

公開  
密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：120203e500

# 行政院農業委員會林務局九十五年度科技計畫研究報告

資訊庫編號：953975

計畫名稱：**木質廢棄物再利用增加碳貯藏之可行性評估 (第1年/全程3年)**  
(英文名稱) **Evaluation on the reuse of woody wastes to enhance carbon storage**

計畫編號：95農科-12.2.3-務-e5

全程計畫期間：95年8月1日至97年12月31日  
本年計畫期間：95年8月1日至95年12月31日

計畫主持人：王義仲  
執行機關：私立中國文化大學

一、計畫名稱：木質廢棄物再利用增加碳貯藏之可行性評估

Evaluation on the reuse of woody wastes to enhance carbon storage

二、計畫編號：95 農科-12.2.3-務-e5

三、執行單位：中國文化大學森林暨自然保育學系

四、計畫執行期限：95.9.8~95.12.31

五、計畫主持人：王義仲

### 中文摘要

隨著環保意識抬頭以及政策支持，資源回收作業逐漸受到重視，有關廢木材之回收再利用，不僅有助於舒緩溫室效應，更能促進資源之永續利用。每年之木質廢棄物數量為評估可行性之基礎，本計劃針對全台各縣市之環保單位所收集之木質廢棄物種類、數量及利用方式加以彙整分析，同時並調查林產工業之工廠廢棄物、種類與數量，探討再利用的方向，最後可得知經由廢棄物的再利用在碳排放或量上對環境保護的貢獻度，並可據此提出各類回收獎勵制度及政府在回收上應扮演的角色。經過估算後，全年之木質廢棄物數量（不含紙張）約 136 萬公噸，不包括紙張每年之木質廢棄物數量約 136 萬公噸，當增加木質廢棄物總量回收 10% 時，碳貯存量達 67,892 公噸約相當 27,000 公頃造林木每年所產生之碳蓄積（年生長以 10m<sup>3</sup> 計算），約可增加 3.4% 之木材自給率；增加木質廢棄物總量 20% 時，碳貯存量達 135,784.1 公噸；增加木質廢棄物總量 30% 時，碳貯存量達 203,664.1 公噸，約造林 81,000 公頃。

【關鍵詞】木質廢棄物、碳貯存、碳匯。

With enhancement of concepts of environmental protection, recycling of useful resources has been an important issue. It would decrease the volume of tree cutting and lengthen the time of carbon fixation and storage if woody materials can be prolonged their using life cycle. Meanwhile, the lessening carbon releases due to elongated life cycle of woody materials would have positive effects to the environment. The main purpose of this study is to investigate the reuse of woody wastes to enhance carbon storage. First of all, the total amount of solid wastes in Taiwan has been investigated and collected. Secondary, total amounts and types of woody waste have been executed and analyzed for understanding the occupation percentage of woody wastes and possibility of increasing reuse. Third, the laws and regulations of solid waste would be examined and introspected in the recycling system. The research results revealed that 67,892 tons carbon sequestration will be obtained as recycling amount reached 10% of all woody waste which was equal to annual production of 27,000 hectare plantation. In the mean time, it will offer 3.4% of self-supplying rate of wood consumption. The recycling of woody waste should be compulsively executed by working out the schemes and regulations.

[Keywords]Woody material, carbon sequestration, carbon sink.s

### 一、前言

隨著環保意識抬頭以及政策支持，資源回收作業逐漸受到重視，有關廢木材之

回收再利用，不僅有助於舒緩溫室效應，更能促進資源之永續利用。根據行政院環保署、營建署及農委會等相關部會的資料分析顯示，國內目前至少有 540 萬噸可蒐集木質纖維廢棄料產生，成為生質能源的基礎來源，其主要包括農業的稻草、稻穀、花生殼、及蔗渣占 44.4%，工業方面的營建木質廢料、加工的邊皮材下腳料及包裝材料合棧板佔 40.08%，家庭方面的舊家具、行道樹及庭院修枝材等佔 3.5%，目前多數為直接掩埋或焚化處理，進行回收再利用者之數量有限，若能有效的全面再利用這些木質纖維廢料，將可以減少這些廢料直接掩埋或焚化而產生的溫室氣體，且若能將其轉換成生質能，應用於能源的供應，將可取代部分石化能源的應用(陳合進等，2005)。每年之木質廢棄物數量為評估可行性之基礎，本計劃應針對全台各縣市之環保單位所收集之木質廢棄物種類、數量及利用方式加以彙整分析，同時並調查林產工業之工廠廢棄物、種類與數量，探討再利用的方向，最後可得知經由廢棄物的再利用在碳排放或量上對環境保護的貢獻度，並可據此提出各類回收獎勵制度及政府在回收上應扮演的角色。

台灣之增加碳匯的策略上可經由厚植森林資源增可森林碳量之吸存功能，亦可經由擴大碳替代效能，可經由強化碳量保存，在這當中提高林產品之使用效率可有效的增加碳保存，林產品之存效利用即是延長使用的生命週期，除可減少伐木量上，另一方面可將碳固定及貯藏的時間延長在碳釋出的減量上極具正面效益，本研究即希望經由木質廢棄物之再利用評估可行性及在碳排放上減量所貢獻之意義。

