

傳統塑膠袋與可分解塑膠袋之生命週期評估研究

許郁珮、李清華

E-mail: 9417347@mail.dyu.edu.tw

摘要

生命週期評估技術已被世界上很多先進國家用來作為評估產品的環境衝擊度，本研究的目的為應用生命週期評估技術進行傳統塑膠袋與可分解塑膠袋在製造組裝、運銷配送及廢棄處理三階段的環境衝擊影響，以評估何者為較環保材質，本研究選擇SimaPro 5.0軟體及Eco-Indicator 99方法作為之生命週期評估工具。本研究結果顯示，傳統塑膠袋之環境衝擊值為1.48 Pt大於可分解塑膠袋的環境衝擊值 4.38×10^{-1} Pt，以人體健康損害、生態系統品質損害、資源損害3大損害類別的衝擊而言，傳統塑膠袋對人體健康損害及資源損害的環境衝擊值為 3.23×10^{-1} Pt及1.11 Pt較可分解塑膠袋的衝擊值 1.42×10^{-1} Pt及 2.44×10^{-1} Pt為高；對生態系統品質損害的衝擊，可分解塑膠袋衝擊值為 5.25×10^{-2} Pt較傳統塑膠袋衝擊值 4.62×10^{-2} Pt為高。傳統塑膠袋於製造階段、運銷階段及廢棄階段之環境衝擊值，分別為1.38 Pt、 6.50×10^{-3} Pt及 9.08×10^{-2} Pt，而可分解塑膠袋則為 4.19×10^{-1} Pt、 8.46×10^{-3} Pt及 1.10×10^{-2} Pt，可見傳統塑膠袋於製造階段及廢棄階段對環境的衝擊皆較可分解塑膠袋高，而可分解塑膠袋於運銷階段對環境的衝擊較傳統塑膠袋小。受訪者問卷調查分析結果，認為政府所推行的限塑政策及「垃圾全分類、零廢棄行動計畫」對環境有正面效益的受訪者各佔92.6%及96.3%，認為塑膠袋被隨意丟棄佔80.8%，認為傳統塑膠袋已造成環境嚴重的污染佔93.8%，受訪者中曾經使用過可分解塑膠袋佔67.2%，認為以可分解塑膠袋盛裝傳統市場販售的食物對環境保護工作有助益佔87.0%，認為可分解塑膠袋較傳統塑膠袋具環保性、對環境有正面的效益佔88.7%。

關鍵詞：生命週期評估；塑膠袋；可分解；環境衝擊；指數；衝擊度；塑膠袋；環保性；階段；生命

目錄

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書	iii 中文摘要
iv 英文摘要	vi 誌謝
viii 目錄	ix 圖目錄
xii 表目錄	xv 第一章 緒論
1 1.1 研究背景	1 1.2 研究目的
7 1.3 研究內容	8 第二章 文獻回顧
9 2.1 高分子化合物	9 2.1.1 材料特性及發展
國內發展沿革	10 2.1.2 10 2.1.2
13 2.2 傳統塑膠簡介	15 2.2.1 來源及定義
15 2.2.2 塑膠原料製造	18 2.2.3 成型加工方法
20 2.2.4 各種常見製品	24 2.2.5 劣化機制
28 2.2.7 塑膠的環境危害	26 2.2.6 塑膠添加劑
32 2.3.1 定義	29 2.3 可分解塑膠
39 2.3.4 分解方式	33 2.3.2 發展沿革及種類
44 2.3.6 試驗方法與認定標準	34 2.3.3 製
49 2.4.1 發展及定義	42 2.3.5 應用發展
具概述	48 2.4 生命週期評估回顧
70 2.5.3 Eco-Indicator 95	54 2.5 生命週期評估工
關文獻介紹	67 2.5.1 評估工具介紹
73 2.5.4 Eco-Indicator 99	67 2.5.2 SimaPro軟體
86 第三章 研究流程與方法	77 2.6 相
90 3.2 研究方法	86 3.1 研究流
92 3.2.1.1 研究目的	92 3.2.1 LCA研究目的與範疇
93 3.2.1.2 研究範疇界定	93
96 3.2.1.4 研究限制與假設	97 3.2.2 LCA盤查分析
98 3.2.3 LCA衝擊評估	102 3.2.4 LCA結果闡釋
103 第四章 結果與討論	102
107 4.1.1 製程簡介	107 4.1
111 4.2 LCA分析結果與討論	107 4.1.2 盤查結果與功能
121 4.2.2 可分解塑膠袋生命週期評估結果	117 4.2.1 傳統塑膠袋生命週期評估結果
140 4.2.3 兩種塑膠袋LCA評估結果比較	160 4.3 消
167 4.3.1 受訪者基本資料分析	167 4.3.2 訪者意見分析結果

