

國立交通大學

機械工程研究所

碩士論文

稻草固態錠型燃料螺桿擠製之成型性分析研究

Forming analysis on the screw extrusion of straw derived fuel



研究生：黃琇晶

指導教授：洪景華 教授

中華民國九十四年六月

稻草固態錠型燃料螺桿擠製之成型性分析研究

Forming analysis on the screw extrusion of straw derived fuel

研究生：黃琇晶

Student : Hsiu-Ching Huang

指導教授：洪景華 教授

Advisor : Prof. Chinghua Hung



Submitted to Institute of Mechanical Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Mechanical Engineering

June 2005

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年六月

稻草固態錠型燃料螺桿擠製之成型性分析研究

研究生：黃琇晶

指導教授：洪景華 教授

國立交通大學機械工程學系

摘要

為了解決台灣焚燒稻草的問題，本研究將廢棄物衍生燃料 (RDF-5) 的想法應用於稻草，實際利用螺桿擠製機擠製成型為燃料。

在進行螺桿擠製機擠製稻草實驗之前，先利用稻草含水率實驗，了解不同乾燥方式對稻草水分的影響，並且以經過太陽曝曬 2~3 天，含水率約 12~14% 的稻草為成型原料；另藉由稻草熱壓實驗獲得稻草最佳成型溫度為 240°C。

歸納螺桿擠製機擠製稻草實驗結果，稻草可成型的最佳條件為——稻草長度小於 10mm、稻草含水率 12~14%、成型溫度 240°C、擠製螺桿轉速 35~36rpm，另外，增加螺桿中心軸與提高模具、螺桿的表面光滑度，也都可以幫助成型。上述條件雖可有一定的成型品，但連續擠出成品之設計需求，仍有待後續之研究。

研究所得之稻草成型的最佳條件，可作為可移動式稻草固態錠型燃料製作機之概念設計依據。

Forming analysis on the screw extrusion of straw derived fuel

Student : Hsiu-Ching Huang

Adviser : Dr. Chinghua Hung

Department of Mechanical Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

In order to solve the problems caused by straw burning in Taiwan, this research uses the concept of refuse derived fuel (RDF-5) and adopts a screw extrusion machine to produce densified straw derived fuel.

Before extruding straw by the screw extrusion machine, the relationship between the moisture content of straw and different drying ways, and the suitable forming temperature range were found out via experiments. The screw extrusion experiment concludes that the significant effects upon straw forming include both the properties of straw and the parameters on forming machine. The best results occurred when the moisture content of straw is 12~14%, the length of straw is smaller than 10mm, the rotational velocity of the screw feed is 35~36rpm, and the forming temperature is 240°C. Besides, adding an mandrel on the screw as well as smoothing the surfaces of dies and the screw can also help straw forming.

A concept design of a movable forming machine for making straw derived fuel was also included in this thesis. Future research on the optimal forming parameters can help perfecting this machine for practical field usage.

誌 謝

能完成這份論文，要感謝非常多人，首先要先謝謝認識我六年的指導老師洪景華教授，願意付出耐心，不厭其煩地教導我做學問的態度與方法、關心我的生活和健康，展現屬於他溫暖熱忱的心；另外還要感謝口試委員陳仁浩、徐瑞坤、陳復國老師，對於我的研究給予許多建議和方向，讓它更加完整。

再來是要謝謝實驗室的所有成員，榮崇學長在我實驗和人生方面的教導幫助、宇中學長平常的照顧搞笑、中興學長不吝惜把桌子借我放稻草、政成學長的平易近人、維德的冷笑話和出槌、智偉的愛情事務所和電腦幫忙，還有學弟麒禎、銘傑、嘉偉、理強、彥彬、宗駿，以及暑假專題生力瑋，畢業學長姐雅雯、奇忠、建溢、志誠，大家陪我做實驗、清機器和搬稻草，幫忙我一個人做不來的事情。

另外還要感謝工研院能資所的吳佩芬小姐，提供我實驗設備與經驗；台中區農改場龍國維先生等人，以專業的態度為我分析台灣的農業狀態；幫忙我許多的還有交大機械工廠的師傅們，以及羅烈孚先生，只要碰到模具和機器的問題，他們都願意伸出援手提供我意見，也教我很多課堂上學不到的東西，必須要親手去做、累積多年才有的經驗。

最後要感謝我的家人，精神上支持我，大家也都照顧好自己，讓我沒有後顧之憂，能夠認真地唸書、做研究，而最要謝謝感恩的是我的男朋友——圓果，這麼多年來在我身邊陪我走過點點滴滴，無論是苦是樂，都願意付出耐心聆聽我的聲音，了解我的想法、照顧我，彼此相知相惜，真的很謝謝他。

祝福每個人都能夠一切平安健康順利幸福。

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 引言.....	1
1.2 稻草掩埋處理技術簡介.....	1
1.3 國外稻草處理實例與RDF-5.....	2
1.4 研究動機、目的與方法.....	4
1.5 文獻回顧.....	5
1.6 文獻參數成型條件與其影響之整理.....	6
1.7 論文章節簡述.....	7
第二章 稻草含水率實驗.....	9
2.1 實驗規劃與目的.....	9
2.2 稻草含水率之量測方法與設備.....	10
2.3 實驗結果與討論.....	11
第三章 稻草熱壓實驗.....	20
3.1 實驗設備與步驟.....	20
3.2 實驗結果與成品品質量測.....	21
3.2.1 實驗結果.....	21
3.2.2 成品品質量測.....	21

第四章 螺桿擠製機實驗	30
4.1 實驗機器設備	30
4.2 實驗內容	31
4.2.1 最初實驗階段	32
4.2.2 稻草填充模具階段(一)	32
4.2.3 稻草填充模具階段(二)	33
4.2.4 稻草成型階段	34
4.2.5 稻草連續成型階段(一)	36
4.2.6 稻草連續成型階段(二)	37
4.2.7 實驗總結	39
4.3 實驗結果對可移動式稻草固態錠型燃料製作機概念設計之 影響	39
第五章 結語與未來展望	53
5.1 結語	53
5.2 未來展望	54
參考文獻	56
附錄一	58
附錄二	76
專利分析摘要表	78

圖目錄

圖 2.2.1 量測稻草含水率的設備	17
圖 2.2.2 實驗稻草長度(mm).....	17
圖 2.3.1 稻草含水率第一項第一組實驗統計圖	18
圖 2.3.2 稻草含水率第一項第二組實驗統計圖	18
圖 2.3.3 稻草含水率第二項第一組實驗統計圖	19
圖 2.3.4 稻草含水率第二項第二組實驗統計圖	19
圖 3.1.1 稻草熱壓實驗之設備	25
圖 3.2.1 不同溫度下的熱壓成品	25
圖 3.2.2 碳化嚴重的成品	26
圖 3.2.3 成品剝開狀	26
圖 3.2.4 230°C 熱壓過程之圖形	27
圖 3.2.5 成品瀝乾狀	28
圖 3.2.6 成品泡水結果	28
圖 3.2.7 強度檢測.....	29
圖 3.2.8 強度檢測之荷重對時間圖	29
圖 3.2.9 溫度 250°C 熱壓成品之底部	29
圖 4.1 破碎機.....	43
圖 4.1.1 螺桿擠製機	43
圖 4.1.2 供料螺桿.....	43
圖 4.1.3 螺桿.....	44
圖 4.1.4 螺桿壓縮比之定義	44
圖 4.1.5 模具側面圖	44
圖 4.1.6 多孔洞與單一孔洞模具	45

圖 4.1.7 螺桿擠製機溫度控制	45
圖 4.2.1 機器阻塞情形	46
圖 4.2.2 最初實驗之擠出成品	46
圖 4.2.3 螺桿表面的磨損	47
圖 4.2.4 由標號 9 模具所清出的稻草燃料	47
圖 4.2.5 多孔洞模具擠出成品	48
圖 4.2.6 稻草長度與破碎次數	49
圖 4.2.7 不同稻草長度的填充能力	49
圖 4.2.8 硬塊.....	49
圖 4.2.9 模具加長L段；左為 25mm，右為 15mm	50
圖 4.2.10 螺桿中心軸	50
圖 4.2.11 連續成型之稻草固態錠型燃料	50
圖 4.2.12 稻草 9.5% 含水率，由模具清出.....	50
圖 4.2.13 不同溫度與不同進料速度的實驗結果	51
圖 4.3.1 稻殼炭製造機	52

表目錄

表 2.1.1 稻草含水率實驗規劃	13
表 2.1.2 不同條件的稻草	14
表 2.3.1 稻草含水率第一項第一組實驗數據	14
表 2.3.2 稻草含水率第一項第二組實驗數據	15
表 2.3.3 稻草含水率第二項第一組實驗數據	15
表 2.3.4 稻草含水率第二項第二組實驗數據	16
表 2.3.5 稻草含水率第三項實驗數據	16
表 3.1 稻草的典型成分	23
表 3.2.1 成品密度.....	23
表 3.2.2 泡水檢測.....	24
表 3.2.3 強度檢測.....	24
表 4.1.1 多孔洞模具規格	40
表 4.1.2 單一孔洞模具規格	41
表 4.2.1 實驗規劃.....	41
表 4.2.2 不同成型溫度搭配不同進料速度的實驗結果	42

