

廢木製家具回收之 CO₂ 排放當量 估算與分析 ——以嘉義縣再生家具展示館為例

陳本源* 趙家民** 蔡博全***

摘 要

本研究以嘉義縣再生家具展示館為研究對象，透過資料蒐集、參與式觀察及深度訪談，研究結果顯示在 93-98 年度總回收廢木料量約 4,803 公噸，對於溫室氣體來說，回收再利用將可有效降低 CO₂ 排放量，且可減少廢棄物處理的相關費用，不再有因焚化或掩埋所造成的二次污染，經計算若採焚化將產生 7,925 公噸之 CO_{2e}，掩埋也將產生 11,095 公噸之 CO_{2e}。

回收再生產業對地球環境保護而言極為重要，並已創造出新商機，成為一新興產業，是對環境及人體而言，能降低污染負荷與能源負荷之回收再生產業。本研究針對此議題，將專訪資料彙整歸納，所得之結論，歸納如下：一、減少原木砍伐維護生態；二、再生木產品市場開發；三、正面教育宣導回收之觀念；四、建立品牌形象、提升產品價值。

關鍵字：再生家具、溫室氣體、資源回收、CO_{2e}

* 嘉義大學景觀學系助理教授

** 南華大學環境管理研究所助理教授

*** 南華大學環境管理研究所研究生

壹、前言

現今很多我們想的到及看的到的回收再利用之資源材料中，主要的重點集中在玻璃瓶、鋁罐、塑膠瓶、和舊報紙等居多，可看出消費者對這些廢棄材料的注重，然而到最近，實木廢料的回收再利用才比較受到輕微的注意（陳合進，陳載永，2001）。木質材料自古以來一直廣受人民喜愛，在管理和加工木材會產生出各式各樣許多的廢棄物（如圖 1），我們砍伐和加工作成各種產品後，最後就是回收利用、焚燒或者是最終處置（Beatriz Rivela et al., 2006）。在保護資源及尋找新資源的心態下，廢棄之回收、再利用與資源化已受到廣泛討論。



圖 1 木材廢棄物（Auburn Machinery, 2003）

木材是最重要的可再生物質和再生燃料（Bowyer, 1995）。其組成元素 50% 為碳元素，43% 為氧，6% 為氫，1% 其他元素，因此木材本身是一種碳素儲存庫，若將木質廢材直接廢棄於垃圾場，碳元素將經由微生物分解或燃燒形成二氧化碳而排放至大氣中，增加大氣中二氧化碳濃度，而合理的利用木材資源不僅能節

省資源和減少溫室氣體排放，更能達到環境保護的目的，如何妥善處理廢棄物問題，已成為當今環保方面之重要議題。

林俊成（2002）對台灣地區木材供需的研究調查顯示，在 1999 年中，國內共使用了 335.27 萬 m^3 的木質材料，其利用率在原木方面約為 45~50%（內政部建築研究所，2002），而製材品及木質板材的利用率約為 80%，以此推估其廢料量約有 71.34 萬 m^3 ，在這麼多的廢料中約只有 40% 的廢木料有再被利用，其餘 60% 的廢料最後被當作廢棄物燃燒，掩埋或丟棄，估計一年中約有 42.8 萬 m^3 的新鮮廢木料產生（陳合進等，2004）。

目前業者對清運的廢木料多數以「混合一般垃圾送往掩埋場或焚化廠處理」者，高達 85.45%。採取「運往資源回收廠進行回收再利用」或「運往其他工廠做鍋爐燃料」的情況很少，不到 10%。若以 10% 為回收再利用之比例，估計每年由家庭產出且未被利用之廢木料有 26.7 萬公噸。

大氣中 CO_2 濃度的逐年增加，全球暖化現象愈顯著，氣象天災也變得愈難預測與猛烈，都已是不爭的事實。各國政府也因此接受跨政府氣候變遷委員會的建議，即時裁減溫室氣體的排放量以扼止情況惡化。適度的管理利用這些木材是很關鍵的，來優化資源的利用，並減少對環境的影響（Beatriz Rivela et al., 2006）。

IPCC 2007 年報告中指出，平均溫度升高攝氏一度，全球就有十七億人缺水，30% 物種滅絕，因此提出需加強控制溫室氣體排放的呼籲，而台灣每人平均年排放量超過十二萬噸，是全球平均值的三倍，相較於其他國家高出很多。

貳、文獻探討

一、再生家具之定義及特性

再生家具的定義為環保單位或私人企業依資源回收體系所回收的堪用舊家具，給予重新



整修塗裝、或更換部分零組件、或將能用的零組件重新加工組合成一件新家具（如表 1），或者回收後無法製成再生產品之其他用途（如表 2），進而達成資源永續利用，再度重獲生機，而擁有生命的第二春（張錫鈞等，2005）。

表 1 木料回收再製過程

型 式	說 明	圖片範例
資源回收車回收	清潔隊收集後，由修護工人執行回收修護工作。	
修繕再利用	清潔隊收集後，由修護工人執行回收修護工作。經過修補、固定前處理、粗磨、補土、上底漆、細磨、上面漆、復原等步驟，可得到煥然一新的再生木質家具。	
拆解後再利用	無法修繕再使用的巨大垃圾，部份材料尚完好可堪再使用者，在未改變其外形下直接進行再利用。	
塗裝	經過修補、固定前處理、粗磨、補土、上底漆、細磨、上面漆、復原等步驟。	
再生產品	將能用的零組件重新加工組合成一件新家具，將可大量減少森林砍伐，有效削減木材原料需求。	

資料來源：本研究整理

表 2 回收後無法製成再生產品之其他用途

型 式	說 明	圖片範例
破碎再利用	對於木質廢家具而言，無法再修繕，或大部分破損及腐爛，則可破碎後再利用。將可大量減少森林砍伐，有效削減木材原料需求。	
堆肥副資材	木屑除具有取得的便利性及低成本外，也無有害成分之問題，且更可降低發酵過程中臭味的產生，是很好的副資材。	

資料來源：本研究整理

國內木料回收現況方面，依國內業者及相關公會調查，國內原木利用率約 45%，製材利用率約 80%。而木業廢棄物包含樹皮，製材廠之邊皮材、鋸屑、合板廠之端材、芯材、合板屑、裁邊及砂磨屑以及家具廠之木塊、鉋花、鋸屑等約佔 20~30%，又家庭及建築物使用後廢棄木材及木質材料（主要為地板、天花板材料）約佔其全部廢棄物之 10%。但目前應有木業廢棄物進而將其資源化的部分，只佔全體使用之木質資源的 4.38~5.13%而已（何明錦等，2003）。