## 二、名詞定義

- 廢棄物：分為一般廢棄物及事業廢棄物兩種。
- 一般廢棄物：由家戶活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：由事業所產生之廢棄物，可分為有害事業廢棄物及一般事業廢棄物二類。事業，係指農工礦廠(場)、營造業、醫療機構、公民營廢棄物清除處理機構、事業廢棄物共同清除處理機構、學校或機關團體之實驗室及其他經中央主管機關指定之事業。
- 有害事業廢棄物：由事業所產生具有毒性、腐蝕性、反應性、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。
- 一般事業廢棄物：由事業所產生有和事業廢棄物以外之廢棄物。
- 木質廢棄物：指材質歸類為木質性質廢棄物，如木工家具、竹藤類手工藝品、修剪樹枝、木棧板、木箱、建築模板、木門、木窗等建材。
- 巨大垃圾：指體積龐大無法裝入「台北市專用垃圾袋」，隨環保局清潔隊員平常收運垃圾時間之垃圾。包含體積龐大之廢棄家具、廢棄家電用品、家戶修剪庭院之樹枝、家戶個人修繕之非石材碎片(塊)廢棄物。
- 垃圾清運量：由廢棄物清理執行機關或公私處所自行或委託清運至垃圾處理場之垃圾量，含溝泥量、巨大垃圾焚化量及巨大垃圾衛生掩埋量，但不含巨大垃圾回收再利用量、廚餘回收量、資源回量、事業廢棄物之清運量及舊垃圾之遷移量。
- 木質家具：係指重量百分比 90%(含)以上木材製成，混合率達 100%之回收木材再生品的各類家具產品；亦即除必要之接合、補強即裝飾功能隻金器、塑膠布、皮、玻璃附加物外，主要部分仍以木質占絕大多數之家具者而言。家具泛指沙發、桌椅、

櫥櫃、床等之建築物的附屬設備。

•家戶：一般家庭即住戶，而住家兼營商(事)業行為者不在此列。

•資源垃圾：廢紙類、塑膠袋類、保麗龍類、舊衣、玻璃、鐵、一般類(包含金屬、塑膠容器...等)。

### 三、研究方法

#### (一) 研究流程

本研究內容包括資料蒐集、歸納分析、木質廢棄物數量整理與統計、木質廢棄物利用可行性評估。

##### 1 資料蒐集

了解國內家戶廢棄物及事業廢棄物中所含木質廢棄物的產量與種類，蒐集相關研究報告及期刊雜誌以及各個行政單位包括環保署、營建署及農委會等相關部會的資料加以統計或製作成表格便於觀察分析。

##### 2 歸納分析

將所蒐集的資料製作成表格加以分析並且探討其中廢棄物數量改變的原因及是否和政府所推動之相關政策或回收機制有關，例如垃圾清運量逐年減少的主因。

##### 3 木質廢棄物數量整理與統計

分別統計木質廢棄物的數量占家戶廢棄物及事業廢棄物之總量及百分比以便於計算木質廢棄物中所含的碳貯存量並進行可行性評估。

##### 4 木質廢棄物回收可行性評估

利用木質廢棄物所計算出含碳的貯存量進行評估，對政府政策的建議、法令規章的改善以及提出具體方案推動木質廢棄物的再利用增加碳的貯存量，例如資源回收政策的興起、生質能源的開發利用、酒精燃料的研發。盡可能減少污染並改善地球的居住環境。

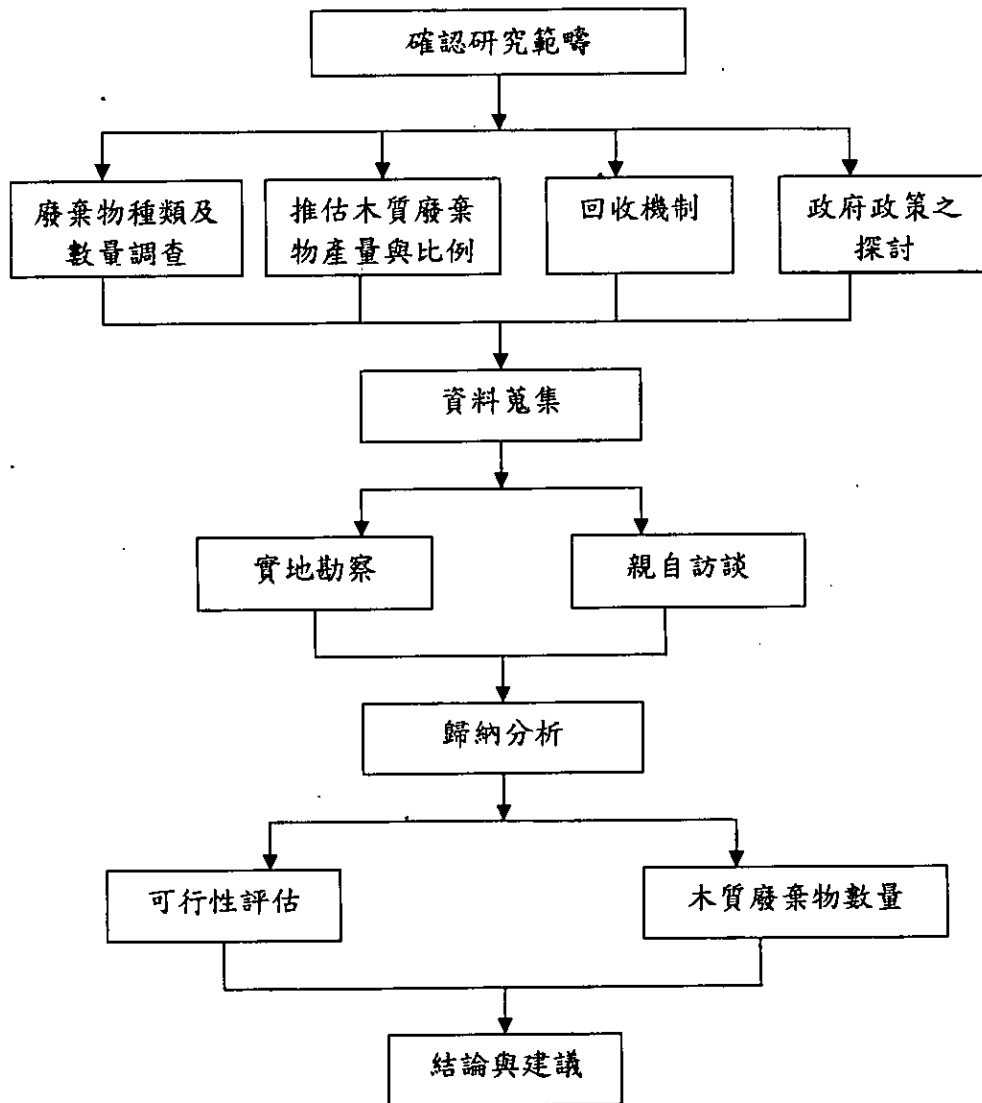
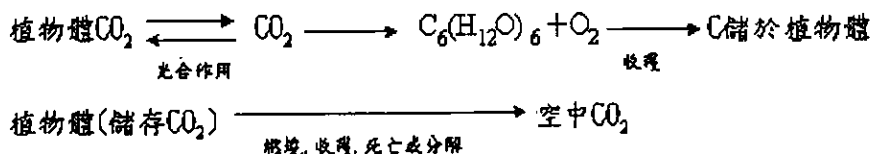