第一章 緒論

1.1 引言

台灣地處亞熱帶，雨水豐沛、高溫多濕，適合水稻生長，全島整年無霜期長，目前灌溉系統相當完善，栽培早熟及中熟品種一年可收穫兩次(高屏地區甚至年可三穫)，又水稻不忌連作，故大部分地區稻米栽培皆有連續兩期作栽培的制度；台灣於 1980 年後因政策修改，稻米生產以品質為考慮要點，栽培面積逐年降低至今約 32 萬餘公頃，不過目前仍是我國最重要的糧食作物。

稻草為生產稻穀的副產品，產量與稻穀相近，一年約 200 萬公噸，以往以回收再利用的方式，將其處理掉，例如作成稻草人、繩索、草袋、紙張，或是拿來敷蓋屋頂、運送到日本作成榻榻米，或者變成動物飼料、肥料、栽培介質等等，避免農民進行下期插秧前的引水進田，因稻草浮露土表，帶來排水溝堵塞及秧苗被覆蓋等問題。

近年來農村人口老化、勞力不足，以及稻草用途減少或被取代，所以農民直接將稻草焚燒掉，導致每年收割期 7~8 月以及 10~11 月空氣污染嚴重，危害交通秩序與人體健康；此問題存在將近 20 年，現今雖已訂定法規處罰這樣的行為，和實施「稻草掩埋處理技術」將稻草還田，但仍然無法約束農民。

1.2 稻草掩埋處理技術簡介

在稻田收穫時，可利用聯合收穫機附掛切割機將稻草切成 6~9 公分，均勻散落於田面，待其曬乾後(約 2 天)以迴轉犁拌入土中，約 20 天後逐漸分解，釋放出氮、磷，鉀與各種微量元素；台中區農業

改良場分析，每公頃稻草含氮量約 28 公斤、磷酐 10 公斤、氧化鉀 63 公斤及大量矽等，這些養分有助水稻增產，並且能夠改善土壤的物理與膠體性質、增加土壤總孔隙度和降低土壤容量，有益微生物的繁殖，可謂最天然最有價值的有機質資源。

實施稻草掩埋處理作業時，有以下注意事項：

1. 稻草掩埋後要有足夠的時間讓其分解，一般是掩埋後保持旱田狀態兩週，避免積水產生有機酸等物質。
2. 在排水不良的土壤或期作間隔太短時不宜採行。
3. 酸性土壤掩埋稻草時，要配合施用石灰資材，更可改善土壤理化性質。
4. 在病蟲害發生嚴重的地區或期作，不宜實施就地掩埋作業。
5. 稻草掩埋入土後，初期由於微生物分解時會掠奪土壤中的氮素，可能影響下一期作物的生長，因此施用基肥時可增施氮肥。

對於此技術和注意事項，許多農民指出，在第一期收割結束後時常無法進行，因緊接開始第二期插秧，稻草沒有足夠的時間分解，其長纖維便容易損傷耕作機器，若是又必須自行出錢請人及機器來作業，就更不願意配合。

1.3 國外稻草處理實例與 RDF-5

凡生產稻米的國家，絕大部分與台灣相同，避免不了因經濟發展而產生的稻草問題；以下介紹國外處理稻草的方式。

1. 作成手工藝品，像是草蓆草帽。
2. 作成磚塊、排水系統保護墊、賽車場防護墊、燃燒棒填充物。
3. 英國、美國、加拿大、澳洲、日本、中國大陸把稻草作為樹

根基部覆蓋、堆肥、昆蟲培養、菇類栽培、動物鋪墊、霜害控制。

4. 西班牙[16]設立了一家一年可處理 500 噸稻草的處理廠，輾碎稻草加入泥漿，經淨化後與其他有機化學物質混合，製成有機肥料。
5. 在化學用途上，有水解分解、合作氣體、酒精及纖維板製造。
6. 美國一位何查波教授[17]以生物及化學的方法，將各種廢棄物包含稻草，轉變成動物飼料、有機酸、酮及酒精等的產品。
7. 加拿大建立農林業廢棄物再利用的工廠，每天生產 2 公噸生化燃料的熱能。
8. 英國[18]有專門燃燒穀類草桿的發電廠，草桿來源為半徑 50 英里的農田，發電能量為 36MW，以及利用螺桿擠製農林業廢棄物作成空心磚狀燃料。

第 7、8 點——回收生質能變成燃料，生質能包括大量的植物，其能源主要是由太陽能的光合作用提供或藉由化學分解等，轉變成為可燃燒的能源來源——這種作法可歸屬至廢棄物衍生燃料(Refuse Derived Fuel-5，RDF-5)的範疇裡。

美國ASTM協會將RDF的種類分為七大類，依次為RDF-1~RDF-7，其中RDF-5係指廢棄物如事業、家庭與農業廢棄物，經破碎、乾燥、分選、除臭、調配、造粒等過程，製成固態錠型燃料，其主要特性為大小和熱值均勻(約為煤的 2/3)、易於運輸及儲存，在常溫下可儲存 6~12 個月都不會腐敗，並且可作為主要燃料，或者與燃煤混燒應用於機械床式的鍋爐、流體化床鍋爐及發電鍋爐等[19]。

RDF-5 在亞洲地區尤其盛行，如日本、中國大陸、印度等，美國

則多以RDF-2、RDF-3為主，目前日本已有56座實廠運轉中，並設有專燒RDF-5之發電廠5座，總處理量每日可達2193公噸。我國也努力朝此方向邁進，工研院能資所自89年度起進行「廢棄物能源利用技術開發與推廣」五年計劃，並在花蓮縣豐濱鄉興建全國第一座再生燃料示範廠，於93年6月24日正式啟用，每小時可處理1噸家庭垃圾[20]。

1.4 研究動機、目的與方法

稻草屬於生質能，能夠以RDF-5的概念回收後再製成燃料，對於日常生活型態以大量生產、大量消費、大量廢棄的方式進行，導致自然資源銳減，環境負荷壓力不斷增加，追求永續發展的台灣，更為重要；不過我國因稻田面積不如國外集中與廣大，若學習國外在主要農業大縣建立製作燃料工廠，除了造成附近居民排斥外，運送費用也不合經濟效益，因此，可將其轉換為一台可移動式的機器，直接開往稻田進行稻草燃料製作，節省空間上的運用。本研究將此機器定名為「可移動式稻草固態錠型燃料製作機」，以下簡稱「製作機」。

製作機目前在台灣尚未生產，屬於新環保概念，且甚少相關資料可供查詢，所以本研究希望藉以一成型設備製作稻草燃料，探討稻草成型過程，解決國內無法善用稻草的問題，而至於燃料的品質要求，除本文1.3章節中提到國外RDF-5的主要特性外，其餘文獻中並未獲得相關資訊，因此，本文對其要求為不易膨脹散開與長蟲發霉、表面略有碳化、光滑且少裂痕。

研究方法以下分項敘述：

1. 針對關鍵字及適時調整搜索條件，檢閱收集海內外關於

RDF-5 機之專利、相關文獻及論文，進行分析和整理，以幫助了解國內外技術的分佈狀況。

2. 進行稻草含水率實驗，瞭解稻草收割後水分的變化。
3. 利用一成型設備——螺桿擠製機，進行製作稻草燃料實驗，以不更動稻草本身之物性為前提，判別各項參數對成型的影響，及找出可成型的條件。
4. 進行稻草熱壓實驗，提供螺桿擠製機實驗成型溫度的設定。

1.5 文獻回顧

目前製作成燃料的原料多為非稻草的農業廢棄物或都市垃圾，因此在文獻回顧方面，主要參考其成型設備與條件。

Li 和 Liu[1]以上下擠桿擠壓不同長度的木材，過程中不加熱、不添加任何黏著劑，原料最佳含水率為 8%，可成型範圍在 5~12%；文中有說明木材不以乾燥設備達到 8% 含水率的方法，以及成品品質量測的規範。Li 等人[2]也以上下擠桿擠壓都市垃圾，將紙類、木材和塑膠等依不同比例混合，製作過程中若有添加塑膠類製品，則其他原料含水率高達 20% 依然可成型。Reiterer 和 Stanzl-Tschegg[3]在木材纖維三個不同方向上進行擠壓實驗，結果在垂直年輪的方向，有最大的壓縮量。

Wamukonya 和 Jfnkins[4]利用液壓擠壓農業廢棄物與木材，當原料單純為小麥桿時，成品保存期限最短，若添加木材屑，則燃料強度會提高。Chin 和 Siddiqui[5]同樣以液壓擠壓農業廢棄物，使用的黏著劑有糖漿和澱粉類，不過對稻殼而言，最好的黏著劑是水。Karve 等人[6]先將廢棄甘蔗碳化磨成粉，加入漿糊狀的廢棄穀粒與水，揉成