陳合進與陳載永（2002）調查指出臺中地區公民營廢棄物清理機構結果指出，木質廢棄

物量平均約佔所清運垃圾量之 10.92%，其中以廢棄木質家具最多。85.45%業者將所清運木質廢料以「混在一般垃圾送往掩埋場或焚化場」且認為現行繳納的處理費用太高，83.33%清理業者贊成木質廢料回收資源化管理及政策，建議政府立法以公權力規定回收木質廢料和應設立專業木質廢料回收中心，以替代焚化或掩埋方式處理木質廢料（何明錦等，2003）。

木材主要種類大致可分為：實木、合板、纖維板、木工飾條及五金配件，與其他材料相比較時，從資源的生產性、再加工性、省能源性、環境安全性等方面考慮時會有幾項特性（如表 3）。

表 3 木材之特性

生產性	(1) 木工結構之接合容易，可採用榫接、膠接、釘接及其他五金扣件接合。 (2) 溫度變化不大時，木材的膨脹或收縮甚小。
省能源性	(1) 生命週期階段中，如生產、施工、使用、棄置等各階段，皆能減少環境污染，降低環境負荷，減少 CO ₂ 排放。

環境安全性	(1) 木材質輕而強，若以單位重量與其強度之比，則木材較一般鋼材為強 (2) 木材可作為良好的絕緣材料，木材能吸收衝擊與震動。 (3) 木材對各種塗料的吸收力甚高，可增加其耐腐性及外觀之優美。 (4) 對稀酸類而言，木材具有相當的抵抗性。
再加工性	(1) 施工容易，一般加工用的木工工具也操作簡便。 (2) 木廢料可回收再利用將廢料與合成樹脂混合，經加壓及加熱等手續製成各種再製人造木材。

資料來源：本研究整理

二、永續發展

1987 年，世界環境與發展委員會（World Commission on Environment and Development）發表《我們共同的未來》一書中，提出了「永續發展」的理念。世界環境與發展委員會主席 Gro Harlem Brundtland 女士指出，永續發展意謂：「能滿足這一代人需要，但又不損及後代滿足其本身需要之發展」（李岱樺，2005）。

為達此目標必須使經濟市場接受再利用物質之製成品，並促使其循環流通，可循環物質是建立循環經濟市場的關鍵主體。如廢棄物清理法第一條前段即開宗明義指出本法之立法目的在於：「為節約自然資源使用，減少廢棄物產生，促進物質回收再利用，減輕環境負荷，建立資源永續利用之社會。」

李保寧（1999）在『國外綠色文明的十二種趨勢－席捲全球的綠色浪潮』中提到：國外企業的綠色觀念裡，當企業再開發新產品與選擇生產技術時，必須做出有利環境保護和生態平衡的技術選擇，單靠加速科技進步而沒有綠色技術的保障，資源的持續利用是不可能的。企業展開綠色行銷等各種手法，企圖在公眾心目中樹立良好的綠色形象，以刺激顧客對綠色商品的購買慾望（杜瑞澤，2002）。

木材資源於生長過程是自然的，為最乾淨的資源。樹木欲生產一噸之生物質（纖維素等碳水化合物）需吸收 1.6 噸之 CO₂ 及水分，在陽光下進行光合作用，並生產 1.2 噸之 O₂（王松永，2005）；木材的來源最為乾淨，只要陽光、空氣、水永遠存在，則原料可以取之不盡，用之不絕。很大一部分木材廢料組成的舊木製建築，其中包括家具，當他們已不再有用的，可供開採（Michanickl and Boehme, 1996）。

永續發展重視環境涵容能力，強調必須謹慎認知環境負荷的界線在哪裡，避免做過度的開發；在社會價值方面，永續發展也突顯出社會發展過程中，不斷將外部因素納入考量，以追求真正的公共福祉，尊重科技、市場機能、民主化制度及法治原則等多元價值。

三、廢棄物處置方式

所謂「廢棄物」意指，將原來要丟棄的廢棄物，經轉換或未經轉換後，變成可再用的資源，換言之廢棄物也可被稱為「放錯位置的資源」（環境資訊網，2005）。固體廢棄物之處理在世界各國其處理方式有所不同主要原因在於各國民情風俗，生活習慣均各有差異，產生之垃圾成分乾溼度等因素也有所差別，造成

垃圾處理方式有所不同（陳駿祥，2005）。

倘若這些廢棄物進行焚化處理，則將產生 CO₂，增加大氣中 CO₂ 之濃度，如無法將樹木進行光合作用所獲得太陽能源轉化為人類可利用之能源，是種能源浪費，而將這些木質廢棄物直接廢棄於掩埋場，不但會造成資源浪費，亦將縮短掩埋場使用年限。

尤其這些木質廢棄材所含有 50% 碳元素，經若干年將被白蟻或微生物分解後，所產生 CO₂、CH₄ 等溫室氣體，增加大氣中溫室氣體濃度，此將對地球環境造成莫大衝擊與負荷。

尤其這些木質廢棄材所含有 50% 碳元素，經若干年將被白蟻或微生物分解後，形成 CO₂ 排放至大氣中，增加大氣中 CO₂ 濃度，此將對地球環境造成莫大衝擊與負荷。木材的廢料回收再利用因近年用來製造新的產品才較受到重視，例如德國政府曾委託民間公司收集舊家具，檢修可以利用者，經補強翻新後，待低收入戶向政府社會福利機構申請領用，不能再利用的家具經分離搗切為粒片，重新再製造粒片

板（陳載永，1999）。

依各種處理（置）方式不同對環境影響也有些許不同（如表 4），目前所採行的廢棄物處理方式主要有以下幾種：

1. 衛生掩埋：指將一般廢棄物掩埋於以不透水材質或低滲水性土壤所構築，並設有滲出水、廢氣收集及處理設施暨地下水監測裝置掩埋場之處理方法。
2. 焚化：利用高溫燃燒，將一般廢棄物轉變成安定之氣體或物質處理方式。
3. 回收利用：將民眾所丟棄之木頭廢棄物，回收再製成為一個新材料或成品。

甲烷與二氧化碳皆是導致溫室效應主要氣體，據估計大氣中甲烷濃度約為 1.7ppm，約佔全球人為溫室效應氣體的 15%，且近年來估計以每年 1% 的速率增加中。每年自掩埋場排放的甲烷氣約為 30Tg，約佔現今全球人為排放量的 5%，且文獻中指出台灣的甲烷來源中，掩埋場佔有 54.6% 的貢獻量（呂志龍，1999）。