圖 1：研究流程圖

(二) 植物體對 CO<sub>2</sub> 吸存排放量之關係



(三) 木

材主要構成之元素為碳素、氧氣及氫氣其所占百分比分別為

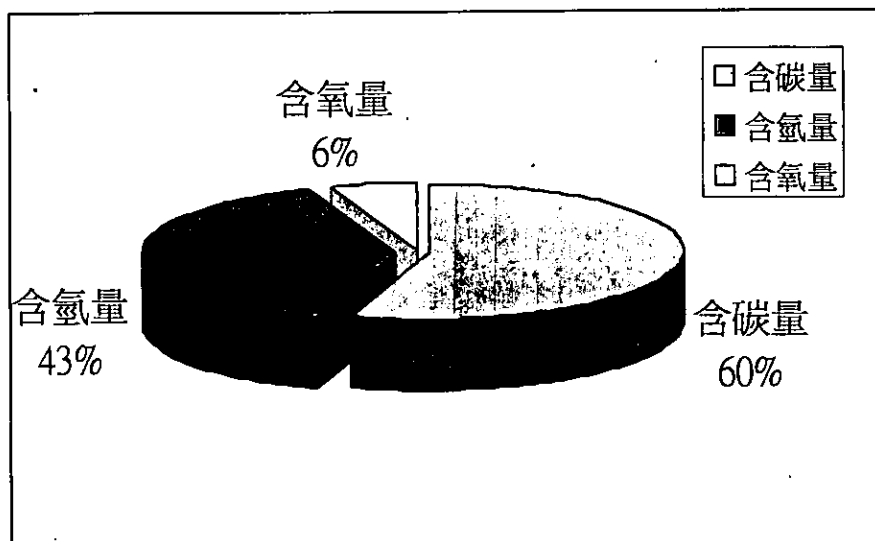


圖 2：木材主要構成元素

從木材之主要構成元素觀之，假設比重 0.5 之木材，則其一立方公尺之絕乾重量為 500 公斤，一半為碳素，所以碳素為 250 公斤。將其換算成 CO<sub>2</sub> 時，則為 917 公斤（亦既 250 kg × 3.67 = 917 kg）。在 20°C，一大氣壓下，約蓄積著相當為 917 公斤體積的 CO<sub>2</sub>。只要這些木材不被腐朽，或被燃燒，則其將貯存 250 公斤之碳素，而不使其回歸大氣中增加 CO<sub>2</sub>，因此木材為碳素的貯藏庫（王松永，2003）。

根據行政院環保署、營建署及農委會等相關部會的資料分析顯示，若將這些木質廢棄物再利用不但能將二氧化碳固定住減少不必要的污染，還可以將木質纖維廢棄物轉換成能源利用。

對於二氧化碳的減量，以木材的形成固定碳素並釋放氧氣，是改善溫室氣體排放，減少二氧化碳的良好方法之一，然而農、林、工業之木質廢棄物如果在自然界中腐敗，會產生比二氧化碳所產生溫室效應程度不亞於甲烷氣體（蔡勳雄、郭博堯，2001）。目前台灣正積極推動木質材料回收再生在利用，主要將碳素固定於木質材料中，盡可能降低木質材料因生物厭氧發酵，產生之甲烷氣體，最終之處理也應以燃燒方式處理，提高生物質能源之使用。

#### (四)木質廢棄物之含碳量計算式

$$C(\text{木質廢棄物含碳量}) = \text{Wood}(\text{木材重量}) \times 0.50$$

$$W_{\text{CO}_2}(\text{木質廢棄物換算成二氧化碳重量}) = C(\text{木質廢棄物含碳量}) \times 3.67(\text{二氧化碳重量})$$

### 四、結果與討論

(一)家戶廢棄物：全台廢棄物產生可分為兩大類一為家戶廢棄物；另一為事業廢棄物。家戶廢棄物又分為資源垃圾、一般垃圾、巨大垃圾。依據事業主管機關之產量調查資料顯示，根據環保署統計 90 年至 94 年平均垃圾清運量約為 6,292,108.4 公噸，。而一般家戶垃圾量有逐年減少，90 年垃圾清運量為 7,254,841 公噸，逐漸減

少，94 年垃圾清運量為 5,502,960 公噸，其減少主因是資源回收再利用政策的實行，詳細如表 1 所列。

執行機關資源回收量也從 90 年度的 584,332.6 公噸增至 94 年度 1,749,952.4 公噸(表 1)。回收量大幅增加了 1165619.8 公噸，4 年期間政府堆動了多項環保回收政策增加民眾對環保回收新的認知與落實。例如垃圾袋減量、垃圾強制分類、巨大垃圾回收政策，使廢棄物再利用的比例增加減少垃圾量及對環境的污染。

在 90-93 年度根據行政院環保署資顯示並無巨大垃圾回收資料(表 1)。巨大垃圾包括廢沙發、床鋪、桌椅、櫥櫃、腳踏車及修剪庭院樹枝等等，這些廢棄物由於體積龐大不易定點定時回收，故多以焚化或掩埋處理，未能有效利用資源。但至 94 年度起行政院環保署為妥善處理巨大垃圾，促進資源回收再利用，積極推動回收政策。不僅可以減少巨大垃圾處理費用，亦可節約自然資源使用減輕環境負荷。