麵糰後，再以人工轉動螺桿擠壓成棒狀燃料，經兩天曝曬乾燥便可使用。

Grover和Mishra[7]討論回收生質能作成燃料的技術；在印度主要使用擠桿，原料可成型含水率在 10~15%，耗電量較螺桿小；螺桿可連續成型，但缺點為螺桿磨損大，原料最佳長度 6~8mm、含水率限定在 8~9%，成型過程溫度不可超過 300°C，成型原理是原料在機器內摩擦產生局部的熱使其蒸發出水氣，水氣在高壓下水解原料成分中的半纖維素、木質素等，成為小分子的碳水化合物、醣、和其他衍生物，這些小分子在模具中受到加熱與壓力便成為黏著劑幫助成型。West Virginia University[8]提出兩種方法—螺桿與擠桿，來擠壓長度 <0.635cm、含水率 <10% 的木材，結果螺桿成型壓力小於擠桿、成品密度大於擠桿，成型原理為螺桿藉由木材成分中的木質素在 204.4°C 時，會軟化產生黏著力，進而加壓成型，擠桿則單純倚靠壓力壓縮，不過擠桿的產量較螺桿多；Granada 等人[9]將含有木質素的廢棄物以液壓成型，探討實驗參數對成品密度、燃燒效能等的影響。

唯一一篇原料單純為稻草的文獻是由張等人[10]提出，為避免螺桿嚴重磨損嚴重，利用特製的高強度螺桿來擠製稻草，成型原理同樣與稻草含有木質素受熱軟化有關，所以溫度控制在 220~260°C，稻草含水率 8%、長度 <10mm，不添加黏著劑，而稻草因纖維素與木質素的含量不高、灰份大熱值低，因此不適合碳化成木炭。

1.6 文獻參數成型條件與其影響之整理

本研究的成型設備為螺桿擠製機，挑出同樣的文獻，其原料條件含水率皆 <10%、長度 <10mm，成型溫度在 200~300°C，成型原理皆

與原料成份中的木質素有關；成型設備為擠桿或液壓的文獻，除成型原理與螺桿不同外，部分須添加黏著劑，原料含水率可大於 10%，沒有限定成型溫度。

各參數對成型之影響如下：

1. 原料含水率

- i. 過高：燃料成品密度低、生產燃料速度下降、磨損機器、過熱產生大量水氣，造成表面裂開，嚴重會發生爆鳴。
- ii. 過低：易吸收水分、成型困難、燃料脆性高。

2. 原料長度

- i. 過長：易在模具入口阻塞、使螺桿無法傳送、造成機器卡料、乾燥需時長、燃料成品表面不光滑。
- ii. 過短：呈粉體或短於 1mm 時，本身密度低、黏著力太強。

3. 成型溫度：加熱主要可以使原料結構軟化，減小與機器之間的阻力和摩擦，並影響燃料密度、強度。

- i. 過高：原料分解嚴重、碳化大。
- ii. 過低：不足以使木質素軟化、加大原料與模具之間的摩擦，使模具阻塞、生產燃料速度下降、機器功率消耗大。

1.7 論文章節簡述

由第二章開始延續至第四章，都以實驗為主，依序為稻草含水率實驗、稻草熱壓實驗、螺桿擠製機實驗，最後第五章則以結語及未來展望作為本文之結束。

另外，本文附錄一收錄個人經由實驗得到稻草燃料的成型資料後，整合整體流程，依系統設計所完成的可移動式稻草固態錠型燃料

製作機之 QFD、概念設計等詳細內容。附錄二為稻草含水率實驗中含水率的量測方法；專利則整理收錄在專利分析摘要中，以供讀者參考比較。



第二章 稻草含水率實驗

水稻生長過程中，灌溉佔大多數時間，由根表吸收水分，經皮層的最內一層細胞內皮，移至中心柱，再由中心柱內成放射狀分布的維管束輸送到莖、葉部分[13]，經實驗證明剛收割取下稻穀的稻草，含水率可達 70%。

由文獻原料最佳含水率與對成型的影響，稻草 70% 的含水率著實過高，因此本實驗主要目的是降低稻草含水率。

2.1 實驗規劃與目的

在降低稻草含水率為前提之下，實驗中將利用兩種乾燥方式減少水分，一為烘箱烘烤，二為自然乾燥，理由在於收割後的稻草可以經由機器乾燥設備，或置於稻田中曝曬來減少含水量；不過兩者優缺點恰巧相反，機器乾燥較易控制含水率，但須支出能源，而田中曝曬雖不需額外能源，卻因無法掌控天候、土壤的濕潤，使稻草含水率變化大。因此，規劃三大項實驗(表 2.1.1)，依照不同條件的原料稻草(表 2.1.2)再細分成小組，探討這兩種乾燥方式降低稻草含水率的差異，各項實驗目的依序如下：

1. 比較剛收割與在稻田中曝曬過的稻草，兩者以烘箱烘烤含水率降低的情形。
2. 將文獻 1 提到降低含水率 40% 以上的稻草至 8% 之方法，運用在剛收割的稻草上，藉此模擬稻草在稻田中曝曬乾燥的情形，與觀察含水率的變化。
3. 尋找另一種使稻草含水率變成 8% 的方法

2.2 稻草含水率之量測方法與設備

市面上有販售專門量測稻草含水率的儀器，品名為稻草水分計，當水分計的探針插入待量測的稻草堆內時，便能夠立即顯示出含水率，主要原理是利用樣本含水量與其電導度相對變化的關係，誤差值隨操作環境和方法而不同，可測試範圍在 8~40%，由於價格不菲，因此沒有購買使用。

行政院環境保護署環檢所提供的檢測法中，有一項「一般廢棄物(垃圾)水分測定方法」(附錄二)為工研院能資所潔淨能源技術組生質能研究室量測 RDF-5 原料含水率的方法，本研究同樣沿用它來測定稻草含水率。

不過，在第一項實驗中，因「一般廢棄物(垃圾)水分測定方法」無法在短時間內將剛由烘箱拿出的稻草量測完畢，再立即放入烘箱內烘烤，所以自行設定方法，內容如下：

1. 裝置稻草的容器為一小鐵杯，假設鐵杯重量(W_I)在烘烤前後改變不大。
2. 稻草樣本裝進鐵杯，置入分析天平後，維持五分鐘讀得稻草樣本加鐵杯共重(W_O)，則稻草樣本原重 $W_O - W_I$ 。
3. 將裝有稻草樣本的鐵杯放進烘箱內烘烤，達取出時間時，取出便馬上置入分析天平，得到稻草樣本加鐵杯重(W_F)，則稻草樣本後重 $W_F - W_I$ 。
4. 計算稻草含水率 = $(W_O - W_I) - (W_F - W_I) / (W_O - W_I) \times 100\%$
 $= (W_O - W_F) / (W_O - W_I) \times 100\%$

實驗使用的儀器設備有，Deng yng製造，型號D060 的烘箱、德國Sartorius Ag Gottingen製造，型號B120S的分析天平、工研院能資所

提供的乾燥器和坩鍋，如圖 2.2.1；原料稻草的長度，則是以人工剪斷稻草原長達到(圖 2.2.2)。

2.3 實驗結果與討論

第一項實驗數據與圖表，見表 2.3.1、2.3.2 與圖 2.3.1、2.3.2，歸納以下重點：

1. 圖 2.3.1 為已在稻田中曝曬過的稻草，於烘箱內烘烤時間與水分散失的對照圖。
2. 圖 2.3.1 其斜率一開始相當大，稻草烘烤 20 分鐘已散失 2/3 以上的水分，且約在第 8 分鐘降至含水率 8%。
3. 表 2.3.2，剛收割的稻草在烘烤 40 分鐘後才開始取得數據記錄之原因，在於前 40 分鐘稻草烘烤失去的水分與取出量測時吸收的水分無法達到一平衡。
4. 稻草在烘箱內烘烤時間越久，剩餘越少水分時，取出量測誤差頻率越高，因量測時所吸收空氣中的水分，容易多於和前一次量測之間，在烘箱內烘烤時所散失的水分。
5. 剛收割的稻草(原含水率約 67%)，和已在稻田中曝曬的稻草(原含水率約 15%)，利用烘箱降低含水率至 8%，前者的乾燥時間約為後者的 8 倍，花費的電力相差甚大。

第二項實驗數據與圖表，見表 2.3.3、2.3.4 與圖 2.3.3、2.3.4，歸納以下重點：

1. 由第一組實驗發現，稻草被蒸發的水分因靜置時間越長而越多，約在五天後逐漸達到一平衡含水率(12~14%)。
2. 第二組實驗稻草長度在 4~8mm，靜置一天後，其含水率便降

