

國立政治大學社會科學學院經濟學系

碩士論文

Department of Economics

College of Social Sciences

National Chengchi University

Master's Thesis

台灣產業水污染責任歸屬之探討

Shared Responsibility for Production-based Wastewater

Effluents in Taiwan

吳佳怡

Chia-Yi Wu

指導教授：李慧琳 博士

Advisor: Huey-Lin Lee, Ph.D.

中華民國 103 年 7 月

July, 2014

## 誌謝

在台北六年的打拚歲月，很快地也要邁入一個階段的尾聲。感謝這六年來的每一件人事物，倘若未有過去時光的相遇與生命經驗的推疊，也不會交織出我在這段時間的足跡。

首先，感謝最重要的慧琳老師對我的指導與照顧，謝謝老師讓我體會如何堅持、鼓起勇氣與面對挫敗也不要感到不好意思的精神，雖然我還有很多不足的地方，還有需要努力的空間，但是謝謝老師讓我在研究所這階段得到最多的成長。感謝系上的每一位老師，給予我的教導與照顧。感謝口試委員徐世勳老師與張靜貞老師給我的指教與建議。感謝 Dr. Andrew 與呂先生，讓我諮詢並給予我建議與指導。感謝系上助教與每一位成員，給予我的協助與幫忙。

在 CGE Lab 一起努力的同窗，亭聿、維欣、雅娟、安易、佩琪、朝元與敏睿。謝謝你們的腦力激盪與陪伴，我絕不會忘記在系圖的每一個夜晚與共同分享煩惱的時刻。以及我的最佳文獻搜尋團隊季恩、欣宸、家羽、柏緯，還有仙女勳影與弟弟，謝謝你們強大的資料庫與不厭其煩的幫忙。還有高中同窗立雅、蘭友夥伴小禎，謝謝你們的聆聽與幫助。

謝謝政大大學會、研究生會與台北南區的每一個夥伴，以及我最親愛的能量型共戰夥伴們，娃娃音于涵、鳳雛仙人妤如、英文老師葉葉、愛自拍如儀、桌遊王翊甯、海鮮殺手小倩、博韻、薇珊、碎碎念冠宇、培倫、宇威。在我大學與研究所階段能夠與你們認識，是我最幸福的事情之一。謝謝倩芬姐與文勇大哥一家人的照顧、關心與鼓勵，你們是我在政大最堅強與最溫暖的後盾。

最後，同樣最重要的是要感謝我的家人們，緜緜、翔翔與阿公，以及一直以來聽著我分享的每一件開心或是難過的事情，都會不斷鼓勵我的阿偵偵媽。沒有你們每一個人出現在我的生命中，我在政大六年的時光便不會洋溢著歡笑、淚水與感恩。謝謝你們，謝謝。

吳佳怡 謹誌於  
國立政治大學經濟學所  
中華民國 103 年 8 月

## 摘要

經濟體中，各部門所生產的產品在生產、運輸、消費等各階段中，均會排放汙染。當產品生產、消費均在同一國家時，汙染排放與其清除責任均在同一國家中。然而現今社會國際貿易往來頻繁，一國消費之商品可由他國進口，使得該產品雖然由該國消費，卻使汙染排放及汙染清除之責任由出口國承擔。而台灣又是一出口導向為主的國家，若未有汙染排放責任歸屬的劃分，台灣須自行承擔國內汙染排放的所有清除責任。

各界在汙染排放責任歸屬的討論，主要有兩種汙染排放責任的歸屬，一為均歸由生產者負擔汙染排放責任的計算基礎；二為均歸由消費者負擔汙染排放責任的計算基礎。然兩種責任歸屬之計算，均將汙染排放責任推給一方承擔並非一公正歸屬汙染排放責任之方式。Gallego and Lenzen (2005)提出共擔責任(shared responsibility)的計算方式，將汙染排放責任均歸屬給生產者與消費者雙方。因此，本研究使用共擔責任之方法，劃分台灣各部門水汙染排放責任之歸屬。

本研究結果發現有：一、由共擔責任分配水汙染排放責任，除了可以重新分配汙染責任外，各部門在生產基礎與消費基礎下的水汙染排放責任，部門所需負擔汙染責任的大小也會重新洗牌。二、紡織、化學材料、基本金屬、電子零組件與電腦、電子產品及光學製品等部門，國外消費者所需承擔的水汙染排放責任，超過上述部門生產者本身承擔的水汙染排放責任。三、若直接以水汙染排放係數的標準衡量各部門需承擔的水汙染排放責任，無法明確地區分水汙染排放責任。四、各部門出口內銷比大，國外消費者的共擔責任也大。

然本研究為一簡要歸屬台灣各部門實際上要承擔的水汙染排放責任，為一事後(ex-post)分析之研究。因此本研究日後研究之方向，尚可再延伸作一租稅歸宿分配之基礎，亦或是加入事前(ex-ante)模擬，比較何種方式之衝擊能降低共擔責任之大小，使得共擔責任此方法與議題之應用能更加深入。

**關鍵詞：**共擔責任、生產基礎會計原則、投入產出模型、消費基礎會計原則

# 目錄

摘要 .....	ii
目錄 .....	iii
表目錄 .....	iv
圖目錄 .....	v
1 緒論 .....	1
1.1 研究背景及動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	5
1.3 研究方法 .....	6
1.4 研究流程 .....	7
2 文獻回顧與探討 .....	9
2.1 責任歸屬 .....	9
2.2 共擔責任 .....	11
3 方法架構 .....	17
3.1 投入產出分析模型 .....	17
3.2 共擔責任 .....	19
3.2.1 共擔責任概念 .....	19
3.2.2 責任份額 .....	21
3.2.3 共擔責任公式 .....	23
3.2.4 共擔責任與責任份額的限制 .....	26
4 資料處理 .....	27
4.1 產業關聯表與水污染排放帳資料庫內容說明 .....	28
4.2 步驟 .....	28
4.2.1 計算 .....	28
4.2.2 驗證 .....	31
5 計算結果 .....	35
5.1 總體面 .....	35
5.2 共擔責任與原汗水排放量 .....	39
5.3 水污染排放係數與出口內銷比 .....	47
5.4 區分 31 部門之共擔責任 .....	52
6 結論 .....	57
參考文獻 .....	59
附錄 1 以矩陣運算形式表示共擔責任 .....	63
附錄 1-1 Lenzen 等人之共擔責任 .....	63
附錄 1-2 Andrew and Forgie 之共擔責任 .....	69
附錄 1-3 本研究之共擔責任 .....	71
附錄 2 綠色國民所得水污染排放帳與產業關聯表 52 部門分類對照表 .....	75

## 表目錄

表 1-1	台灣歷年環境品質損值.....	3
表 2-1	Bastianoni, Pulselli, and Tiezzi (2004)一文所提及之方法 .....	10
表 2-2	Rodrigues et al. (2006)及 Lenzen et al. (2007)SR 之比較.....	14
表 2-3	三種責任歸屬之比較.....	15
表 5-1	各部門水汙染排放係數與出口內銷比一覽表.....	48
表 5-2	三種水汙染的 CR-y2 與 CR-y2 占 SR 之比例.....	52



## 圖目錄

圖 1-1	以生產者為責任歸屬示意圖.....	4
圖 1-2	歸給經濟體各成員的共擔責任.....	5
圖 1-3	研究流程.....	7
圖 2-1	生產者與消費者責任歸屬之討論.....	9
圖 2-2	本研究共擔責任之文獻架構.....	11
圖 3-1	簡易的產業關聯表.....	18
圖 3-2	責任份額示意圖.....	22
圖 4-1	SR 之責任矩陣.....	27
圖 4-2	應用投入產出表運算 SR 之步驟概念圖.....	30
圖 5-1	總體面三種責任歸屬衡量的 BOD 汙染排放責任.....	36
圖 5-2	總體面三種責任歸屬衡量的 COD 汙染排放責任.....	36
圖 5-3	總體面三種責任歸屬衡量的 SS 汙染排放責任.....	36
圖 5-4	三種責任歸屬下不同需求的 BOD 汙染排放責任.....	38
圖 5-5	三種責任歸屬下不同需求的 COD 汙染排放責任.....	38
圖 5-6	三種責任歸屬下不同需求的 SS 汙染排放責任.....	38
圖 5-7	31 部門 BOD 之原始水汙染排放量與 SR.....	41
圖 5-8	31 部門 COD 之原始水汙染排放量與 SR.....	42
圖 5-9	31 部門 SS 之原始水汙染排放量與 SR.....	43
圖 5-10	31 部門 BOD 之 SR 與國外消費者 SR.....	44
圖 5-11	31 部門 COD 之 SR 與國外消費者 SR.....	45
圖 5-12	31 部門 SS 之 SR 與國外消費者 SR.....	46
圖 5-13	農林漁牧部門 PB, SR 與 CB 的 BOD 汙染排放責任.....	49
圖 5-14	農林漁牧部門 PB, SR 與 CB 的 COD 汙染排放責任.....	49
圖 5-15	農林漁牧部門 PB, SR 與 CB 的 SS 汙染排放責任.....	49
圖 5-16	電子零組件部門 PB, SR 與 CB 的 BOD 汙染排放責任.....	50
圖 5-17	電子零組件部門 PB, SR 與 CB 的 COD 汙染排放責任.....	51
圖 5-18	電子零組件部門 PB, SR 與 CB 的 SS 汙染排放責任.....	51
圖 5-19	31 部門生產者與消費者之 BOD SR.....	53
圖 5-20	31 部門生產者與消費者之 COD SR.....	54
圖 5-21	31 部門生產者與消費者之 SS SR.....	55

# 1 緒論

## 1.1 研究背景及動機

經濟體中，各部門所生產的產品在生產、運輸、消費等各階段中，均會排放汙染。當產品生產、消費均在同一國家時，汙染排放與其清除責任均在同一國家中。然而現今社會國際貿易往來頻繁，一國消費之商品可由他國進口(或是在國外設廠生產後再進口)，使得雖然該產品由該國消費，卻使汙染排放及汙染清除之責任由出口國承擔。

汙染排放與汙染清除之責任可分兩種，生產基礎會計原則(production-based accounting principle)與消費基礎會計原則(consumption-based accounting principle)。首先，生產基礎會計原則是以生產者製造的汙染，由生產者直接承擔自己的汙染排放。由於生產者在製造產品與運輸、販售產品的過程中，均會排放汙染，加上，汙染排放若沒有責任的限制，像是低環保標準、法規不足或沒有法規管制汙染排放，會導致生產者選擇製造汙染排放量大的產品。即使消費者具備環保意識，並想要選擇低汙染的產品，也將無從選擇。因此，生產基礎會計原則的汙染排放責任，又可以說是生產者責任(producer responsibility)。但是若將汙染排放的責任歸屬給生產者，會有以下問題。以京都議定書(Kyoto Protocol)為例，京都議定書規範產品製造地應負擔其汙染責任，即是以生產者為基礎的汙染排放責任。然而京都議定書要求簽署國減少溫室氣體(Greenhouse Gas)的排放量，是以已開發國家列為管制的減排對象。但實際上已開發國家多往開發中國家設廠，在當地製造商品並排放汙染(Bastianoni et al., 2004)，低估已開發國家實際上所要承擔的汙染減量與汙染清除責任。

消費基礎會計原則是以消費者(產品和勞務的最終使用者)為自己購買的商品，負擔起該產品於所有生產階段過程中累計排放的汙染量。由於生產者製造產



品是為了滿足消費者對產品的需求，因此將污染排放的責任歸屬給消費者。故消費基礎會計原則的污染排放責任，又可稱為消費者責任(consumer responsibility)。然而若污染責任由消費者承擔，生產者不用承擔污染排放的責任，將導致生產者沒有動機使用乾淨或是有效率的生產方式，降低污染的排放(Bastianoni et al., 2004)。所以無論以投入、製造產品的一方(生產者)承擔污染排放的責任，或是使用產品的一方(消費者)承擔污染排放的責任，均有爭議或是其缺點。因此本研究從文獻(Gallego & Lenzen, 2005; Lenzen et al., 2007)中發現，Lenzen 等人想要透過共擔責任(shared responsibility)，將污染責任重新歸給生產者與消費者，使兩方均能承擔污染排放的責任。

以往討論污染的責任歸屬，多以二氧化碳等溫室氣體為主(Andrew & Forgie, 2008; Zaks et al., 2009; Rodrigues, Domingos & Marques, 2010; Cadarso et al., 2012)。然而，實際上水污染的問題，也同樣重要。因為水是人類日常生活與經濟活動中，不可或缺的資源。此外，台灣降雨時節分布不均、山高坡陡、河川流急、土地面積狹小，均使台灣存水不易。若水資源受到污染，不僅會影響民眾所需之用水，也會減少產業可利用之水資源。

民國 95 至 101 年，台灣綠色國民所得帳(Green National Income Account)推估空氣污染、水污染與固體廢棄物等三類環境污染的質損值，均以水污染的質損最大，超過總污染質損值之一半，其中又以民國 95 年水污染質損值 395.3 億元，佔總質損值 56.68%之比例，如表 1-1 所示。水污染質損值是以單位減量成本與排放量估算消除生化耗氧量(Biochemical Oxygen Demand)所需的貨幣價值，即消除生化需氧量排放量需投入的費用，是三類環境污染質損值中最大的(行政院主計處，2007，2008，2009，2010，2011；行政院主計總處，2012，2013)。



表 1-1 台灣歷年環境品質質損值

單位：億元

	95 年 <sup>a</sup>	96 年 <sup>b</sup>	97 年 <sup>c</sup>	98 年 <sup>d</sup>	99 年 <sup>e</sup>	100 年 <sup>f</sup>	101 年 <sup>g</sup>
水汙染	395.3	388.7	385.0	335.0	351.0	305.0	294.0
空氣汙染	280.7	342.4	344.0	313.0	283.0	279.0	232.0
固體廢棄物	21.4	17.5	18.0	15.0	21.0	25.0	23.0
加總	697.4	748.6	747.0	663.0	655.0	609.0	549.0

資料來源：a.行政院主計處(2007，頁 7)。綠色國民所得帳編製報告：民國 95 年。

b.行政院主計處(2008，頁 7)。綠色國民所得帳編製報告：民國 96 年。

c.行政院主計處(2009，頁 7)。綠色國民所得帳編製報告：民國 97 年。

d.行政院主計處(2010，頁 7)。綠色國民所得帳編製報告：民國 98 年。

e.行政院主計處(2011，頁 7)。綠色國民所得帳編製報告：民國 99 年。

f.行政院主計總處(2012，頁 7)。綠色國民所得帳編製報告：民國 100 年。

g.行政院主計總處(2013，頁 7)。綠色國民所得帳編製報告：民國 101 年。

加上台灣為一出口導向的國家，產品除了供應國內廠商與消費者的需求，亦須滿足國外消費者的訂單，是故汙染排放的責任需由國內廠商、國內外消費者一起承擔，以圖 1-1 為例說明各部門汙染排放之關係。由圖 1-1 可看到高水汙染產品與低水汙染產品，此兩種產品的六種銷售流向。一、高水汙染產品多內銷給本國使用者(即產業作為中間投入、消費者作為最終使用)；二、低水汙染產品多內銷給本國使用者；三、低水汙染產品使用高水汙染產品作為中間投入，再內銷給本國使用者；四、高水汙染產品多外銷至國外使用者；五、低水汙染產品多外銷至國外使用者；六、低水汙染產品使用高水汙染產品作為中間投入，再外銷給他國使用者。前三種狀況均為本國使用產品，汙染留在本國；後三種狀況為他國使用產品，汙染亦留在本國。倘若以本國產品計算生產者責任，生產者製造的汙染只由生產者承擔汙染排放的責任，因此只有台灣國內產業須承擔汙染責任，在後三種情況下，產品非本國使用，汙染卻需本國清除汙染，對本國是不公平的。此外，若在第三、六種情況下，單以生產者責任計算汙染排放的責任，未計算到低水汙染產品用高水汙染產品作為中間投入，忽略低水汙染產品其實隱含(embodied)高水汙染的排放責任。即使高水汙染產品非台灣主要供應出口的產品，

我們會有高水汙染產品多為國內使用，汙水排放責任由國內廠商與國內消費者負擔尚為合理的錯覺。但事實上卻是低水汙染產品的直接汙水排放量小、間接汙水排放量大，將低水汙染產品賣給國外消費者，汙染卻留在台灣。

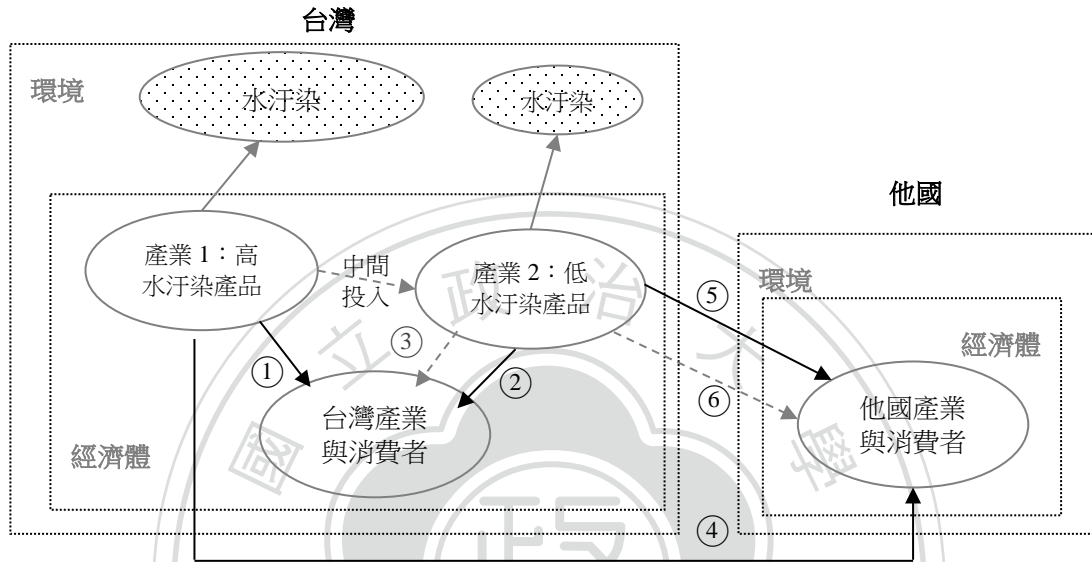


圖 1-1 以生產者為責任歸屬示意圖

資料來源：本研究繪製。

## 1.2 研究目的

因此由 1.1 節討論到的問題，本研究以台灣為例，將污染責任區分成生產者、國內消費者、國外消費者，以探討台灣各部門真正應負擔的水污染責任歸屬，事後(ex post)檢視各部門污染排放量，如圖 1-2。因此本研究具體目的如下：以生產基礎(生產者責任)、消費基礎(消費者責任)與共擔責任三種準則，比較台灣產業水污染責任歸屬之差異。



圖 1-2 歸給經濟體各成員的共擔責任

資料來源：本研究繪製。

### 1.3 研究方法

本研究採用 Gallego and Lenzen (2005)共擔責任(以下簡稱 SR)之計算公式，可由生產者及消費者共同承擔污染。而此共同分攤污染責任的大小，是以 Lenzen et al. (2007)一文所定義之責任份額(Responsibility Share)——為附加價值(Value Added)除以淨產出(Net Output)，作為生產者與消費者所需承擔污染之比例。分子採用附加價值作為衡量標準之原因，是因附加價值越高，表示自己部門使用的勞工可能是高技術勞工(high skilled labor)，或是資本設備良好，因此部門擁有高附加價值，可以選擇有效率地方式生產。因此，若高附加價值的部門，選擇以不效率的方式生產，需負擔之污染責任應越大。分母用淨產出，即除了總產出(Gross Output)外，還需要扣除使用自身產出作為中間投入的部分(為部門內交易，intra-industry transaction)。不以總產出直接作為分母計算的理由，是因為當部門內本身的交易越高，表示該部門的產出大多是為了因應自己部門的需求，而使用越多自己的產出作為中間投入，故該部門就應多負擔製造污染的責任。反之，當部門內本身的交易越低，表示該部門的產出大多是為了因應其他部門的需求而生產，那麼其他部門就應該多負擔製造污染的責任。

此外，SR 利用投入產出(Input-Output，以下簡稱 IO)模型，可以追蹤出產業間交易的流向。依 IO 產業相互關聯效果、責任份額與污染排放係數的大小，SR 可計算出一產品因為多少單位的中間需求與最終需求，生產者直接與間接排放出多少污染，再分別乘上生產者責任份額與消費者責任份額，即可得到生產者與消費者的 SR。因此，SR 與生產基礎、消費基礎的責任歸屬方法相較，SR 具有重新歸屬各部門承擔污染排放責任的特色。而將責任份額設定為 0 或 1，SR 之方法便可推算出以生產者責任與消費者責任。故以生產基礎、消費基礎與 SR 的三種方法，可衡量各部門不同方法下之責任歸屬，亦能顯現出 SR 具有重新歸屬各部門污染排放責任的特點。

## 1.4 研究流程

本研究共分 6 章。第 1 章為緒論，介紹研究背景及動機、目的與方法；第 2 章回顧文獻關於責任歸屬的發展與應用之討論。第 3 章介紹本研究所衡量 SR 之方法。第 4 章說明本研究相關的資料處理，並於第 5 章本研究之計算結果，就研究之發現作一說明。最後第 6 章為本研究之結論及可研究之方向。亦可見圖 1-3 之本研究流程。

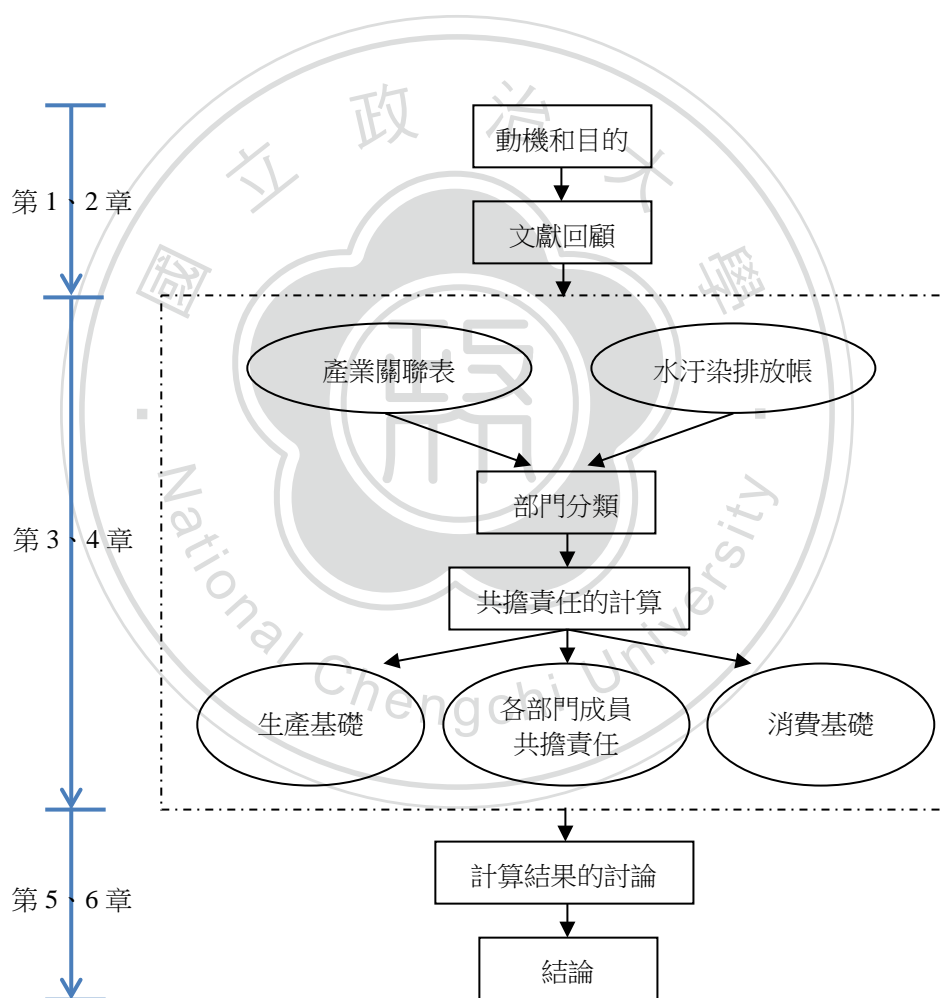


圖 1-3 研究流程

資料來源：本研究繪製。





## 2 文獻回顧與探討

本研究主要探討台灣各部門水汙染的責任歸屬，即經濟體內成員(economic agents)各需負擔的水汙染排放責任之大小。因此本章文獻回顧主要分成兩個部分，2.1 節對文獻上討論汙染的責任歸屬作一回顧；2.2 節回顧共攤責任的發展與應用之文獻。並主要參考 Gallego and Lenzen (2005)和 Lenzen et al. (2007)之作法，作為本研究之方法，於第 3 章說明。