比較 94 年度台灣垃圾清運量、資源回收量、平均每人每日垃圾清運量及巨大垃圾回收量如表 3 所述。由於台北縣人口較台北市人口多，垃圾清運量以台北縣位居第一，台北市第二，但資源回收量及巨大垃圾回收量都以臺北市位居第一，代表台北市實施的環保政策頗有成效，可提供別縣市參考。其中以嘉義市、澎湖縣及連江縣回收量最少且平均每人每日清運量也最高，建議當地政府可以參考台北市資源回收減量政策，提供當地居民正確環保概念，以減輕垃圾量有效提升資源再利用。因此每人每日平均之垃圾量亦由 90 年度之 0.898 公斤逐漸遞減至 94 年之 0.666 公斤垃圾量減少 0.232 公斤。

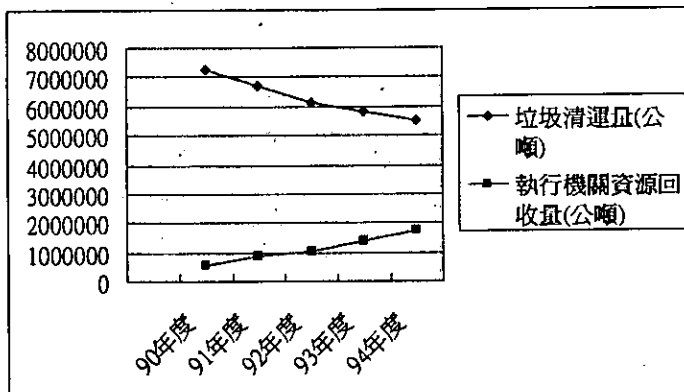


圖 3：90-94 年度垃圾清運量及執行機關回收量比較圖

表 1、90-94 年度垃圾清運量、執行機關資源回收量、平均每人每日垃圾清運量及巨大垃圾回收量

年度	垃圾清運量(公噸)	執行機關資源回收量(公噸)	平均每人每日垃圾清運量(公斤)	巨大垃圾回收量(公噸)
90 年度	7,254,841.0	584,332.6	0.898	--
91 年度	6,723,639.0	878,319.3	0.829	--
92 年度	6,139,050.0	1,048,980.6	0.752	--
93 年度	5,840,052.0	1,387,371.4	0.708	--

94 年度	5,502,960.0	1,749,952.4	0.666	28,336
平均	6,292,108.4	1,129,791.3	0.771	--

表 3、94 年度全台及各縣市垃圾清運量及平均每人每日垃圾清運量

縣市別	垃圾清運量 (公噸)	執行機關資源 回收量 (公噸)	巨大垃圾回收 再利用 (公噸)	平均每人每日 垃圾清運量(公 斤)
台灣地區	5,502,960.0	1,749,952.4	28,336.0	0.666
臺北縣	1,030,602.0	229,921.5	2,713.0	0.759
宜蘭縣	87,901.0	41,338.7	272.0	0.521
桃園縣	454,257.0	168,441.6	662.0	0.667
新竹縣	114,472.0	22,992.7	122.0	0.665
苗栗縣	137,618.0	46,133.4	273.0	0.675
臺中縣	306,472.0	92,298.3	2,863.0	0.549
彰化縣	308,174.0	65,657.9	1,339.0	0.642
南投縣	107,818.0	42,979.2	466.0	0.551
雲林縣	173,937.0	43,965.4	758.0	0.657
嘉義縣	152,354.0	24,143.4	1,715.0	0.749
臺南縣	314,230.0	40,610.8	444.0	0.779
高雄縣	292,104.0	95,882.9	878.0	0.646
屏東縣	237,089.0	42,260.2	210.0	0.722
臺東縣	57,522.0	13,836.7	43.0	0.659
花蓮縣	96,493.0	35,358.8	4,242.0	0.761
澎湖縣	27,496.0	9,669.7	5.0	0.818
基隆市	97,129.0	34,750.2	0.0	0.679
新竹市	99,543.0	38,466.7	43.0	0.702
臺中市	163,527.0	87,765.7	3,524.0	0.438
嘉義市	86,848.0	16,095.1	59.0	0.878
臺南市	216,880.0	126,810.5	1,221.0	0.786
臺北市	559,769.0	327,437.1	5,821.0	0.585
高雄市	380,725.0	103,135.9	664.0	0.69
金門縣	14,335.0	3,945.0	64.0	0.583
連江縣	7,958.0	2,137.2	1,175.0	2.294

## (二)事業廢棄物

事業廢棄物又分為有害事業廢棄物和一般事業廢棄物，而木質廢棄物則歸於一



般事業廢棄物，一般事業廢棄物分為工業廢棄物、醫療廢棄物、農業廢棄物、營建廢棄物、國防廢棄物、學校廢棄物、都市污水處理廠污泥。

根據行政環保署事業廢棄物管制資訊網得到的資料，90 事業廢棄物總量約 11,443,340 公噸，91 年事業廢棄物總量約 11,104,686 公噸，92 年事業廢棄物總量約 12,502,536 公噸，93 年事業廢棄物總量約 12,401,873 公噸，94 年事業廢棄物總量約 11,747,195 公噸。事業廢棄物之數量在各年度間似看不到變化趨勢。

表 4、90-94 年事業廢棄物與木質廢棄物總量及其百分比(ton)

年度	事業廢棄物總量	木質廢棄物總量	木質廢棄物占事業廢棄物之比例(%)
90	11,443,340.0	754,705.5	6.6
91	11,104,686.0	559,653.2	5.0
92	12,502,536.0	556,897.6	4.5
93	12,401,873.0	769,773.7	6.2
94	11,747,195.0	712,080.0	6.1
平均	11,839,926.0	694,942.1	5.7