至 8~10%，但也明顯受到空氣濕度的影響。

3. 靜置地點有陽光，無論稻草長短，其水分的減少比無陽光處多。
4. 越短的稻草，無論靜置地點有無陽光，其水分的減少越多。
5. 兩組實驗靜置後的含水率皆無法達到文獻 1 的 8%，推判原因為靜置環境不同與文獻原料為木材。
6. 假設成型含水率為 6~10%，則剛收割的稻草先剪短長度至 4~8mm 後，再於稻田中曝曬 1~2 天(無下雨)，則可馬上作為原料，不需額外乾燥。

第三項實驗數據，見表 2.3.5，歸納以下重點：

4. 將接近全乾的稻草靜置一天，吸收空氣中的水分，含水率可達到 8~9%。
5. 雖然稻草在兩種長度下含水率相差不大，但較短的稻草依舊偏低，沒有呈現吸收較多空氣中水分的情形，與高含水率稻草靜置降低水分的狀態相同，推判原因有以下幾點：
 - i. 烘箱取出進全乾的稻草，較短者含水率還是較低。
 - ii. 較長稻草吸收水分後較不易蒸發。

由以上實驗了解，台灣天候潮濕多雨，稻草不容易一直保持自然乾燥的狀態，若必須在低含水率才能夠成型，如文獻 8%，則可移動式稻草固態錠型燃料製作機備有乾燥設備機會大，除非放寬含水率的限制，或是先在稻田中曝曬再乾燥，才能夠減少或免除能源的支出。

表 2.1.1 稻草含水率實驗規劃

項目	實驗內容	組別	
1	將長度約 4~8mm 的稻草，置於烘箱溫度 150°C 內烘烤，在設定時間下取出量測含水率，量測結束放入烘箱繼續烘烤，觀察不同烘烤時間帶來的變化。	i	使用第一類稻草
		ii	使用第二類稻草
2	將剛收割下來的稻草，靜置在不同地點： a. 通風，無陽光處 b. 通風，有陽光處 在設定天數下量測當天稻草的含水率，觀察不同靜置天數，含水率的變化。	i	使用第四類 A 稻草，兩種長度：20~40mm 與 60~90mm
		ii	使用第四類 A、B 稻草，長度為 4~8mm
3	將經過烘烤 3 天的稻草靜置於通風處，在設定天數下量測當天稻草的含水率，觀察不同靜置天數，含水率的變化，共實驗兩次。	使用第四類 A 稻草，兩種長度：20~40mm 與 60~90mm	

表 2.1.2 不同條件的稻草

稻草	敘述
第一類	92 年第二期經太陽曝曬後留下的稻草，稻種是第 14 號水稻，含水率約 14~16%，來源為新竹市延平路二段附近的水稻。
第二類	93 年第一期(七月中旬)剛收割的稻草，含水率約 67%，來源同第一類。
第三類	將第二類稻草扎成捆，豎立在田間曝曬 2~3 天，含水率約 12~14%。
第四類	93 年 4 月收割後留下的再生稻，生長至 8 月割下，稻種是秈稻 10 號，來源為台南縣仁德鄉中洲村附近；依熟度分成兩種： A. 較熟偏黃的稻草，含水率約 71% B. 較青的稻草，含水率約 65%

表 2.3.1 稻草含水率第一項第一組實驗數據

烘烤時間(分)	稻草散失的含水率(%)	烘烤時間(分)	稻草散失的含水率(%)
5	4.7	180	11.352
10	8.362	240	11.431
15	10.106	300	11.744
20	10.617	360	11.705
25	10.2	420	11.925
30	10.528	480	11.781
40	10.84	1380 (23hr)	12.727
50	10.878	1680	12.973
60 (1hr)	10.88	1920	13.072
70	11.107	2850	14.205
80	11.043	3120	14.178
90	11.221	3360	14.329
120	11.061	4320 (72hr)	14.887

表 2.3.2 稻草含水率第一項第二組實驗數據

烘烤時間(分)	稻草散失的含水率(%)	烘烤時間(分)	稻草散失的含水率(%)
40	52.559	60 (1hr)	59.279
45	54.296	65	59.79
50	52.346	70	63.591
55	56.829	75	64.065

表 2.3.3 稻草含水率第二項第一組實驗數據

放置地點	靜置天數 vs. 量測當天的空氣溼度	稻草長度(mm)	稻草含水率(%)	
a	1 (67%)	60~90	43.344	
		20~40	45.799	
	2 (81%)	60~90	31.681	
		20~40	23.151	
	3 (76%)	60~90	18.747	
		20~40	15.192	
	5 (80%)	60~90	16.117	
		20~40	14.799	
	9 (81%)	60~90	14.627	
		20~40	14.617	
	b	1	60~90	39.195
			20~40	37.879
2		60~90	31.825	
		20~40	22.683	
3		60~90	16.014	
		20~40	11.573	
5		60~90	13.13	
		20~40	12.692	
9		60~90	12.596	
		20~40	12.519	

表 2.3.4 稻草含水率第二項第二組實驗數據

放置地點	靜置天數 vs. 量測當天的空氣溼度	稻草成熟度	稻草含水率(%)
a	1(61%)	A	10.342
		B	10.48
	2(67%)	A	10.974
		B	11.17
	3(76%)	A	12.271
		B	X
	5(68%)	A	11.347
		B	11.618
	7(77%)	A	12.551
		B	13.125
b	1	A	8.861
		B	9.397
	2	A	9.866
		B	9.919
	3	A	12.495
		B	12.95
	5	A	10.428
		B	11.052
	7	A	12.073
		B	12.485

表 2.3.5 稻草含水率第三項實驗數據

靜置天數	稻草長度	第一次實驗稻草的含水率(%)	第二次實驗稻草的含水率(%)
1	60~90	8.478	X
	20~40	8.301	
2	60~90	11.286	11.791
	20~40	10.946	11.708
3	60~90	10.047	12.826
	20~40	9.856	12.686
6	60~90	X	12.471
	20~40		12.401



(a)烘箱



(b)分析天平



(c)干燥器



(e)坩鍋

圖 2.2.1 量測稻草含水率的設備



(a)4~8



(b)20~40



(c)60~90

圖 2.2.2 實驗稻草長度(mm)