表 4 木料廢棄物在環境上的管理技術和結果（European Commission, 1997）

	環 境 衝 擊		
	空 氣	水	土 壤
掩埋	CO ₂ 和 CH ₄ (溫室氣體)； 惡臭	在土壤水中會產生有毒性的化合物	增加危險物質在土壤中； 佔用土地
焚化	CO ₂ , CH ₄ , SO ₂ , NO _x , HCL, 戴奧辛	產生有危險性的落塵覆蓋 在水表面	產生的灰渣和煙霧
回收利用	對環境不會造成衝擊		

資料來源：European Commission, 1997

四、廢棄物焚化及掩埋處理（置）之溫室氣體排放量推估

本研究主要針對二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）作為溫室效應氣體之分析對象，各種溫室氣體對地球的能量平衡有不同程度的影響。為了幫助決策者能計算各種溫室氣體對地球變暖的影響，使用溫室效應指數（GWP）推估溫室效應氣體二氧化碳當量計算模式（CO_{2e}）。

全球暖化潛勢（Global Warming Potential, GWP）定義：係指「相對於一單位二氧化碳之特定溫室氣體的輻射效應衝擊的係數」。

CO_{2e} 定義：「在某一特定時間內，該排放量造成了與一種長生命期溫室氣體或混合溫室氣體的排放當量按時間積分得出的輻射強度。在這一特定時間內，某種溫室氣體排放量乘以全球變暖潛勢(GWP)求出 CO₂ 當量排放。」 IPCC 第四次評估報告（2007）中甲烷（CH₄）全球暖化潛能為 25 倍 CO_{2e} 當量。

（一）垃圾焚化 CO₂ 排放量估算

垃圾焚化後所產生的 CO₂，係因垃圾組成中的碳與氧燃燒反應後生成的，因此，CO₂ 排放量與垃圾組成中碳含量之多寡有關（侯德銘，2000）。本研究方法假設為完全氧化，所用公式為 $mCO_2 = CO_2$ 排放量； $mCO_2 =$ 垃圾量 $\times C \times 44 \div 12$ ，C = 垃圾組成中之碳含量。

（二）垃圾掩埋 CO₂ 當量排放量估算

掩埋場垃圾中有機廢棄物藉著細菌活動來分解，而形成甲烷和二氧化碳。在分解初始階段，有機物質分解形成可容的較小分子，如各種醣類。之後更進一步分解成氫、二氧化碳、氫氧基酸，這些酸和氫、二氧化碳被轉換形成醋酸，是甲烷菌成長的重要基質。沼氣中體積組成大約 50% 甲烷和 50% 二氧化碳，但實際排出二氧化碳的百分比可能較少，因其會融入掩埋場的水分中（侯德銘，2000）。

依據 IPCC（2007）方法估算溫室氣體排放量，掩埋之所有垃圾量中，生物分解所產生之甲烷排放量，計算模式如表 5 所示。

表 5 掩埋場溫室氣體排放量估算方法及結果表

方法	公 式	產氣量（噸/噸垃圾）	
		CH ₄	溫室氣體 （CO _{2e} 當量）
IPCC 法	$mCH_4 =$ 垃圾掩埋量 \times 可分解有機碳% \times 實際分解成沼氣因子 \times 沼氣中 CH ₄ 含碳量% $\times 16/12 \times$ （1-氧化因子）	0.0924	2.31

註：IPCC 第四次評估報告（2007）中甲烷（CH₄）全球暖化潛能為 25 倍。

1. 可分解有機碳

IPCC（2007）建議開發中國家 0.13；已開發國家 0.23，洪肇嘉（1998）對排放因子本土化的建議為：可分解有機碳百分率為 0.18。

2. 有機碳分解成沼氣率

在 IPCC（2007）報告中，有機碳分解成沼氣率（DOCF）= 0.014T + 0.28，其中 T 為掩埋場厭氧區溫度，若假設掩埋場厭氧區溫度維持 35°C，則不論周圍環境溫度多少度，均可得到 DOCF = 0.77。

3. 沼氣中 CH₄ 含碳量

參考 IPCC (2007) 指南，溫室效應氣體排放量中甲烷所佔之比率建議 50%。

4. 氧化因子

氧化因子定義為掩埋場中上層廢棄物及覆蓋物質被氧化的百分比，美國環保署建議值為 0.1，但 IPCC 認為對影響溫室氣體氧化因子更深入了解及量化前，暫採用 0% (侯德銘，2000)。

由上述式子可知每一噸廢棄物將產生 0.0924 公噸之甲烷，換算成溫室氣體 (CO_{2e} 當量) 為 2.31 公噸。

參、研究區域與方法

一、研究區域

嘉義縣環保局於 92 年 5 月成立廢家具回收再生整理場 (如圖 2)，並建立回收管道。並於 92 年 12 月開始舉行捐贈會，首次對外展示。

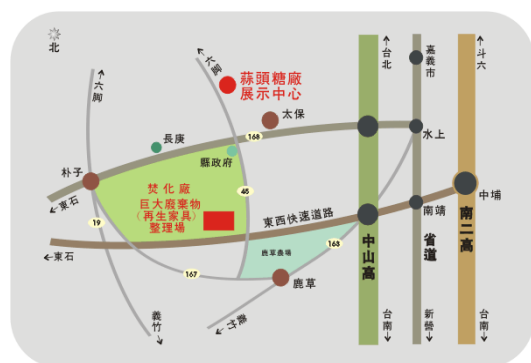


圖 2 嘉義縣回收再生整理場

二、研究方法

本研究步驟確立研究議題之後，開始針對相關文獻回顧與整理，有關的期刊、論文發表、報社報導、官方資料、網站資訊，都是蒐

集的對象。

本研究以資料蒐集、參與式觀察及深度訪談的方式，文獻資料的蒐集和研究經過整理分析後，深入訪談方式針對議題與焚化廠廠長，政府官員及參觀民眾等 (如表 6)，採取開放式自由對談的方式，針對請益問題做訪談，逐一記錄加以整理分析，以彌補在文獻觀察法及歷史研究法之間所欠缺實務上的描述看法，透過訪談對象將較具價值的意見列入，所得到的資料加以分析後擬定研究架構，架構確定後進行資料收集，所得資料經過研判彙整再將發現問題加以檢討，最後做成建議與結論，提供有關相關單位參考。