(三)木質廢棄物種類，和全台廢棄物之數量與比例推估

家戶廢棄物與一般事業廢棄物中所含的木質廢棄物包括木質家俱之汰舊、修剪樹枝木質碎片、公園樹木及行道樹修枝材、汰舊課桌椅執行機關回收紙類、木竹稻草落葉類、拆建廢木料及興建廢木料、稻草、稻殼、花生殼、蔗渣、果樹修枝材、邊皮材及下腳料等，詳如表 5 所列。

表 5、家戶廢棄物與一般事業廢棄物中所含的木質廢棄物分類表

分類	產生源	產生項目
家戶廢棄物	家戶	木質家俱之汰舊 修剪樹枝木質碎片
	非事業廢棄物	公園樹木及行道樹修枝材 汰舊課桌椅 執行機關回收紙類及木竹稻草落葉類

一般事業廢棄物	營建廢木料	拆建廢木料及興建廢木料
	農業纖維廢棄物	稻草、稻殼、花生殼、蔗渣、果樹修枝材
	工業廢木料	邊皮材及下腳料

#### (四)木質廢棄物數量推估

由於國內對於木質廢棄物統計據付之闕如，而相關研究報告及資料所評估之項目與範圍也非全然一致，因此在引用數據上略為困難。本研究將彙整各研究報告及政府機關各行政單位做產量推估。

依環保署事業廢棄物顯示木質廢棄物分類包括植物性殘渣、廢耐火材、廢纖維、廢紙混合物、廢紙、漿紙污泥、廢木材混合物、蔗渣、廢木材棧板及廢木材(板、屑)。其中土木或建築廢棄物混合物中，由於其內容物不止木質廢棄物，故將取其10%含量做為木質廢棄物數據。經過上述11個種類在90-94年度之加總所得之木質廢棄物數量如表6所列，數量之變化約介於55萬公噸至76萬公噸之間，由資料之呈現亦看不出變化趨勢，由90-94年度之資料可看出以漿紙污泥之量最多，每年之量約20萬公噸。其次則為廢紙混合物之量約13萬噸。

表6、90-94年事業廢棄物含木質廢棄總類及數量 (ton)

項目	90	91	92	93	94	平均
植物性殘渣	326,920.1	61,281.0	18,307.7	18,055.1	61,178.0	97,148.4
廢耐火材	165,902.0	31,863.0	4,793.5	4,847.1	16,118.0	44,704.7
廢纖維	81,069.5	91,206.0	76,605.0	105,894.0	41,586.0	79,272.1
廢紙混合物	75,284.5	121,771.0	123,487.0	167,368.3	167,542.0	131,090.6
廢紙	61,192.4	46,292.0	6,744.9			38,076.4
漿紙污泥	19,763.1	102,164.0	181,521.1	362,196.5	352,075.0	203,544.0
廢木材混合 物	10,960.0	22,104.0	15,997.6	20,773.2	18,967.0	17,760.4
蔗渣	6,806.6	70,836.0	107,053.3	54,487.0	23,815.0	52,599.6
廢木材 (板、屑)	6,366.6	9,167.0	15,585.5	22,784.5	23,198.0	15,420.3
廢木材棧板	68.4	2,169.0	4,649.8	6,393.9	6,538.0	3,963.8
土木或建築 廢棄物混合 物	372.3	800.2	2,152.2	6,974.1	1,063.0	11,361.8
總合	754,705.5	559,653.2	556,897.6	769,773.7	712,080.0	694,942.1

由於家戶木質廢棄物資料缺乏，經調查各縣市大多沒有調查所佔之比例，故以

曾調查之台中縣的資料為基準，即木質廢棄物佔 10.92%，以此值。故以事業木質廢棄物來推估家戶木質廢棄物之總量，來計算木質廢棄物之總量，家戶木質廢棄物之量如表 7 所列。

表 7、90-94 年家戶廢棄物與事業廢棄物總量 (ton)

年度	家戶木質廢棄物	事業木質廢棄物	總量
90	792,228.6	754,705.5	1,546,934.1
91	734,221.4	559,653.2	1,293,874.6
92	670,384.3	556,897.6	1,227,281.9
93	637,733.7	769,773.7	1,407,507.4
94	600,923.2	712,080.0	1,313,003.2
平均	687,098.2	694,942.1	1,357,720.2

依行政院環保署事業廢棄物管制中心連線申報統計資料顯示：

90 年度全國事業單位木材廢棄物申報量共計 17,395 公噸，其中廢木材板 6,367 公噸，廢木材混合物為 109,60 公噸、廢木材棧板為 68 公噸。91 年度全國事業單位木材廢棄物申報量共計 33,440 公噸，其中廢木材板削為 9,167 公噸，廢木材混合物為 22,104 公噸、廢木材棧板為 2,169 公噸。92 年度全國事業單位木材廢棄物申報量共計 36,233 公噸，其中廢木材板削為 15,585 公噸，廢木材混合物為 15,585 公噸、廢木材棧板為 4,650 公噸。93 年度全國事業單位木材廢棄物申報量共計 49,951 公噸，其中廢木材板削為 22,784 公噸，廢木材混合物為 20,773 公噸、廢木材棧板為 6,394 公噸。94 年度全國事業單位木材廢棄物申報量共計 48,703 公噸，其中廢木材板削為 23,198 公噸，廢木材混合物為 18,967 公噸、廢木材棧板為 6,538 公噸。

民國 83 年統計為例，進口原木產生 940,907 立方公尺廢材(以廢材率 45%計)及部分加工木材產生 387,129 立方公尺廢材(以廢材率 20%計)，以容積密度為 0.82 噸/立方公尺估算，合計約進 109 萬噸廢木材(經濟部工業局 1996)

台灣木材及家俱業每日產出 1,476 公噸之木材廢棄物(巢志成，黃國寶，1997)。台中地區公民營廢棄物清除機構結果指出，木質廢棄物數量平均約占清運垃圾量之 10.92%，其中以廢棄木質傢俱最多，其次為棧板、建築木質廢料(陳合進，陳載永，2002)。

