝。

三、指定產品之包裝，應符合下列規定：

一 禮盒或複式禮盒：

- 1. 包裝體積比值：一以下。
- 2. 包裝層數：

1 烘餅：三層以下。

2 化 品、酒或加工食品：二層以下。

3 複式禮盒：二層以下。

3. 複式禮盒之個別禮盒，應分別符合個別禮盒包裝體積比值及包裝層數之規定。

二 電腦程式著作光碟：

1. 包裝體積比值：一以下。

2. 包裝層數：三層以下。

四、包裝體積比值計算公式如下：

包裝體積比值 = 包裝體積 / 額定包裝體積

一 包裝體積：外切指定產品包裝 不含提把、扣件、塑膠等，附屬於盒外之包裝 之最小立方體體積。

二 額定包裝體積：各單元產品體積與其對應必要空間係數 積後之總合。

三 必要空間係數：

1. 非單一材質包裝：

1 烘餅：六〇。

2 其它產品：二七。

2. 單一材質包裝：

1 烘餅：六九。

2 其它產品：三一。

四 單元產品體積：外切單元產品之最小立方體體積

1. 烘餅：外切未包裝糕餅之最小立方體體積。

2. 光碟：外切光碟個包裝之最小立方體體積。

3. 已包裝產品體積：外切已包裝產品本身包裝之最小立方體體積。

4. 未包裝產品體積：外切未包裝產品之最小立方體體積。

簡而言之，此政策針對特定產品之製造商，要求產品包裝必須符合以上規範，否則將依資源回收再利用法第二十六條規定處分。第二十六條為：

主管機關或目的事業主管機關得處新臺幣三萬元以上十五萬元以下。經通知限期補正或改善，期未補正或完成改善者，按日連續處；情節重大者，得處一個月以上一年以下停工或停業處分；必要時，以業處分。

而依據3.5節所歸納整理之制度分析，此政策介入屬於改變選擇規則與報酬規則，環保署必須開始檢查與處分不合格之業者，而業者必須符合相關規定。此規則之改變以簡單示意圖表示如圖4.6。