170	第五章 結論與建議	175	5.1 結論
175	5.2 建議	178	參考文獻
179	圖目錄	4	圖2.1 高分子化合物分類圖
10	圖2.2 高分子技術發展歷史	11	圖2.4 石油化學品之製造階段
19	圖2.5 聚乙烯原料製造過程	20	圖2.6 塑膠袋製程
21	圖2.7 塑膠袋吹模設備	22	圖2.8 塑膠袋吹模過程
23	圖2.9 塑膠的劣化機制	28	圖2.9 塑膠的劣化機制
28	圖2.10 直鏈澱粉結構	38	圖2.11 支鏈澱粉結構
38	圖2.12 香蕉澱粉顆粒	38	圖2.13 聚乳酸原料製造過程
40	圖2.14 聚乳酸分解過程	40	圖2.15 塑膠分解機構
43	圖2.16 生命週期評估與環境管理系統系列標準之關係	50	圖2.17 生命週期評估原則與架構
56	圖2.18 目的與範疇界定之程序	56	圖2.19 生產流程樹狀圖
60	圖2.20 SETAC所架構的生命週期衝評估	60	圖2.21 生命週期評估架構中的闡釋過程
76	圖2.22 Eco-Indicator 95方法之生態指標架構	76	圖2.23 Eco-Indicator 99方法之生態指標架構
91	圖3.1 本研究流程	91	圖3.2 本LCA研究範疇
109	圖4.1 大煒塑膠工業股份有限公司之傳統塑膠袋製程	109	圖4.2 大煒塑膠工業股份有限公司生產之傳統塑膠袋
110	圖4.2 大煒塑膠工業股份有限公司生產之傳統塑膠袋	110	圖4.3 昱仁實業有限公司之可分解塑膠袋製程
110	圖4.3 昱仁實業有限公司之可分解塑膠袋製程	110	圖4.4 昱仁實業有限公司生產之可分解塑膠袋
111	圖4.4 昱仁實業有限公司生產之可分解塑膠袋	111	圖4.5 傳統塑膠袋製造階段之特徵化環境衝擊值分析結果
126	圖4.5 傳統塑膠袋製造階段之特徵化環境衝擊值分析結果	126	圖4.6 傳統塑膠袋之損害評估環境衝擊值分析結果
128	圖4.6 傳統塑膠袋之損害評估環境衝擊值分析結果	128	圖4.7 傳統塑膠袋製造階段之損害評估環境衝擊值分析結果
132	圖4.7 傳統塑膠袋製造階段之損害評估環境衝擊值分析結果	132	圖4.8 傳統塑膠袋之統一化加權環境衝擊值分析結果
135	圖4.8 傳統塑膠袋之統一化加權環境衝擊值分析結果	135	圖4.9 傳統塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值分析結果
137	圖4.9 傳統塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值分析結果	137	圖4.10 傳統塑膠袋之統一化加權環境衝擊值累加比較
137	圖4.10 傳統塑膠袋之統一化加權環境衝擊值累加比較	137	圖4.11 傳統塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值累加比較
141	圖4.11 傳統塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值累加比較	141	圖4.12 可分解塑膠袋製造階段之特徵化環境衝擊值分析結果
147	圖4.12 可分解塑膠袋製造階段之特徵化環境衝擊值分析結果	147	圖4.13 可分解塑膠袋之損害評估環境衝擊值分析結果
147	圖4.13 可分解塑膠袋之損害評估環境衝擊值分析結果	147	圖4.14 可分解塑膠袋製造階段之損害評估環境衝擊值分析結果
152	圖4.14 可分解塑膠袋製造階段之損害評估環境衝擊值分析結果	152	圖4.15 可分解塑膠袋之統一化加權環境衝擊值分析結果
155	圖4.15 可分解塑膠袋之統一化加權環境衝擊值分析結果	155	圖4.16 可分解塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值累加比較
157	圖4.16 可分解塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值累加比較	157	圖4.17 可分解塑膠袋之統一化加權環境衝擊值累加比較
157	圖4.17 可分解塑膠袋之統一化加權環境衝擊值累加比較	157	圖4.18 可分解塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值累加比較
165	圖4.18 可分解塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值累加比較	165	圖4.19 兩種塑膠袋各階段之統一化加權環境衝擊值累加比較
169	圖4.19 兩種塑膠袋各階段之統一化加權環境衝擊值累加比較	169	圖4.20 受訪者年齡分布情形
169	圖4.20 受訪者年齡分布情形	169	圖4.21 受訪者職業分布情形
170	圖4.21 受訪者職業分布情形	170	表目錄