在質性研究中，「人」即研究者本身，為蒐集資料之最佳研究工具。然而即以「人」為研究工具，難免避免研究之過程結果會產生主觀成分的涉入與影響。研究者本身亦曾思考此限制，因此盡可能在研究過程及結果呈現最客觀的探討。

表 6 受訪人員名單

編號	訪談對象	姓名
01	焚化廠廠長	林先生
02	環保局廢棄物處理課	王先生
03	參觀民眾	李先生
04	服務業	陳先生
05	學生	陳同學
06	服飾店	王小姐
07	床舖店	林先生
08	室內設計	蔡小姐
09	家電老闆	何小姐
10	中藥店	吳先生
11	袖珍工作者	陳先生

資料來源：本研究整理

表 7 再生家具訪談內容整理

題 目	訪 談 整 理
1.您購買再生家具的動機為？	1-1 經濟不好，去撿便宜 1-2 搬家想要買 1-3 較便宜，比一般便宜，然後需要用到 1-4 可以為環保盡一份力
2.您如何處理大型家具嗎？	2-1 鄉公所都有資源回收車，大部分都叫他們來收 2-2 市區就比較麻煩，垃圾車來才可以拿下來，也不能事先拿下來，因為垃圾不落地 2-3 先修，不能用的再丟，不然再燒掉
3.您對認為再生家具看法？	3-1 品質的保證比較重要，接下來就是售後服務 3-2 大致上是還可以，但是小地方可以再做精細一點 3-3 東西有比較多，但是也是都重複，都大同小異 3-4 那邊好像都是比較復古，比較沒有流行，樣式沒有那麼多
4.再生家具您會排斥嗎？	4-1 比較排斥神明桌，比較會有禁忌 4-2 床跟供桌，感覺上會怪怪的 4-3 看適不適合，適合才會買
5.會考慮再生家具外型嗎？	5-1 現在人都要跟流行 5-2 鄉下覺得實用就好了，都市比較講求變化 5-3 越多變化越好，人都有審美的，會要求
6.您覺得跟外面家具行之差？	6-1 差在價錢跟品質 6-2 在看的時候，比較輕鬆，會比較沒壓力 6-3 品質比較壞，顏色比較醜，有需要，所以醜醜的也沒關係 6-4 一般家具店會有人介紹，這樣會比較詳細
7.您對嘉義縣環保局看法？	7-1 懂得再生利用很好，不過可以多宣傳一點 7-2 好像很少人知道，從那邊經過，看到有人在看，才知道的 7-3 家裡的家具，有時候一些小地方壞掉，想要丟又捨不得，不丟又不能用，找外面來修又不符經濟效應，如果他們能來估價，修理的話，這樣會比較好。

資料來源：本研究整理

肆、結果與討論

本研究針對嘉義縣再生家具展示館為例，分別對嘉義縣民眾來做深度訪談，主要針對再生家具及再生家具展示館相關議題等做討論。

經濟增長、城鄉居民收入水平的提高、消費觀念的更新，為二手貨市場的發展提供了物質基礎和前提條件，近年來景氣衰退，許多民眾紛紛節約生活上所需的物品，而再生家具對於民眾來說更是一大益事，不僅產品物美價廉，且又為環保進了一份心力，對於再生家具，許多民眾認為環保局宣傳不夠，因為展售中心不是比較位於市區中心，相對於比較偏遠地區的居民，無法得知消息或者根本不知道展售中心的存在；更有民眾建議由於展售時間每個月都只有一次，因此是否可以跟在地商家結合，在人群多的消費地點也可以讓商家販賣，增加銷售量。

「我們目前所收的東西並不固定，嘉義縣是一個農業縣市，對東西的保存方面比較惜物，民眾都會等到不能用了，才會丟出來。」（編號 02）

對於家庭木質廢棄物來說，比較常見的為家具居多，居民表示比較鄉下地區常以焚燒方式來處理所丟棄之廢棄家具，或者丟置在家門口，有人會撿，因為回收時間通常為上班時間，家人也因上班不在家，假日環保局休息也沒做回收，對他們來說也很不方便。再生家具展示館一個月展示一次，民眾認為產品多樣性略顯不足，民眾到了展售中心覺得說東西大同小異，變化性不夠，沒有吸引力，或者想購買的東西不適用，比較不像外面的系統家具，可以量身訂做或者是尺寸大小齊全，小東西來說則是不夠精細，另外民眾對於產品較為排斥

的，則是神明桌跟床等這部份，由於這些產品比較牽涉家庭、個人的隱私，對於原本產品的來源較為不信任，進而產生恐懼的心理，或許這些木工師傅可以憑著精湛的手藝，重新打造銷路較為不好之產品，改變其外觀、用途，來避免產品的滯銷。

「目前分為三個部份，一是請清潔隊員去收，收完之後，覺得堪用的東西會送去整理場給木工師傅去做整裡，二是直接由我們去收，民眾會打電話來請我們去載，最後一部分是外縣市提供。」（編號 02）

再生產品的銷售服務，民眾認為可以多幾項服務，有些例如家裡的家具，有時候一些小地方壞掉，想要丟又捨不得，不丟又不能用，找外面來修又不符經濟效應，如果環保局能成立維修部門，來做估價和修理，將一些可再用產品做維修，避免製造環境的汙染，增加廢棄物之產量，對環保局來說也是一項經濟收入。

一、回收流程

巨大廢棄物（再生家具）整理場回收方式如下：

- （一）**收運**：環保局廢家具、廢家電回收再生小組接受民眾電話，依循環保局現行回收清運體系收運，並告知其堪用部分妥為搬運，再由現場人員分類挑選並填入聯單。
- （二）**挑選**：不堪用者即循環保局處理體系處理，堪用者即運至巨大廢棄物（再生家具）整理場，經廢家具回收再生小組人員再做第二次篩選，不適合修復者移由焚化廠或掩埋場處理（置）。
- （三）**修復**：由嘉義縣環保局廢家具、廢家電回收再生小組負責整理修復。

(四) 展示：再生家具整理場在每月最後一個星期六上午九點到十二點在蒜頭糖廠成立固定展售場館，以鼓勵民眾考慮採用二手家具，達到廢棄家具減量的目的。

(一) 對政府機關

本研究以嘉義縣環保局資料來源作為評估，於九十三年度至九十八年止總回收量分別為 106、1,715、408、562、878 和 1,134 公噸（如表 8），合計為 4,803 公噸，且每年度有逐漸升高之趨勢（如圖 3）如此將可減少 4,803 公噸之垃圾量。