圖 4.6 限制產品過度包裝影響決策示意圖

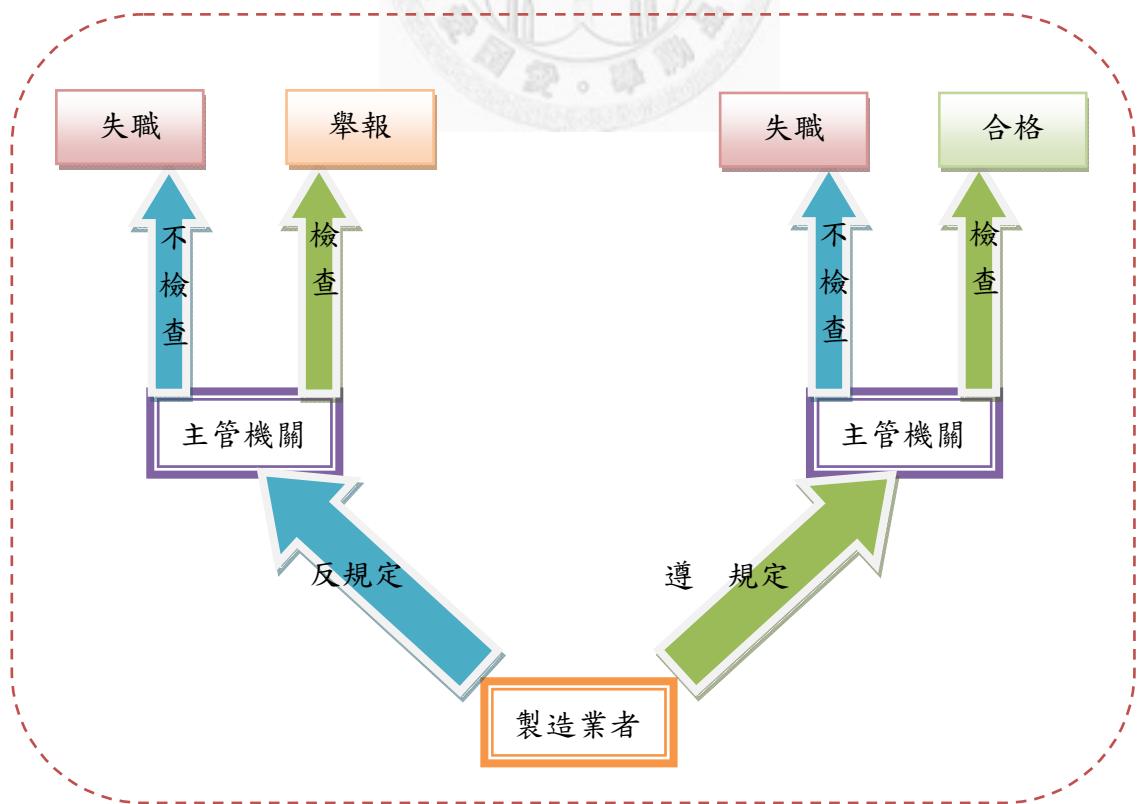


圖4.6之意義在製造業者會依照當前管制嚴格程度、主管機關可能決策、本身營利能力、當前技術水準、消費者意程度等面相決定是否遵規定運作。而主管機關則同樣視檢查嚴格程度、目前市場表現水準、大環境氛圍等因素決定查集度。

圖中並未放入實際運作之報酬，例如製造業者遵規定之成本、包裝方式改變對營收造成之影響、主管機關檢查之成本、不檢查遭到舉之成本等。若能夠更細地進行調查，納入量化數據則有助於分析此些規則改變之情況。但因為此案例為已施行一段時間的事後政策研究，並且實際施行狀況已發現大部分廠商皆會遵規定，環保署有依規定進行查工作，只有少部分反規定情事。因此此處即認可該政策於理論上確實可行，有助於降低包裝物質之減量。若期望進行未來之政策規劃與評估，則在此理論模型建立處需要更嚴謹之分析討論。

4.3.3 衡量政策之影響

以政策目標來說，此政策最直接之影響就在包裝材料減量。若所有在市場中流通之商品皆符合規定，則每一受規範商品所用包裝將低於政策施行前狀態。但實際上整體之物質使用量卻不必然降低，因為很可能隨著經濟景氣趨勢影響或開發出更多元的產品，市場中會有更多產品需要包裝。因此該政策雖規範了產品之包裝型式，以求降低整體包裝用材總量，但實際會影響此政策目標的因素並非只有此政策，還有其他的可能因素，皆須納入衡量以確定政策影響。

前段所述為其他可能會同時對政策目標發生影響之因素，雖然此政策已屬相對單純之設計，卻依然可能有一些潛藏性影響未被考量過。例如目前所規範之產品主要還是以紙類為包裝材料大宗，並未同時規範可以或不可以使用何種類型包裝材料。因此在包裝層數與體積減小情況下，所使用之材料是否會與過往相同？紙類產品項目雖不能算是多不勝數，但依然有為數不少之類別，再生紙漿用量的差異亦有很大不同。就總體產品之生命週期來看，使用不同的包裝材料及其使用

量都有可能產生不同的結果。因此若只規範單一商品之包裝型式，並無法保證總體對環境之影響是能夠逐步降低的。

但是若討論範疇設定過大，則無法有效地討論成效。因此除了政策本身對包裝紙的消費量外，適合納入衡量之指標還有包裝材料的生產量、出口量、進口量及回收量，以這些數據對應其他紙類情形，經過政策施行前後比較，將可以看出此政策之成效為何。最後亦可以將資料加起來進行政策前後之資源生產力指標比較，衡量限制產品包裝政策表現。

4.3.4 研究設計

該政策於規劃過程中未有逐步推動之設計，屬於公告訂下起始規範日期後全國指定產品及相關業者將受到管制。故無法創造方案組與比較組，也無法獲得跨組間比較數據，因此能夠施行之評估方式唯有準實驗法中「單一組別式時間序列法(SITS)」。SITS為依照時間序列，觀測單一組別內方案前與方案後之差異，時間設定為自2000年至2011年。統計模型如下：

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 EPPR_{2006} + \beta_2 EPPR_{2007} + \beta_3 X_1 + \beta_4 X_2 + \varepsilon$$