依行政院環保署以乾基分析法統計資料顯示，垃圾類中「木竹、稻草、落葉類」，1998 年為 4.81%、1999 年為 4.89%、2000 年為 3.36%、2001 年為 4.06%、2002 年為 4.43%、2003 年為 3.88%、2004 年為 4.91%。依行政院環保署以乾基分析法統計資料顯示，垃圾類中「紙類」，1998 年為 32.77%、1999 年為 35.83%、2000 年為 26.37%、2001 年為 26.55%、2002 年為 30.01%、2003 年為 32.97%、2004 年為 31.56%。行政院環保署執行機關回收成果統計廢紙類與廢紙容器量，逐年上升也證明了環保署資源回收實踐的成果。

表 8、90-94 年度廢紙類與廢紙容器總量(ton)

項目	90 年度	91 年度	92 年度	93 年度	94 年度
----	-------	-------	-------	-------	-------

紙類(公噸)	282,960	438,998	52,101	685,605	853,691
廢紙容器(公噸)	5,992	7,047	10,834	20,347	26,438

(9)內政部營建署統計營建廢木料為 611,242 公噸(內政部營建署, 1998)。行政院農業委員會統計農業纖維廢木料為 239,172 公噸。農業委員會林務局統計工業廢木料為 2,200,000 公噸。

綜合上述資料顯示, 大多數屬於末端推估, 依此作業方式未來可將更詳確資料加以統計及分析。

#### (五)政府政策探討與回收機制

行政院環保署在「挑戰二〇〇八：國家發展重點計畫—產業高值化計畫—綠色產業」計畫中提到巨大廢棄物清理方法。1 辦理先期作業、回收再利用設施工程之規劃、設計與監造工作。2 辦理清運機具、回收再利用設施之招標採購相關作業。3 督導執行機關辦理巨大廢棄物分類、清運、回收再利用工作。4 建立巨大廢棄物長期之質與量資料。5 建置資源回收再利用管理及客服通報系統。6 籌措配合款, 並編列經費, 辦理再利用設施操作、維護、營運、管理等工作。7 辦理本計畫結算書及成果報告。並預期能發展多元化垃圾處理政策, 落實垃圾減量及資源永續利用之目標。減少焚化處理費用, 延長掩埋場使用年限。回收巨大廢棄物整修後再利用, 養成國人永續經營, 愛護資源之環保習性。回收後可節省垃圾處理費用, 加計不同再利用方式之收益, 每年具有 3 億至 3 億 5,000 萬元之效益。

政府可提出巨大傢俱回收獎勵辦法。辦理木質廢棄物回收、政策相關法令之訂定執行各項木質廢棄物政策推動工作之協調、工作進度之追蹤考核, 以及協助解決各項困難。辦理調查木質廢棄物、回收執行情形及再利用流向, 規劃專案工作計畫。辦理木質廢棄物資源循環推動計畫。

木質廢棄物回收機制則需要落實木質廢棄物相關管理機制, 並亦簡政便民的精神, 縮短木質廢棄物清理企劃輪得審查流程, 使環境保護與經濟法展取得平衡。

### 五、木質廢棄物回收可行性評估

事業木質廢棄物所佔之比例按實際所得之各項數量, 加總後在計算所佔比例, 近五年之平均值 5.7%, 再以家戶木質廢棄物之 10.92%當基準, 分別計算出當木質廢棄物回收量達 10%, 每年全台之回收數量達 138,204 公噸, 分別計算出回收量 20%、30%、40%、50%、60%, 詳細如表 10 所列, 各家戶及事業木質廢棄物之詳細 10%~60%回收資料則列於表 9 中。

再以表 10 之資料據以估算當回收量 10%~60%之增加碳貯存量, 則所得之值如表 11 所列, 由表 11 中可看出近 5 年當木質廢棄物達 10%回收時, 則增加 67,892 公噸之碳貯藏, 此職責相當於約 27,000 公頃造林地每年因生長所產量的碳貯存效益。(此基準係以每年每公頃 10m<sup>3</sup>之生長量為計算基礎), 約可增加 3.4%之木材自給率, 當回收量達 20%時, 則可達 54,000 公頃林地所產生之效益, 以此類推, 若回收量達 60%時, 則產量之效益與每年造林 162,000 公頃之效果相同, 因此可得之增加回收之重要性, 將上述之值若算成二氧化碳之值效果更顯著, 所得之值如表 12 所列, 10%回收時, 可產生 249,163 公噸之二氧化碳貯積。

表 9、90-94 年家戶及事業廢棄物之回收量評估 (ton)

年度	10%回收量		20%回收量		30%回收量		40%回收量		50%回收量		60%回收量	
	家戶	事業	家戶	事業	家戶	事業	家戶	事業	家戶	事業	家戶	事業
90	79,222.9	75,470.6	158,445.8	150,941.2	237,668.7	226,411.8	316,891.6	301,882.4	396,114.5	377,353.0	475,337.4	452,823.6
91	73,422.1	55,965.3	146,844.2	111,930.6	220,266.3	167,896.0	293,688.4	223,861.2	367,110.5	279,826.5	440,532.6	335,791.8
92	67,098.4	55,689.8	134,076.8	111,379.6	201,295.2	167,069.4	268,393.6	222,759.2	335,492.0	278,449.0	402,590.4	334,138.8
93	63,773.4	76,977.4	127,546.8	153,954.8	191,320.2	230,932.2	255,093.6	307,909.6	318,867.0	384,887.0	382,640.4	461,864.4
94	60,092.3	71,208.0	120,184.6	142,416.0	180,276.9	213,624.0	240,369.2	284,832.0	300,461.5	356,040.0	360,553.8	427,248.0
平均	68,721.8	67,062.2	137,443.6	134,124.4	206,165.4	201,186.6	274,887.2	268,248.8	343,609.0	335,311.1	412,330.8	402,373.2

表 10、90-94 年木質廢棄物增加總量評估 (ton)