3	表1.1 世界各國一般廢棄物產生量及其組成	3	表1.2 國內歷年垃圾中紙類、塑膠類及皮革橡膠類比例
14	表1.2 國內歷年垃圾中紙類、塑膠類及皮革橡膠類比例	14	表2.1 國內高分子工業發展歷史及過程
14	表2.1 國內高分子工業發展歷史及過程	14	表2.2 塑膠袋的發展沿革
27	表2.2 塑膠袋的發展沿革	27	表2.3 聚合物劣化反應型態、過程及引發模式
27	表2.3 聚合物劣化反應型態、過程及引發模式	27	表2.4 分解性塑膠之用途
44	表2.4 分解性塑膠之用途	44	表2.5 可分解塑膠材料在國內的發展
44	表2.5 可分解塑膠材料在國內的發展	44	表2.6 國外分解性塑膠市場應用情形
47	表2.6 國外分解性塑膠市場應用情形	47	表2.7 生物可分解塑膠的種類及常見商品名
47	表2.7 生物可分解塑膠的種類及常見商品名	47	表2.8 生命週期評估技術發展歷史
50	表2.8 生命週期評估技術發展歷史	50	表2.9 ISO 14040系列環境管理標準及CNS 14040系列環境管理標準比較
53	表2.9 ISO 14040系列環境管理標準及CNS 14040系列環境管理標準比較	53	表2.10 生命週期評估四大類衝擊類別與衝擊型態
62	表2.10 生命週期評估四大類衝擊類別與衝擊型態	62	表2.11 常用生命週期分析軟體及特性
68	表2.11 常用生命週期分析軟體及特性	68	表2.12 SimaPro版本比較
71	表2.12 SimaPro版本比較	71	表2.13 環境衝擊類別及說明
75	表2.13 環境衝擊類別及說明	75	表2.14 Eco-indicator 99衝擊因子轉換損害評估之乘積因子
84	表2.14 Eco-indicator 99衝擊因子轉換損害評估之乘積因子	84	表2.15 Eco-indicator 99常態化效應因子
85	表2.15 Eco-indicator 99常態化效應因子	85	表2.16 Eco-indicator 99評價加權因子
85	表2.16 Eco-indicator 99評價加權因子	85	表2.17 生命週期評估相關案例
87	表2.17 生命週期評估相關案例	87	表3.1 盤查對象基本資料
94	表3.1 盤查對象基本資料	94	表3.2 公司基本資料盤查表
99	表3.2 公司基本資料盤查表	99	表3.3 原料成分及物化性質盤查表
99	表3.3 原料成分及物化性質盤查表	99	表3.4 產品規格及產量盤查表
99	表3.4 產品規格及產量盤查表	99	表3.5 製造機械盤查表
100	表3.5 製造機械盤查表	100	表3.6 製造組裝階段原物料及能資源耗用盤查表
100	表3.6 製造組裝階段原物料及能資源耗用盤查表	100	表3.7 廠內污染物排放盤查表
100	表3.7 廠內污染物排放盤查表	100	表3.8 運銷階段盤查表
101	表3.8 運銷階段盤查表	101	表3.9 廢棄處置階段盤查表
101	表3.9 廢棄處置階段盤查表	101	表3.10 塑膠袋使用者問卷調查表
103	表3.10 塑膠袋使用者問卷調查表	103	表4.1 原料成分及基本性質之盤查結果
108	表4.1 原料成分及基本性質之盤查結果	108	表4.2 盤查對象製造機械基本資料之盤查結果
109	表4.2 盤查對象製造機械基本資料之盤查結果	109	表4.3 製造階段盤查結果
112	表4.3 製造階段盤查結果	112	表4.4 運銷階段盤查表
112	表4.4 運銷階段盤查表	112	表4.5 一功能單位之重量計算過程
112	表4.5 一功能單位之重量計算過程	112	表4.6 廢棄處置階段盤查表
116	表4.6 廢棄處置階段盤查表	116	表4.7 盤查資料轉換成一功能單位之結果
117	表4.7 盤查資料轉換成一功能單位之結果	117	表4.8 Eco-Indicator 99之各環境衝擊值之轉換過程
118	表4.8 Eco-Indicator 99之各環境衝擊值之轉換過程	118	表4.9 本研究盤查資料中傳統塑膠袋於SimaPro 5.0軟體之選用及輸入項目
119	表4.9 本研究盤查資料中傳統塑膠袋於SimaPro 5.0軟體之選用及輸入項目	119	表4.10 本研究盤查資料中可分解塑膠袋於SimaPro 5.0軟體之選用及輸入項目
120	表4.10 本研究盤查資料中可分解塑膠袋於SimaPro 5.0軟體之選用及輸入項目	120	表4.11 傳統塑膠袋各階段之特徵化環境衝擊值分析結果表
123	表4.11 傳統塑膠袋各階段之特徵化環境衝擊值分析結果表	123	表4.12 傳統塑膠袋製造階段之特徵化環境衝擊值分析結果表
124	表4.12 傳統塑膠袋製造階段之特徵化環境衝擊值分析結果表	124	表4.13 傳統塑膠袋之損害評估環境衝擊值分析結果表
124	表4.13 傳統塑膠袋之損害評估環境衝擊值分析結果表	124	