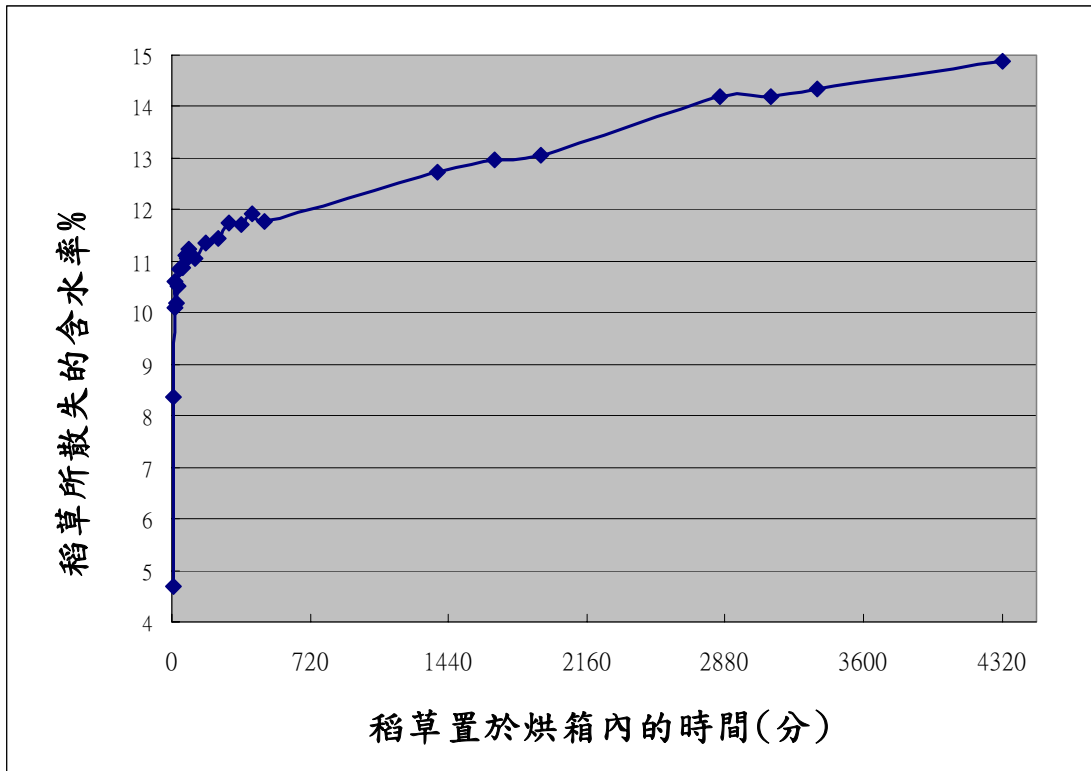


圖 2.3.1 稻草含水率第一項第一組實驗統計圖

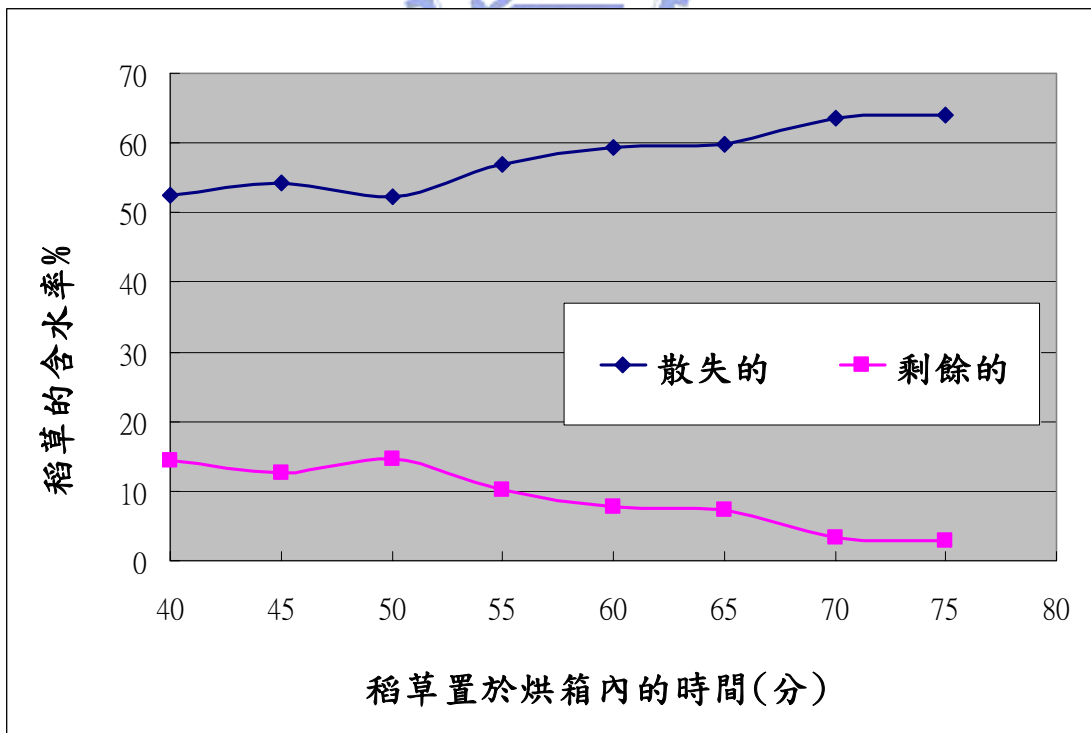


圖 2.3.2 稻草含水率第一項第二組實驗統計圖

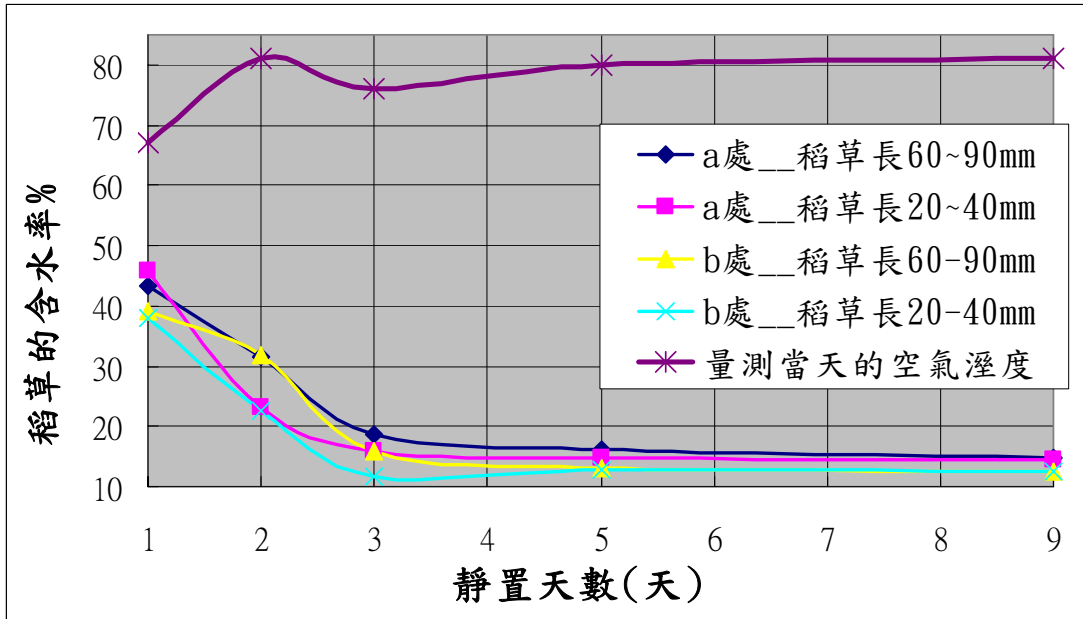


圖 2.3.3 稻草含水率第二項第一組實驗統計圖

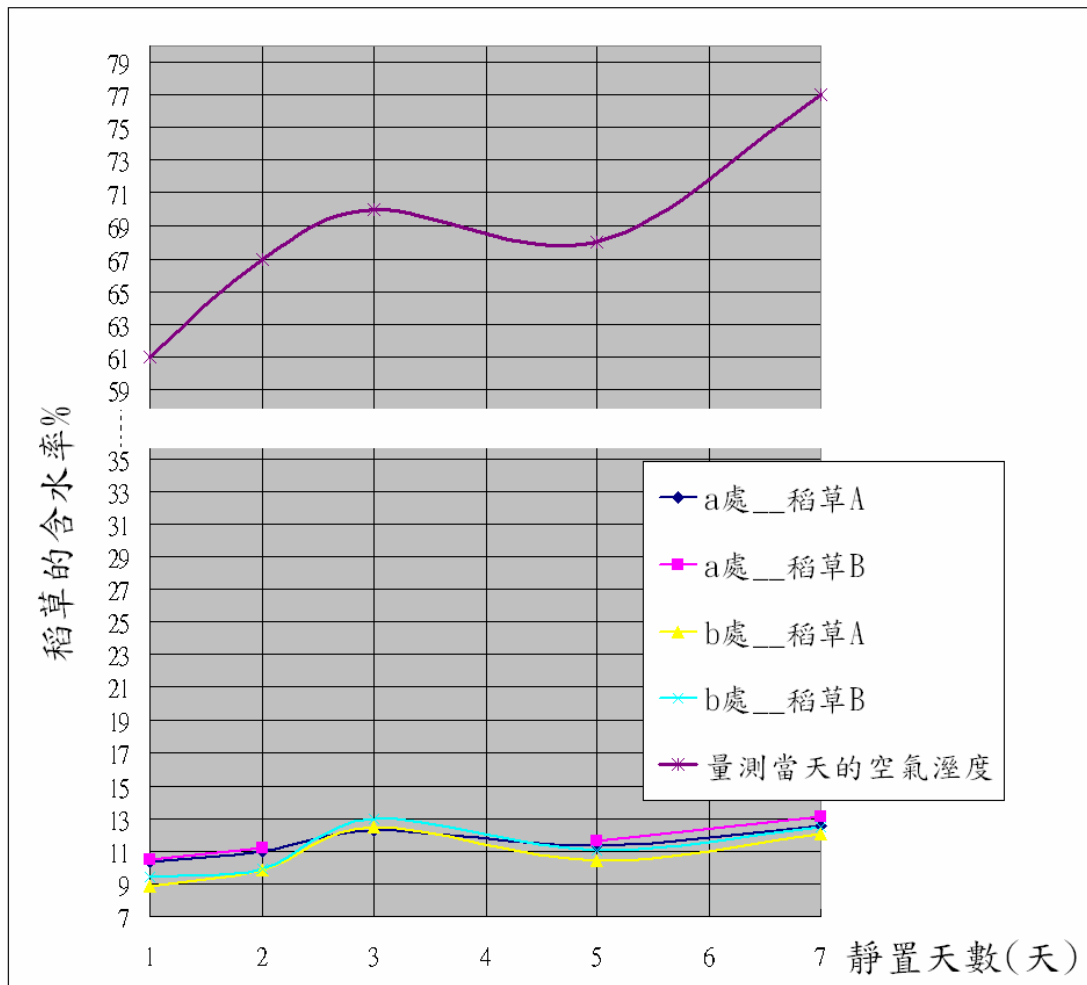


圖 2.3.4 稻草含水率第二項第二組實驗統計圖

第三章 稻草熱壓實驗

由文獻得知，成型含有木質素的生質能時，溫度為一重要參數，稻草成分(表 3.1)中同樣含有木質素，因此先藉由熱壓實驗來探討溫度對其成型的影響。

3.1 實驗設備與步驟

實驗主要設備為本實驗室自行設計再委外製造的熱壓實驗專用機，由材料壓縮試驗機、上下加熱板與隔熱板、溫度控制器等組成(圖 3.1.1(a))，最高荷重與溫度分別為 2000 公斤及 $500\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；實驗中採用定荷重 1000 公斤(速度 400Kg/min)之設定，溫度分別加熱至 190、210、230 與 250°C ，以熱電偶(thermal couple)量控。