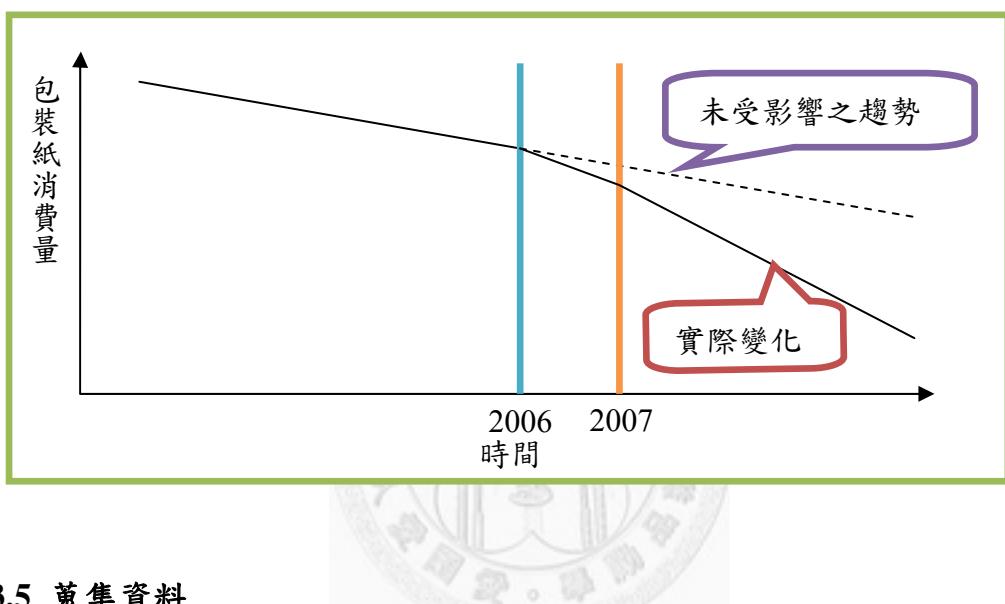
1. Y_{it} =政策目標之各式指標，包含包裝紙之生產量、進口量、出口量、消費量、回收量，以及紙類資源生產力。下標之it為第t年第i項指標。
2. β_0 =常數
3. $EPPR_{2006}$ =2006實施之第一階段限制產品過度包裝。2006年前數值為0，之後為1。
4. $EPPR_{2007}$ =2007實施之第二階段限制產品過度包裝。2007年前數值為0，之後為1。
5. X_1 =時間變數，依照資料數目排序而下，意指隨著時間流逝，伴隨而來科技的進步、其他政策影響以及民眾環保意識轉變等。

6. X_2 =景氣指標，選用景氣同時指標 Coincident indicator⁴。

7. $\beta_{1...4}$ =估計係數

若方案有效，則統計數據變化趨勢將近似於圖4.7。

圖 4.7 限制產品過度包裝政策 SITS 示意圖



4.3.5 蒐集資料

資料來源可由之前物質流分析而得，於計算過程中可分為所有紙類，以及特定包裝紙之變化，以看出針對特定包裝紙為標的之影響，以及對整體紙類用量之影響。目前唯一最大礙在資料之精細程度，若能夠獲得所有變數之月、或者資料，則能夠有較高統計效度，但如果只有年度資料，則數據將減少到十。例如之前研究所列之紙類物質流為2010年狀況，若欲接續此部分研究則至少尚需其他年份數據。

⁴ 指具有與景氣變動性質同步之指標，其轉點常與景氣循環轉點同步發生。臺灣同時指標由工業生產指數、電力業總用電量、實質製造業售值、批發零售及餐飲業營業額指數、非農業部門就業人數、實質關出口值、實質機械及電機設備進口值項構成項目組成，每月由經建會製、發布，代表當時的景氣狀況，可衡量當前景氣。行政院經濟建設委員會

另外因為其他政策在此處之影響尚未進行更詳細之影響理論探討，因此統一設定為一時間變數，隨時間發揮效果。但實際可能的影響未必如此線性，若能夠獲得更詳細之分析則可以再拆解出更適當之變數，以及納入分析之數據。

4.3.6 分析並解釋

此處因並未將所有數據收集齊全，故無法展現此政策之評估結果，但 餘工作僅需設法獲得所有需要之資料即可開始著手分析。也因本研究之目的並非針對此政策之成效進行評估，而是探求適宜之研究流程、設計嚴謹之評估模型，因此在此些理論基礎以及研究框架下，將使得環境政策之成效評估更具效力，以及更能夠對後續管理決策提出嚴謹之建議。



第五章 結論與建議

5.1 結論

過往物質流分析之發展如同廢棄物管理一般，都是著重在有毒物質的研究與處理方面。因為對人體或環境具有危害性之物質若未經妥善管理，則將造成許多難以復原之傷害，自然而然地獲得大量關注。但隨著永續物質管理概念之傳入，資源管理方面議題也逐漸地浮上檯面，物質流研究將不再只是着重於有害物質部分，而對資源稀少性議題亦開始有越來越多的研究討論。甚至再回到永續發展概念下，資源使用過程中可能造成之環境危害、能源耗用情形等也慢慢地有越來越多整合衡量方式與研究方法。