### 2.1 責任歸屬

文獻上(Munksgaard & Pedersen, 2001; Bastianoni, Pulselli, & Tiezzi, 2004; Gallego & Lenzen, 2005)討論責任歸屬的背景，多從國際間開始協商溫室氣體(Greenhouse Gas)的減量排放、各界出現該如何計算各國二氧化碳排放帳，以及管制二氧化碳排放量的討論著手。並以京都議定書(Kyoto Protocol)要求簽署國減少溫室氣體的排放量作為出發，探討何種計算原則(accounting principle)作為汙染減排對象之規範最為適宜。因此，有了生產者與消費者責任為基礎的會計原則之討論，如圖 2-1。

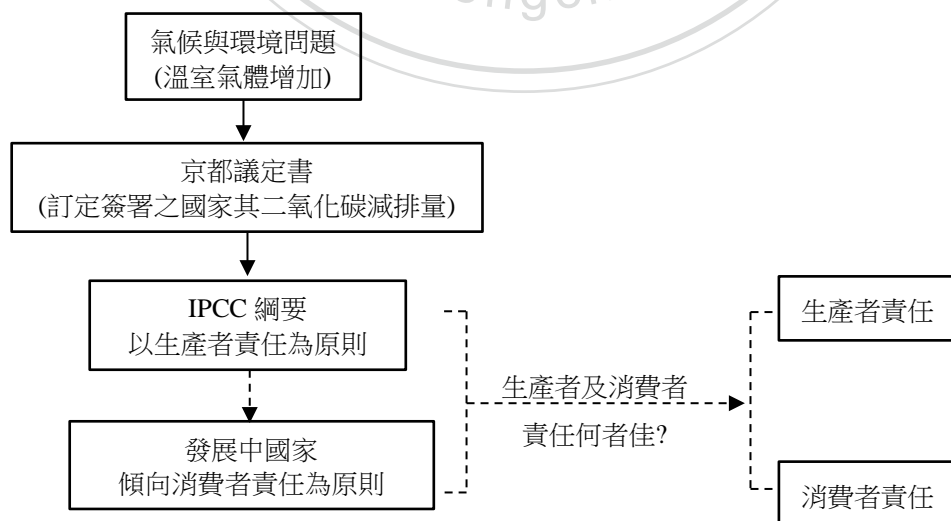


圖 2-1 生產者與消費者責任歸屬之討論

資料來源：本研究繪製。

Bastianoni, Pulselli, and Tiezzi (2004)比較三種分配溫室氣體排放量責任的方法，前兩種是以生產者與消費者責任歸屬的方法，可見表 2-1。第一種是地區畫分責任法 (geographical approach)，以跨政府氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change，以下簡稱 IPCC)的指針作為基礎，污染責任以地區畫分作為限制。意思為一地區所製造出的污染，由此地區自行承擔。但缺點是倘若一國之國際貿易往來頻繁，其製造的財貨多因應國外需求生產而排放污染。是以該國若以此方法作為污染排放責任之依據，則會高估該國所需負擔之污染排放責任。第二種是消費者責任法(consumer responsibility approach)，基於生態足跡方法論(Ecological Footprint methodology)，只要是消費者使用的資源與財貨，其製造的污染均歸給消費者承擔。第三種是碳排放加總法(Carbon Emission Added approach)，以供應鏈(supply chain)之順序，生產者(producer)、中間投入的廠商(intermediate system)與最終消費者(final consumer)，各部門依序累加上一部門之污染，加總後的總污染除各部門分別累加的污染量，即是各部門所需負擔的污染責任比例。然而，使用第三種方法所會出現的問題，會出現兩種狀況。一為供應鏈長短不同，其分配責任會跟著改變(Lenzen et al., 2007)；二為越後端的部門分配到污染量的比例越多，污染責任大多落在後端的使用者。

表 2-1 Bastianoni, Pulselli, and Tiezzi (2004)一文所提及之方法

方法	依據方法	分配污染的原則	缺點
地區畫分責任法	IPCC	生產會計原則	污染局限於地區、國家
消費者責任法	生態足跡	消費會計原則	消費者 100%承擔污染
碳排放加總法	隱含能源、 能值分析*	生產與消費會計原 則	供應鏈的長短影響污染責任的比 例；越下游的部門，所需承擔的污 染責任越大

註\*：Embodied Energy-Emergy Analysis method(Odum, 1996; 張四立，2009)，追蹤特定財貨從生產、製造到產品最終消費之各個過程中，直接、間接投入的資源或是所排放的污染量。

資料來源：本研究整理自 Bastianoni, Pulselli, & Tiezzi (2004)與 Lenzen et al. (2007)。

## 2.2 共擔責任

有鑑於生產基礎與消費基礎的計算原則，將污染排放責任分別歸屬給生產者與消費者，兩種計算方式均有爭議與缺點。不只因生產者把產品製造出來，僅將污染排放責任全都歸屬給廠商，尚因消費者或是其他生產部門的需求，生產者才會製造產品而排放污染，故應重新歸屬污染的排放責任。因此，文獻(Bastianoni et al., 2004; Ferng, 2003; Gallego & Lenzen, 2005; Rodrigues et al., 2006; Kondo, Moriguchi, & Shimizu, 1998; Lenzen et al., 2007; Rodrigues & Domingos, 2008)，出現第三種計算污染排放責任的討論，請見圖 2-2，污染排放責任歸屬給生產者與消費者。

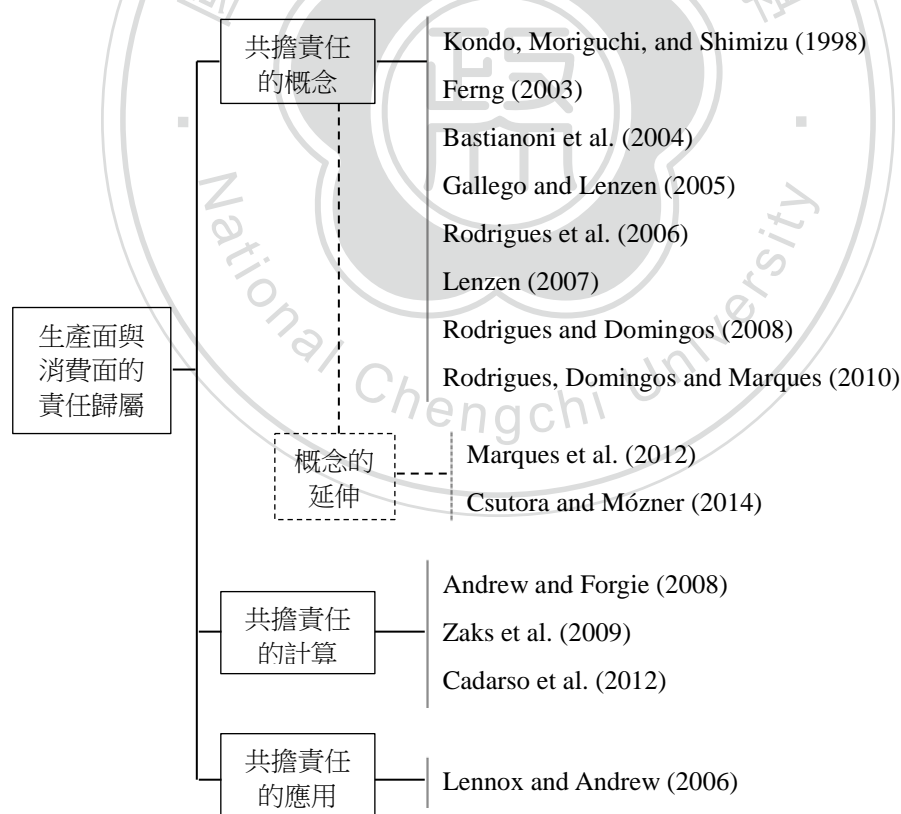


圖 2-2 本研究共擔責任之文獻架構

資料來源：本研究自行整理。

Kondo, Moriguchi, and Shimizu (1998)以日本為例，由生產基礎與消費基礎下之部分污染量，按比例分配日本所需負擔排放二氧化碳的污染責任。Kondo, Moriguchi, and Shimizu (1998)由生產基礎分配而得的污染責任，為國內生產者為滿足國外需求而在國內所排放的污染，日本生產者承擔  $p$  比例的污染量；由消費基礎而得的污染責任，為國外生產者為因應日本國內最終需求，國外生產者在自己國家內排放污染，日本消費者需承擔  $q$  比例的污染量；最後再加上日本國內生產者為滿足國內最終需求，而在國內所排放的污染，即為日本所分配到的二氧化碳污染責任。然  $p$ 、 $q$  比例未有一明確的定義， $p$ 、 $q$  可任意變動。

同樣地，Feng (2003)提出一污染責任在生產者與消費者間作分配，並將進出口所隱含的污染按比例分配污染責任。但在 Lenzen et al. (2007)與 Csutora and Mózner (2014)分別指出 Feng (2003)之方法，會有重複計算(double counting)以及未明確定義分攤污染責任的大小等問題。

Gallego and Lenzen (2005)利用 IO 模型的特點，找出各部門供給與需求的交易流向，以及各部門投入產出直接與間接的連結，將環境污染的責任共同歸屬給生產者和消費者。因此，各部門所需承擔的污染排放責任，除了直接排放的污染，還有間接效果隱含的污染排放責任。其中 IO 模型又可採用 Leontief 和 Ghosh 兩種模型，計算生產者和消費者的污染責任(Gallego & Lenzen, 2005)。Gallego and Lenzen (2005)由 Leontief 模型跟 Ghosh 模型，可分別從產業間交易流向，由上游(upstream，由上而下)與下游(downstream，由下而上)的觀點推算污染排放責任，將污染排放責任歸屬給經濟體內的成員。

Leontief 模型可稱為上游模型。污染是因購買者(customers)的需求，供應者(suppliers)才會製造產品並排放污染。因此，購買者需對自己買的產品，其產品製造過程中，對供應者製造產品所排放的污染負責。而購買者買的產品越多，購買者需負擔更多的污染排放責任。故污染排放責任的大小視供應者製造污染量的多寡，最終的污染排放責任由購買者承擔，又可視為消費者責任。Ghosh 模型可稱為下游模型。污染是因銷售者的供給、製造商品而排放污染，因此銷售者需對

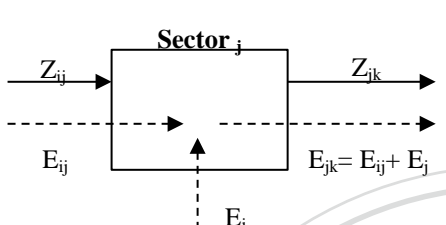
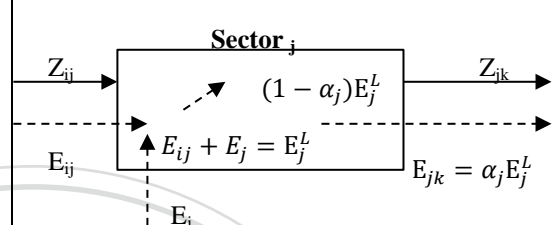
自己銷售的產品，產品製造所排放的污染負責。而產品賣得越多，銷售者需負擔更多的污染排放責任，故污染排放責任的大小視購買者需求之大小，供應者所排放污染量的多寡，最終的污染排放責任由生產者承擔，即是生產者責任。(趙定濤、楊樹，2013；Gallego & Lenzen, 2005; Rodrigues & Domingos, 2008; Lenzen & Murray, 2010; Rodrigues, Domingos & Marques, 2010; Marques et al., 2012)

此外，Gallego and Lenzen (2005)一文提出不同污染均可透過 SR 公式，將污染排放的責任歸屬給不同成員。此公式的優點在於無重複計算與部門數的多寡不會導致污染歸屬比例改變的問題(Lenzen et al., 2007; Lenzen, 2007)，詳細內容請見 3.2.2 節。加上，由 Leontief 模型跟 Ghosh 模型，雖有隱含責任歸屬的概念，卻未敘述如何計算出共擔責任，因此 Gallego and Lenzen (2005)的目的，為採用供應鏈的方式，一層層地拆解找出各部門的責任歸屬。

SR 公式中，生產者與消費者所需承擔污染排放責任的比例——生產者責任份額(producer responsibility share)與消費者責任份額(consumer responsibility share)，則在 Wiedmann and Lenzen (2006)和 Lenzen et al. (2007)文中定義。Lenzen et al. (2007)提及可將家計單位(最終消費者)視為下游部門的一部分，如此一來，家計單位所歸屬到的污染責任，如同其他生產者所歸屬到的污染責任一樣，詳細內容請見 3.2.2 節。

同樣提出生產者與消費者均需承擔污染排放責任的有 Rodrigues et al. (2006)。但 Rodrigues et al. (2006)與 Lenzen et al. (2007)所提出共擔責任，最主要的差異在於 Rodrigues et al. (2006)將污染排放的環境責任(environmental responsibility)平分歸給生產者與消費者雙方。又於 Rodrigues and Domingos (2008)一文闡述 Rodrigues et al. (2006)和 Lenzen et al. (2007)兩者的差異，可見表 2-2 之比較。

表 2-2 Rodrigues et al. (2006)及 Lenzen et al. (2007)SR 之比較

文獻	Rodrigues et al.(2006)	Lenzen et al. (2007)
相同處	(1) 嘗試要計算生產者及消費者兩者的責任 (2) 以投入產出分析(貨幣單位)的數據為基礎 (3) 生產者及消費者共同承擔 SR	
相異處	(1) 全部轉移 <sup>a</sup>  (2) 平分生產者和消費者的環境責任 (3) 責任份額為 1/2	(1) 部分轉移 <sup>b</sup>  (2) $\alpha$ 比例的生產者及消費者的環境責任 (3) 責任份額為 1-(附加價值/淨產出)
概念	生產者責任是下游加工(附加價值)時所排放的汙染；消費者責任是上游廠商排放汙染的環境成本。	生產者責任是(1- $\alpha$ )比例；消費者責任是 $\beta$ 比例。

註 a：i 部門提供 i 產品給 j 部門作為中間投入(即  $Z_{ij}$ )，而 i 部門製造 j 部門所需的中間投入時，會排放汙染(即  $E_{ij}$ )，此部分的汙染需由 j 部門承擔。而 j 部門會供應 j 產品給 k 部門(即  $Z_{jk}$ )，j 部門在製造 j 產品會直接排放  $E_j$ ，而製造 j 產品時會使用 i 產品作為中間投入，需將 i 產品為供 j 部門需求而排放的汙染( $E_{ij}$ )，也歸給 k 部門所需承擔的汙染排放責任中。因此，k 部門需承擔生產過程中全部的汙染排放責任。

b：j 部門由使用 i 部門產品所需承擔的汙染排放責任，與 j 部門製造 j 產品的汙染排放責任，兩者互相加總，並以責任份額的比例，將汙染排放責任歸給本身(j 部門)與使用 j 產品的部門。

資料來源：本研究整理自 Rodrigues & Domingos (2008)。



將過去文獻(Bastianoni et al., 2004; Gallego & Lenzen, 2005; Rodrigues et al., 2006; Lenzen et al., 2007; Rodrigues & Domingos, 2008)討論責任歸屬與SR之內容作一對照，如表 2-3。生產基礎為生產者負責污染責任的概念，為生產者製造出多少污染，便需承擔其排放的污染，亦是IPCC歸屬污染排放責任的原則。若以SR的角度計算，生產基礎的污染排放責任為 $\alpha$ ,  $\beta$ 皆為 0，因此計算生產基礎的污染責任即是SR中的生產者責任。本研究又以Gallego and Lenzen (2005)一文提出的定義為研究方法，SR為生產者與消費者均需負擔污染責任的概念。而SR可區分成生產者責任與消費者責任，又生產者責任可從中間投入與最終需求歸屬到污染排放責任，而從最終需求中歸屬污染排放責任給消費者。消費基礎為消費者負責污染的概念，為消費者購買一商品，消費者需負擔生產一商品的污染量，屬於生命週期分析<sup>1</sup>(Life Cycle Analysis, 以下簡稱LCA)歸屬污染責任的原則。而一商品的污染量可分成兩個部份來探討，第一部分是生產者製造商品會直接排放的污染；第二部分是生產者製造商品時，會需要其他商品作為中間投入，而其他商品在生產過程也會排放污染，此部分為間接排放的污染。因此消費者需承擔商品直接與間接的污染量。若以SR的角度計算，消費基礎的污染排放責任為 $\alpha$ ,  $\beta$ 皆為 1，因此計算消費基礎的污染責任即是SR中的消費者責任。

表 2-3 三種責任歸屬之比較

	生產基礎	SR	消費基礎
污染責任由	生產者 100%承擔	生產者與消費者共同承擔	消費者 100%承擔
若是採用責任份額的方 式計算， $\alpha$ 與 $\beta$	皆為 0	為 1-(附加價值/淨產出)	皆為 1
污染責任該由誰承擔的 概念，是根據	IPCC	Gallego and Lenzen (2005)	LCA

資料來源：本研究整理自 Lenzen et al. (2007)。

<sup>1</sup>一個產品從原料製成成品的流程(即供應鏈)，又可說是從搖籃(原料)到死亡(成品)的過程(from cradle to death)。

Andrew and Forgie (2008)應用 Lenzen et al. (2007)的方法，以生產基礎、消費基礎與 SR 三種觀點計算紐西蘭各部門溫室氣體排放量的排放責任。Zaks et al. (2009)發現巴西因國外消費者的需求，造成亞馬遜流域土地利用的變遷，並在當地排放溫室氣體。若在京都議定書的架構下，巴西需承擔溫室氣體的排放責任，因此 Zaks et al. (2009)從生產面與消費面將汙染排放責任分配給巴西與進口巴西產品的國家。Cadarso et al. (2012)以西班牙為例子計算各部門二氧化碳排放的 SR，並在文中提及該研究為第一個使用實際的資料來計算 SR。

SR 又可以收入為基礎(income-based; Marques et al., 2012)，以及受益者為基礎(beneficiary-based; Csutora & Mózner, 2014)為觀點來衡量汙染責任。此外，Lennox and Andrew (2006)使用 SR 的觀點，來歸屬用水的使用權(water use rights)。



### 3 方法架構

本研究採用 Leontief 投入產出模型之架構下，應用 Gallego and Lenzen (2005) 與 Lenzen et al. (2007)SR 的方法，計算台灣各部門的水汙染責任歸屬。本章分成兩節介紹本研究之研究方法：第 3.1 節為投入產出分析模型之介紹；第 3.2 節說明 SR 的概念及運算。

#### 3.1 投入產出分析模型

IO模型<sup>2</sup>為Wassily Leontief於 1930 年代所提出的經濟方法(Leontief, 1936; Miller & Blair, 2009)。IO模型的架構描繪了整個經濟體各個產業間相互依存的關係，並可以探討經濟體系內的行為——生產、中間消費、家計部門與廠商間的互動，以及進出口等活動對產業間的影響。

IO 的架構：(1)IO 利用產業關聯表(Input-Output Table)描繪各部門的投入結構與產出分配的關係。產業關聯表每一橫列(row)的元素表示此部門提供給各個部門的產量，即產品的銷售流向，各部門的產品銷售給中間需要(intermediate demands)與最終需要(final demands)；每一直行(column)的元素表示此部門需要各個部門投入的產量，即各部門的投入結構，部門需要中間投入(intermediate inputs)及原始投入(primary inputs，亦稱為附加價值)來生產，如圖 3-1。(2)投入係數(input coefficients)為各部門單位產出所需的中間投入，而此投入係數表示在一定的生產技術下，需要各部門直接投入其產品的比例，故又可稱作技術係數(technical coefficients)。(3)Leontief 逆矩陣(inverse)即最終需求變動一單位會直接與間接影

---

<sup>2</sup> IO 模型的基本假設有：(1)投入和產出的技術關係固定不變，生產部門各種投入量的大小會與各部門產出總量成比例的關係；(2)各部門的生產技術為固定規模報酬(constant returns to scale)，所有投入增加一倍，產出也會增加一倍，投入與產出的比例是固定的；(3)要素投入間是互補的；(4)各部門僅生產一種產品。

響產業增產或減產，即最終需求增加一單位對產出造成的影響。因此，IO 可由產業關聯表看到各產業的投入結構與產出分配的相互關聯性。

由 IO 模型的特點，找出各部門供給與需求的交易流向、各部門投入產出直接與間接的連結，因此可以追溯資源的投入量與產出(排放的汙染量)，將汙染排放責任歸屬給生產者和消費者。從 Leontief 模型跟 Ghosh 模型，我們可分別從產業結構由上而下(upstream)或是由下而上(downstream)的方式，來找出汙染的責任應歸屬給何者。然本研究想探討使用台灣國產品的對象，將水汙染排放責任劃分給使用國產品的購買者，故本研究採用的是 Leontief IO 模型。

	部門			最終需求	總銷售
商品	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$Y_1$	$X_1$
	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	$Y_2$	$X_2$
	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$	$Y_3$	$X_3$
原始投入	$V_1$	$V_2$	$V_3$		
總成本	$X_1$	$X_2$	$X_3$		

圖 3-1 簡易的產業關聯表

資料來源：本研究繪製。

## 3.2 共擔責任

本研究採用 Gallego and Lenzen (2005)SR 之計算公式，由生產者及消費者共同承擔污染排放的責任。共同分攤污染責任的大小，是以 Lenzen et al. (2007)一文所定義之責任份額——為附加價值除以淨產出，作為生產者與消費者所需承擔污染之比例。SR 利用 IO 模型，可以追蹤出產業間的交易流向，且依 IO 產業相互關聯效果、責任份額與污染排放係數的大小，可計算出生產者製造一產品會直接與間接地排放出多少污染。最後，並分別乘上生產者責任份額與消費者責任份額，即可得到生產者與消費者的 SR，以矩陣說明之計算過程可參考附錄 1。

### 3.2.1 共擔責任概念

Gallego and Lenzen (2005)所提出共擔責任的計算方法，是將污染共同歸屬給生產者與消費者一起承擔。生產者需為自己使用中間投入作為生產，以及製造商品供應給最終消費者使用，各負擔起一部分的污染；而消費者需為生產者因應自己的需求而生產的商品，其製程所排放的污染，亦負擔起一部分的污染責任，如 (1)式。

$$\begin{aligned} E_p &= e' L^{(\alpha)} [(1-\beta)y + (1-\alpha)(x-y)] \\ E_c &= e' L^{(\alpha)} \beta y \end{aligned} \quad (1)$$

(1)式的  $E_p$  與  $E_c$  分別是歸給生產者與消費者負擔的污染量。 $e$  為污染排放係數、 $y$  為最終需求、 $(x-y)$  為中間需求，而  $L^{(\alpha)}$  為 Leontief 責任份額逆矩陣、 $\alpha$  與  $\beta$  為責任份額，於 3.2.2 節與 3.2.3 節說明。