其他配備如圖 3.1.1(b)，左為負責壓縮稻草的擠桿，右為負責盛裝稻草的盛錠筒，其內徑為 50mm、中空圓柱狀，放置在下加熱板上加熱，因熱電偶黏貼在盛錠筒上之位置，不在接觸稻草的內徑壁上，使稻草真正受熱溫度高於預定值。

實驗步驟如下：

1. 將盛錠筒加熱至預定溫度，倒入固定重量 16.5g、長度 4~8mm、含水率 12~14%的稻草。
2. 擠桿放入盛錠筒中，使稻草自然受壓下陷。
3. 下降上加熱板，接觸到擠桿後開始施壓；當荷重至 1000 公斤時，進行保持壓力 50 秒。
4. 完成熱壓稻草實驗，取出成品。

3.2 實驗結果與成品品質量測

3.2.1 實驗結果

成品為直徑 50mm 圓柱狀(圖 3.2.1)，在厚度上的比較，以 250°C 為最薄，其餘相差不大，而外表由 230°C 出現褐色，250°C 為黑褐色略有碳化，證明溫度倘若越高，稻草碳化現象越加嚴重，也提高脆性(圖 3.2.2)。

將成品剝開可發現，經由熱壓後一層層堆疊的稻草，聯結方式的確受到溫度的影響，如圖 3.2.3 中 230°C 較 190°C 為密實，稍微帶有木質素軟化受壓黏合的效果，不單純只因壓力而成塊狀。

四個不同溫度在熱壓過程中所擷取的位移對時間、荷重對位移的圖形，趨勢與數值幾乎相同，因此以 230°C 為代表(圖 3.2.4)，圖中位移的改變乘上盛錠筒內徑的面積，即稻草被壓縮的體積，可發現稻草不但壓縮能力極強，其所需的力量也因壓縮量越多而越大。

3.2.2 成品品質量測

品質量測內容如下：

1. 密度：由熱壓機取出成品後，常溫下分別放置 2 分鐘與 7 天，記錄其重量、體積變化，並計算密度，結果如表 3.2.1。
2. 泡水檢測：成品取出放置常溫下 1 天後，浸泡在水中 10 分鐘，然後拿出置於鐵網上瀝乾 5 分鐘(圖 3.2.5)，量取剩下的水重，結果如圖 3.2.6、表 3.2.2。
3. 強度檢測：使用廠商為弘達儀器有限公司的電腦式伺服控制材料試驗機，在定位移 15mm、定速率 2mm/min 下，搭配自

行製作的配件，壓斷成品測試強度(圖 3.2.7)，結果如圖 3.2.8、表 3.2.3。

針對品質測結果進行討論：

1. 在熱壓過程中，由於稻草所含水份會蒸發，因此樣本 1 和 2 成品取出後 2 分鐘的重量，由大到小之溫度分別為 190、210、230°C。
2. 樣本 3 在溫度 210°C 取出後 2 分鐘較 230°C 少之原因，可能為稻草倒入盛錠筒時有些許掉落出。
3. 在 250°C 稻草即將完成熱壓時，靠近下加熱板的稻草因承受高溫高壓，容易從下加熱板與盛錠筒之間的縫隙中噴爆出來，使成品底部產生破裂(圖 3.2.9)、重量減少。
4. 樣本 1 取出後 2 分鐘，在厚度相同的條件下(即體積相同)，密度由大到小分別為 190、210、230°C。
5. 因成品吸收空氣中水分，所以取出後 7 天重量上升，以 190°C 為最大，並且唯有 190°C 厚度增加，亦即體積膨脹。
6. 成品放置天數不同，密度也會隨之改變。
7. 泡水檢測發現溫度越低，所壓出的成品緻密度越低，越容易吸收水分。
8. 強度檢測結果以 230°C 熱壓出的成品強度最強，其次為 210°C，而 250°C 最脆。

由以上的結果，確定溫度不論是對成型好壞或成品保存期限，都存在影響，而以 230°C 為最佳熱壓溫度，此溫度落在文獻 10 最佳成型溫度(220~260°C)的範圍內，不過稻草真正受熱溫度應稍高於 230°C，所以在第四章螺桿擠製機實驗中，斟酌設定成型溫度為 240°C。

表 3.1 稻草的典型成分

成分	碳	氮	半纖維素	纖維素	木質素
比例(%)	41.3	0.81	24.7	20.6	7.7

表 3.2.1 成品密度

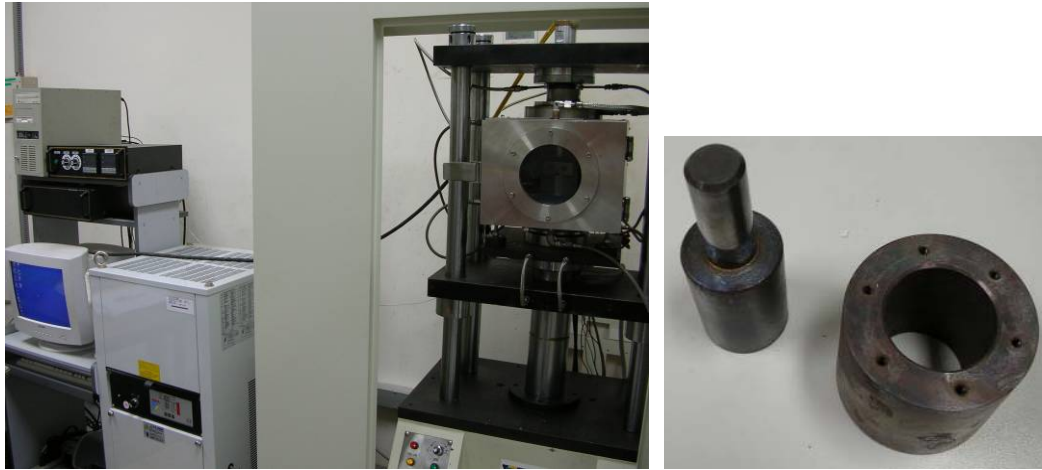
成品量取時間	成品資料	樣本	溫度			
			190°C	210°C	230°C	250°C
取出後 2 分鐘	重量(g)	1	14.5	14.1	13.5	稻草噴出
		2	14.7	14.6	12.9	
		3	14.5	12.7	13.6	9.9
	厚度(mm)	1	10	10	10	5
		2	10.5	10	8	5
		3	10	9	9	7
	密度($\times 10^{-4} \text{ g/mm}^3$)	1	7.38	7.18	6.88	
		2	7.13	7.44	8.21	
		3	7.38	7.19	7.7	7.2
取出後 7 天	重量(g)	3	15.7	13.6	14.4	10.4
	厚度(mm)		11	9	9	7
	密度($\times 10^{-4} \text{ g/mm}^3$)		6.72	7.25	7.99	7.42

表 3.2.2 泡水檢測

溫度		190°C	210°C	230°C	250°C
實驗資料					
原水重(g)		262.3	268.6	268	257
後來水重(g)		216.5	258.8	265.6	255.1
成品吸收的水重(g)		45.8	9.8	2.4	1.9
成品體積變化(mm)	直徑	27.5	27	25.5	25.25
	厚度	25	15	10	5
成品外觀		膨脹嚴重	膨脹	僅表面潮濕	僅表面潮濕

表 3.2.3 強度檢測

萬能材料試驗機	樣本	溫度(°C)			
		190	210	230	250
最大壓斷力量(Kg)	1	19.42	22.1	31.28	12.58
	2	15.78	22.46	30.92	11.5