二、經濟效益

表 8 93-98 年度嘉義縣環保局廢棄木製家具回收量（公噸）

年度	93 年度	94 年度	95 年度	96 年度	97 年度	98 年度	合計（公噸）
回收量	106	1,715	408	562	878	1,134	4,803

資料來源：嘉義縣環保局

「我們是站在垃圾減量的立場，能持續多久，因每個縣市不太一樣，縣市願意下去做，要看地方政府願不願意做，想不想做，那嘉義

縣的話，是 ok 的，因為我們自己有經費上的來源，也把它當作宣導活動在做。」（訪談編號 01）

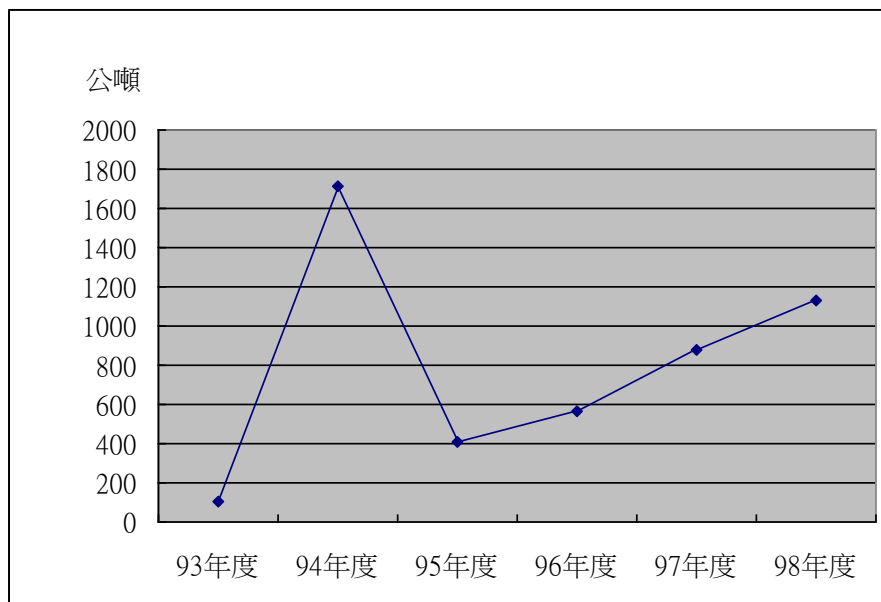


圖 3 93-98 年度嘉義縣環保局回收量圖表

以回收量來說，每年有逐漸增加的情況，表示越來越多民眾開始重視回收家中所廢棄的木質廢料，以 94 年度來說，幅度增加比較高，林廠長表示 94 年度豪雨洪水接二連三，全年共有海棠、馬莎、泰利、龍王、珊瑚颱風及 3 月豪雨、5 月豪雨、6 月豪雨、12 月豪雨。各項河川防洪、禦潮(海堤)及區域排水設施均受颱風、豪雨洪水災害重創損毀，而導致民眾家中家具大量丟棄，故 94 年度回收量較大。

93 年度至 98 年度間共回收 4,803 公噸之回收物，如以垃圾處理費每噸 240 元，灰渣處理費每噸 250 元，93 年度至 98 年度間每噸可省下 1,839 元。以每月收入效益約 8-9 萬元，每年總收入將可達至 108 萬元，以嘉義縣環保局為例九十三年至九十八年止，總收入可達至 648 萬元（如表 9）。

表 9 成效預估

減少廢棄產生量	節省垃圾處理費	節省灰渣處理費	販售再生家具收入
4,803 公噸	1,152,720 元	1,200,750 元	6,480,000 元

註：設垃圾處理費 240 元/公噸，灰渣處理費 250 元/公噸；節省一般垃圾處理費：4,803 公噸×240 元/公噸=1,152,720 元；節省灰渣處理費：4,803 公噸×250 元/公噸=1,200,750 元；93 年度至 98 年度每噸效益評估：省下 1,839 元/公噸。

「比較環保，那價錢也便宜，政府辦的算是有保障。品質也不錯，看起來就像新的一樣，也不會說他是二手的就不好用。可以降低垃圾，又環保，賣的又便宜，對我們來說是很好的一件事。因為現在很多東西都是注重環保，如果政府可以多推行這方面的環保政策，

對大家都是很好的，垃圾降低，製造環保的東西也可以回饋到民眾上面。」（訪談編號 04）

（二）對一般民眾

民眾去到了再生家具展示館，將可購買低於市價之家具，價錢部份大約在市價的三成；以均每件家具為 555 元，對購買民眾而言將可節省支出 1,295 元。註：555÷0.3=1,850 元；1,850-555=1,295 元。

本研究訪問李先生指出：

因為是比較環保的，那價錢也很便宜，且是政府辦的，算是有保障。品質也不錯，看起來就像新的一樣，也不會說他是二手的就不好用。可以降低垃圾，又環保，賣的又便宜，對我們來說是很好的一件事。

因為現在很多東西都是注重環保，如果政府可以多推行這方面的環保政策，對國家阿，或者對大家都是很好的，垃圾降低，製造環保的東西也可以回饋到民眾上面。（訪談編號 04）

三、環保效益

過去由於未適當進行廢家具、資源回收工作，常因其任意棄置造成環境破壞與污染，尤其這些廢家具多為巨大廢棄物且含不易腐化材質，如果進入掩埋場，將造成掩埋場之沉重負荷，如採焚化處理，亦將造成焚化爐爐體損壞及產生戴奧辛有害氣體等污染問題。又廢家具中更常含有危害臭氧層之氟氯碳化物，如有不當拆解行為將會危害地球生態之虞。

嘉義縣成立「再生家具展示館」後，能有效的能有效掌控廢家具、家電廢棄物產量的完整數據，協助民眾進行廢家具減量的工作；能有系統地處理，協助業者及民眾解決廢棄物處理問題。且建立資源回收管道，能夠有系統地進行資源回收工作。希望透過對廢棄物的管