由於生產者製造商品供給其他中間投入部門的生產者、最終需求的消費者，以及自己作為中間投入使用，因此生產者需為自己使用中間投入來生產負起  $(1-\alpha)$

汙染責任。此外，為促使生產者有誘因主動改善自己的生產技術，生產者需為最終需求負起汙染責任。又以獨占生產者的情況，將使得消費者無從選擇低汙產品。以台灣而言，台電是唯一的電力生產者，所有的設備若需要用電，需求者便會向台電購買。因此，SR 將歸給最終需求所需負擔的排汙責任，有製造商品的生產者與購買商品的消費者，分別負擔 $(1-\beta)$ 與  $\beta$  比例的汙染量。現在若將汙染的歸屬責任全由消費者(向台電買電的用戶)負擔，則台電生產電力所排放的汙染，皆歸到買電的人負擔。然而，若將製造電力的汙染，全歸給消費者負責，台電不用負責汙染的責任，則生產者台電便不在乎電的製程是否會排放許多的汙染。如此一來，消費者既無法選擇低汙染的電力，又得負擔最終需求全部的電力汙染量，對於消費者是不公平的。因此，為降低汙染(abatement)，使得生產者能夠不肆無忌憚地排放汙染，並在製造電力的過程可以選擇更有效率地運用資源，則須將歸給最終需求負責的汙染，生產者也須負起一部分  $\beta$  的汙染量。

同樣地，歸給消費者汙染責任的原因有二，一為消費者主動向生產者下訂單，生產者為因應消費者之需求而製造產品，故需將生產者製程所排放的汙染歸給消費者；二使消費者有動機挑選低汙染排放係數的產品，不要選擇骯髒產業(dirty industries)所製造出來的高汙染產品。故歸給最終需求的汙染量，仍舊維持生產者與消費者各承擔 $(1-\beta)$ 與  $\beta$  比例的汙染。

因此，當加入了歸屬生產者與消費者的汙染責任<sup>3</sup>，生產者和消費者均有動機選擇製造及購買低汙產品<sup>4</sup>。

---

<sup>3</sup> 生產者要承擔自己製造出來的汙染，而消費者也要承擔自己所購買的產品在生產過程中所製造出來的汙染。

<sup>4</sup> 為了減少歸屬給自己(生產者、消費者)所需承擔的汙染，生產者會尋找低汙的生產方式，消費者也會選擇低汙產品。如此一來，排放到環境中的汙染也可以減少。



### 3.2.2 責任份額

$\alpha$  為生產者污染排放責任的比例，即生產者責任份額； $\beta$  是消費者承擔污染排放責任的比例，即消費者責任份額。 $\alpha$  和  $\beta$  之公式如(2)式，

$$1 - \alpha_i = 1 - \beta_i = \frac{v_i}{x_i - T_{ii}} \quad (2)$$

其中  $v_i$  為  $i$  部門的附加價值； $x_i$  為  $i$  部門的總產出； $T_{ii}$  為  $i$  部門使用自身產品作為中間投入，即為部門內的交易。分母是總產出扣除部門內的交易，即為淨產出。

分子採用附加價值作為衡量標準之原因有兩個：一、因附加價值越高，表示自己部門使用的勞工可能是高技術勞工(high skilled labor)，或是資本設備良好，因此部門擁有高附加價值，部門便可選擇有效率地方式生產。因此，若高附加價值的部門，選擇以不效率的方式生產，需負擔之污染責任應越大。二、使用附加價值不會有加總的問題<sup>5</sup>。

分母使用淨產出作為衡量責任份額的理由亦有兩個：一、當部門內本身的交易越高，表示該部門的產出大多是為了因應自己部門的需求，而使用越多自己的產品作為中間投入，故該部門就應多負擔製造污染的責任；反之，當部門內本身的交易越低，表示該部門的產出大多是為了因應其他部門的需求而生產，其他部門就應多負擔污染排放的責任<sup>6</sup>。二、由於總產出涵蓋了部門生產過程的中間投入，而中間投入又包含了向自身與其他部門所購買產品的成本，為避免重複計算的問題，故將總產出扣除自行交易的部分。

責任份額間的關係，如圖 3-2。責任份額 $\alpha$ 和 $\beta$ ，污染排放責任可區分為歸給中間需求與最終需求。將污染歸給中間需求負責又可拆解為： $(1-\alpha_i)$ 為 $i$ 部門的生產者為生產 $i$ 產品， $i$ 部門使用 $i$ 產品作為中間投入來生產， $i$ 部門生產者應承擔的

<sup>5</sup> Lenzen 等人(2007)使用附加價值來計算責任份額，不同於 Bastianoni 等人(2004)提出的第三種碳排放加總法，各部門成員會因部門數的多寡，分配到的污染排放責任比例會隨之變化的缺點。

<sup>6</sup>  $1-\alpha=V_i/(X_i-T_{ii})$ 為生產者所需承擔之責任份額。 $T$  越大、分母越小，生產者責任份額越高； $T$  越小、分母越大，生產者責任份額越低。

責任份額； $\alpha_i$ 為其他部門的生產者，因使用*i*產品作為中間投入，對*i*產品應承擔的責任份額。歸給最終需求的污染責任為： $(1-\beta_i)$ 為*i*部門的生產者對*i*產品的最終消費者，負起 $(1-\beta)$ 比例的污染排放責任； $\beta_i$ 為*i*產品之最終消費者需為自己對*i*產品的需求，負起 $\beta$ 比例的污染排放責任。因此， $(1-\alpha)$ 、 $\alpha$ 與 $(1-\beta)$ 的責任份額均是歸給生產者(input users)承擔的部分污染量； $\beta$ 是歸給最終消費者(final users)，所需承擔的責任份額。此外，責任份額是拆成 $\alpha$ 和 $\beta$ 兩部分來討論<sup>7</sup>， $\alpha$ 和 $\beta$ 間並無一連動之關係。

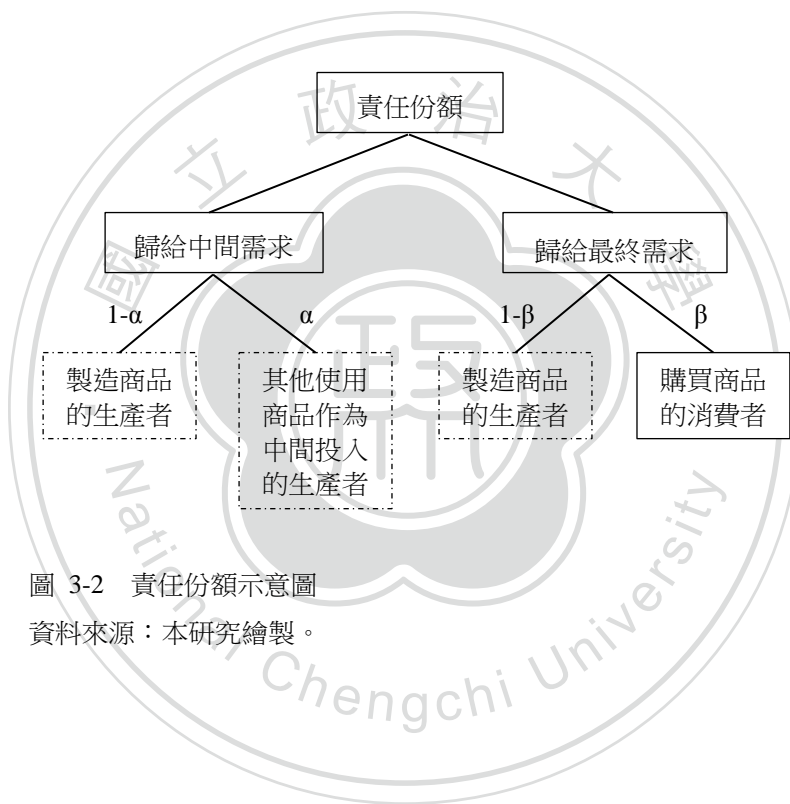


圖 3-2 責任份額示意圖

資料來源：本研究繪製。

<sup>7</sup>  $\alpha$  與  $\beta$  彼此間不能相加， $\alpha$  與  $\beta$  要分別就 $(1-\alpha)$ 與  $\alpha$ 、 $(1-\beta)$ 與  $\beta$  來討論。

### 3.2.3 共擔責任公式

E 表示經濟體系的總污染，視為經濟體內成員的總責任(total responsibility)。E<sub>i</sub> 表示為 i 部門承擔的污染排放責任；e 為污染排放係數；L 表示為 Leontief 逆矩陣；x<sub>i</sub> 為 i 部門總產出；y<sub>i</sub> 為 i 部門的最終消費者對 i 產品的需求。p 表示以生產者角度計算污染排放責任，i 部門的總產出乘上單位產出的污染排放量，是 i 部門為生產而排放的總污染量；而 c 表示以消費者角度計算污染排放責任，i 部門的最終消費者對 i 產品的需求，i 部門生產者為生產 i 產品會直接與間接排放污染量，因此 i 部門的最終消費者需對其需求而排放的污染負責。分別為(3)式與(4)式：

$$E = \sum_i E_i^{(p)} = \sum_i e_i x_i = e' x \quad (3)$$

$$E = \sum_i E_i^{(c)} = \sum_i \sum_j e_j l_{ji} y_i = e' Ly \quad (4)$$

由於中間投入的生產者與最終需求的消費者之需求，部門才會生產，故經濟體內成員需為自己的需求，對生產者排放的污染負擔其污染排放責任。因此，在未考量污染排放的責任前(即先不衡量污染排放係數或是污染排放量的大小)，將各部門的產出拆成各部門為因應不同經濟體內成員的需求所製造的產品、經濟體內成員所應負責的產出(accountable output)，如(5)式。因此，y<sub>i</sub><sup>(α)</sup> 為 i 部門之生產者與最終消費者依責任份額分配 i 部門生產者與最終消費者應負責的產出。其中 CR 為 i 部門的最終消費者需負責的產出，故責任份額為 β；PR 為 i 部門生產者為最終消費者之需求與各部門的中間投入需求，所需負責的產出，其負擔的責任份額分別是(1-β)與(1-α)。

$$y_i^{(\alpha)} = \underbrace{\beta y_i}_{CR} + \underbrace{(1-\beta)y_i + (1-\alpha)(x_i - y_i)}_{PR} \quad (5)$$

以下(6)式與(7)式說明分配給經濟體內成員的SR。因k部門的產出為滿足k部門的最終需求與各部門對k部門的中間需求，故經濟體內成員應對k部門的產出負責。步驟一：誰需要對產出負責。k部門的最終需求，可拆成k部門的最終消費者，以及生產者對製造k產品的產出負責；而k部門的中間投入可拆成其他生產部門與k部門生產者對製造k產品的產出負責。步驟二：每個成員需負擔多少產出。k部門的最終消費者需負擔 $\beta y_k$ 、k部門本身需負擔 $[(1-\beta)y_k + (1-\alpha)(x_k - y_k)]$ 、其他生產部門需負擔 $\alpha(x_k - y_k)$ 。步驟三：k部門與非k部門成員需負擔多少產出。k部門的最終消費者與k部門本身負擔 $y_k^{(\alpha)}$ 、其他生產部門需負擔 $\alpha(x_k - y_k)$ ，為不同生產部門使用k產品作為中間投入的產量，再乘以責任份額 $\alpha$ 。

$$\begin{aligned}
 x_k &= y_k + (x_k - y_k) \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} [\beta y_k + (1-\beta)y_k] \\ + \\ [\alpha(x_k - y_k) + (1-\alpha)(x_k - y_k)] \end{array} \right. \dots \text{步驟一} \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \beta y_k \\ + \\ [(1-\beta)y_k + (1-\alpha)(x_k - y_k)] \end{array} \right. \dots \text{步驟二} \\
 &\quad + \\
 &\quad \left\{ \begin{array}{l} y_k^{(\alpha)} \\ + \\ \alpha \sum_j a_{kj} x_j \end{array} \right. \dots \text{步驟三}
 \end{aligned} \tag{6}$$

由(6)式的步驟三，可得到其他生產部門需承擔k產品作為中間投入的SR。而其他部門所需負擔的SR，如同(6)式的步驟一至步驟三，將SR再分配給經濟體內的成員。因此，(7)式的分解過程步驟四至步驟六的意涵與操作等同於(6)式。

$$\begin{aligned}
\alpha \sum_j a_{kj} x_j &= \alpha \sum_j a_{kj} [y_j + (x_j - y_j)] \\
&= \alpha \sum_j a_{kj} \left\{ \begin{array}{l} [\beta y_j + (1-\beta)y_j] \\ + \\ [\alpha(x_j - y_j) + (1-\alpha)(x_j - y_j)] \end{array} \right. \quad \dots \text{步驟四} \\
&= \alpha \sum_j a_{kj} \left\{ \begin{array}{l} \beta y_j \\ + \\ [(1-\beta)y_j + (1-\alpha)(x_j - y_j)] \\ + \\ \alpha(x_j - y_j) \end{array} \right. \quad \dots \text{步驟五} \\
&= \alpha \sum_j a_{kj} \left\{ \begin{array}{l} y_j^{(\alpha)} \\ + \\ \alpha \sum_i a_{ji} x_i \end{array} \right. \quad \dots \text{步驟六}
\end{aligned} \tag{7}$$

自(6)、(7)式，經濟體內成員的SR可一層層地延伸拆解下去。因此，從k部門的產出可分解出各部門需對k部門產出負責的部分，如(8)式。

$$x_k = y_k^{(\alpha)} + \alpha \sum_j a_{kj} y_j^{(\alpha)} + \alpha^2 \sum_j \sum_i a_{kj} a_{ji} y_i^{(\alpha)} + \dots \tag{8}$$

而各部門應負責的產出其分配的過程，如(9)式。 $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$ 為Leontief逆矩陣，為最終需求增減一單位，對產出直接與間接的影響； $\mathbf{L}^{(\alpha)}$ 為Leontief逆矩陣中的技術係數再乘以汙染排放責任的比例 $(\alpha)$ <sup>8</sup>，等於 $(\mathbf{I}-\alpha\mathbf{A})^{-1}$ 。

$$\begin{aligned}
\left( \delta_{ki} + \alpha a_{ki} + \alpha^2 \sum_j a_{kj} a_{ji} + \dots \right) y_i^{(\alpha)} &= (\mathbf{I} - \alpha\mathbf{A})^{-1} y_i^{(\alpha)} \\
&= \mathbf{L}^{(\alpha)} y_i^{(\alpha)}
\end{aligned} \tag{9}$$

將(9)式乘上汙染排放係數，最後可得到生產者與消費者需承擔的汙染排放責任，如(1)式。

<sup>8</sup> 責任份額乘上技術係數為為避免生產者及消費者分配到過多的汙染責任，促使生產者有誘因去主動改善自己的生產技術，消費者有動機去選擇汙染排放係數低的產品。

因此，由 3.2.2 節與 3.2.3 節可歸納出SR計算方法的特點在於：不變性 (invariant)，部門數的多寡不會導致污染分配比例改變；無重複計算，責任份額以淨產出的方式分配污染放責任，不會重複計算到自己部門使用自己的產品當作投入；一致性(consistency)，不同的污染都可以透過SR公式，知道污染的責任要分配的對象<sup>9</sup>。

### 3.2.4 共擔責任與責任份額的限制

SR 以過去不同年的帳表(accounting)，計算各部門污染量的舊帳，適合放在事後分析處理。因此，實際法令上可根據 SR 作事後的檢討，計算出一個帳表檢視各部門需負擔污染的大小，幫助政府部門(像是環保署)找出哪些部門要負擔的污染量比較大，然共擔責任並未含有理論基礎。

責任份額之公式亦有些不合理之處。低污染的廠商所使用的生產技術可能是越有效率的，則該生產者採用的資本設備也會越好，表示它的附加價值也會越高。若以責任份額的定義而言，附加價值越高的部門，歸給該部門的污染責任也越多，卻懲罰了實際上使用清潔有效率的方式生產的生產者。因此，若以附加價值越高，所需承擔的污染責任越大，部門可能會出現低報附加價值的情形發生。加上， $\alpha$  及  $\beta$  公式不合理之處在於當  $\alpha$  等於 0，公式會變成附加價值除以淨產出等於 1，然實際上各部門的附加價值並不可能與淨產出的值相等。此外， $\alpha$  與  $\beta$  間並無一相對的連動關係，亦即生產者責任份額與消費者責任份額不會因一方的值越高，另一方的值也隨之越高，反而是兩者相同。然本研究在此並未提議一新的責任份額之公式，未來一研究方向可再針對責任份額做一討論或是改進之空間。

---

<sup>9</sup> 生產者與消費者的污染排放責任，兩方加總為總污染排放責任(total responsibility=responsibility for producer+responsibility for consumer)。



## 4 資料處理

本研究使用Leontief IO模型，找出投入產出表的技術係數矩陣( $a_{ij}$ )，並對應各個部門的產出( $X_j$ )與總污染量，算出各部門每單位產出所排放的污染量(即污染排放係數)。加上採用Gallego and Lenzen (2005) SR的方法，由上游部門分配污染的責任，給下游部門和最終消費者<sup>10</sup>，求出 $[R]_{n \times n}$ 矩陣，即SR矩陣，如圖 4-1。

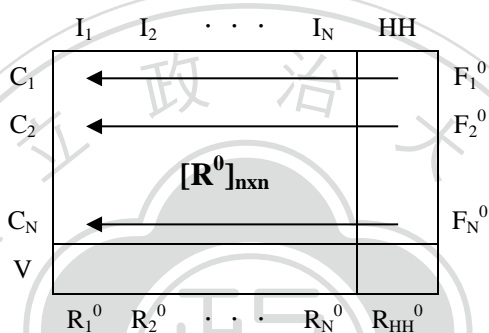


圖 4-1 SR 之責任矩陣

資料來源：本研究繪製。

<sup>10</sup>下游追溯上游各分配多少污染的責任。

## 4.1 產業關聯表與水汙染排放帳資料庫內容說明

本研究使用的產業關聯表是行政院主計處民國 95 年所編製的 52 部門基本表，而水汙染排放帳配合產業關聯表編製年度，同樣採用民國 95 年 32 部門的水汙染排放帳。將產業關聯表與水汙染排放帳部門相互對照，整理出需共擔水汙染排放責任的有 31 部門別，請見附錄 2。

產業關聯表選擇民國 95 年的基本表，其因為民國 95 年是統計資料充足的普查年，行政院主計總處使用每五年普查年的資料，編製當年的產業關聯表。加上民國 95 年是最新一年的產業關聯表，最靠近台灣近期產業結構與部門間相互依存的實際狀況。因此，綠色國民所得帳的水汙染排放帳配合產業關聯表的編製年度，選用民國 95 年的水汙染排放帳。水汙染排放帳以生化需氧量(以下簡稱BOD)、化學需氧量(以下簡稱COD)<sup>11</sup>、懸浮固體(以下簡稱SS)，三種水汙染排放物作為水汙染防治工作的管制重點。故本研究以BOD、COD、SS作為衡量水汙染的項目。

## 4.2 步驟

本研究資料處理之步驟主要分成兩部分，一為資料運算的處理，為 4.2.1 節；二為 4.2.2 節，確認資料計算的過程是否正確。

### 4.2.1 計算

本研究資料處理的過程，主要可分成六個步驟。步驟一採用產業關聯表與水

---

<sup>11</sup> 生化需氧量與化學需氧量為耗氧有機物。

汙染排放帳作為運算 **SR** 的原始資料。各部門中間投入的部分是採用產業關聯表中的國產品交易表，各部門的附加價值採用生產者價格交易表或是購買者價格交易表。本研究使用國產品交易表作為中間投入之依據，主要是為探討台灣國產品對經濟體內的成員之水汙染責任歸屬，故以本國產品作為水汙染排放責任歸屬之基礎。加上國產品交易表的中間需要加最終需要等於國內生產總額，採用其他交易表因均含有進口品，其中間需要與最終需要會大於國內生產總額，故不採用其他交易表。由於生產者價格交易表(進口品按 C.I.F.計值)、生產者價格交易表(含進口稅淨額)、購買者價格交易表，三種產業關聯表中的附加價值均相同，故附加價值可採用上述任一表。

步驟二使用國產品交易表的中間投入與國內生產總額，得到各部門的技術係數，即各部門的中間投入除以各部門的國內生產總額。並將各部門的水汙染排放量除以各部門的國內生產總額，為每一單位的產出會排放多少公噸的 **BOD**、**COD**、**SS**，即為水汙染排放係數。

步驟三從 **Lenzen et al. (2007)**一文，得知責任份額的算法，為附加價值除以淨產出，其中淨產出等於國內生產總額扣除自己部門內的交易。其中  $1-\alpha$  為一部門需負擔使用自身部門的產品作為中間投入的水汙染排放責任； $\alpha$  為一部門歸給其他部門負擔的水汙染排放責任，又部門內的責任份額，除本身對自己部門負責的水汙染排放責任外，該部門丟給其他部門的責任份額均相同。 $1-\beta$  為一部門需承擔最終需要部門的水汙染排放責任； $\beta$  為最終需要部門本身需負擔消費產品的水汙染排放責任。

步驟四將步驟三得到的責任份額，乘上各部門需承擔各部門為生產一單位產出所使用的中間投入之技術係數，作一含有責任份額的**Leontief**逆矩陣。步驟五為汙染排放係數乘上責任份額的**Leontief**逆矩陣，最後分別乘上各部門使用的中間投入與最終需求<sup>12</sup>，得到各部門的生產者與消費者的水汙染**SR**。

---

<sup>12</sup> 本研究因探討台灣各部門的水汙染責任歸屬，將各部門的消費者可再區分為國內、外消費者，因此將最終需求拆成國內的最終需求與輸出國外的最終需求。

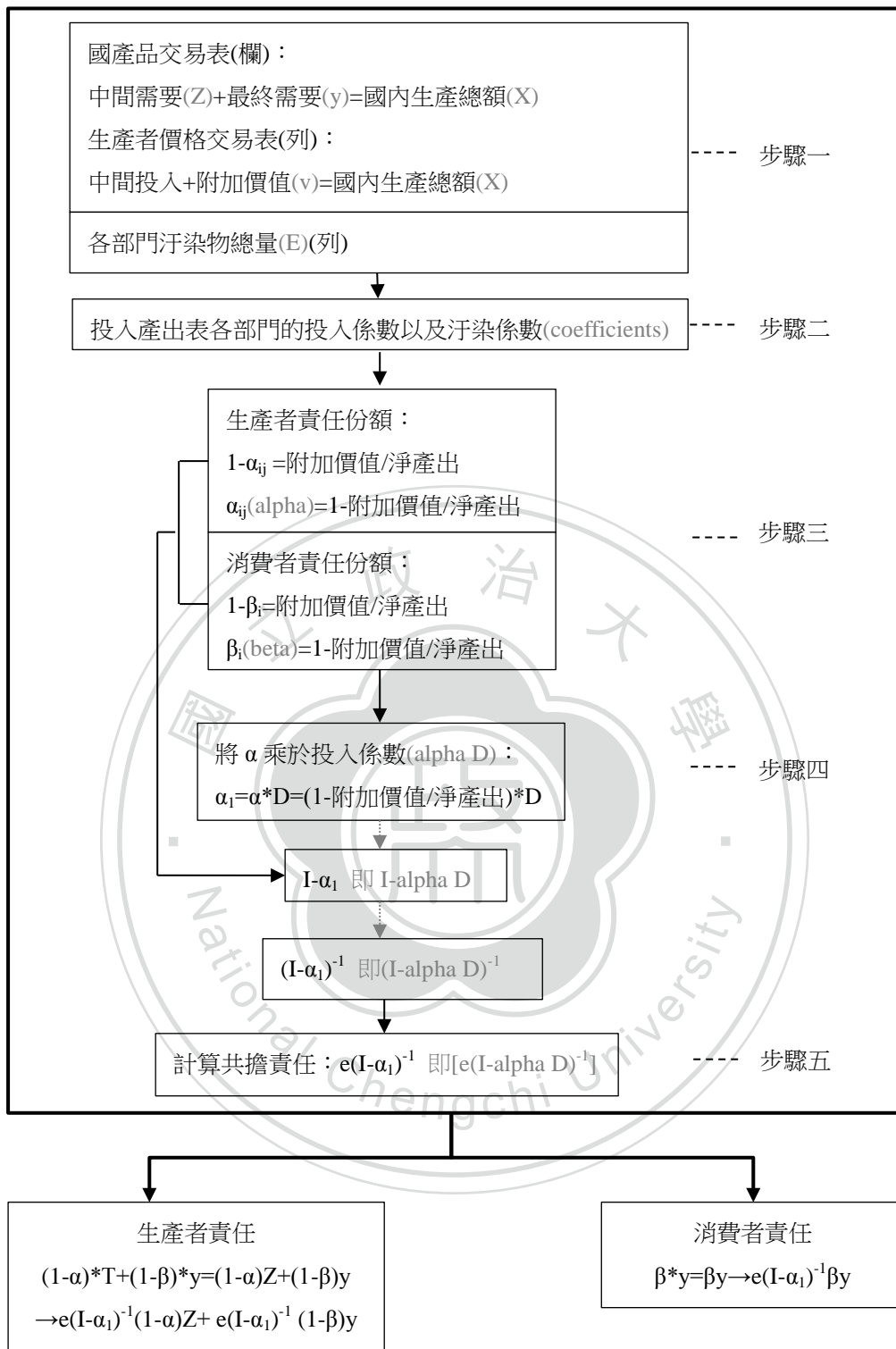


圖 4-2 應用投入產出表運算 SR 之步驟概念圖

資料來源：本研究繪製。

## 4.2.2 驗證

由消費基礎的計算方式驗證上述 SR 的運算過程是否正確。在 Dietzenbacher and Velázquez (2007)一文中提及虛擬水資源(virtual water)的計算，由虛擬水資源乘數(virtual water multiplier)乘上各部門的最終需求，便可得到各部門直接或間接所分配到虛擬水資源的使用量。其中虛擬水資源乘數表示為每單位產出( $x_j$ )所使用的用水量( $w_j$ )乘上 Leontief 逆矩陣。因此，從虛擬水資源的計算，可以得知各部門最終需求( $y$ )對虛擬水資源用水量之責任，即是消費者對各部門虛擬水資源用水量之責任，如(10)式。

$$\text{virtual water} = \left[ \frac{w}{x} \times (I - A)^{-1} \right] \times y \quad (10)$$