(a)熱壓機

(b)擠桿與盛錠筒

圖 3.1.1 稻草熱壓實驗之設備

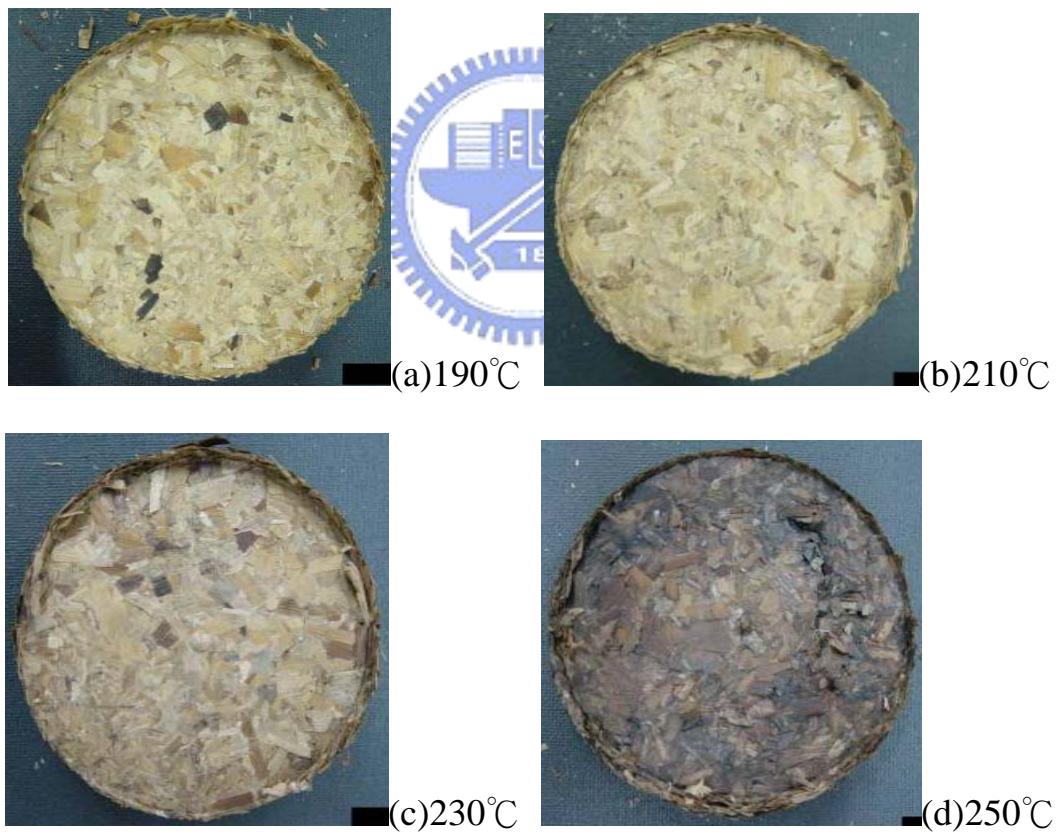


圖 3.2.1 不同溫度下的熱壓成品



圖 3.2.2 碳化嚴重的成品

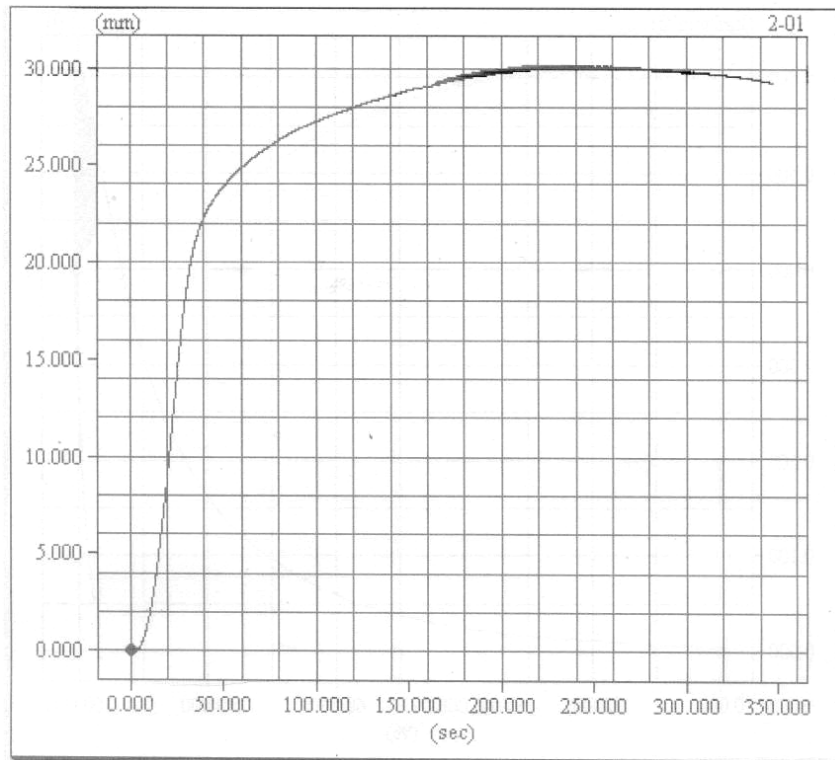


(a)190°C

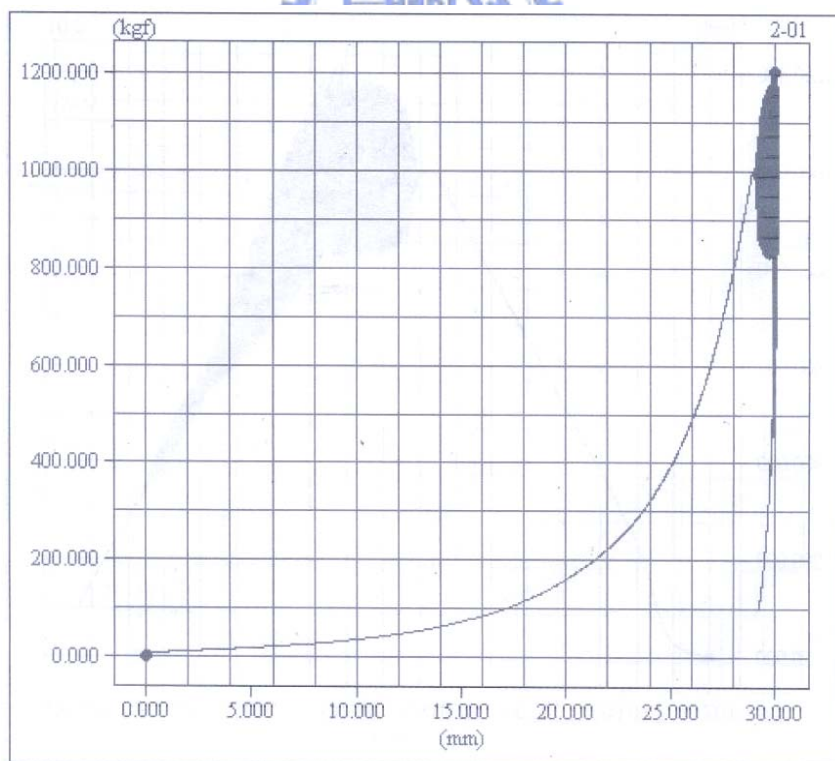


(b)230°C

圖 3.2.3 成品剝開狀



(a) 位移 vs. 時間



(b) 荷重 vs. 位移

圖 3.2.4 230°C 熱壓過程之圖形



圖 3.2.5 成品瀝乾狀

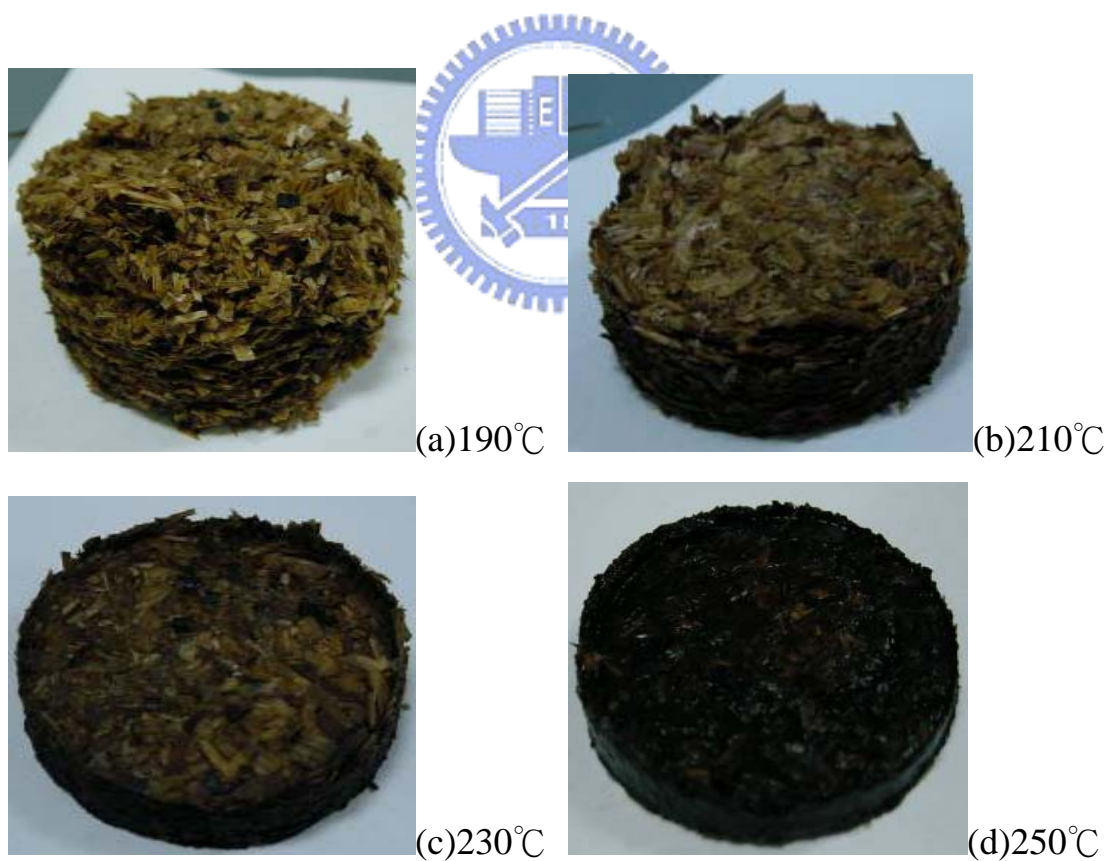


圖 3.2.6 成品泡水結果

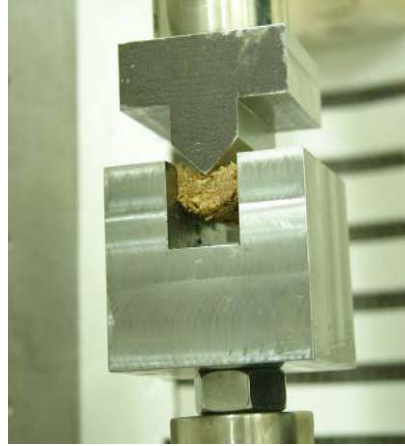


圖 3.2.7 強度檢測

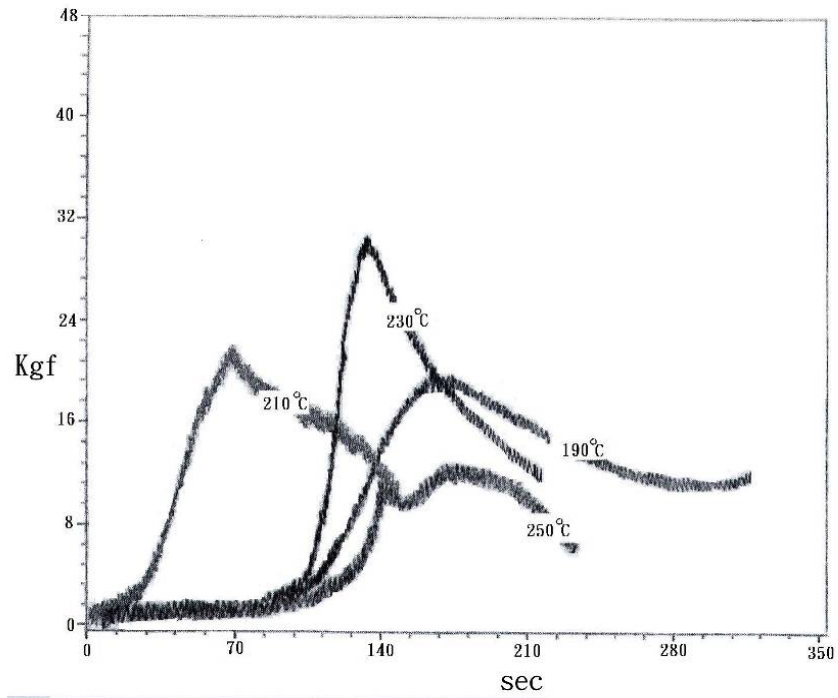


圖 3.2.8 強度檢測之荷重對時間圖



圖 3.2.9 溫度 250°C 熱壓成品之底部

第四章 螺桿擠製機實驗

原料成型為燃料的過程，是 RDF-5 裡最重要的步驟，本實驗之目的就是要探討稻草的成型；由第一章文獻成型條件之整理，了解付出額外的成本和能源可以幫助成型，但本實驗希望稻草不需透過這樣的方式來完成，因此秉持以下三點準則：

1. 盡可能使用太陽曝曬過的稻草，不額外乾燥。
2. 減少成型加熱的範圍。
3. 不添加黏著劑。

實驗使用的稻草已在稻田中曝曬過，含水率約 12~14%，並且在成型前先利用工研院能資所提供的破碎機(圖 4.1)破碎，過濾網直徑 20mm，型號 S-200，製造商為直陽企業有限公司。

4.1 實驗機器設備



工研院能資所主要以迴轉多孔式造粒機製作 RDF-5，輓輪軸將原料推擠進模具成型，若沿用此機器製作稻草燃料，進料量每小時約需 500 公斤，且機台十分龐大不適合移動，因此本實驗選用的成型設備，為能資所製作 RDF-5 的另一台機器——螺桿擠製機(圖 4.1.1)，廠商是宜大機械，型號 EP80，原為擠飼料所用。

螺桿擠製機可分成送料螺桿區、主要擠製區和成品切斷區，成品切斷區在實驗中沒有使用。主要擠製區的單軸式雙螺紋螺桿，被三段外罩所包覆，稻草以人工或送料螺桿提供，由後段外罩上的進料斗進入主要擠製區，經過螺桿的運送，最後由成型模具出料，成型模具與前段外罩相連接。

針對螺桿擠製機內部設備，介紹如下：

1. 供料螺桿：如圖 4.1.2；最快轉速 1.6 秒/圈，最慢轉速與其進料量為 40 秒/圈、100g/圈。此螺桿扭力不大，稻草若過長會無法轉動。
2. 擠製螺桿：如圖 4.1.3；實驗主要使用壓縮比為 2.4 的螺桿，壓縮比(Compression Ratio, C.R.)定義如圖 4.1.4；此螺桿有一段時期因磨損嚴重，在送修期間暫時以 C.R.=5.6 的螺桿代替，不過因壓縮量過大，實驗結果不甚理想，因而後續不予討論。