整體而言，本研究在資源生產力，此類關於資源使用效率上之研究領域提供更進一步的發展可能性。包含探討一些傳統資源生產力定義下可能產生之問題、設計以回收為基礎的新資源生產力指標、當前廢棄物管理制度之概況，以及後續相關之資源管理政策成效評估方法。其結論與貢獻可整理為以下五點。

1. 在指標設計方面，目前資源生產力指標只衡量總體使用資源重量以及國民生產毛額。此形式對於政策制定與衡量來說顯得略為粗糙，需要更細緻之設計。本研究提供以回收為基礎之新指標為其中一種可能性，在結果上顯示2010年臺灣紙類RRP約為傳統資源生產力之四倍，意為若考量商品類別、產業運用差異、未來回收效益等，資源價值將有接近四倍之差距。若能夠再擴充一些包含環境衝擊或能源耗用之資源生產力指標，則更有助於釐清一國家尺度內之資源運用效率。
2. 在政策方面，臺灣之政策設計與評估與一些國家相比尚有許多改善空間。臺灣之狀況為已有能力衡量當前情境，找出一些指標來標示問題，但在改善時所提之政策手段卻經常未曾經過仔細評估；往往依賴國外經驗，或國內某些地區試行經驗，認定可能有效之後即全面推動。此論述可從前文所

整理之廢棄物管理大事記窺其端倪，這並非指稱臺灣相關管理單位未曾考慮實際狀況就一意行，而是儘管有徵詢過相關業界人士及實務經驗，但並未細地衡量施行政策之成效如何，或者研究相關政策於施行時理論內容是否可行。從而導致在政策推動經年月之後，若政策目標獲得改善，卻無從得知究竟是所用政策有效，或是其他原因造成；若政策無效，亦辨別不出是政策從設計到施行的哪一個環節出現問題。因此本研究亦以案例說明之型式整合物質流分析與制度分析，期望能夠藉由完整之方案評估方法改善當前政策評估之疏漏，作為後續相關政策之評估模式。

3. 在紙類之研究案例中，目前臺灣紙類因為過往相關的廢棄物管理政策成效，已有逐步提高回收率之趨勢。但因為尚未作到經濟發展與物質使用完全脫鉤之狀態，因此儘管回收率提高了，紙類相關商品之消費量卻並未隨之降低，導致紙類整體使用量與廢棄量依然持續升高，離經濟發展中理想的「去物質化」尚有段差。並且因為目前回收率已提高到超過六成水準，往後將面臨更困難之邊際效果，所以有從單方面專注於後端回收，轉換為同時管理前端的使用減量，如此一來方有可能獲得更進一步之資源生產力提升。
4. 而資源生產力指標部分，因為擴充進來之變數更多，並且多為正值，所以在數據的呈現上自然而然地較傳統計算方式高。但此二者間大小差異並非重點，而是在新的資源生產力計算方式中將呈現出隨著回收量增加、各階段使用效益提高、最初物質投入量減少，而表現出指標數據獲得改善。這些變項在傳統資源生產力中只有物質投入量以及總體效益的改善能夠被顯示出來，回收量的改變、分使用階段的效益、產業運用層次等皆無法顯現。

5. 最後「限制產品過度包裝」政策因研究題目與主軸所限，並未詳細評估出最終成效。但從該設計流程中已然可以看出先前研究所能夠貢獻之處，並且提供充分的理論基礎。若有機會依此流程詳細地評估完某一政策，同樣會是一篇完整之研究。



5.2 建議

整體研究因一些限制與假設而產生不足之處，以下列出能夠進行改善之建議，以及未來能夠更進一步研究之方向。

1. RRP中產業分析部份需要更詳細之分類計算，以呈現更精準之數據。目前只能使用民國95年主計處所 之產業關連統計，嚴重設限了其他年度的推估效度。而產業消費品項等同樣受其設計之分類方式所限制，無法細分出更多產品在產業間流向。
2. 另外發展針對環境衝擊或者是能源耗用等考量為基礎之資源生產力指標。因本研究之預設立場在更多回收量即代表更好之表現，並未詳細分析可能產生之潛在影響。最理想之型式為納入這些負面外部性，並作為成本扣除，如此一來將更能完整表現出資源使用之整體影響。
3. 本研究設計之RRP以特定資源為衡量目標，和傳統資源生產力於計算尺度上有所差異，兩者間之比較無法建立在同一基礎上。但若未來能夠發展出不同種類資源之資源生產力整合模式，那麼不只可以衡量更廣泛資源使用狀態，亦能夠比較出和傳統指標間差異。
4. 目前用於衡量效益之方式依然以經濟方面為主，但實際上資源的使用層面產生之效益不僅止於經濟面；甚至未使用時，留 未來使用或資源本身存在就有其價值。這些部分目前尚未納入衡量，若有可能納入，則將更能夠完整展現資源價值。
5. 若能夠實際計算一些物質於一段時間內之RRP變化數據，則將更有機會詳細驗證此方法之適用性。
6. 於制度分析中發展更完整之量化方式導入政策評估領域。
7. 以此研究流程實際評估某一環境資源政策，測試其運作效果。