$v$  為直接用水係數(direct water coefficient)，一部門為生產一單位的產出，必需使用  $w$  單位的直接用水量，如(11)式。

$$v = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{x_1} \\ \frac{w_2}{x_2} \\ \vdots \\ \frac{w_i}{x_i} \\ \vdots \\ \frac{w_n}{x_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (11)$$

(12)式， $(I-A)^{-1}$  即是 Leontief 逆矩陣，矩陣內的元素  $B_{ij}$ ，即是為了滿足第  $j$  部門一單位  $j$  產品之最終需求，第  $i$  部門須生產  $i$  產品的總值；亦可說是第  $j$  產業為了滿足一單位  $j$  產品的最終需求，必須向第  $i$  產業直接與間接地購買  $i$  產品的數量。

$$(I - A)^{-1} = B$$

$$= \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdots & B_{1j} & \cdots & B_{1n} \\ B_{21} & B_{22} & \cdots & B_{2j} & \cdots & B_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{i1} & B_{i2} & \cdots & B_{ij} & \cdots & B_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{n1} & B_{n2} & \cdots & B_{nj} & \cdots & B_{nn} \end{bmatrix}_{i \times j}$$
(12)

$wm$  是直接用水係數乘上 Leontief 逆矩陣，為各部門直接加間接使用虛擬水資源量，即是虛擬水資源乘數，如(13)式：

$$wm = v'B$$

$$= \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_i \end{bmatrix}'_{i \times 1} \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdots & B_{1j} \\ B_{21} & B_{22} & \cdots & B_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{i1} & B_{i2} & \cdots & B_{ij} \end{bmatrix}_{i \times j}$$

$$= \begin{bmatrix} v_1 & v_2 & \cdots & v_i \end{bmatrix}'_{1 \times i} \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdots & B_{1j} \\ B_{21} & B_{22} & \cdots & B_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{i1} & B_{i2} & \cdots & B_{ij} \end{bmatrix}_{i \times j}$$

$$= \begin{bmatrix} v_1 B_{11} + v_2 B_{21} + \cdots + v_i B_{i1} & v_1 B_{12} + v_2 B_{22} + \cdots + v_i B_{i2} & \cdots \\ v_1 B_{1j} + v_2 B_{2j} + \cdots + v_i B_{ij} \end{bmatrix}_{1 \times j}$$
(13)

$y$  為各產業的最終需求，而將各產業的最終需求對角線化，目的是為了讓虛擬水資源乘數的產業與最終需求的產業相對應，如(14)式。

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \end{bmatrix}_{j \times 1} \quad (14)$$

$$\rightarrow \hat{y} = \begin{bmatrix} y_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & y_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & y_n \end{bmatrix}_{n \times n}$$

虛擬水資源乘數與最終需求相乘，表示為各產業的最終需求增加一單位，各產業直接加間接會使用掉的用水量，如(15)式。舉例來說， $v_1 B_{11} + v_2 B_{21} + \dots + v_n B_{n1}$  意思是為滿足第一個產業的最終需求增加一單位，第一個產業需要生產  $B_{11}$  單位的產出，而  $B_{11}$  單位的產出會使用  $v_1$  單位的用水量。也就是說，第一個產業的最終需求增加一單位，會用掉  $v_1$  單位的用水量。

$$wm\hat{y} = \begin{bmatrix} (v_1 B_{11} + v_2 B_{21} + \cdots + v_n B_{n1}) & (v_1 B_{12} + v_2 B_{22} + \cdots + v_n B_{n2}) & \cdots \\ (v_1 B_{1n} + v_2 B_{2n} + \cdots + v_n B_{nn}) \end{bmatrix}_{1 \times n} \times \begin{bmatrix} y_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & y_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & y_n \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (15)$$

$$= \begin{bmatrix} (v_1 B_{11} + v_2 B_{21} + \cdots + v_n B_{n1}) y_1 & (v_1 B_{12} + v_2 B_{22} + \cdots + v_n B_{n2}) y_2 & \cdots \\ (v_1 B_{1n} + v_2 B_{2n} + \cdots + v_n B_{nn}) y_n \end{bmatrix}_{1 \times n}$$

$$= \begin{bmatrix} (x_1^1 + x_2^1 + \cdots + x_n^1) & (x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2) & \cdots & (x_1^n + x_2^n + \cdots + x_n^n) \end{bmatrix}$$

若將直接用水排放係數展開成對角矩陣(diagonal matrix)，依序乘上 Leontief 逆矩陣及最終需求的對角矩陣，可以逐項檢視各部門最終需求增加一單位，會直接、間接用掉  $v_i$  單位的用水量，如(16)式。



$$\begin{aligned}
[\hat{v}(I-A)^{-1}]y &= \left\{ \begin{bmatrix} v_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & v_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & v_n \end{bmatrix}_{n \times n} \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdots & B_{1n} \\ B_{21} & B_{22} & \cdots & B_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{n1} & B_{n2} & \cdots & B_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \right\} \begin{bmatrix} y_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & y_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & y_n \end{bmatrix}_{n \times n} \\
&= \begin{bmatrix} v_1 B_{11} & v_1 B_{12} & \cdots & v_1 B_{1n} \\ v_2 B_{21} & v_2 B_{22} & \cdots & v_2 B_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_n B_{n1} & v_n B_{n2} & \cdots & v_n B_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \begin{bmatrix} y_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & y_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & y_n \end{bmatrix}_{n \times n} \\
&= \begin{bmatrix} v_1 B_{11} y_1 & v_1 B_{12} y_2 & \cdots & v_1 B_{1n} y_n \\ v_2 B_{21} y_1 & v_2 B_{22} y_2 & \cdots & v_2 B_{2n} y_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_n B_{n1} y_1 & v_n B_{n2} y_2 & \cdots & v_n B_{nn} y_n \end{bmatrix}_{n \times n}
\end{aligned} \tag{16}$$

因此，若將上式(16)視為水污染排放乘數矩陣，其列加總為消費基礎污染排放責任，為*i*部門之最終需求增加一單位，各部門會直接加間接地排放出水污染，如(17)式；行加總為生產基礎污染排放責任，各部門最終需求增加一單位，*i*部門會直接、間接排放出水污染，如(18)式。本研究以此為驗證方式，確認SR在責任份額設定為0與1時，各部門生產者與消費者的SR，是否與此方法計算出來的消費、生產基礎污染排放責任一致。

$$\begin{aligned}
&\begin{bmatrix} v_1 B_{11} y_1 & v_1 B_{12} y_2 & \cdots & v_1 B_{1n} y_n \\ + & + & \cdots & + \\ v_2 B_{21} y_1 & v_2 B_{22} y_2 & \cdots & v_2 B_{2n} y_n \\ + & + & \cdots & + \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ + & + & \cdots & + \\ v_n B_{n1} y_1 & v_n B_{n2} y_2 & \cdots & v_n B_{nn} y_n \end{bmatrix} \\
&= [x^A \quad x^B \quad \cdots \quad x^N]
\end{aligned} \tag{17}$$

$$\begin{bmatrix} v_1 B_{11} y_1 & + & v_1 B_{12} y_2 & + & \cdots & + & v_1 B_{1n} y_n \\ v_2 B_{21} y_1 & + & v_2 B_{22} y_2 & + & \cdots & + & v_2 B_{2n} y_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ v_n B_{n1} y_1 & + & v_n B_{n2} y_2 & + & \cdots & + & v_n B_{nn} y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \tag{18}$$

## 5 計算結果

本章計算結果分成四個部分說明，於 5.1 節比較三種責任歸屬下，經濟體內成員所需承擔汙染排放責任之差異；5.2 節說明生產基礎下的汙染排放責任(即原汙水排放量)與 SR 歸屬水汙染排放責任之比較；5.3 節，在汙染排放係數不同大小下，比較農林漁牧部門與電子零組件部門所承擔的水汙染排放責任(汙水量)；最後於 5.4 節由 SR 方法歸屬經濟體 31 部門之生產者與消費者水汙染排放責任，並挑選出歸屬給國外消費者較多汙染的部門。

### 5.1 總體面

以生產基礎(生產者責任)、消費基礎(消費者責任)與 SR 三種準則，看整個經濟體(Macro-side)在三種水汙染排放物的總汙染排放責任之下，比較台灣產業水汙染責任歸屬之差異。

圖 5-1 至圖 5-3 中，長條圖每個區段分別表示為：PR，生產者為中間需求、國內最終需求、國外最終需求負擔的汙染排放責任；CR，消費者為國內外最終需求負擔的汙染排放責任。垂直坐標軸分別表示為：PB 為生產基礎(生產者責任)、SR 為共擔責任、CB 為消費基礎(消費者責任)，三種衡量汙染排放責任的方法。

三種衡量水汙染排放責任之方法下，其總汙染排放責任為經濟體的水汙染總排放量，即 BOD 總排放量為 147916 公噸、COD 總排放量為 409888 公噸、SS 總排放量為 556522 公噸。若以 PB 和 CB 為衡量基礎，生產者與消費者均需承擔經濟體水汙染的總排放量；以 SR 為衡量基礎，生產者與消費者各需承擔 85157 和 62759 公噸的 BOD、233359 和 176529 公噸的 COD、314065 和 242457 公噸的 SS。SR 與 PB、CB 兩種方法相較，SR 可以重新歸屬生產者與消費者的汙染排放責任。

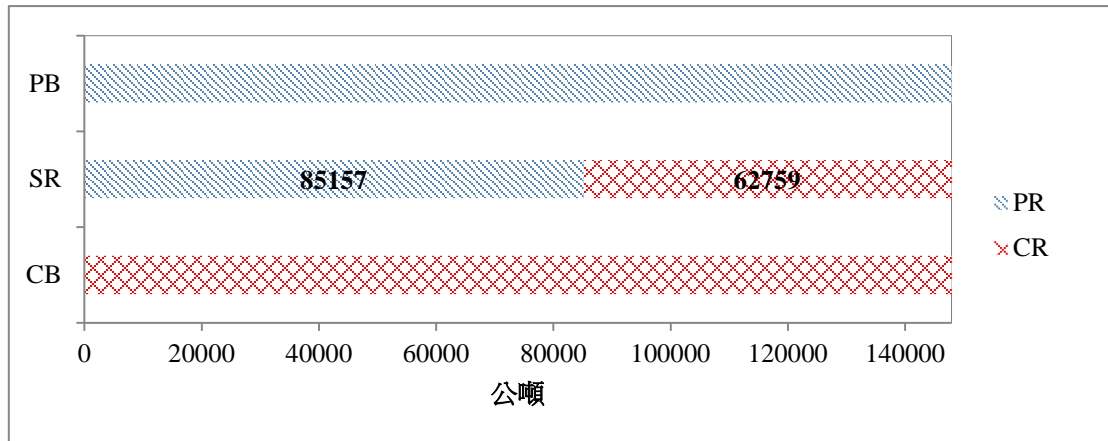


圖 5-1 總體面三種責任歸屬衡量的 BOD 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

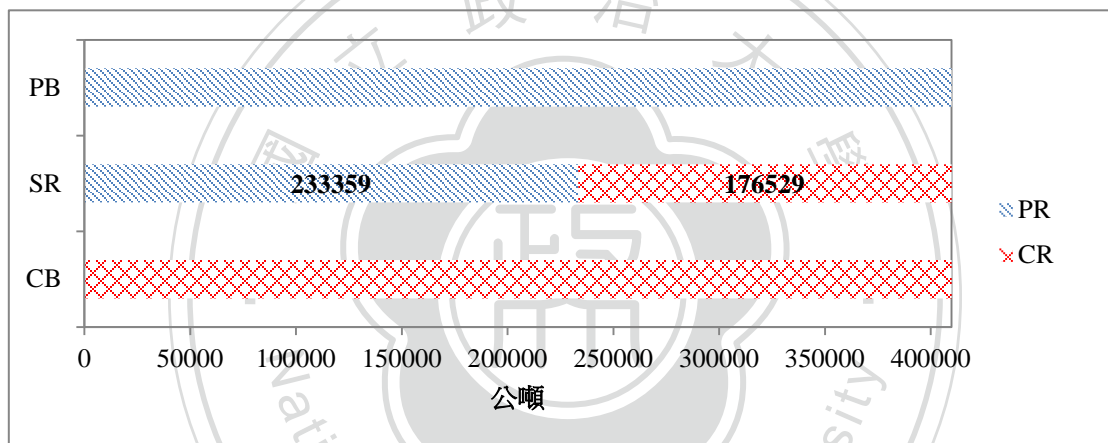


圖 5-2 總體面三種責任歸屬衡量的 COD 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

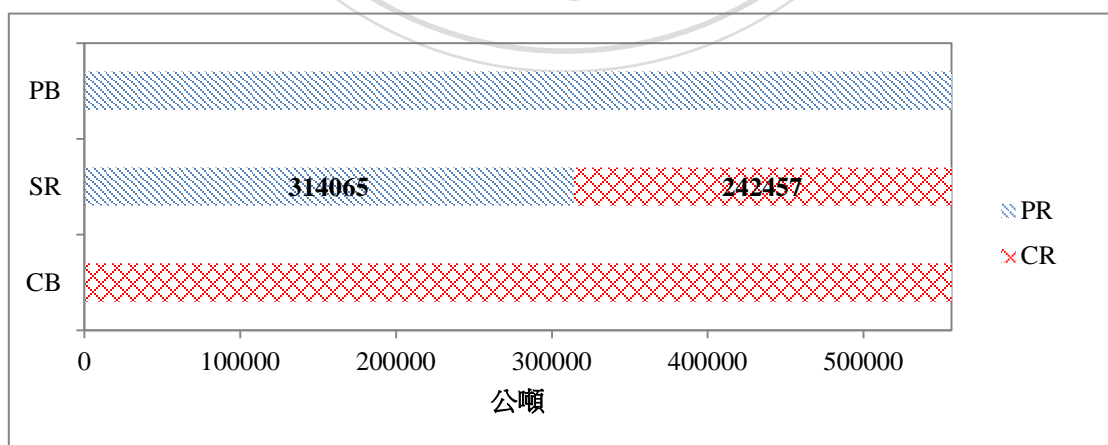


圖 5-3 總體面三種責任歸屬衡量的 SS 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

此外，水汙染排放責任可依中間需求與最終需求的分類，將生產者與消費者責任拆解成為不同需求需承擔的水汙染排放責任。圖 5-4 至圖 5-6 長條圖每個區段分別表示為：PR-Z，生產者為中間需求負擔的水汙染排放責任；PR-y1，生產者為國內最終需求負擔的水汙染排放責任；PR-y2，生產者為國外最終需求負擔的水汙染排放責任；CR-y1，消費者為國內最終需求負擔的水汙染排放責任；CR-y2，消費者為國外最終需求負擔的水汙染排放責任。垂直坐標軸分別表示為：PB 為生產基礎(生產者責任)、SR 為共擔責任、CB 為消費基礎(消費者責任)，三種衡量水汙染排放責任的方法。

圖 5-4，若水汙染排放責任區分國內外消費者，以 PB 方式衡量水汙染排放責任下，台灣國內產業的生產者，為國外消費者承擔 27444 公噸的 BOD；以 SR 方式衡量水汙染排放責任下，國外消費者實際上需承擔 30039 公噸的 BOD。圖 5-5，若水汙染排放責任區分國內外消費者，以 PB 方式衡量水汙染排放責任下，台灣國內產業的生產者，為國外消費者承擔 82535 公噸的 COD；以 SR 方式衡量水汙染排放責任下，國外消費者實際上需承擔 91698 公噸的 COD。圖 5-6，若水汙染排放責任區分國內外消費者，以 PB 方式衡量水汙染排放責任下，台灣國內產業的生產者，為國外消費者承擔 106657 公噸的 SS；以 SR 方式衡量水汙染排放責任下，國外消費者實際上需承擔 126609 公噸的 SS。因此，在採用 SR 區分水汙染責任歸屬下，本研究發現國外消費者均需多為台灣的水汙染排放負責。

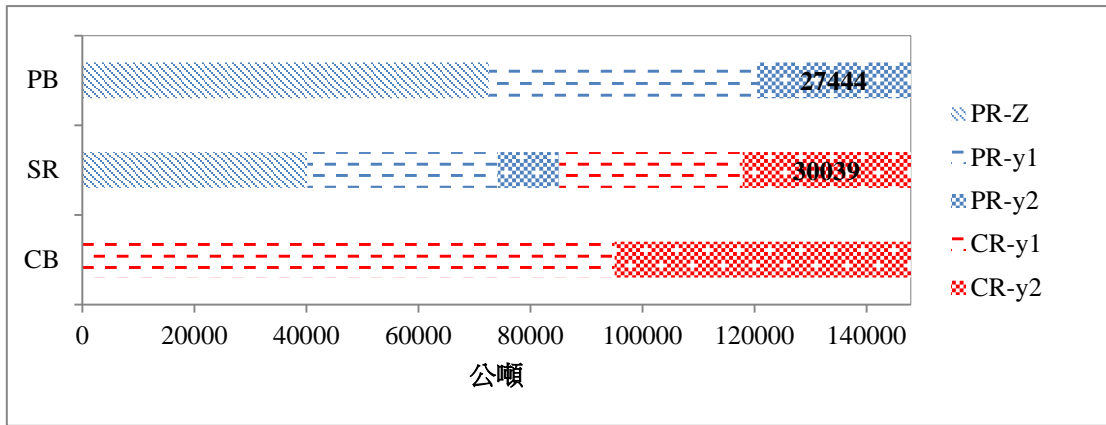


圖 5-4 三種責任歸屬下不同需求的 BOD 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

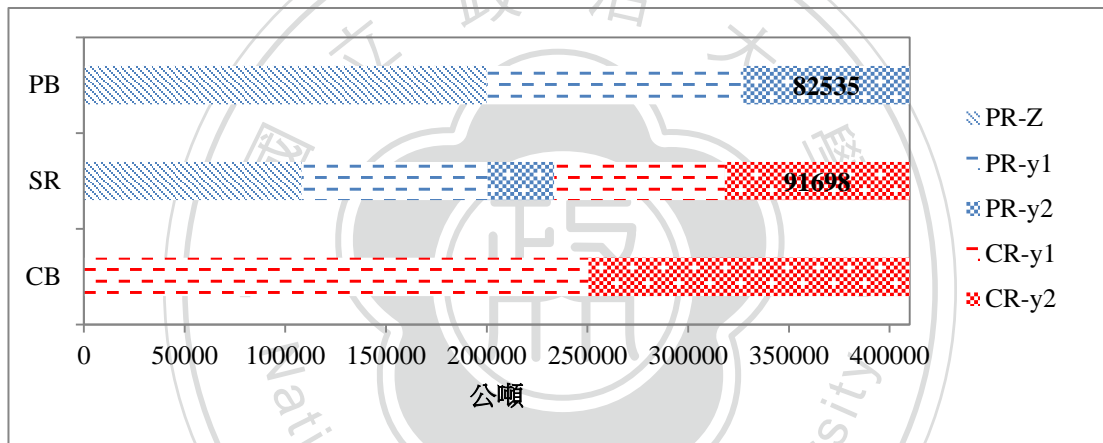


圖 5-5 三種責任歸屬下不同需求的 COD 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

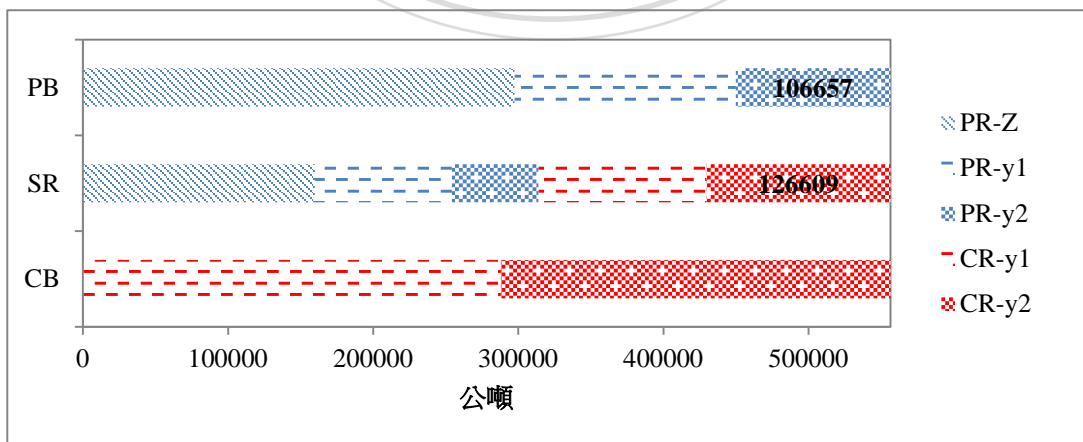


圖 5-6 三種責任歸屬下不同需求的 SS 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

## 5.2 共擔責任與原汙水排放量

若單以 **PB** 或 **CB** 衡量經濟體的汙染排放責任，不是全由生產者承擔汙染排放責任，就是由消費者承擔汙染排放責任，生產者與消費者所需承擔的汙染排放責任差異大。以下由經濟體 31 部門，採用 **SR** 的方式能重新歸屬生產者與消費者需承擔的汙染排放責任大小，並從 **SR** 中的消費者水汙染排放責任，找出國外消費者所需承擔的水汙染排放責任大小。

以 **PB** 為汙染排放責任來計算，經濟體 31 個生產部門各自均需負擔的水汙染排放量，作為水汙染排放的責任歸屬，如圖 5-7 至圖 5-9 的虛線折線圖為各部門原始負擔的水汙染排放量。今採用 **SR** 的方法，將各部門原始的水汙染排放量，區分為生產者對中間需求與最終需求所需承擔的水汙染排放責任，以及各部門內的消費者需負擔的水汙染排放責任，分別為圖 5-7 至圖 5-9 的 **PR** 與 **CR**。本研究發現原先成衣及服飾品、木竹製品、家具等部門，若以生產者基礎作為水汙染排放責任的歸屬，因綠色國民所得帳中，這些部門的水汙染排放帳無數值，因此這些部門不需負擔的水汙染排放責任。但以 **SR** 方式計算水汙染排放責任，上述部門等均需承擔水汙染排放責任。