表4.14 傳統塑膠袋製造階段之損害評估環境衝擊值分析結果表.....	127	表4.15 傳統塑膠袋之統一化加權環境衝擊值分析結果表.....	131
表4.16 傳統塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值分析結果表.....	134	表4.17 傳統塑膠袋之統一化加權環境衝擊值於各階段累加表	138
表4.18 傳統塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值於各階段累加圖.....	139	表4.19 可分解塑膠袋之特徵化環境衝擊值分析結果表....	142
表4.20 可分解塑膠袋製造階段之特徵化環境衝擊值分析結果表.....	143	表4.21 可分解塑膠袋之損害評估環境衝擊值分析結果表. 146	146
表4.22 可分解塑膠袋製造階段之損害評估環境衝擊值分析結果表.....	146	表4.23 可分解塑膠袋之統一化加權環境衝擊值分析結果表	151
表4.24 可分解塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值分析結果表.....	154	表4.25 可分解塑膠袋各階段之統一化加權環境衝擊值比較表.....	158
表4.26 可分解塑膠袋製造階段之統一化加權環境衝擊值比較表.....	159	表4.27 兩種塑膠袋各階段之統一化加權環境衝擊值比較表	166
表4.28 受訪者基本資料分析結果.....	168	表4.29 受訪者意見分析結果.....	173