年度	10%回收量		20%回收量		30%回收量		40%回收量		50%回收量		60%回收量	
	家戶	事業	家戶	事業	家戶	事業	家戶	事業	家戶	事業	家戶	事業
90	154,693.5	309,387.0	309,387.0	618,774.0	464,080.5	928,161.0	773,466.5	618,774.0	773,466.5	928,161.0	928,161.0	928,161.0
91	129,387.4	258,774.8	258,774.8	517,549.6	388,162.3	776,324.4	646,937.0	517,549.6	646,937.0	776,324.4	776,324.4	776,324.4
92	122,728.2	245,456.4	245,456.4	490,912.8	368,364.6	736,729.2	613,641.0	490,912.8	613,641.0	736,729.2	736,729.2	736,729.2
93	140,710.8	281,421.6	281,421.6	563,003.2	422,132.4	844,504.8	703,754.0	563,003.2	703,754.0	844,504.8	844,504.8	844,504.8
94	131,300.3	262,600.6	262,600.6	525,201.2	393,900.9	787,801.8	656,501.5	525,201.2	656,501.5	787,801.8	787,801.8	787,801.8
平均	138,784.0	271,528.1	271,528.1	543,088.2	407,328.1	814,704.2	678,860.0	543,088.2	678,860.0	814,704.2	814,704.2	814,704.2

表 11、90-94 年度木質廢棄物增加回收之碳量 (ton)

年度	10%	20%	30%	40%	50%	60%
90	77,346.8	154,693.5	232,040.3	309,387.0	386,733.3	464,080.5
91	64,693.7	129,387.4	194,081.2	258,774.8	323,468.5	388,162.2
92	61,364.1	122,728.2	184,182.3	245,456.4	306,820.5	368,364.6
93	70,355.4	140,710.8	211,066.2	281,501.6	351,877.0	422,252.4
94	65,650.2	131,300.3	196,950.5	262,600.6	328,250.8	393,900.9
平均	67,892.0	135,764.1	203,664.1	271,544.1	339,430.0	407,352.1

表 12、90-94 年度廢棄物增加回收之二氧化碳貯存量評估 (ton)

年度	10%	20%	30%	40%	50%	60%
90	283,862.8	567,725.1	851,587.9	1,135,450.3	1,419,311.2	1,703,175.4
91	237,425.9	474,851.8	712,278.0	949,703.5	1,187,129.4	1,424,555.3
92	225,206.2	450,412.5	675,949.0	900,825.0	1,126,031.2	1,351,898.1
93	258,204.3	516,408.6	774,613.0	1,033,110.9	1,291,388.6	1,549,664.8
94	240,936.2	481,872.1	722,808.3	963,744.2	1,204,680.4	1,445,616.3
平均	249,163.6	498,254.2	747,447.2	996,566.8	1,245,708.1	1,494,982.2

## (二)再利用之方法

### 1 原物再利用

修善後再使用：傢俱如有損壞，應盡量修復後再使用。

拆解後再利用：無法修繕再使用的巨大垃圾，部分材料上完好可在使用者，在未改變其外形下直接進行再利用。

破碎再利用：巨大垃圾破碎的主要目的為減少體積、選別和增加資源化用途，對於木質廢傢俱而言，無法在修繕，或大部分破碎及腐爛，則可破碎後再利用。破碎後之廢木膠可置成粒片板、纖維板、複合板等再生資材，做為課桌椅、電腦桌等板面原料，將可大量減少森林砍伐，有效削減木材原料需求。

堆肥復資材的添家：可以提供微生物碳原，以提高碳氮(C/N)比，增加固體物的含量，降低含水率，並增加孔隙度與微生物附著、接觸的機會。堆非成品木質廢棄物破碎成木屑，做為堆肥副資材。

### 2 酒精燃料之研發

台灣的農業廢棄物中，最具有生產酒精燃料潛能的是稻草，許多農民在農地上燃燒稻草，造成嚴重空氣汙染、高速公路行車能見度降低等問題，但如用於生產酒精燃料，每年可製造出約 270 萬公秉的生質酒精。潛能排名第二的是蔗渣、蔗葉，再其次則依序是玉米穗軸、花生蔓藤、高粱莖桿、甘藷蔓藤。

### 3 生質柴油之研發

所謂的生質柴油是將動植物油脂或廢食用油(三酸甘油酯)經由轉酯化反應、中和、水洗及蒸餾等過程後，所生成的甲基酯類。生質柴油燃燒特性和石化柴油相近，具有生物可分解和無毒等特性，可部份或直接取代石化柴油做為柴油引擎的燃料而不需對引擎進行調整。生質柴油的料源可由植物行光合作用而得，為符合能源效益的再生能源，且生質柴油的閃火點較石化柴油高，因此，其運送與儲存的安全性較高。此外，生質柴油可燃燒更完全且不含硫，可有效改善柴油引擎的廢氣排放品質。生物柴油具有數個重要的正面效應特質，扼要簡述如下：(1) 有效的能源損益平衡。

(2) 密閉式二氧化碳循環。(3) 很少污染引擎。(4) 很快的生物分解性。

對於生產必要的油菜種子，可大面積單一栽種植油菜，並不需要害怕。因為油菜植物之開花結果及立地之要求，是確定其天然的建造(栽植)界限(2002, 陳載永、陳合進)。

### 4 生物質發電

根據歐洲的一項研究指出，經濟而好種的芒草，將會是一種好用「能源植物」，可成為發電的主要燃料，估計在十年內這種作物被廣泛使用的可能性很大。

5 木材每公斤消耗 4000 至 5000 仟卡之間，若將木質廢棄物回收再利用可達到熱回收再利用之功效。以國內目前至少產生 540 萬噸木質廢棄物就可減少 21,600,000,000 至 27,000,000,000 仟卡的熱量。

6 可將木質廢棄物製成紙漿減少紙張的利用。

7 製作成活性碳可利用於污染防治、淨水工程、生產製成純化。

## 六、結論與建議

(一)增加木質廢棄物總量 10%時，碳貯存量達 67,892 公噸，此值約為造林 27,000 公頃年生長量之碳蓄積量；增加木質廢棄物總量 20%時，碳貯存量達 135,784.1 公噸；