農林漁牧、化學材料與紙漿、紙及紙製品等部門之產品，多供應給其他部門使用，因此上述部門會將汙水量丟給其他部門承擔。以 **SR** 方式計算汙染排放責任，上述部門所需承擔的水汙染排放責任，會比原始水汙染排放量還低。而食品及飲料、非金屬礦物製品、電子零組件等部門，中間投入所使用的產品是直接汙水排放量大的產品，故上述部門會收到其他部門丟來的汙水量。以 **SR** 計算汙染排放責任，所需承擔的水汙染排放責任會比原始水汙染排放量更高。

這樣的計算結果表示每個生產部門真正所需負擔的水汙染排放量，並不能依部門的原始汙染排放量要求各部門負擔水汙染排放責任。因為生產部門並不是汙染的始作俑者，而是因為生產部門也需承擔使用其他部門作為中間投入的水汙染

排放責任，消費者也需承擔部分的水污染排放責任。而消費者需承擔的水污染排放責任，可再區分成國內外消費者，國外消費者的水污染責任歸屬占了經濟體多少的部分，可以見圖 5-10 至圖 5-12。

圖 5-10 至圖 5-12 的 CR\_y2(export)表示為 SR 中的國外消費者所需承擔的水污染排放責任。其中又以紡織、化學材料、基本金屬、電子零組件與電腦、電子產品及光學製品等部門，歸屬給國外消費者所需承擔的水污染排放責任，超過紡織、化學材料、基本金屬、電子零組件與電腦、電子產品及光學製品部門，生產者本身承擔的水污染排放責任。由於上述部門出口內銷比大，這些部門所生產的產品多為國外消費者所使用，加上部門亦使用原始汙水量大的產品作為投入，因此歸給國外消費者的汙水量也會越大。





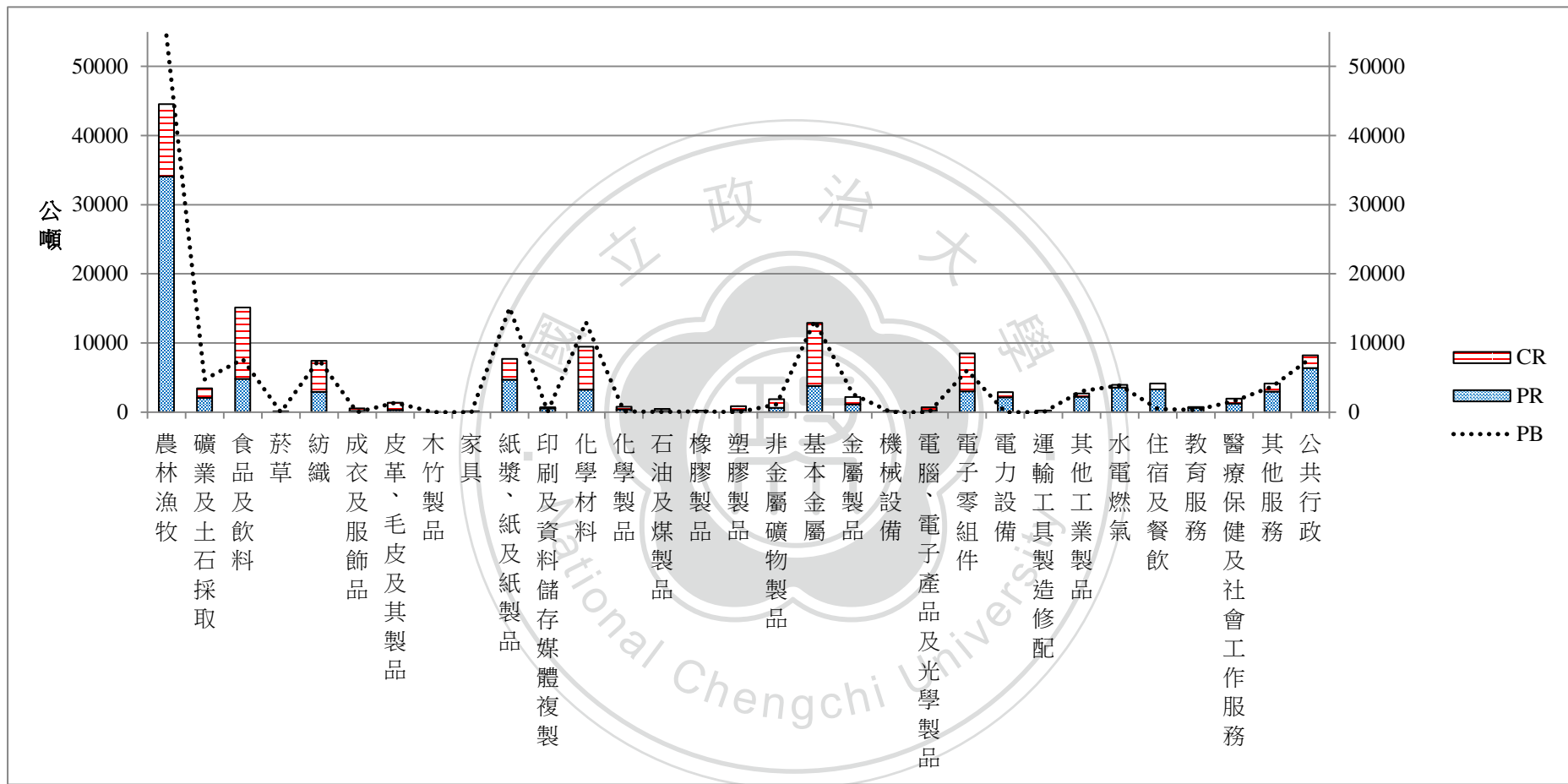


圖 5-7 31 部門 BOD 之原始水汙染排放量與 SR

資料來源：本研究繪製。

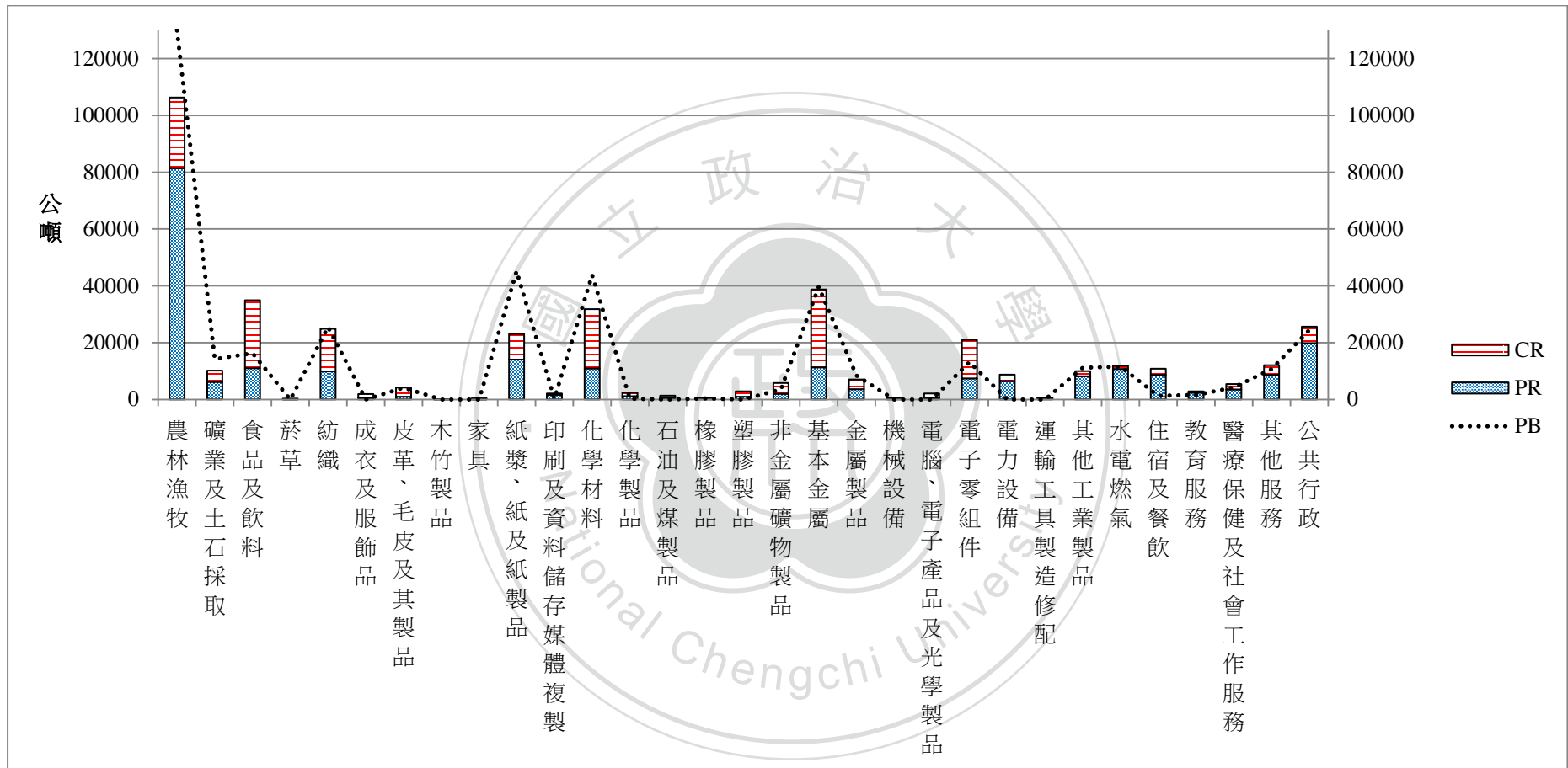


圖 5-8 31 部門 COD 之原始水污染排放量與 SR

資料來源：本研究繪製。

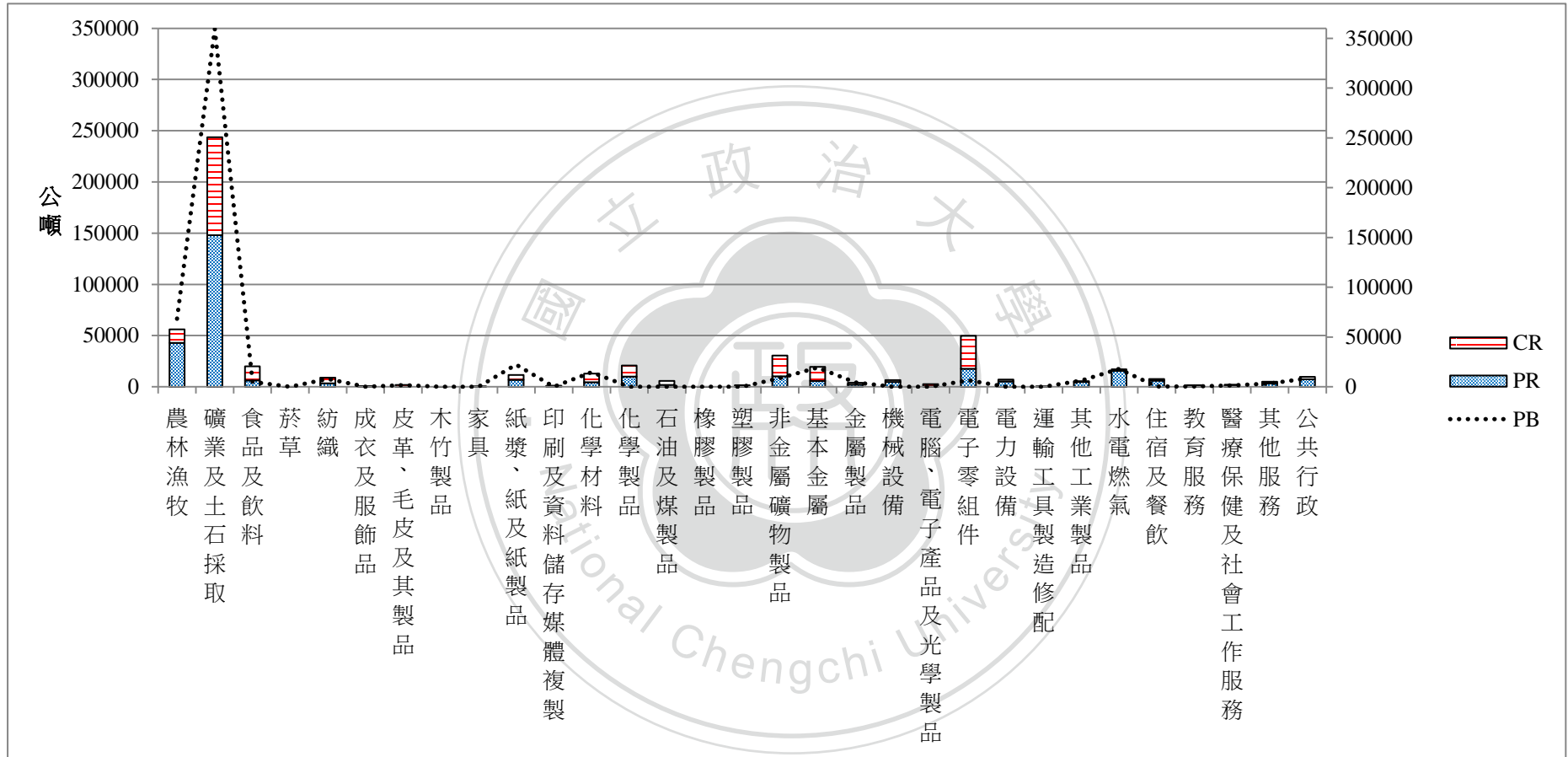


圖 5-9 31 部門 SS 之原始水汙染排放量與 SR

資料來源：本研究繪製。

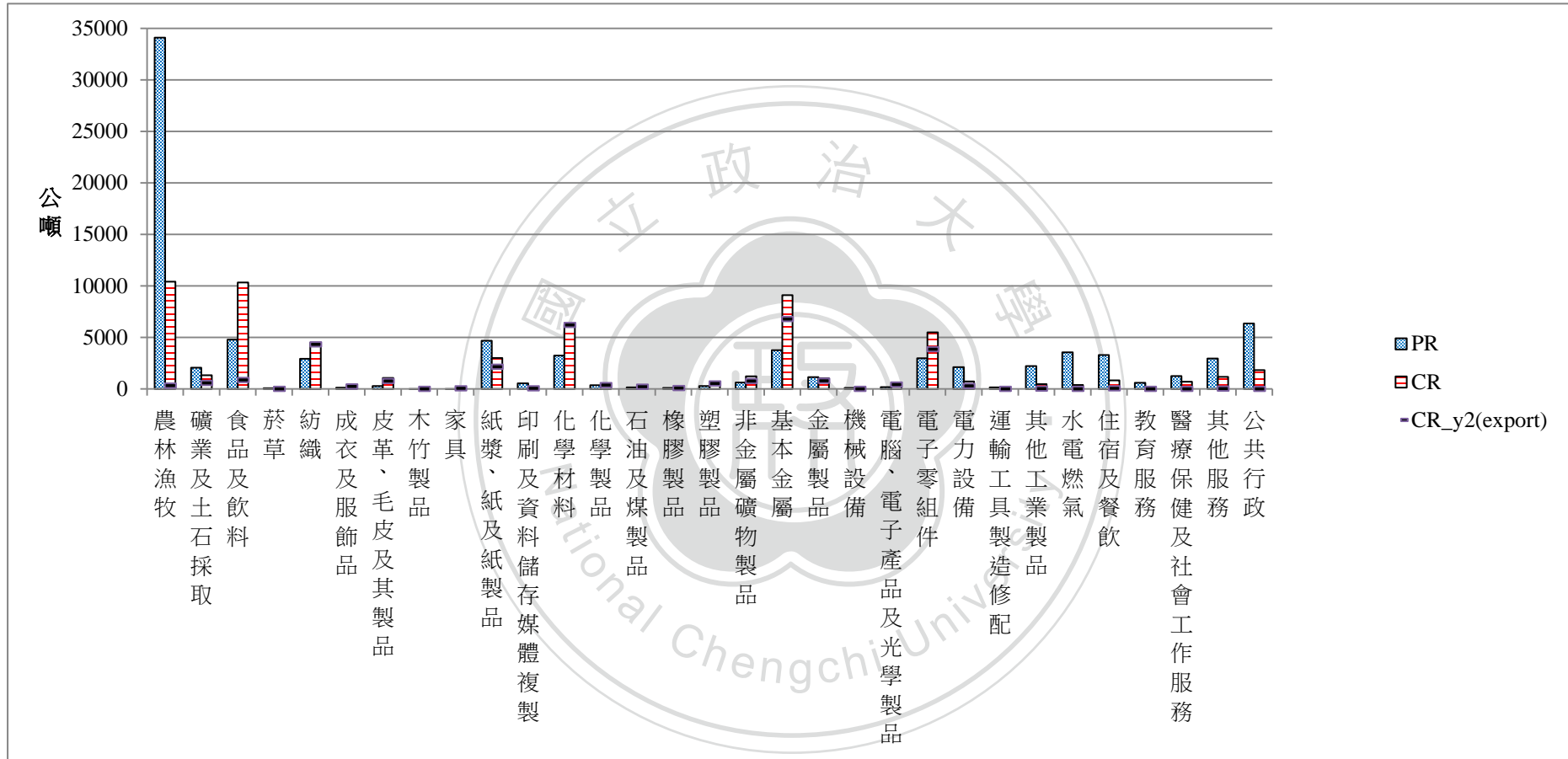


圖 5-10 31 部門 BOD 之 SR 與國外消費者 SR

資料來源：本研究繪製。

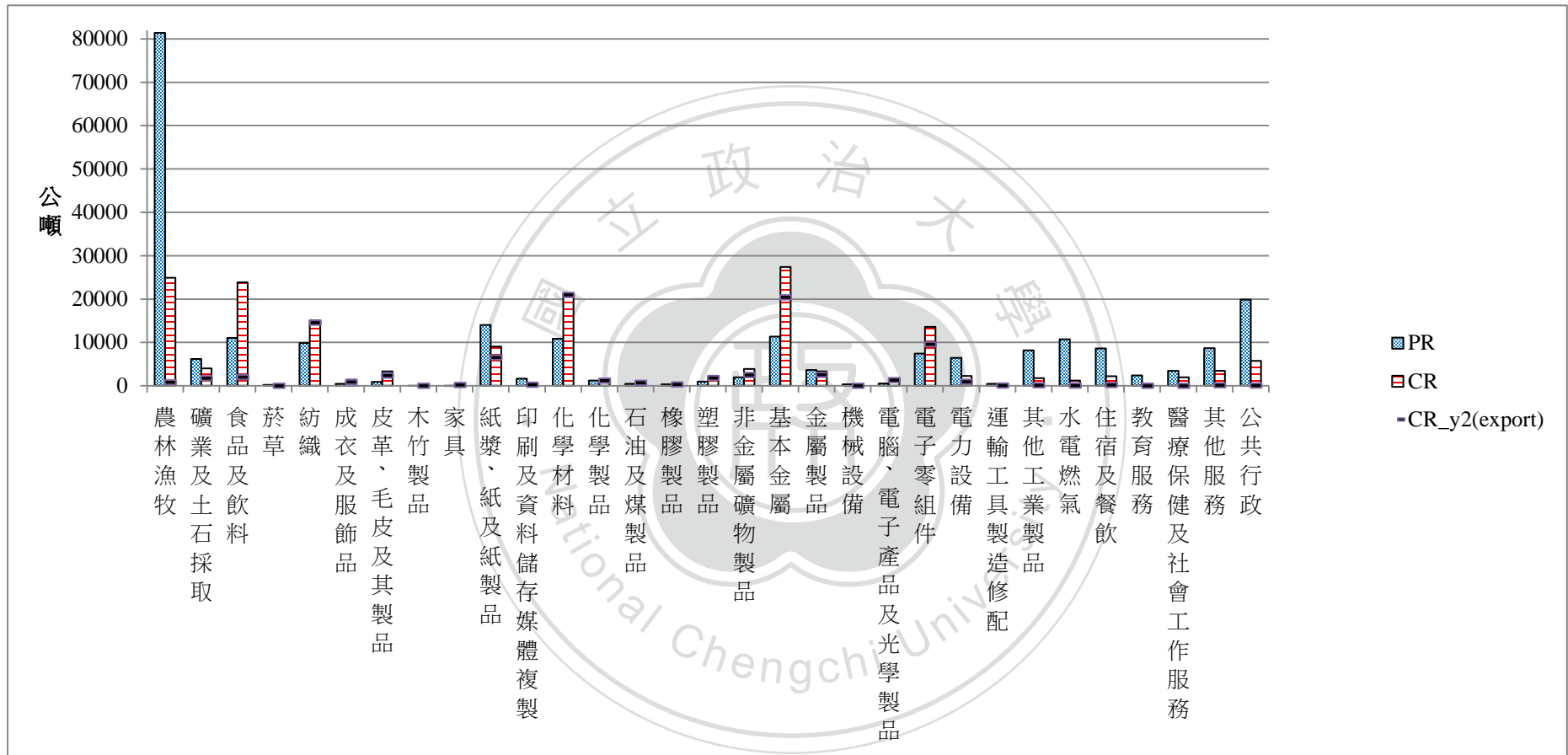


圖 5-11 31 部門 COD 之 SR 與國外消費者 SR

資料來源：本研究繪製。

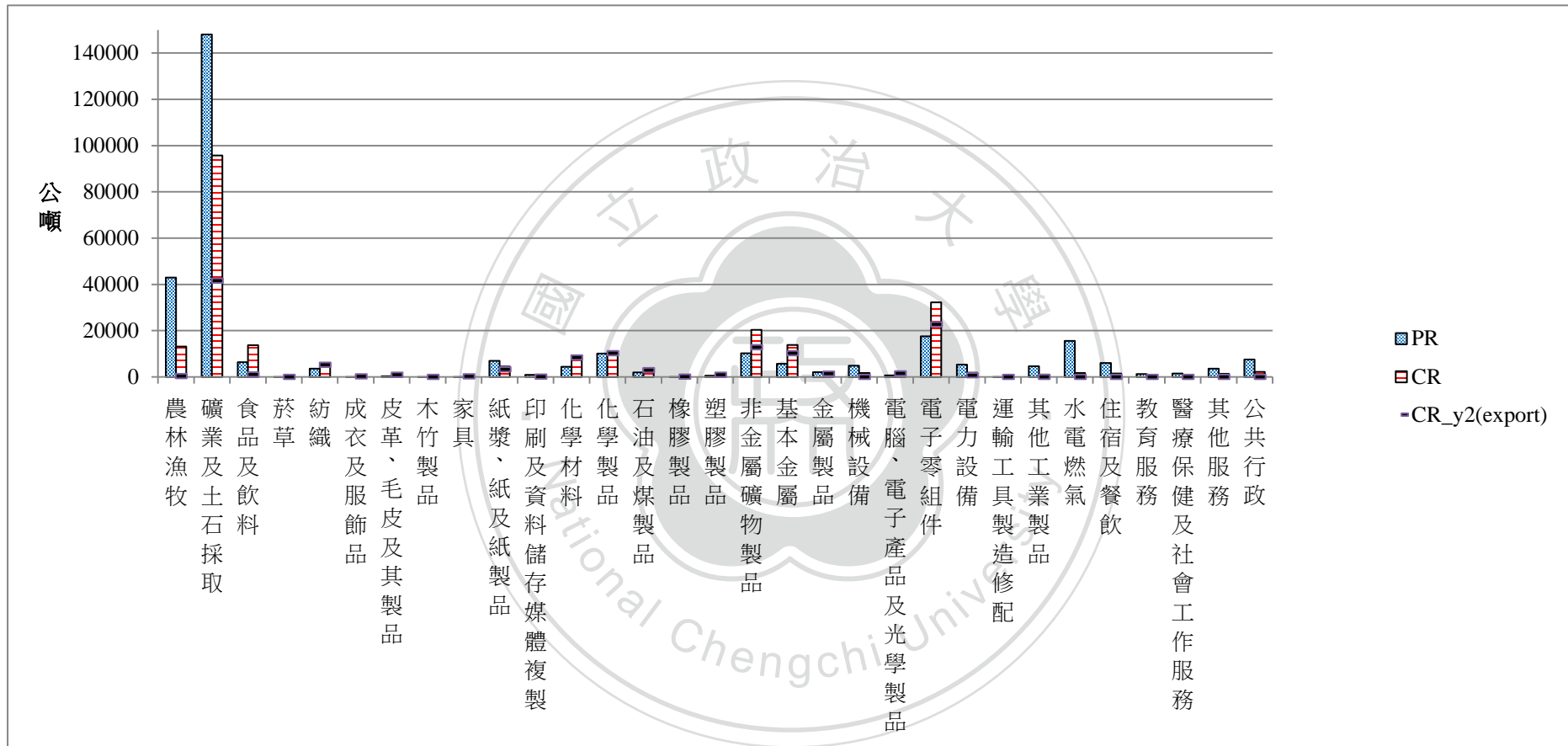


圖 5-12 31 部門 SS 之 SR 與國外消費者 SR

資料來源：本研究繪製。

### 5.3 水汙染排放係數與出口內銷比

從表 5-1 可以看出農林漁牧部門的 BOD、COD 與 SS 的水汙染排放係數，是經濟體 31 部門中的前兩名。因此，若以生產基礎衡量農林漁牧部門的水汙染排放責任，農林漁牧部門要負擔的水汙染排放責任是最大的。而以 SR 的方式衡量，由於其他部門會直接與間接使用農林漁牧產品作為中間投入，農林漁牧部門將隱含的水汙染排放量歸屬給其他部門。因此，農林漁牧部門本身需為使用及生產農林漁牧產品，所承擔的水汙染排放責任不大，如圖 5-13 至圖 5-15。