理，落實生活環境的改善，生產環境的建設及生態環境的維護，開創一個高品質的生活空間，亦即在環境保育與永續發展的前提下促進廢棄物的合理處理和處置，提高人民生活品質。

(一) 回收木製家具之 CO₂ 估算

在陳文卿 2007 年研究報告中指出木材在生產階段（暫不考慮運輸產生之排放量）和處理階段所產生 CO₂ 如下：

1. 生產階段：

(1) 每公斤木質建材生產排放 0.3 公斤 CO₂。

(2) 每公斤木質材料二次加工產生 CO₂ 約 0.15 公斤。

2. 廢棄物處理：

(1) 廢棄物處理後釋放 0.85 公斤 CO₂。

(2) 木質材料燃燒產生 CO₂ = 垃圾量 * C * 44 ÷ 12，每公斤產生約 1.7 公斤 CO₂。

回收 1 公斤木質建材合計減少 CO₂ 約 3.0 公斤。（0.3+0.85+0.15+1.7=3.0 公斤）

93-98 年度嘉義縣環保局總回收量約 4,803 公噸，相當於可減少 CO_{2e} 排放量 14,409 公噸（如圖 4）。

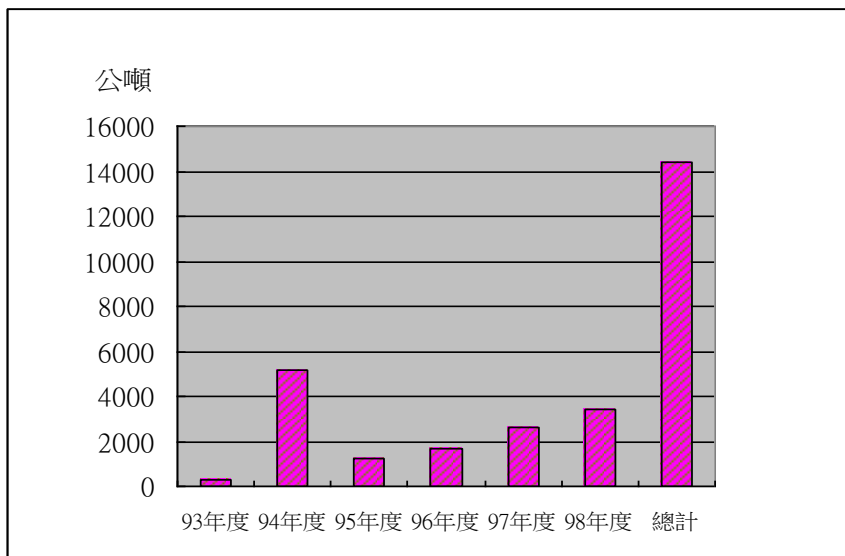


圖 4 93-98 年度嘉義縣環保局因回收減少 CO_{2e} 排放量圖表

(二) 焚化之 CO₂ 估算

根據前述之式子做估算（假設為完全氧化）：

$mCO_2 = CO_2$ 排放量； $mCO_2 = 垃圾量 * C * 44 ÷ 12$ ；C = 垃圾組成中之碳含量。日本「National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan 2007」中，推估日本之木材含碳率測定

結果中木材含碳率均值為 45%。

93-98 年度嘉義縣環保局總回收量約 4,803 公噸，相當於可減少 CO_{2e} 排放量 7,925 公噸（如圖 5）。

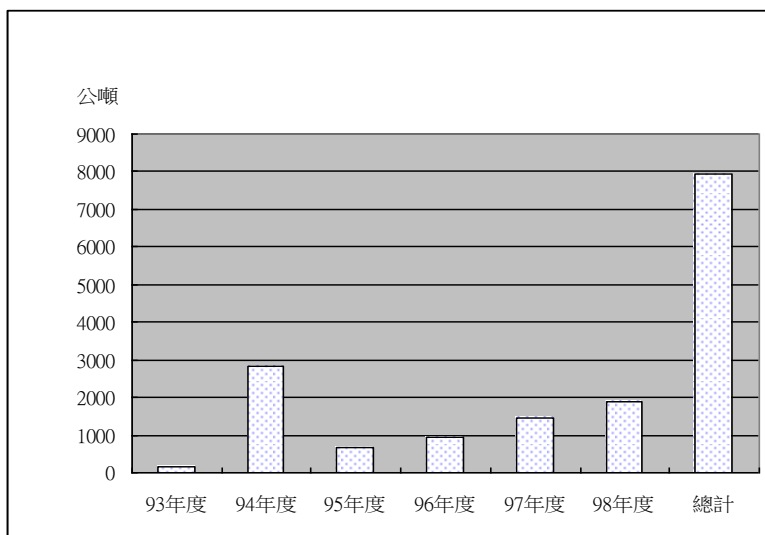


圖 5 93-98 年度嘉義縣環保局如焚化產生 CO_{2e} 排放量圖表

(三) 掩埋之 CO₂ 估算

由於溫室效應問題日益受重視，聯合國乃於 1988 年 11 月由世界氣象組織 (WMO) 和聯合國環境署 (UNEP) 共同創設 IPCC，從事人為造成氣候變化的科學研究，評估溫室效應之影響及確定各種可能的因應對策。依據表 5

計算方式 { $mCH_4 = \text{垃圾掩埋量} * \text{可分解有機碳}\% * \text{實際分解成沼氣因子} * \text{沼氣中 } CH_4 \text{ 含碳量}\% * 16/12 * (1 - \text{氧化因子})$ } 估算，93-98 年度嘉義縣環保局總回收量約 4,803 公噸，相當於可減少 CO_{2e} 排放量約 11,095 公噸 (如圖 6)。