參考文獻

- Behrens, A., Giljum, S., Kovanda, J., & Niza, S. (2007). The material basis of the global economy: Worldwide patterns of natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies. *Ecological Economics*, 64(2), 444–453.
- Bringezu, S., Schutz, H., Steger, S., & Baudisch, J. (2004). International comparison of resource use and its relation to economic growth: The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR. *Ecological economics*, 51(1-2), 97–124.
- Ekins, P. (1999). European environmental taxes and charges: recent experience, issues and trends. *Ecological Economics*, 31(1), 39–62.
- England, R. W. (1998). Measurement of social well-being: alternatives to gross domestic product. *Ecological Economics*, 25(1), 89–103.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243 –1248.
- Hekkert, M. P., Joosten, L. A. ., & Worrell, E. (2000). Analysis of the paper and wood flow in The Netherlands. *Resources, Conservation and Recycling*, 30(1), 29–48.
- Hong, S., Choi, Y., Kim, K., Kang, J., Oh, G., & Hur, T. (2011). Material flow analysis of paper in Korea. Part I. Data calculation model from the flow relationships between paper products. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(12), 1206–1213.
- IGES. (2010). *Policy Tools for Sustainable Materials Management: Applications in Asia*.

Jouni, K. (2007). Special issue of the Journal of Cleaner Production, "From Material Flow Analysis to Material Flow Management": strategic sustainability management on a principle level. *Journal of Cleaner Production*, 15(17), 1585–1595.

Mazzanti, M., & Zoboli, R. (2008). Waste generation, waste disposal and policy

effectiveness:: Evidence on decoupling from the European Union. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(10), 1221–1234.

Melanen, M., Kautto, P., Saarikoski, H., Ilomaki, M., & Yli-Kauppila, H. (2002). Finnish waste policy--effects and effectiveness. *Resources, conservation and recycling*, 35(1-2), 1–15.

Mitchell, G. (2011). Environmental Justice: An Overview. *Encyclopedia of Environmental Health* (pp. 449–458). Burlington: Elsevier. Retrieved from

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444522726007042>

OECD. (2008). *Measuring Material Flows and Resource Productivity*.

Ostrom, E. (2010). Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems. *American Economic Review*, 100(3), 641–72.

Roach, B., & Wade, W. W. (2006). Policy evaluation of natural resource injuries using habitat equivalency analysis. *Ecological Economics*, 58(2), 421–433.

Rouw, M., & Worrell, E. (2011). Evaluating the impacts of packaging policy in The Netherlands. *Resources, Conservation and Recycling*.

- Soderholm, P. (2011). Taxing virgin natural resources: Lessons from aggregates taxation in Europe. *Resources, Conservation and Recycling*.
- Spiel, C. (2001). Program Evaluation. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 12169–12173). Oxford: Pergamon. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B008043076701370X>
- Sundin, E., Svensson, N., McLaren, J., & Jackson, T. (2001). Materials and Energy Flow Analysis of Paper Consumption in the United Kingdom, 1987-2010. *Journal of Industrial Ecology*, 5(3), 89–105.
- Tanaka, K. (2008). Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy. *Energy Policy*, 36(8), 2887–2902.
- WCED. (1987). *Our Common Future*. New York: Oxford.
- Wernick, I. K., & Irwin, F. H. (2005). *Material Flow Accounts: A Tool For Making Environmental Policy*. Washington, DC: World Resources Institute. Retrieved from <http://www.wri.org/publication/material-flow-accounts>
- WPO. (2008). *Market Statistics and Future Trends in Global Packaging*.
- 臺灣區造紙工業同業公會 2011 臺灣造紙工業統計。
- 行政院環境保護署 200 環保署三十紀實。
- 行政院環境保護署 2011 年度綠色包裝與包裝減量推動計畫。
- 行政院環境保護署 2011 中華民國 100 年環境保護統計年報。

林姿君 2010 臺灣資源生產力解析 投入產出分析及因素分解法之應用。國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文。