由各部門內銷出口比的大小，可得知各產品供應給國內使用者及國外消費者的比例。由表 5-1，可看出農林漁牧部門的出口內銷比相較於整個經濟體的部門，排名第 28，表示農林漁牧部門的產品多為內銷使用。因此，圖 5-13 至圖 5-15 的 SR 方法，國內消費者所需承擔的水汙染排放責任大於國外消費者所需承擔的水汙染排放責任。



表 5-1 各部門水汙染排放係數與出口內銷比一覽表

部門別	BOD <sup>a</sup>	排名	COD <sup>a</sup>	排名	SS <sup>a</sup>	排名	出口/內銷 <sup>b</sup>	排名
1 農林漁牧	0.1502	1	0.3584	1	0.1883	2	0.0123	28
2 礦業及土石採取	0.0255	5	0.0764	5	1.9369	1	0.2404	16
3 食品及飲料	0.0140	7	0.0299	9	0.0093	10	0.0607	21
4 菸草	0.0000	23	0.0000	23	0.0000	23	0.0358	23
5 紡織	0.0179	6	0.0602	6	0.0189	6	1.2022	6
6 成衣及服飾品	0.0000	23	0.0000	23	0.0000	23	1.0521	7
7 皮革、毛皮及其製品	0.0271	4	0.0832	4	0.0347	5	1.4112	3
8 木竹製品	0.0000	23	0.0000	23	0.0000	23	0.2277	17
9 家具	0.0000	23	0.0000	23	0.0000	23	1.5797	2
10 紙漿、紙及紙製品	0.0803	2	0.2405	2	0.1187	3	0.2006	18
11 印刷及資料儲存媒體複製	0.0005	18	0.0016	19	0.0008	18	0.0889	20
12 化學材料	0.0080	10	0.0268	10	0.0090	11	0.6216	11
13 化學製品	0.0001	21	0.0002	21	0.0000	21	0.3726	14
14 石油及煤製品	0.0000	22	0.0000	22	0.0000	22	0.5612	13
15 橡膠製品	0.0010	16	0.0036	15	0.0011	17	0.9089	8
16 塑膠製品	0.0000	23	0.0000	23	0.0000	23	0.8092	9
17 非金屬礦物製品	0.0008	17	0.0026	17	0.0065	13	0.7381	10
18 基本金屬	0.0566	3	0.1697	3	0.0830	4	1.4066	4
19 金屬製品	0.0096	8	0.0309	8	0.0157	8	0.6050	12
20 機械設備	0.0000	23	0.0000	23	0.0000	23	0.0003	31
21 電腦、電子產品及光學製品	0.0000	23	0.0000	23	0.0000	23	2.1743	1
22 電子零組件	0.0013	15	0.0029	16	0.0014	16	1.2426	5
23 電力設備	0.0000	23	0.0000	23	0.0000	23	0.3630	15
24 運輸工具製造修配	0.0000	23	0.0000	23	0.0000	23	0.0981	19
25 其他工業製品	0.0086	9	0.0318	7	0.0178	7	0.0310	24
26 水電燃氣	0.0027	14	0.0081	14	0.0126	9	0.0250	25
27 住宿及餐飲	0.0002	20	0.0005	20	0.0001	20	0.0419	22
28 教育服務	0.0003	19	0.0017	18	0.0002	19	0.0191	27
29 醫療保健及社會工作服務	0.0033	13	0.0088	13	0.0029	15	0.0007	30
30 其他服務	0.0052	12	0.0150	12	0.0046	14	0.0197	26
31 公共行政	0.0065	11	0.0203	11	0.0069	12	0.0085	29

註 a：單位為公噸/百萬元。

b：出口內銷比之資料以民國 95 年國產品交易表之中間需要、國內最終需要、國外最終需要，區分為出口與內銷。其中內銷為加總中間需要與國內最終需要，出口為國外最終需要，分別為 $((C+I+G)*\{1+inventory/[(C+I+G)+EX]\})$ 、 $((EX)*\{1+inventory/[(C+I+G)+EX]\})$ 。

資料來源：本研究自行整理。

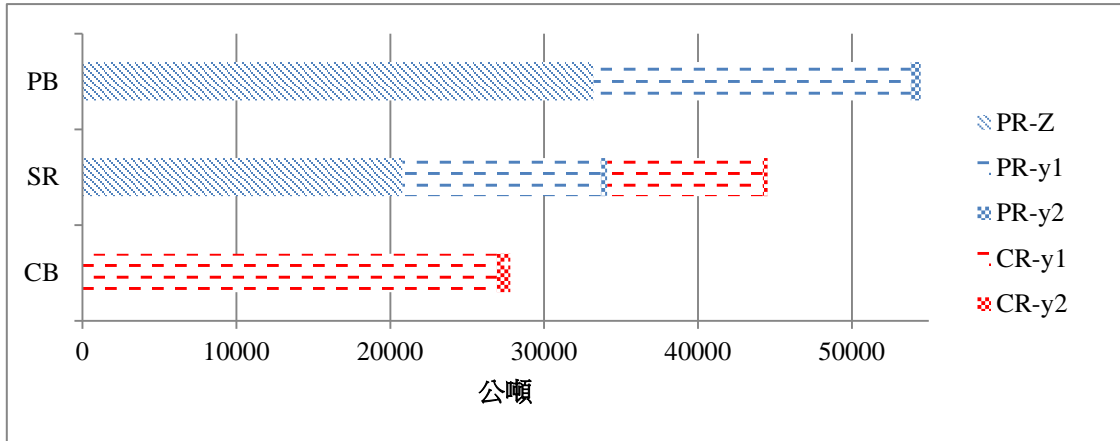


圖 5-13 農林漁牧部門 PB, SR 與 CB 的 BOD 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

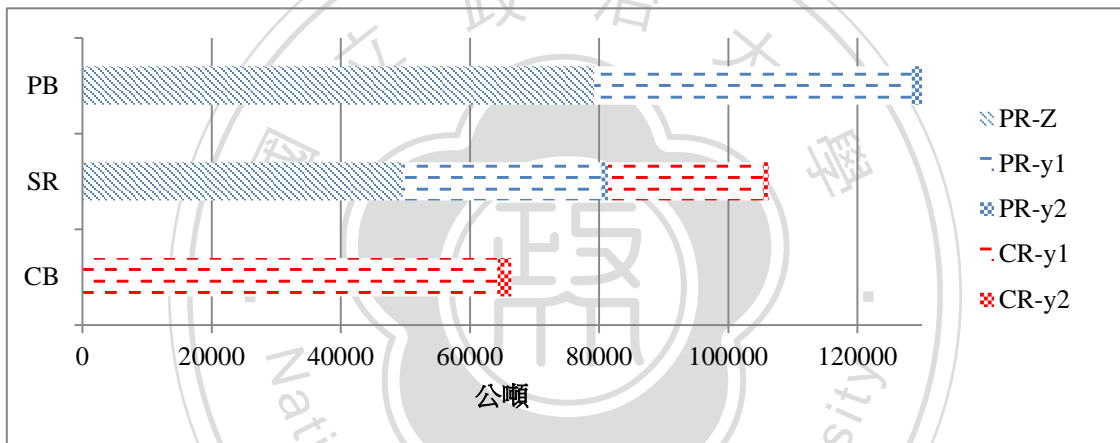


圖 5-14 農林漁牧部門 PB, SR 與 CB 的 COD 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

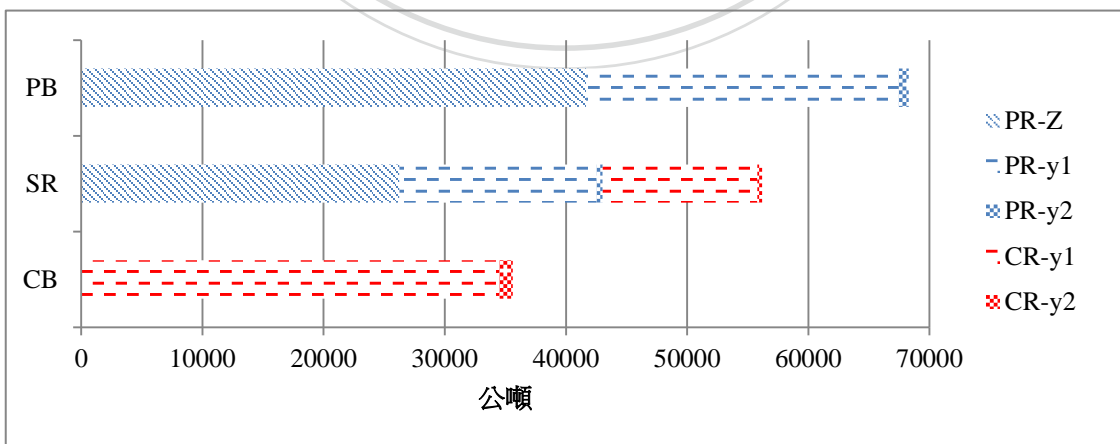


圖 5-15 農林漁牧部門 PB, SR 與 CB 的 SS 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

由表 5-1 挑出相對於農林漁牧部門的水污染排放係數小、出口內銷比大的電子零組件部門，以電子零組件部門作為農林漁牧部門的對照組，討論不同責任歸屬的衡量之下，電子零組件部門的生產者與消費者，其該負擔的水污染責任歸屬有何差異。若以 PB 衡量電子零組件部門的水污染排放責任，BOD、COD、SS 污染排放責任由電子零組件部門的生產者負擔，分別為 6070、13138、6452 公噸，即為 PB 長條圖 PR-Z、PR-y1 與 PR-y2 的加總。由於電子零組件部門用了礦業及土石採取業與化學材料等直接污水排放量大的產品，作為中間投入，因此以 CB 與 SR 衡量電子零組件的污水責任會大於生產基礎下的污水責任。若以 CB 衡量電子零組件部門的水污染排放責任，為使用電子零組件部門的消費者負擔 11541、30172、88534 公噸的 BOD、COD、SS。若以 SR 的方式衡量電子零組件部門的水污染排放責任，電子零組件部門的生產者需承擔 2989 公噸的 BOD、7405 公噸的 COD、17576 公噸的 SS，電子零組件部門的消費者需承擔 5484 公噸的 BOD、13584 公噸的 COD、32244 公噸的 SS。又電子零組件的出口占外銷比占經濟體的第五名，我們發現電子零組件部門的國外消費者所需承擔的 3869 公噸的 BOD、9584 公噸的 COD、22749 公噸的 SS 污染排放責任，占了電子零組件部門國內生產者與消費者所需承擔的水污染排放責任之一半左右的比例，如圖 5-16 至圖 5-18。

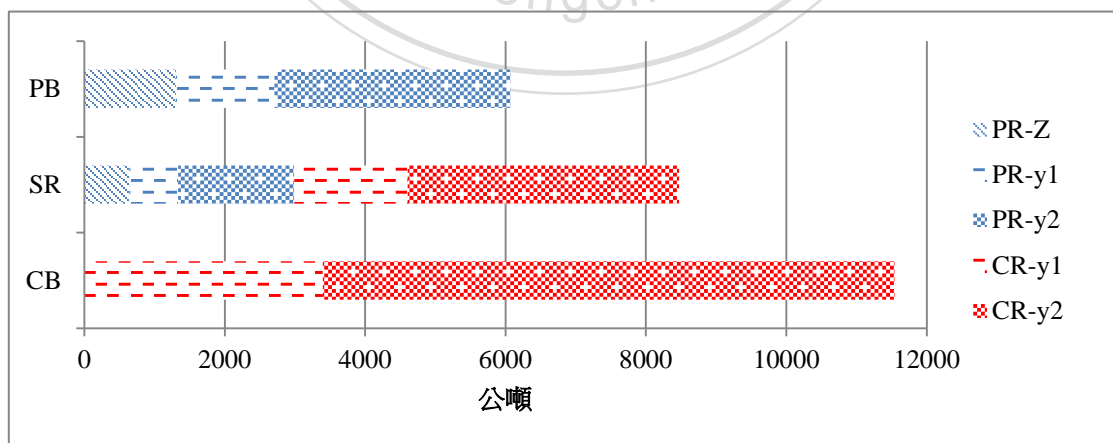


圖 5-16 電子零組件部門 PB, SR 與 CB 的 BOD 污染排放責任

資料來源：本研究繪製。

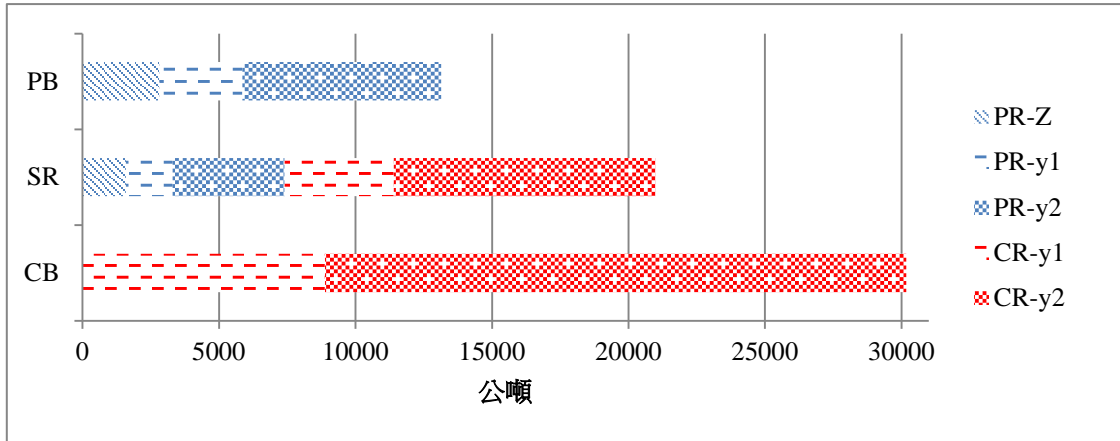


圖 5-17 電子零組件部門 PB, SR 與 CB 的 COD 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

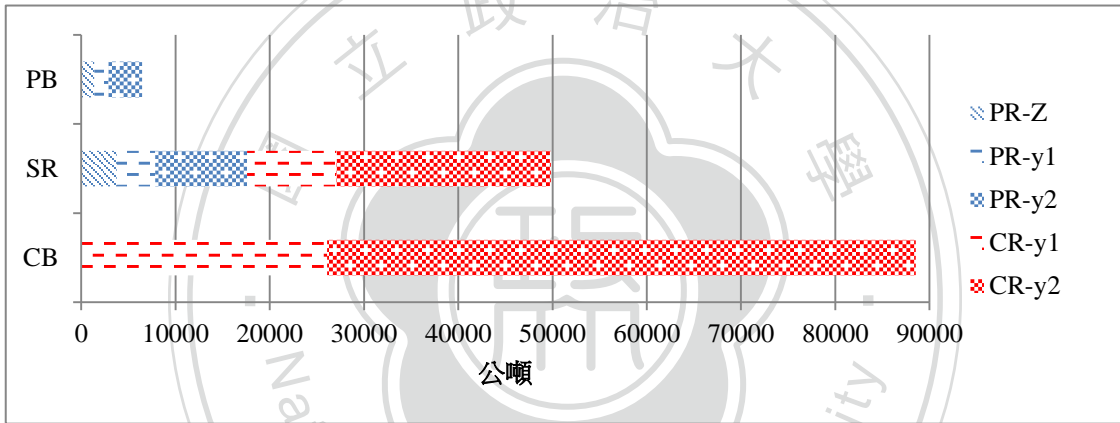


圖 5-18 電子零組件部門 PB, SR 與 CB 的 SS 汙染排放責任

資料來源：本研究繪製。

若以水汙染排放係數的大小，決定各部門的水汙染排放責任，是從 PB 作為汙染排放責任的考量，直接將汙染排放責任歸屬給排放水汙染的部門，而忽略部門隱含水汙染排放的效果，如同農林漁牧部門實際上無須承擔原農林漁牧部門的水汙染排放量。因此，欲探討台灣產業水汙染責任歸屬，若直接以水汙染排放係數的標準衡量各部門需承擔的水汙染排放責任，無法明確地區分水汙染排放責任。

## 5.4 區分 31 部門之共擔責任

在採用 SR 的方法之下，比較經濟體內成員的 BOD、COD 與 SS 水汙染排放責任歸屬。圖 5-19 至圖 5-21 即採用 SR 方法下，區分整個經濟體共 31 部門內，生產者與消費者承擔水汙染的 SR，而圖 5-19 至圖 5-21 每個區段同圖 5-4 至圖 5-6 的含意。從圖中可看出紡織、化學材料、基本金屬、電子零組件等部門，其國外消費者所需承擔之水汙染 SR，大於該部門生產者與國內消費者所承擔之水汙染排放責任。因此，將上述國外消費者 SR 大之部門，以國外消費者承擔水汙染排放量之原始值，及國外消費者承擔之水汙染排放量占各部門生產者與消費者承擔水汙染 SR 的比重，由兩種數據發現，上述部門其國外消費者需承擔之水汙染排放責任占該部門總承擔之水汙染排放責任，均超過 40% 以上，請參考表 5-2。國外消費者需承擔高水汙染排放責任，主要成因為上述部門相對於經濟體其他部門，大多為出口導向之部門，該部門之產品為高出口內銷比，可見表 5-1。

表 5-2 三種水汙染的 CR-y2 與 CR-y2 占 SR 之比例

部門別	BOD		COD		SS		CR-y2/SR (%)	排名
	CR-y2 (公噸)	排名	CR-y2 (公噸)	排名	CR-y2 (公噸)	排名		
5 紡織	4335	3	14516	3	5270	6	58.34	4
6 成衣及服飾品	250	10	830	10	326	11	45.14	11
7 皮革、毛皮及其製品	767	6	2350	6	1021	9	56.18	5
9 家具	57	12	179	12	285	12	49.54	8
12 化學材料	6221	2	20914	1	8500	5	65.75	1
13 化學製品	379	9	1177	9	10274	4	49.28	9
14 石油及煤製品	224	11	694	11	2957	7	51.07	7
16 塑膠製品	539	7	1792	7	1001	10	62.77	2
17 非金屬礦物製品	784	5	2455	5	12928	2	42.33	12
18 基本金屬	6783	1	20360	2	10342	3	52.62	6
21 電腦、電子產品及光學製品	443	8	1305	8	1608	8	62.74	3
22 電子零組件	3869	4	9584	4	22749	1	45.66	10