增加木質廢棄物總量 30%時，碳貯存量達 203,664.1 公噸；增加木質廢棄物總量 40%時，碳貯存量達 271,544.1 公噸；增加木質廢棄物總量 50%時，碳貯存量達 339,430 公噸；增加木質廢棄物總量 60%時，碳貯存量 407,352.1 公噸。

(二)木質廢棄物具有高度的利用價值，值得推動回收再利用，然而目前沒有具體的回收再利用政策及機制，必須妥善規劃。

(三)建議相關政府機關將木質廢棄物列為公告回收物並木質廢棄物、回收執行情形及再利用流向，規劃專案工作計畫。

(四)建議相關單位每年每月統計木質廢棄物數量並加以分析，找出木質廢棄物之利用相關方法以便提高資源回收及能源再利用。

(五)利用電視廣告、媒體、文宣海報等推廣木質廢棄物之回收再利用並且給予獎勵。派遣宣導專業人員到各基層宣導，落實於學校、各個公私機關。並教育給下一代資源再利用的重要性。

## 七、參考文獻

- 1.王立志(1996)氣候變遷對台灣林業的衝擊與適應。氣候變遷衝擊評估與因應策略建議研討會論文集。第 215-229 頁。pp450。
- 2.王義仲、林敏宜(2001)林木對碳貯積效評估。中華民國林產事業協會第九屆第二次會員大會專題演講及論文發表摘要集。中華民國林產事業協會。
- 3.王義仲(2002)台灣林木對碳貯積效益。華岡農科學報。No.10: 53-68。
- 4.王松永(2003),「木質材料利用對二氧化碳涵存之效應」,氣候變遷對森林之二氧化碳吸存影響研討會論文集,第 125-144 頁。
- 5.內政部建築研究所(1998A)建築拆除污染及廢棄物產生現況與調查架構研究。內政部建築研究所專題研究計畫報告。研究案編號:MOIS 871014。
- 6.內政部建築研究所(1998B)建築施工工程污染及廢棄物產生現況與調查架構研究。內政部建築研究所專題研究計畫報告。研究案編號:MOIS 871014。
- 7.行政院環保署網站,<http://www.epa.gov.tw/main/index.asp>。
- 8.李國忠、林俊成、賴建興、林麗貞(2004)台大實驗林森林生態系不同林分經營策略之碳貯存效果。國立台灣大學農學院實驗林研究報告。18(4):261-272。
- 9.林俊成、李國忠、林裕仁(1999)柳杉人工林碳貯存效果與適應成本研究。國立台灣大學農學院實驗林研究報告。13(1):51-60。
- 10.林俊成、鄭美如、劉淑芬、李國忠(2002)全民造林運動二氧化碳吸存潛力之經濟效益評估。台灣林業科學。17(3):311-321。
- 11.陳合進、徐俊雄、葉志峰、陳載永(2005)由木質纖維廢料回收再利用談二氧化碳減量。森林經營對二氧化碳吸存之貢獻研討會議論文集。pp.279-288。
- 12.楊任徵(1996)台灣地區溫室氣體排放源分析。能源、資源與環境季刊。9(3):57-67。
- 13.楊任徵(1998)我國能源部門溫室氣體排放統計與分析。能源季刊。28(2):2-14。
- 14.楊榮啟、馮豐隆、黃俊維(1998)林業對溫室氣體減量策略規劃及衝擊評估(二)期末報告。121pp。



15. 楊盛行 (1997) 台灣地區森林二氧化碳之涵容量估算。中華生質能源學會會誌。16 (1/2): 1-10。
16. 經濟部工業局(1996), <http://www.moeaidb.gov.tw/>。
17. 廖志翔 (1998) 全球氣候變遷對全球與台灣地區氣象環境之影響及因應策略。第 8-31 頁。楊純明、林俊義主編。氣候變遷對農作物生產之影響。台灣省農業試驗所。pp212。
18. 薛如芬(2004)台北市家戶木質廢棄物產出之研究。國立台灣大學森林學研究所碩士論文。pp89。
19. Bass, S., Dubois, O., Moura Costa, P., Pinard, M., Tipper, R. & Willson, C. (2000) Rural livelihood and carbon management. International Institute for Environment and Development (IIED) Natural Resources Issues Paper No.1. London. 94p.
20. Freedman, B., Meth, F., Hickman, C. (1992) Temperate forest as a carbon-storage reservoir for carbon dioxide emitted by coal-fired generating stations. A case study for New Brunswick, Canada. *Forest Ecology and Management* 55 : 15-29.
21. Houghton, JJ, Jenkins, GJ, and Ephraums, JJ. (1990) *Climate Change*. 364p. United Nations Environmental Programme/ World Meteorological Organization, Cambridge University Press.
22. Hought, JT., Meira, LG, Filho, BA., Callander, N., Harris, AK., and Maskell, K., eds. (1996) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. IPCC : Cambridge University. 572p.
23. Jager, J. and Ferguson, HL. eds., (1991) *Climate change: Science, impacts and policy*. Proceedings of the second world Climate conference. Cambridge University Press. 578p.
24. Joyce, L. A. and R. Birdsey (eds.) (2000) *The impact of Climate change on America's forests : a technical document supporting the 2000 USDA Forest Service RPA Assessment*. RMRS-GTR-59. For Collions, CO :USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 133p.
25. Strzepek, KM, and Smith, JB. Eds (1995) *As climate change : International impacts and implications*. Cambridge University Press.
26. Watson, R., M. Zinyowera, and R. Moss (1996) *Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change*. IPCC Technical Paper 1. International Panel on Climate Change.
27. WBGU (1998) *The accounting of biological sinks and sources under the Kyoto protocol-a step forwards or backwards for global environmental protection ? Special Report 1998*. WBGU, Bremerhaven. [http://www.wbgu.de/wbgu\\_sn1998\\_voll\\_engl.html](http://www.wbgu.de/wbgu_sn1998_voll_engl.html)