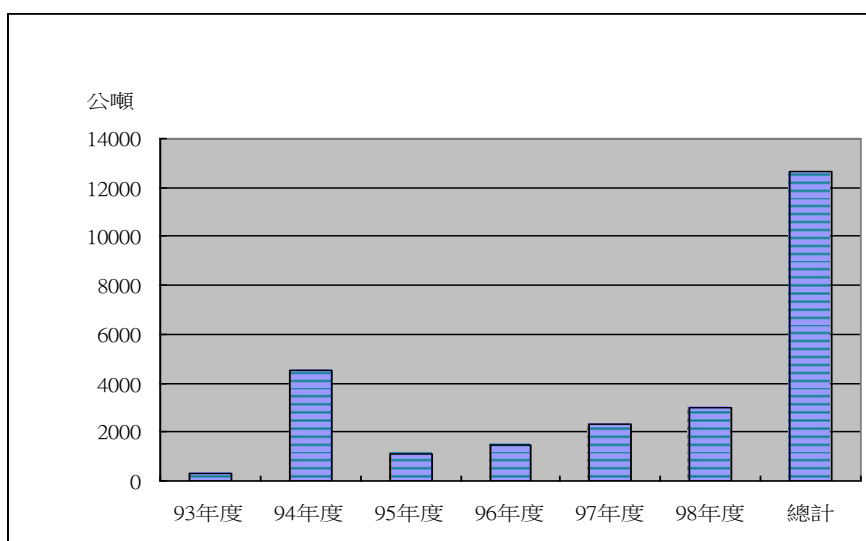


圖 6 93-98 年度嘉義縣環保局如掩埋產生 CO_{2e} 排放量圖表

過去由於未適當進行廢家具、資源回收工作，常因其任意棄置造成環境破壞與污染，尤其這些廢家具多為巨大廢棄物且含不易腐化材質，如果進入掩埋場，將造成掩埋場之沉重

負荷，如採焚化處理，亦將造成焚化爐爐體損壞及產生戴奧辛有害氣體等污染問題。又廢家具中更常含有危害臭氧層之氟氯碳化物，如有不當拆解行為將會危害地球生態之虞。

表 10 各種處理（置）產生二氧化碳估算表

年度	93	94	95	96	97	98	總計（公噸）
回收	318	5,145	1,224	1,686	2,634	3,402	14,409
焚化	1,749	2,830	673	927	1,449	1,871	7,925
掩埋	245	3,962	942	1,298	2,028	2,620	11,095

「回收不但可以降低二氧化碳及廢棄物減量。這活動可以持續去做，以嘉義縣來講，我們賣出去跟支出的部份不會相差很遠，所以要看成是一種宣導活動，像有時候辦宣傳活動就是幾百萬下去，但這不一樣，它是持續的，你

買了這張桌子回去，他是看的到的，看到就會想到，這種活動是民眾它有付出，政府單位的宣導活動裡面，有哪一項是民眾要花錢買一個觀念回去的，且是主動的，跟一般宣傳活動不同。」（訪談編號 01）

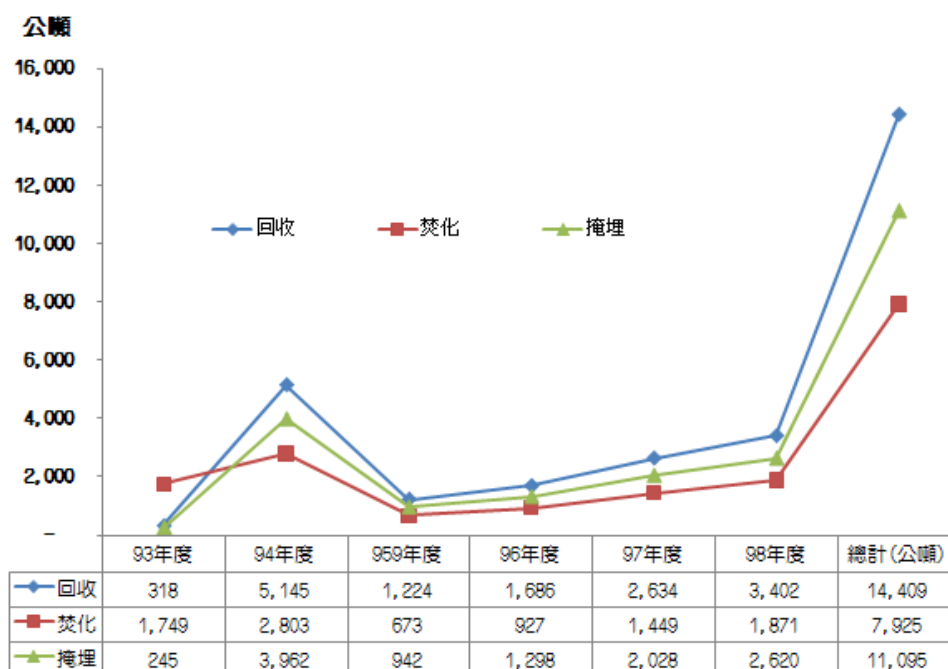


圖 7 93-98 年度總計降低之二氧化碳估算圖表

如表 10 所示，根據上述掩埋、焚化和回收處理所推估出二氧化碳排放量，以嘉義縣環保局九十三年度至九十八年度所回收的成果，總計將可減少 4,803 公噸廢棄物。在國內，已經有不少縣市已經在作再生家具回收，但如能漸漸擴大每個縣市展開去做，每年將可減少約二十萬二氧化碳排放。

伍、結論與建議

本研究採用 IPCC 法（2007）推出之溫室氣體統計準則來做推估，假設所有 4,803 公噸之廢棄木質家具，若採完全回收時之碳排減量為 14,409 公噸；完全採焚化處理（置）時之碳排放量 7,925 公噸；完全採掩埋處理（置）時之碳排放量為 11,095 公噸（如圖 7）。

一、結論

有效的使用、利用和回收木質廢料，製作木質產品，對於我國溫室效應減量將有意義，本研究針對此議題研究，所歸納出結論如下：

- （一）木材資源除提供人類所需之重要生物材料外，並且在人類的歷史上扮演著極重要的角色，從古代記載的「有巢氏構木為巢」開始，便隨著人類文明的腳步進化，對人類生活的食衣住行育樂貢獻良多；就建築工程的應用，大致有房屋建築、地下工程、道路工程、橋的工程及水利工程等之主體或其輔助材料；以房屋建築為例，不僅聯合直接營造木屋，更是健康的室內材料，應用為地板、天花板、壁板均非常適宜；就生活用品、產品方面而言，則是屬於環保材料，可用於家具、生活產品均非常合宜。

- （二）回收再生產業對地球環境保護而言極為重要，並已創造出新商機，成為一新興產業，使對環境及人體而言，能降低污染負荷與能源負荷之回收再生產業。嘉義縣廢棄物回收處理廠為二手家具修復再利用中心，回收民眾淘汰的大型家具，讓這些堪用或可簡易修護之家具具有再度被利用的機會，增進資源回收效益，達成垃圾減量之最終目的，並倡導惜福愛物之觀念，提倡抽象的環境教育具體落實於生活之中，並讓民眾深切體會到環保的意義，進而珍惜資源，達到回收及永續的目的。

- （三）對於溫室氣體來說，由估算結果推估完全回收時之碳排減量為 14,409 公噸之 CO_2e ，焚化處理（置）後將產生 7,925 公噸之 CO_2e ，掩埋處理（置）也將產生 11,095 公噸之 CO_2e ，三者間比較之下，如採取回收再利用方式為最有利方式，可有效降低 CO_2e 排放量，且可減少廢棄物處理的相關費用，不用再因為焚化或掩埋所造成的二次污染，讓環境再次受到衝擊。