參考文獻

- 1.行政院環保署網站, 環保統計資訊系統, <http://210.69.101.88/webstatis/> 2.International Maritime Organization, http://www.imo.org/Conventions/contents.asp?doc_id=678&topic_id=258 3.味丹企業股份有限公司, http://www.vedan.com/part01_sub01_07.htm 4.黃武章、鄭云淳, “廢棄塑膠何去何從”, 塑膠資訊第83期, 2003 5.陳志成、古奇浩、黃繼遠, “實驗設計法探討配方因子對於擠壓發泡型生物分解性塑膠之物性影響”, 大同大學, 2002 6. “購物袋使用費(稅)可行性分析與推動實施方案評估計畫”, 行政院環境保護署93年度委託研究計畫期末報告, 2004/11. 7.周鴻騰, “社會行銷於政策決策過程中之應用-以推動購物用塑膠袋及免洗餐具限制使用政策為例”, 國立東華大學, 碩士論文, 2002 8.宏力生化科技股份有限公司, <http://www.grace-bio.com.tw/> 9.張赫廷, “以生命週期評估法進行塑膠袋與不同材質購物袋之比較研究”, 國立台中師範學院, 碩士論文, 2003/7 10.陳君凱, “量販店消費者自備購物袋與索取塑膠袋行為之研究”, 國立中山大學, 碩士論文, 2004/9 11.Environment Australia, “Plastic Shopping Bags-Analysis of Levies and Environmental Impacts Final Report”, 2002 12.Toshiaki Kaneeda、Seiichi Yokomizo, “Biochemical machining-biocheical removal process of plastic”, Elsevier Science, 1997 13.Murray R. Gregory, “Plastic and South Pacific Island shores: environmental implications”, Ocean & Coastal Management, 1999 14.環境生物技術, <http://www.bio.ncue.edu.tw/~8523007> 15.丁金超、蔡瑞強, 明志技術學院化學工程係, “生物分解性塑膠—澱粉/聚乙烯醇的加工與物性研究”, 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告, 91年國科會工程處高分子學門成果要覽, 2002 16.X. Ren., “Biodegradable plastics: a solution or a challenge?”, Journal of Cleaner Production, 2003 17.洪敏雄、王木琴, “非金屬材料”, 復文書局, 1987 18.陳亭秀主編, 2003高分子工業年鑑, 工業技術研究院產業經濟與資訊服務中心, 2003 19. plastics Resource.com, “What Are Plastics?”, http://www.plasticsresource.com/s_plasticsresource/ 20.詹清風, “塑膠彈夾之製造”, 國立成功大學, 碩士論文, 2004 21.蔡世榮, “高分子技術”, 化工資訊與商情第24期, 工研院化學工業研究所, 2001 22.郁仁貽, “實用聚合物化學及塑膠織成形與應用”, 徐氏基金會, 1988 23.張永彥, “實用塑膠模具學”全華科技圖書股份有限公司, 1988 24.謝俊雄, “石油化學工業”, 新文京開發出版社有限公司, 2002 25.蘇原田, “台灣傳統塑膠產業經營績效評估之研究”, 國立成功大學, 碩士論文, 2004 26.FBF, “Great Moments in Plastic Bag History”, <http://www.plasticbag.com/environmental/history.html> 27.台灣大學農業化學系, 台大非同步課程教學網站, <http://ceiba3.cc.ntu.edu.tw/course/4f786b/paper/nutr04.htm> 28.亞洲聚合股份有限公司, “製造流程”, <http://www.apc.com.tw/newpage4.htm> 29.譚天錫, “塑膠真空熱成型機產業之國際策略聯盟研究-以昇威機械與美國TSL公司進行的全球聯盟為例”, 大葉大學, 碩士論文, 2004 30.呂宏毅、洪國維、林俊甫, “塑膠加工”, 台灣大學機械所, <http://plastic.me.ntu.edu.tw/lab/images/logo1.gif> 31.陳琰, “塑膠添加劑”, 高立圖書有限公司, 1999 32.李育德、顏文義、莊祖煌, “聚合物物性”, 高立圖書有限公司, 1993 33. “塑膠的劣化機制”, 塑膠學苑, <http://psdn.pidc.org.tw/> 34.黃素珍、鄭德之, 工研院經資中心化材組, “塑膠添加劑市場現況與未來發展趨勢(二)”, ChemNET化工商情網, <http://www.chemnet.com.tw/magazine/200212/index14.htm>, 35.楊紹榮、鄭錦容、余合, “可分解塑膠在農業之利用”, 台南區農業改良場技術專刊(No.104), <http://www.tndais.gov.tw/Brochure/tech104.htm>, 2000 36.徐惠美, 工業技術研究院生物分解性塑膠, <http://www.itri.org.tw/chi/services/ieknews/c1003-B10-00705-DF12.jsp>, 2001 37.陳世偉, “環境荷爾蒙之認知(上)”, 工業污染防治報導 - 第147期, 2000 38.廖健森、張碧芬、袁紹英, “環境荷爾蒙 - 塑膠添加物(鄰苯二甲酸酯類)之環境流布”, 2000 39.BASF Aktiengesellschaft Marketing Ecoflex, “Biodegradable Aliphatic-Aromatic Polyesters:Ecoflex”, <http://www.basf.de/basf/html/e/produkte/kstoffe/ecoflex> 40.黃朝國, “生物可分解材料Bionolle與澱粉合膠之製備及性質研究”, 中國文化大學, 碩士論文, 2002 41. “分解塑膠發展歷程及趨勢”, 塑膠學院, 2005 42.中華民國環保生物可分解材料協會, <http://www.ebpa.org.tw/> 43.Jeroen J.G.van Soest and Johannes F.G.Vlienghart, “Crystallinity in starch plastics:consequences for material properties”, TIBTECH JUNE, 1997 44.李吉祥, “分解性塑膠的回顧與展望”, 經濟部工業局中華民國清潔生產中心網站 http://www.nccp.org.tw/rcp/rcp10/rcp10_6.htm 45.朱明毅、郭文法、林靜宜、林麗桂、黃筱萍、陳憲明, “天然澱粉高分子之材料特性簡介”, 化工技術第12卷第3期, 1997 46.戴志全, 澱粉-蔗糖糖複合物之形成對高直鏈玉米澱粉與華華豆膠相容性黏度及失水率之影響