資料來源：本研究自行整理。

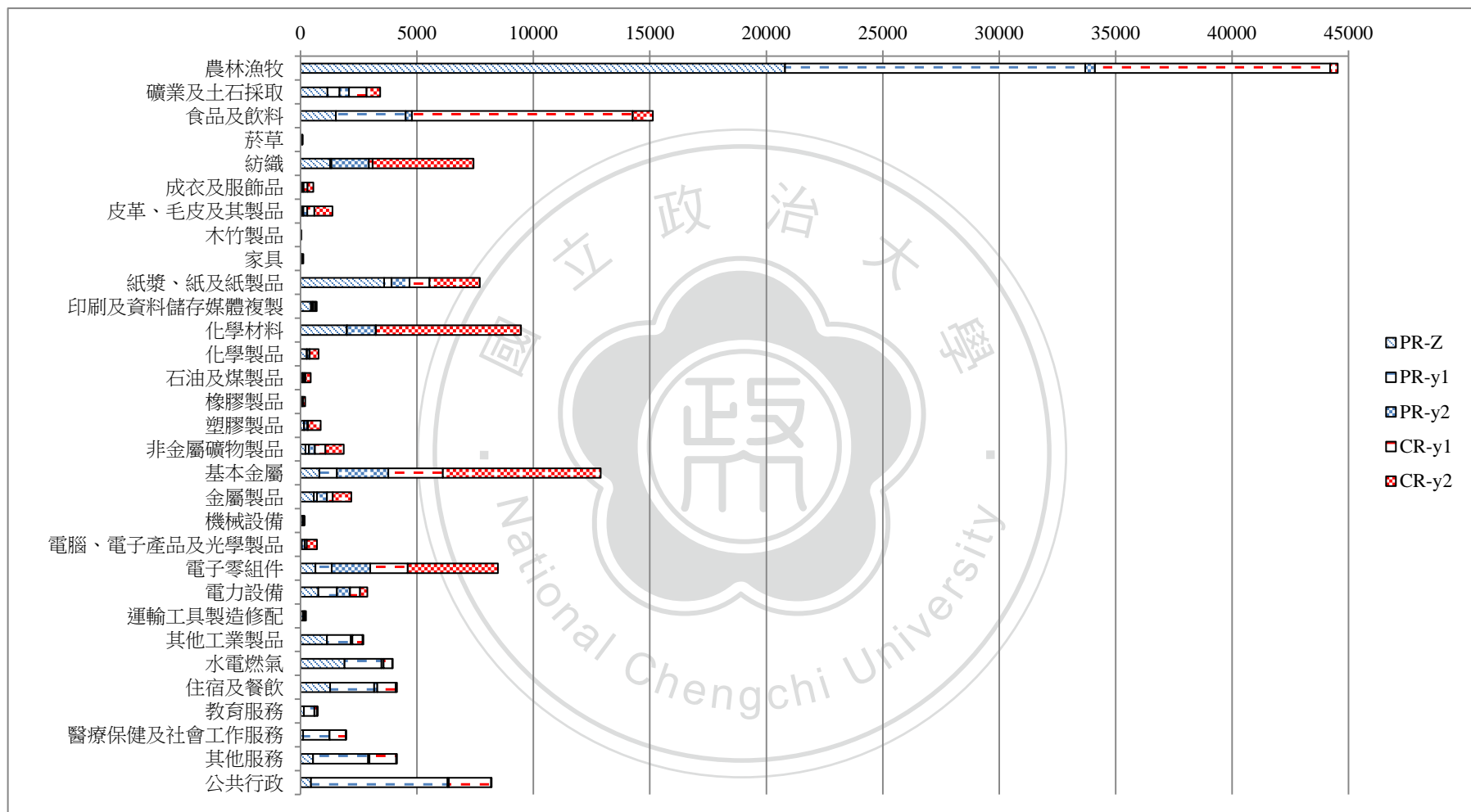


圖 5-19 31 部門生產者與消費者之 BOD SR

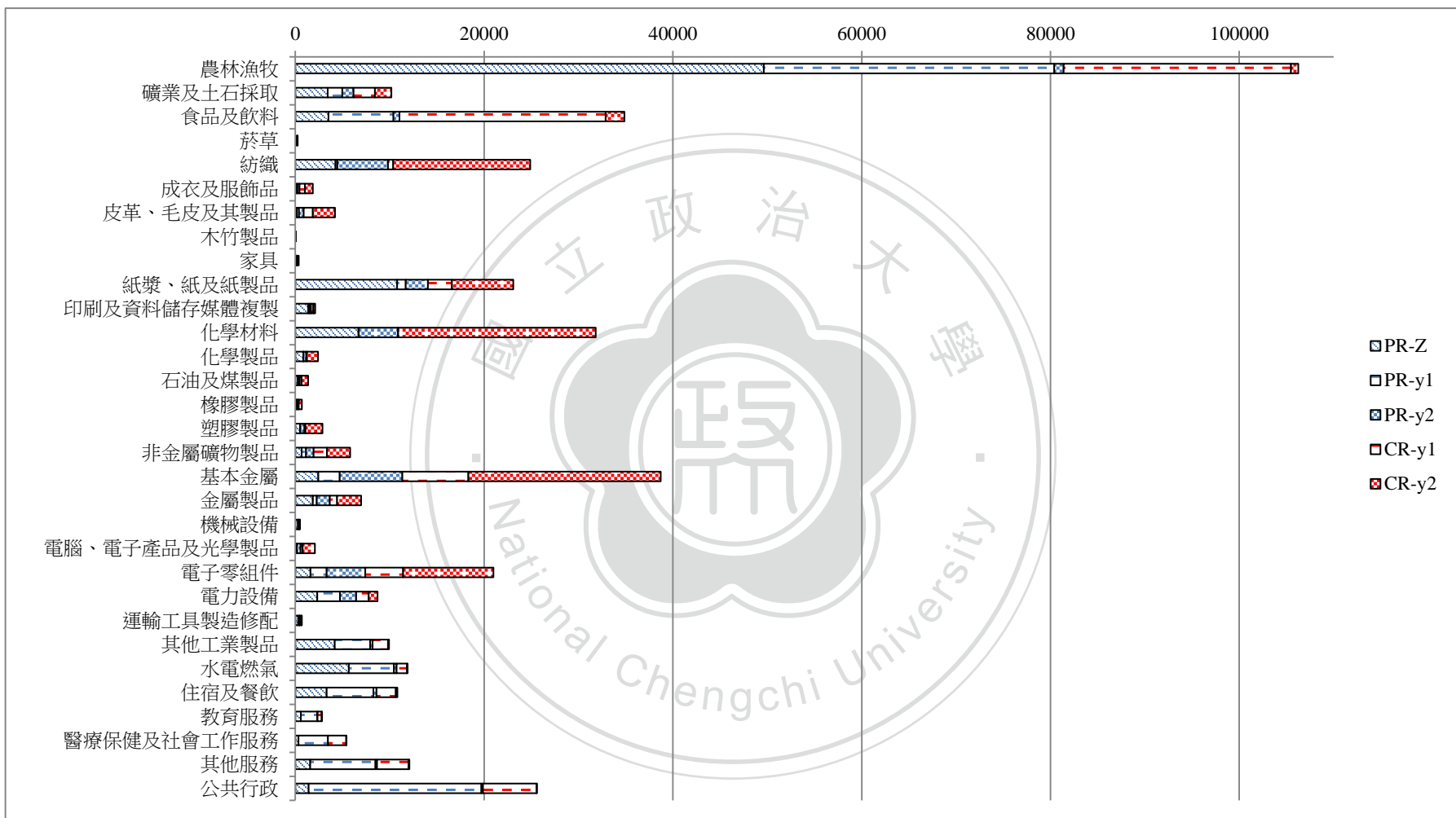


圖 5-20 31 部門生產者與消費者之 COD SR



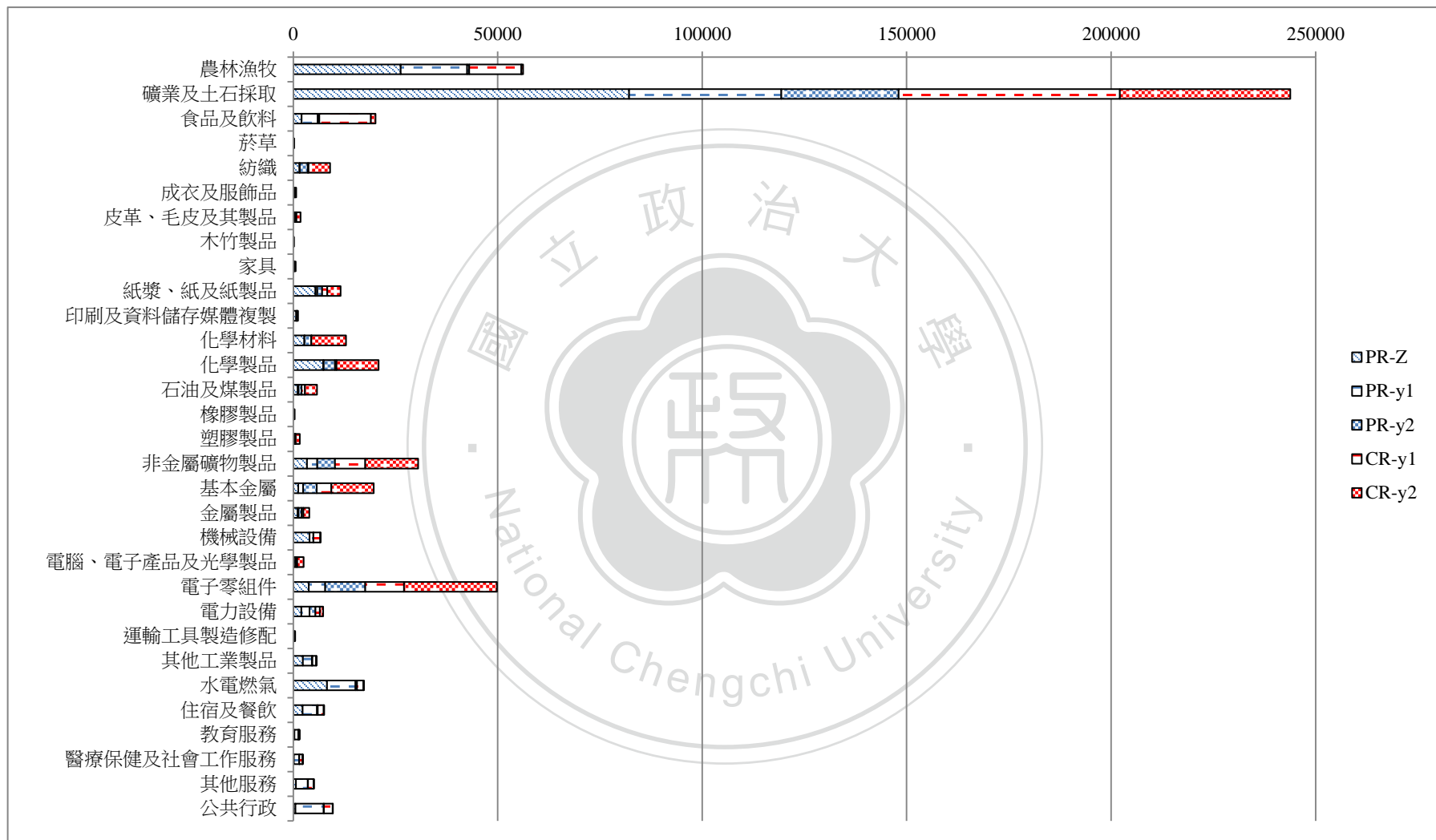


圖 5-21 31 部門生產者與消費者之 SS SR



## 6 結論

本研究結果發現有：一、由 SR 歸屬的水污染排放責任，除了可以重新歸屬污染責任外，各部門在 PB 與 CB 下的水污染排放責任，部門所需負擔污染責任的大小也會重新洗牌。二、紡織、化學材料、基本金屬、電子零組件與電腦、電子產品及光學製品等部門，國外消費者所需承擔的水污染排放責任，超過上述部門生產者本身承擔的水污染排放責任。三、若直接以水污染排放係數的標準衡量各部門需承擔的水污染排放責任，無法明確地區分水污染排放責任。四、各部門出口內銷比大，國外消費者的 SR 也大。

以原始污水排放量作為各部門的責任歸屬，會與 SR 的水污染排放責任作為各部門的責任歸屬差異大。在 SR 的方法之下，我們可以看到各部門的生產者與消費者，因彼此的直接與間接需求使得生產者排放的污染，透過 IO 模型的架構下，各部門依實際的交易狀況，將水污染排放責任分配給各部門的生產者與消費者，最後可以歸屬出台灣各部門實際上要承擔的水污染排放責任。因此，對於制定環境污染責任相關的政策，污染排放責任不能單以生產者與消費者責任作為考量。

然本研究為一簡要歸屬台灣各部門實際上要承擔的水污染排放責任，為一事後(ex post)分析之研究。雖然找出各部門之 SR，但若沒有以政策從旁規範或是實際應用 SR，同樣無法加以限制生產者排放高污染產品，以及增加消費者選擇低污染產品的動機。

此外，本研究可再繼續研究之方向有三：一、責任份額大小與上下游部門之關係。責任份額大的產業可能是上游產業丟出的污染大，使得整個經濟體將污染責任的矛頭指向責任份額大的產業。但事實上，上游產業也要同等責任份額大的產業，負擔相同的污染責任。因此，找出上下游產業的關係，再界定生產者與消費者的責任，可使各部門的 SR 更具說服力。二、以責任份額為課稅基礎，比較直接對廠商課稅與就各產業所需負擔的污染責任來課稅。以往由排放最多污染量的

生產者負擔污染責任，然對生產者(廠商)而言，並不是一公平的方式分配污染責任。因生產者的污染責任大，有可能是因為上游產業所製造的污染量大，或是下游的消費者對該產業需求大，使得該產業生產者的污染責任大。透過 PB 與 SR 為課稅基礎之比較，一為直接對廠商課稅(PR 為課稅基礎)，二為就各產業所需負擔的污染責任來課稅(以 SR 為課稅基礎)，比較出何者的優劣，亦能驗證以 PB 為基礎課稅是否恰當。三、事前模擬與事後分析。過去的文獻(Wiedmann & Lenzen, 2006; Andrew & Forgie, 2008; Rodrigues, Domingos & Marques, 2010; Cadarso et al., 2012)使用 SR 方法計算污染排放責任，是以過去污染排放量及產業關聯表的資料，衡量各部門的污染責任大小，是一事後分析的處理。因此，若能事前(ex-ante)模擬給一衝擊(shock)，例如加入技術變動(technological change)，對比經濟體各部門衝擊前後，其總汙水排放量與各部門 SR 變化的影響，可再加以延伸 SR 方法上的應用。



## 參考文獻

- 行政院主計處（2007）。綠色國民所得帳編製報告：民國95年。南投縣南投市：行政院主計處。
- 行政院主計處（2008）。綠色國民所得帳編製報告：民國96年。南投縣南投市：行政院主計處。
- 行政院主計總處(2009年11月26日)。95年產業關聯表(52部門國產品交易表)。上網日期：2013年6月26日。檢自：  
<http://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=25740&ctNode=3292&mp=1>
- 行政院主計總處（2009年11月26日）。95年產業關聯表（52部門生產者價格交易表進口品按C.I.F計價）。上網日期：2013年6月26日。檢自：  
<http://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=25740&ctNode=3292&mp=1>
- 行政院主計處（2009）。綠色國民所得帳編製報告：民國97年。南投縣南投市：行政院主計處。
- 行政院主計處（2010）。綠色國民所得帳編製報告：民國98年。南投縣南投市：行政院主計處。
- 行政院主計處（2011）。綠色國民所得帳編製報告：民國99年。南投縣南投市：行政院主計處。
- 行政院主計總處（2012）。綠色國民所得帳編製報告：民國100年。南投縣南投市：行政院主計總處。
- 行政院主計總處（2013）。綠色國民所得帳編製報告：民國101年。南投縣南投市：行政院主計總處。
- 張四立（2009）。後京都減量一二--談碳足跡、碳含與國際貿易關係。能源報導，頁27-30。
- 趙定濤、楊樹（2013）。共同責任視角下貿易碳排放分攤機制。中國人口資源與環境，23（11）。

- Andrew, R., & Forgie, V. (2008). A three-perspective view of greenhouse gas emission responsibilities in New Zealand. *Ecological Economics*, 68(1–2), 194-204.
- Bastianoni, S., Pulselli, F. M., & Tiezzi, E. (2004). The problem of assigning responsibility for greenhouse gas emissions. *Ecological Economics*, 49(3), 253-257.
- Cadarso, M.-Á., López, L.-A., Gómez, N., & Tobarra, M.-Á. (2012). International trade and shared environmental responsibility by sector. An application to the Spanish economy. *Ecological Economics*, 83(0), 221-235.
- Csutora, M., & Vetőné Mózner, Z. (2014). Proposing a beneficiary-based shared responsibility approach for calculating national carbon accounts during the post-Kyoto era. *Climate Policy*, 1-18.
- Dietzenbacher, E., & Velázquez, E. (2007). Analysing Andalusian Virtual Water Trade in an Input–Output Framework. *Regional Studies*, 41(2), 185-196.
- Ferng, J.-J. (2003). Allocating the responsibility of CO<sub>2</sub> over-emissions from the perspectives of benefit principle and ecological deficit. *Ecological Economics*, 46(1), 121-141.
- Gallego, B., & Lenzen, M. (2005). A consistent input–output formulation of shared producer and consumer responsibility. *Economic Systems Research*, 17(4), 365-391.
- Kondo, Y., Moriguchi, Y., & Shimizu, H. (1998). CO<sub>2</sub> Emissions in Japan: Influences of imports and exports. *Applied Energy*, 59(2–3), 163-174.
- Lennox, J., & Andrew, R. (2006). Reforming water use rights in Canterbury: a shared responsibilities perspective. *Intermediate Input–Output Meeting, Sendai, Japan*.
- Lenzen, M. (2007). Aggregation (in-)variance of shared responsibility: A case study of Australia. *Ecological Economics*, 64(1), 19-24.
- Lenzen, M., & Murray, J. (2010). Conceptualising environmental responsibility. *Ecological Economics*, 70(2), 261-270.

- Lenzen, M., Murray, J., Sack, F., & Wiedmann, T. (2007). Shared producer and consumer responsibility - Theory and practice. *Ecological Economics*, 61(1), 27-42.
- Leontief, W. W. (1936). Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 18(3), 105-125.
- Marques, A., Rodrigues, J., Lenzen, M., & Domingos, T. (2012). Income-based environmental responsibility. *Ecological Economics*, 84, 57-65.
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. New York: Cambridge University Press.
- Munksgaard, J., & Pedersen, K. A. (2001). CO2 accounts for open economies: producer or consumer responsibility? *Energy Policy*, 29(4), 327-334.
- Odum, H. T. (1996). *Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making*. New York: Wiley. Cited by Bastianoni, S., Pulselli, F. M., & Tiezzi, E. (2004). The problem of assigning responsibility for greenhouse gas emissions. *Ecological Economics*, 49(3), 253-257.
- Rodrigues, J., & Domingos, T. (2008). Consumer and producer environmental responsibility: Comparing two approaches. *Ecological Economics*, 66(2-3), 533-546.
- Rodrigues, J., Domingos, T., & Marques, A. (2010). *Carbon responsibility and embodied emissions: theory and measurement*. London; New York: Routledge, Taylor & Francis.
- Rodrigues, J., Domingos, T., Giljum, S., & Schneider, F. (2006). Designing an indicator of environmental responsibility. *Ecological Economics*, 59(3), 256-266.
- Wiedmann, T., & Lenzen, M. (2006). *Sharing Responsibility along Supply Chains - A New Life-Cycle Approach and Software Tool for Triple-Bottom-Line Accounting*. Paper presented at the The Corporate Responsibility Research Conference 2006.



Zaks, D. P. M., Barford, C. C., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2009). Producer and consumer responsibility for greenhouse gas emissions from agricultural production-a perspective from the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, 4(4).



## 附錄1 以矩陣運算形式表示共擔責任

SR 的計算過程，參考自 Robbie Andrew 所提供的檔案。SR 的計算方式，有 Lenzen 及 Andrew 的兩種做法。以下介紹 Lenzen 及 Andrew 的計算方式，並說明本研究所採用之研究方法，以矩陣運算之形式，呈現 SR 的運算過程。

### 附錄1-1 Lenzen 等人之共擔責任

Lenzen 計算 SR 的資料，主要來自於產業關聯表。產業關聯表具備計算 SR 的原始資料：中間需要、最終需要、國內生產總額，以及原始投入的附加價值，如附圖 1-1。污染排放的 SR，視研究需探討的主題，決定何種污染源作為 SR、欲分配給各部門的污染排放責任。因本研究探討水污染之責任歸屬，故污染選定為水污染。

由產業關聯表得到的原始資料，計算技術係數與污染排放係數，以便之後計算每一單位中間需要及最終需要會排放出多少污染，如附圖 1-2。並從產業關聯表的附加價值及淨產出計算各部門的責任份額。 $\alpha$ 對角矩陣，其非對角線的部分設定為 $\alpha$ ，表示各部門需負擔使用非自身部門所生產產出的污染；對角線均為 1<sup>13</sup>，表示各部門將該部門所需負擔的污染排放責任由其他部門負擔，如附圖 1-3。將 $\alpha$ 對角矩陣乘上技術係數矩陣(即 $\alpha A$ ，以下簡稱 $\alpha A$ )，表示為各部門為生產一單位的產出所需的中間投入，需負擔起 $\alpha$ 比例的污染排放責任，如附圖 1-4。從Leontief逆矩陣可得知中間需要及最終需要透過直接和間接效果，會製造出多少產出。將 $\alpha A$ 矩陣與單位矩陣相減再作逆矩陣的運算，即為責任份額的Leontief逆矩陣為 $(L^{(\alpha)})$ ，各部門為滿足最終需求生產一單位產出，各部門需負擔直接與間接使用中間投入的

---

<sup>13</sup> 以 Andrew 給的檔案，推出 Lenzen 計算 SR 的責任份額，其對角線之設定均為 1。

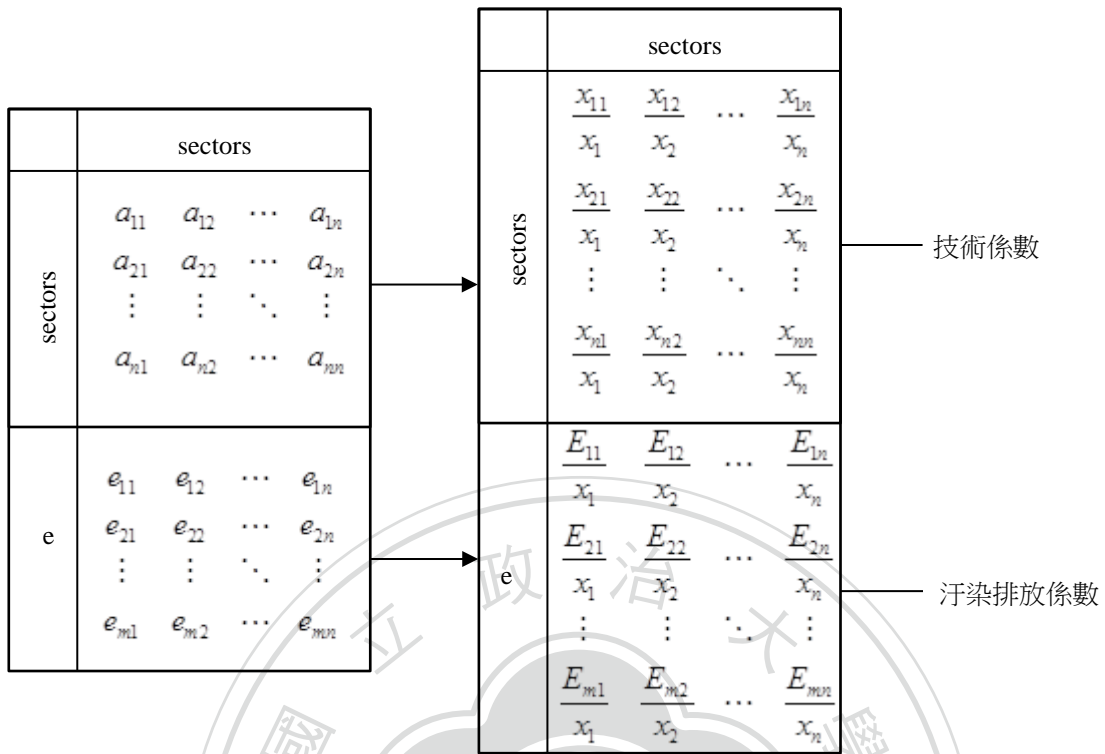
污染排放責任，如附圖 1-5。附圖 1-6，污染排放係數乘上 $L^{(a)}$ ，透過兩者相乘的結果，在之後的運算可得知一單位的中間需要及最終需要，各部門直接及間接所需負擔的污染量，即為污染排放乘數。再來運算各部門生產者及消費者需負擔中間需求與最終需求的部分，生產者為應負責各部門的中間需要及最終需要，分別乘上自己所需負擔污染的比例  $1-\alpha$ 與  $1-\beta$ ；消費者為各部門家計單位的最終需要乘上各部門分配責任份額的比例 $\beta$ ，如附圖 1-7。將 $e^L^{(a)}$ 乘於各部門自己所需負擔的產量(即附圖 1-7 得到的結果)，便可得到各部門的生產者及消費者的最終SR結果如附圖 1-8 所示。

	sectors				y	X
sectors	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1n}$	$y_1$	$x_1$
	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2n}$	$y_2$	$x_2$
	...	...	...	...	...	...
	$x_{n1}$	$x_{n2}$	...	$x_{nn}$	$y_n$	$x_n$
v	$v_1$	$v_2$	...	$v_n$		
X'	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$		
E	$E_{11}$	$E_{12}$	...	$E_{1n}$		
	$E_{21}$	$E_{22}$	...	$E_{2n}$		
	...	...	...	...		
	$E_{m1}$	$E_{m2}$	...	$E_{mn}$		