- （四）少噪音、空氣污染，可有效降低環境衝擊與材料使用，對於樹木的砍伐及地球生態環境影響甚大，木料回收再製方式，大幅降低砍伐的舉動，降低環境的負荷並且重復利用材料、重新再製對於新材料的運用也大幅減少，因木質材料所製造的各種林產品，可將長期蓄積所貯存碳量，以另一種固態林產品型式貯存，且回收利用對於經濟、生態、社會方面具有相當大的效益，為保護全球環境，必須更加開發中古市場。

二、建議

在科技先進的今日，木材利用加工、循環利用等已被視為人類對資源循環利用趨勢的途徑；因此本研究針對此議題研究建議如下：

- (一) 減少原木砍伐維護生態：國內對於木料回收部份，不論業者或者是政府單單位，都已經注意到此問題，資源回收利用是重視生態永續，減低環境衝擊，建立資源永續的重要工作。
- (二) 再生木產品市場開發：積極開發再生產品市場，來提高再生市場競爭力，以及推廣再生木產品，也可結合環保署和社區一起推廣 DIY 教學教室，將可幫助資源回收體系之運作。與職訓、學校設計單位進行人才培訓與相關設計單位進行人才培訓，可以讓政府單位之再製產品質感大幅提升，並且豐富本身人員的相關知識與經驗的涵養，增加見識與內化靈活運用既有的技藝。
- (三) 正面教育宣導回收之觀念：政府應向民眾宣導資源回收之觀念，來改變其消費習性，進而減少不易回收之廢棄物產生，木材回收再製產品的教育意義、環保意識，材料的香味、穩定，對人體皆有相當大的益處，且可讓消費者滿意又不造成環境負荷。
- (四) 建立品牌形象、提升產品價值：運用政府單位的力量建立品牌形象進行轉型，將政府單位以公司企業的方式經營（例如：台鹽生技…等）建立出本身的品牌形象，帶動風氣提升產品形象與質感，並且長遠規劃其銷售走向與完善的行銷通路。

回收木質材料的來源有很多，在品質、尺寸、種類、乾燥程度、和汙染是不同的，因為這些因素可能必須要有更複雜的設備。很多技術上和經濟上的障礙是必須克服的，但顯然回收木質材料再利用激發了很多研究者開發更多新的木質複合產品，如能訂定一套標準，將有助於供應者和消費者之間的交易和有效的利用這些資源。

陸、參考文獻

一、中文部份

- 天下雜誌（2007）。全球暖化台灣不願面對的真相，第 369 期，100-115。
- 王松永（2005）。森林與木材對二氧化碳涵存之貢獻，台灣林業，第三十一卷第三期，20-28。
- 呂志龍（1999）。掩埋場溫室氣體排放行為暨其影響因子之探討，碩士論文，國立中興大學環境工程學系。
- 李岱樺（2005）。永續產品之設計行銷策略分析-以木料回收再製產品為例，碩士論文，國立雲林科技大學工業設計系碩士班。
- 何明錦，王松永，蔡明哲，彭武財，楊德新，黃亮熾，林蘭東，林麗英（2003）。木質廢料回收再利用之策略性探討，林產工業，第二十二卷第三期，155-166。
- 侯德銘（2000）。垃圾掩埋及焚化處理之 CO₂ 產量分析，中興工程，第六十五期，35-48。
- 陳文卿（2007）。巨大廢棄物資源回收再利用技術，96 年全國巨大廢棄物回收再利用業務檢討會。
- 陳合進，陳載永（2001）。木材回收再利用，木工家具，第 202 期，76-84。

陳駿祥 (2005)。一般家庭廢棄物政策成效之研究，碩士論文，國立中正大學政治學所。
張錫鈞，莊琇雯，王秀菁，劉懿萱，鄭宜忻 (2005)。再生家具市場消費者行為之研究，林產工業，第二十四卷第一期，23-33。

二、外文部份

Auburn Machinery, (2003). Wood recovery and value adding programs. In: 11th Rinker International Conference on Deconstruction and materials reuse, Gainesville, Florida.

Beatriz Rivela, Maria Teresa Moreira, Ivan Munoz, Joan Rieradevall, Gumersindo Feijoo, (2006). Life cycle assessment of wood wastes: A case study of ephemeral architecture, Science of the Total Environment, 357, 1-11.

Bowyer J. (1995). Wood and other raw materials for the 21st century. For Prod J 1995; 45(2), 17-24.

European Commission, (1997). Caring for our future. Action for Europe's Environment. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg, 75-78.

GIO (2007). "National Greenhouse Gas Inventory Report of JAPAN." Ministry of the Environment/ Japan Greenhouse Gas Inventory Office of Japan.

IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, Pachauri, R.K.

and Reisinger

Michanickl, A., Boehme, C, (1996). Wiedergewinnung von Spanen und Fasern aus Holzwerkstoffen (English translation: Recovery of particles and fibers from wood-based products). Sonderdruck aus HK Holzund Kunststoffverarbeitung 4/96, 50-55.

Analysing CO₂ output of the recycling waste wood furniture - an empirical study of the Chiayi County Regeneration Furniture Exhibition Center

Pen-Yuan Chen^{*}, Chia-min Chao^{**}, Po-Chuan Tsai^{***}

Abstract

This study applies data collection, participant observation and depth-interview to research the Regeneration Furniture Exhibition Center at Chiayi County. The result shows the total amount of recycled waste wood is about 4,803 tonnes in 2004 to 2008. For the greenhouse gas, recycling and reuse could effectively reduce the emission of CO_{2e} and decrease the expense which deal with the waste. It is no longer the secondary pollution caused by incineration or landfill. Through calculated, if using incineration, it will produce 7,925 tonnes of CO_{2e} and landfill will also produce 11,095 tonnes of CO_{2e}.

The recycling and reuse industry is very important for the environment protection of earth, and it has created the new business to be an emerging industry. For the environment and human, the recycling and reuse industry can reduce the pollution and energy load. This study is aimed at this issue, and summarized the interview data aggregation. We find four conclusions: 1. reducing crude wood felling to maintain ecology 2. developing the regenerate wood products market 3. positive education and promotion the concept of recycling 4. establishing the brand image and promoting the products value.

Keyword: regener furniture, greenhouse gas; recycling, co_{2e}

^{*} Assistant Professor, Department of Landscape Architecture, National Chiayi University

^{**} Assistant Professor, Graduate Institute of Environmental Management, NanHua University

^{***} Graduate student, Institute of Environmental Management, NanHua University