, 輔仁大學, 碩士論文, 1999 47.國立岡山農工職業學校 <http://210.60.233.3/up.asp> 48.曹公國小自然科教材庫, http://content.edu.tw/primary/nature/ks_ck/diaphen.html 49.Karli James、Tim Grant, “ LCA of Degradable Plastic Bags ”, Manager Sustainable Products Center for Design at RMIT University 50.謝金峯, “ 聚乳酸生物可分解材料 ”, 永續雙月刊, 第17期, 2004 51.Toshiaki Kaneda、Seiichi Yokomizo, “ Biochemical machining- biochemical removal process of plastic ”, 1997 52.姜燮堂, “ 分解性塑膠 ”, 交銀產業調查與技術季刊, 第137期, 2001 53. “ 有關生物可分解塑膠技術的整理 ”, 塑膠學院2003 IKE 44-0 54. “ 生物可分解塑膠的種類及常見商品名 ”, 塑膠學院2003 55.Nolan ITU, Centre for Design (RMIT), “ The impacts of degradable plastic bags in Austrlaia ”, 2003 56. “ 生命週期評估 ”, 經濟部工業局清潔生產資訊網, http://proj.moeaidb.gov.tw/cpnet/tools/lca_main.htm 57.吳明忻, “ 半導體超純水製程之生命週期評估 ”, 中華大學, 碩士論文, 2002 58.黃國恭, “ 生命週期評估之架構與規劃 ”, 工業污染防治報導 第127期, 1998/10、第128期, 1998 59.潘富生, “ 電動機車與燃油機車生命週期盤查分析 ”, 國立台北大學, 碩士論文, 2002 60.陳逸昕, “ 印刷電路板之簡易生命週期評估研究 ”, 國立成功大學, 碩士論文, 2003 61.黃瓊儀, “ 人造纖維產品之生命週期評估研究 ”, 國立成功大學, 碩士論文, 2003 62.Pre ' Consultants B.V., SimaPro User Manual, Pre ' Consultants B.V., The Netherlands, 1997 63.楊致行, “ 生命週期衝擊評估之整體趨勢及概念 ”, 生命週期評估研討會, 經濟部與工業技術研究院, 1998 64.吳照雄, “ 產品生命週期清單分析 () ”, 86年度永續會 (環保組) 成果發表會論文集, 行政院國家科學委員會永續發展研究推動委員會, 1997. 65.經濟部工業局清潔生產資訊網, <http://www.nccp.org.tw/cptool/lca.htm>, 66.莊智淵, “ 生命週期評估應用於產品概念設計階段之研究 ”, 國立成功大學, 碩士論文, 2003 67. “ 生命週期評估技術與應用手冊 ”, 經濟部工業局, 2001 68.鄒幸辰, “ 生物可分解塑膠膜與LDPE膜製程及廢棄處理之生命週期評估與比較研究 ”, 國立高雄第一科技大學, 碩士論文, 2003 69.黃丁林, “ STN-LCD產業污染盤查分析之研究 ”, 朝陽科技大學, 碩士論文, 2003. 70.濟部工業局GDN綠色色計聯盟 <http://gdn.ema.org.tw/newsletter/gdnEpaper2003010E01.htm> 71.簡蕭文, “ 多重領域最佳化於綠色設計之應用 ”, 國立成功大學, 碩士論文, 2003 72.周偉傑, “ 產品創新設計的簡易生命週期評估方法之研究 ”, 碩士論文, 2003 73.杜瑞澤、吳聰林、徐福麟, “ 應用環境評估軟體輔助產品開發過程中命週期之評估 ”, 工業設計, 第26卷第2期, 1996 74.Eco-Indicator 99 (SimaPro資料庫指南)