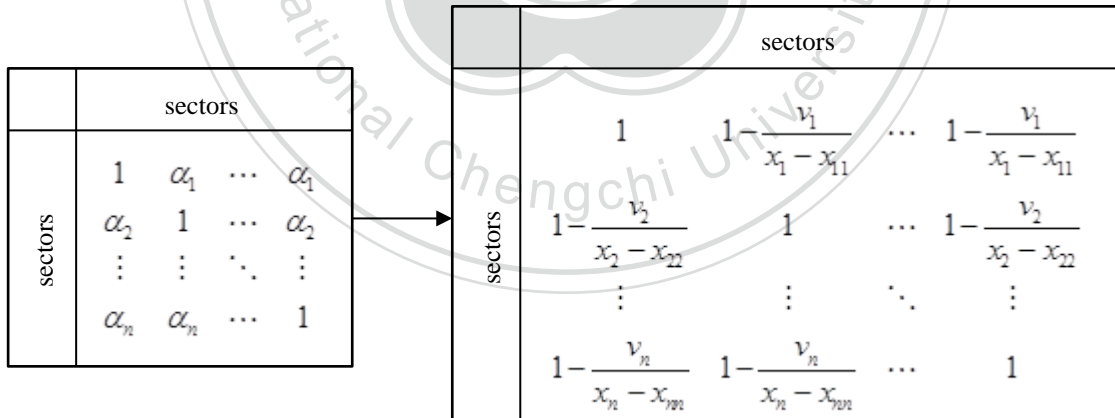
產業關聯表

污染量

附圖 1-1 原始資料來源  
資料來源：本研究繪製。



附圖 1-2 技術係數及汙染係數  
資料來源：本研究繪製。



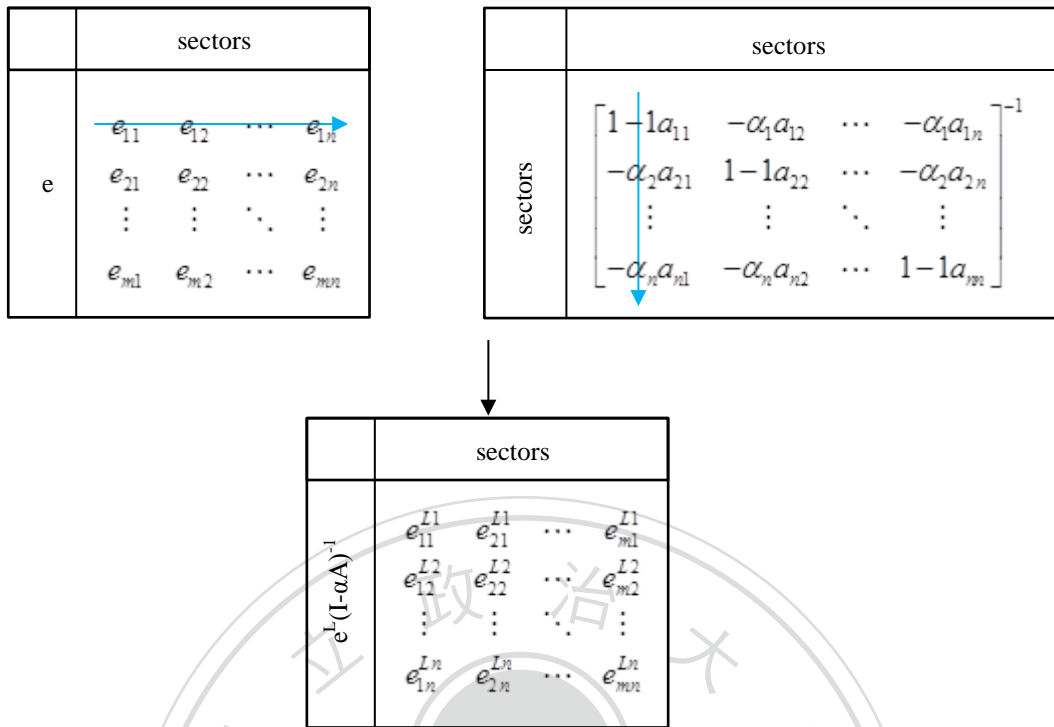
附圖 1-3 Lenzen 之  $\alpha$  示意圖—對角線之責任份額均為 1  
資料來源：本研究繪製。

	sectors			
sectors	$1a_{11}$	$\alpha_1 a_{12}$	$\cdots$	$\alpha_1 a_{1n}$
	$\alpha_2 a_{21}$	$1a_{22}$	$\cdots$	$\alpha_2 a_{2n}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	$\alpha_n a_{n1}$	$\alpha_n a_{n2}$	$\cdots$	$1a_{nn}$

附圖 1-4 Lenzen 之  $\alpha A$ —對角線的责任份額均為 1  
資料來源：本研究繪製。

	sectors					sectors				
sectors	$1-1a_{11}$	$-\alpha_1 a_{12}$	$\cdots$	$-\alpha_1 a_{1n}$	→	sectors	$\left[ \begin{array}{cccc} 1-1a_{11} & -\alpha_1 a_{12} & \cdots & -\alpha_1 a_{1n} \\ -\alpha_2 a_{21} & 1-1a_{22} & \cdots & -\alpha_2 a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\alpha_n a_{n1} & -\alpha_n a_{n2} & \cdots & 1-1a_{nn} \end{array} \right]^{-1}$			
	$-\alpha_2 a_{21}$	$1-1a_{22}$	$\cdots$	$-\alpha_2 a_{2n}$						
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$						
	$-\alpha_n a_{n1}$	$-\alpha_n a_{n2}$	$\cdots$	$1-1a_{nn}$						

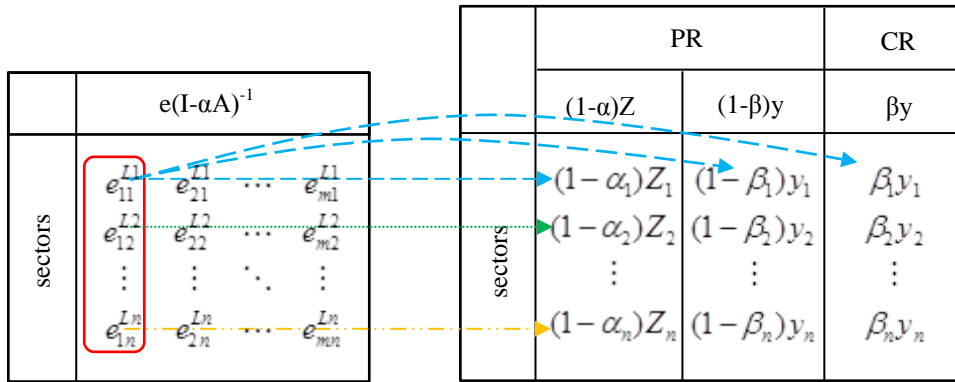
附圖 1-5 Lenzen 之  $(I-\alpha A)^{-1}$ —對角線的责任份額均為 1  
資料來源：本研究繪製。



附圖 1-6 Lenzen 之  $e^L(I-\alpha)^{-1}$  對角線之責任份額均為 1  
 資料來源：本研究繪製。

	PR		CR
	$(1-\alpha)Z$		$(1-\beta)y$
sectors	$(1-\alpha_1)Z_1 = (1-\alpha_1)x_{12} + \dots + (1-\alpha_1)x_{1n}$	$(1-\beta_1)y_1$	$\beta_1 y_1$
	$(1-\alpha_2)Z_2 = (1-\alpha_2)x_{21} + \dots + (1-\alpha_2)x_{2n}$	$(1-\beta_2)y_2$	$\beta_2 y_2$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$(1-\alpha_n)Z_n = (1-\alpha_n)x_{n1} + (1-\alpha_n)x_{n2} + \dots$	$(1-\beta_n)y_n$	$\beta_n y_n$

附圖 1-7 Lenzen 之各部門所需負擔的中間需求與最終需求  
 資料來源：本研究繪製。



	PR		CR
	中間需求	最終需求	最終需求
sectors	$e_{11}^{L1}(1-\alpha_1)Z_1$	$e_{11}^{L1}(1-\beta_1)y_1$	$e_{11}^{L1}\beta_1 y_1$
	$e_{12}^{L2}(1-\alpha_2)Z_2$	$e_{12}^{L2}(1-\beta_2)y_2$	$e_{12}^{L2}\beta_2 y_2$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$e_{1n}^{Ln}(1-\alpha_n)Z_n$	$e_{1n}^{Ln}(1-\beta_n)y_n$	$e_{1n}^{Ln}\beta_n y_n$

附圖 1-8 Lenzen 之生產者與消費者的 SR

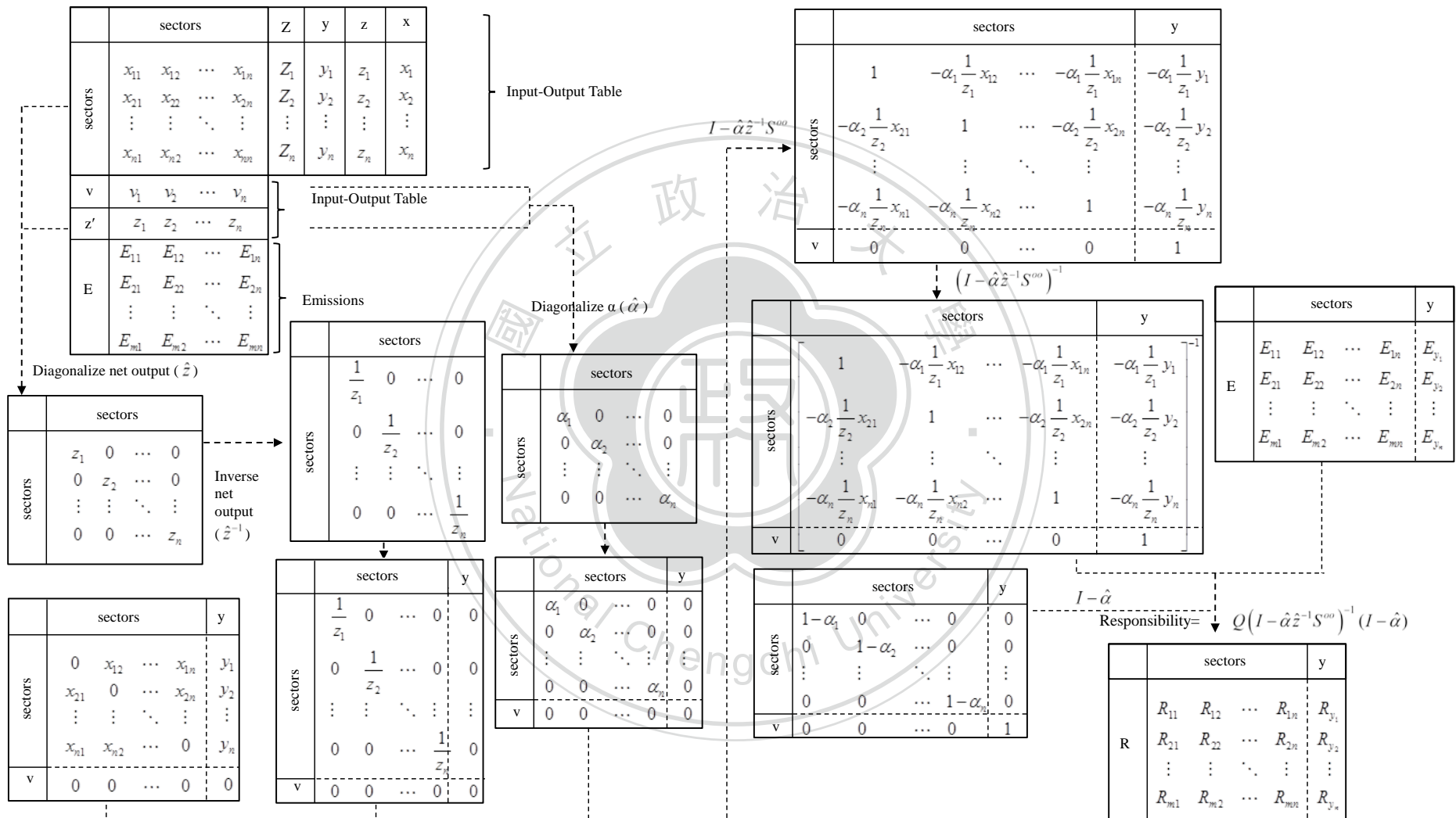
資料來源：本研究繪製。



## 附錄1-2 Andrew and Forgie 之共擔責任

Andrew and Forgie (2008)根據 Lenzen et al. (2007)一文 SR 的概念，說明 SR 的概念及運算。因此本研究自 Andrew and Forgie (2008)，將 SR 以矩陣運算的過程及步驟以圖形表示，說明 SR 的計算過程，闡述 Andrew and Forgie (2008)生產者與消費者的 SR。

首先，解釋附圖 1-9 中的代數定義。 $x_{ij}$  為各部門的中間投入； $Z_i$  為  $i$  部門中間投入總和； $y_i$  為對  $i$  產品的最終需求； $x_i$  為  $i$  部門的總出； $z_i$  為  $i$  部門的淨產出，即是  $i$  部門的總產出扣掉  $i$  部門內的自行交易； $v_j$  為  $j$  部門的的附加價值； $E$  為污染排放量； $I$  為單位矩陣； $\alpha$  為責任份額； $R$  為 SR。 $\wedge$ 是將向量變成對角矩陣。而計算過程與 Lenzen 等人之 SR 計算方式類似。



附圖 1-9 Andrew & Forgie(2008)SR 的計算過程

### 附錄1-3 本研究之共擔責任

本研究之 SR 與 Lenzen 的差異在於對角線設定不同，而有所差異。本研究之對角線均是  $\alpha$ ，表示每個部門是均等分配污染責任的比例(equal share)，其差異在於各部門的使用量不同，亦即部門使用的投入量越高，該部門所分配到的污染總量也會越高。其運算過程如附圖 1-10 至附圖 1-14。

	sectors			
sectors	$\alpha_1$	$\alpha_1$	...	$\alpha_1$
	$\alpha_2$	$\alpha_2$	...	$\alpha_2$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	$\alpha_n$	$\alpha_n$	...	$\alpha_n$

	sectors			
sectors	$1 - \frac{v_1}{x_1 - x_{11}}$	$1 - \frac{v_1}{x_1 - x_{11}}$	...	$1 - \frac{v_1}{x_1 - x_{11}}$
	$1 - \frac{v_2}{x_2 - x_{22}}$	$1 - \frac{v_2}{x_2 - x_{22}}$	...	$1 - \frac{v_2}{x_2 - x_{22}}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	$1 - \frac{v_n}{x_n - x_{nn}}$	$1 - \frac{v_n}{x_n - x_{nn}}$	...	$1 - \frac{v_n}{x_n - x_{nn}}$

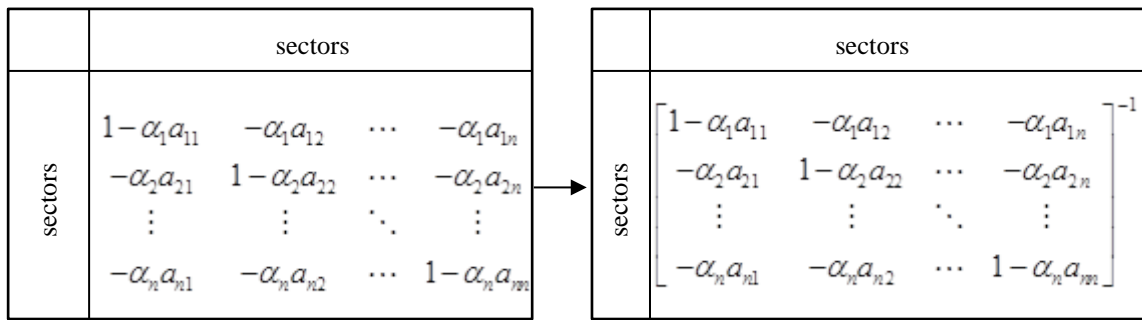
附圖 1-10 本研究之  $\alpha$  示意圖一對角線的责任份額均為  $\alpha$

資料來源：本研究繪製。

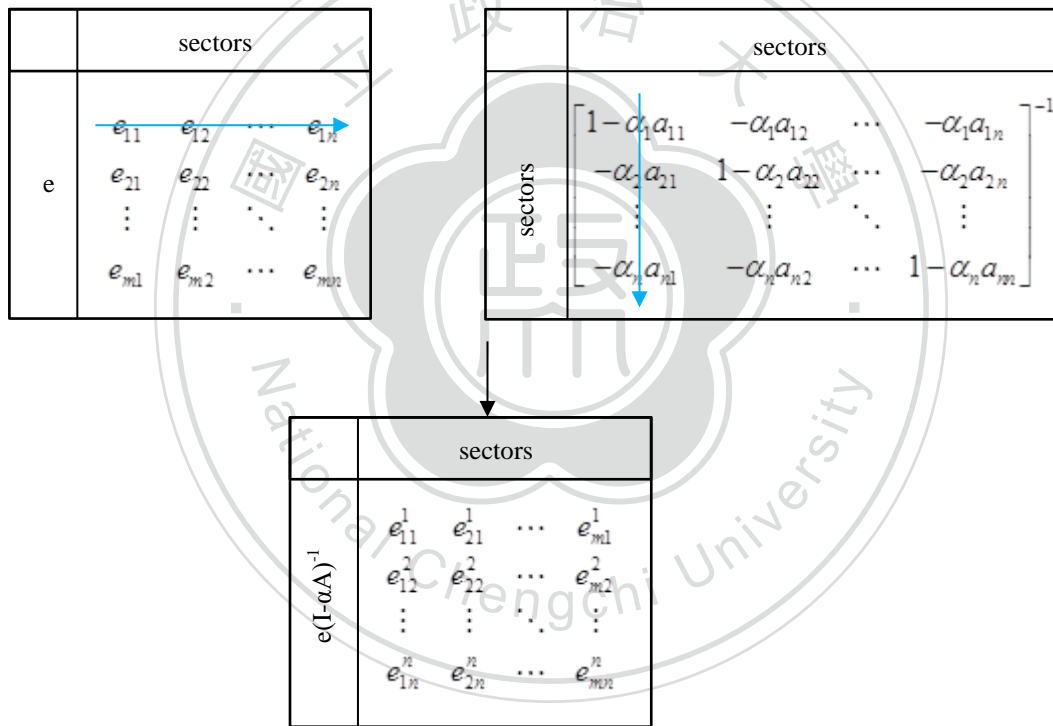
	sectors			
sectors	$\alpha_1 a_{11}$	$\alpha_1 a_{12}$	...	$\alpha_1 a_{1n}$
	$\alpha_2 a_{21}$	$\alpha_2 a_{22}$	...	$\alpha_2 a_{2n}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	$\alpha_n a_{n1}$	$\alpha_n a_{n2}$	...	$\alpha_n a_{nn}$

附圖 1-11 本研究之  $\alpha A$  一對角線的责任份額均為  $\alpha$

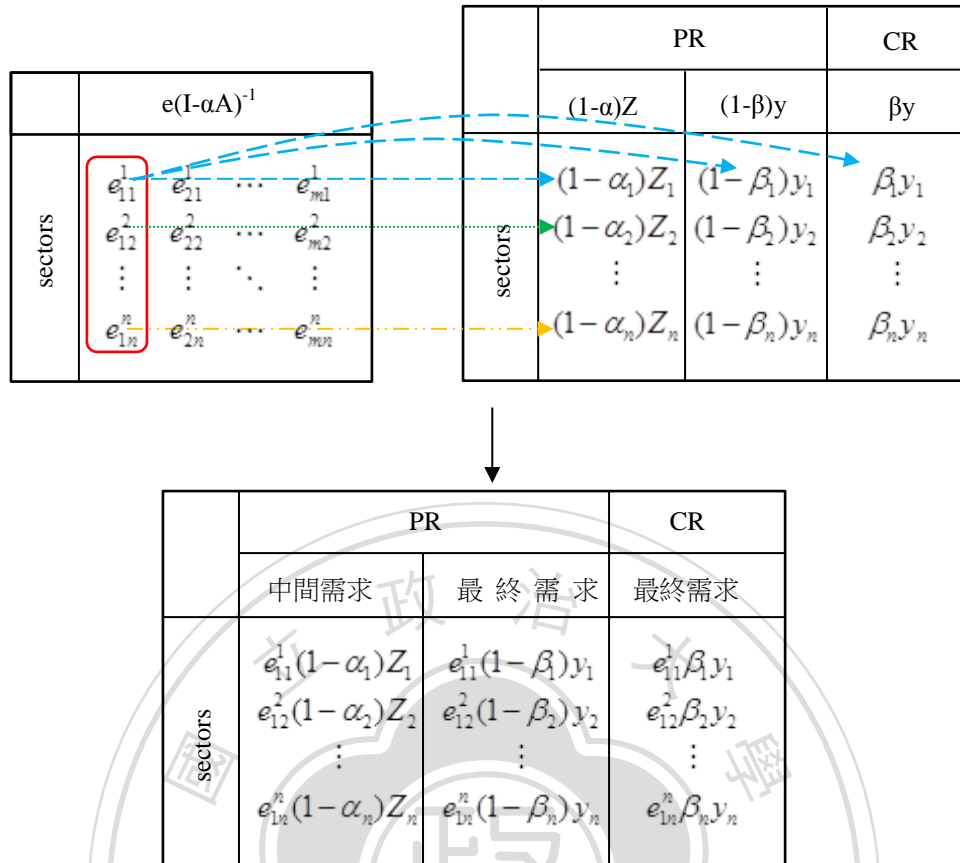
資料來源：本研究繪製。



附圖 1-12 本研究之  $(I - \alpha A)^{-1}$  對角線之責任份額均為  $\alpha$   
 資料來源：本研究繪製。



附圖 1-13 本研究之  $e(I - \alpha A)^{-1}$  對角線之責任份額均為 1  
 資料來源：本研究繪製。



附圖 1-14 本研究之生產者與消費者的 SR

資料來源：本研究繪製。



## 附錄2 綠色國民所得水汙染排放帳與產業關聯表 52 部門

### 分類對照表

31 部門別		32 部門別 (95 年綠色國民所得 水汙染排放帳)		52 部門別 (95 年產業關聯表)	
1	農林漁牧業	1	農林漁牧業	1	農產
				2	畜產
				3	林產
				4	漁產
2	礦業及土石採取業	2	礦業及土石採取業	5	礦產
3	食品及飲料	3	食品及飲料	6	加工食品
				7	飲料
4	菸草製造業	4	菸草製造業	8	菸
5	紡織業	5	紡織業	9	紡織品
6	成衣及服飾品製造業	6	成衣、服飾品及其他紡織製品業	10	成衣及服飾品
7	皮革、毛皮及其製品製造業	7	皮革、毛皮及其製品業	11	皮革、毛皮及其製品
8	木竹製品製造業	8	木竹製品業	12	木材及其製品
9	家具製造業	9	家具及裝設品業	31	家具
10	紙漿、紙及紙製品製造業	10	紙漿、紙及紙製品業	13	紙漿、紙及紙製品
11	印刷及資料儲存媒體複製業	11	印刷及其輔助業	14	印刷及資料儲存媒體複製
12	化學材料製造業	12	化學材料業	16	化學材料
13	化學製品製造業	13	化學製品業	17	化學製品
				18	藥品
14	石油及煤製品製造業	14	石油及煤製品業	15	石油及煤製品
15	橡膠製品製造業	15	橡膠製品業	19	橡膠製品
16	塑膠製品製造業	16	塑膠製品業	20	塑膠製品
17	非金屬礦物製品製造業	17	非金屬礦物製品業	21	非金屬礦物製品
18	基本金屬業	18	金屬基本工業	22	鋼鐵
				23	其他金屬
19	金屬製品製造業	19	金屬製品業	24	金屬製品
20	機械設備製造業	20	機械設備製造修配業	28	機械設備
21	電腦、電子產品及光學製品製造業	21	電腦、通信及視聽電子產品業	26	電腦、電子及光學產品



31 部門別		32 部門別 (95 年綠色國民所得 水汙染排放帳)		52 部門別 (95 年產業關聯表)	
		25	精密、光學、醫療器材及鐘錶業		
22	電子零組件製造業	22	電子零組件製造業	25	電子零組件
23	電力設備製造業	23	電力機械器材及設備製造修配業	27	電力設備
24	運輸工具製造修配業	24	運輸工具製造修配業	29	汽車及其零件
				30	其他運輸工具
25	其他工業製品製造業	26	其他工業製品製造業	32	其他製品及機械修配
26	水電燃氣業	27	水電燃氣業	33	電力供應
				34	燃氣供應
				35	用水供應
				36	汙染整治
				37	營造工程
27	住宿及餐飲業	28	住宿及餐飲業	40	住宿及餐飲
28	教育服務業	29	教育服務業	49	教育服務
29	醫療保健及社會工作服務業	30	醫療保健及社會福利服務業	50	醫療保健及社會工作服務
30	其他服務業	31	其他服務業	38	批發及零售
				39	運輸倉儲
				41	傳播服務
				42	電信服務
				43	資訊服務
				44	金融及保險
				45	不動產服務
				46	專業、科學及技術服務
				47	支援服務
				51	藝術、娛樂及休閒服務
				52	其他服務
31	公共行政業	32	公共行政業	48	公共行政服務

資料來源：本研究自行整理。