螺桿原轉速為 350~360rpm，變頻器可調整其速度，由工研院能資所提供，以百分比表示更改後的轉速，即顯示 50% 就等於原轉速的二分之一。

3. 成型模具：側視圖如圖 4.1.5，圖中虛線處為模具孔洞，深灰色處與外罩相連接；實驗中所使用模具，分成多孔洞模具和單一孔洞模具，如圖 4.1.6，規格如表 4.1.1 和 4.1.2。
4. 溫度控制：有常溫水冷與加熱兩系統(圖 4.1.7)；水冷是建立水迴路於中段外罩裡，加熱則分為三個區域，一個是油溫機在中段外罩裡建立熱油迴路，油溫機廠牌為 Regloplas，型號 200KL，最高溫度至 200°C，另兩個是利用電熱片加熱模具與前段外罩，以上三者分別選用 150°C、240°C、240°C 為一般設定溫度。

4.2 實驗內容

螺桿擠製機擠製稻草的成型過程，由實驗證明確實比想像中困難複雜許多，與第三章熱壓實驗，稻草單純受到擠桿上下壓力壓縮相差

甚大。以下依實驗完成的任務分成四個階段：

4.2.1 最初實驗階段

最初實驗設定實驗參數為：

1. 稻草破碎一次
2. 螺桿原轉速
3. 使用原為搭配螺桿擠製機之多孔洞編號 1~11 模具

實驗結果稻草燒焦、機器卡料(圖 4.2.1)、螺桿被磨損，幾乎沒有成型可言(圖 4.2.2)，嚴重時模具內的稻草甚至會噴爆出來。

推判造成稻草成型極差的原因，主要源自於稻草本身；稻草流動性差，容易滯留原地，以及不易填實模具孔洞，而被磨損的螺桿(圖 4.2.3)，連帶引發機器送料不順，特別在轉速越低時，後段外罩與螺桿之間越易阻塞稻草，使後續的進料送達不了模具，更加惡化原先的狀況。

螺桿擠製機讓模具裡的稻草受到後續進料的推進力，以及稻草摩擦模具所產生的摩擦力，即背壓，來達到擠壓成型效果，但最初實驗連稻草都無法填滿模具，就更不用談論成型

4.2.2 稻草填充模具階段(一)

為解決稻草無法填充模具，以最初實驗為基準，設定以下實驗參數，探討各參數之影響：

1. 稻草破碎一次，並將稻草噴濕
2. 螺桿轉速為變頻器 25~70%
3. 採用水冷與加熱系統
4. 使用多孔洞標號 12~13 模具

多孔洞編號 12~13 模具的設計，是改良多孔洞編號 9 模具，此模具在最初實驗中成型較好，並且為能資所進行 RDF-5 實驗結果的最佳模具；設計內容包含固定標號 9 模具的 L/D、提高孔洞光滑度，以及在模具中間挖孔，防止稻草在此處累積摩擦螺桿，以至於最後燒焦。

結果如下：

1. 為了增加潤滑度而噴濕稻草，反而在摩擦溫度升高時，產生大量水氣，使機器內部壓力提高。
2. 降低螺桿轉速，有助於減少螺桿與稻草之間的摩擦，以及避免將稻草磨成粉狀而提高燒焦機率。
3. 利用水冷系統降低溫度，效果不明顯。
4. 加熱區域若包含油溫機所建立的熱油迴路，效果不佳。
5. 加熱模具的效果，與加熱模具和前段外罩相同，都提高稻草流動性，以及填充模具孔洞的能力(圖 4.2.4)，因此後續實驗僅在模具上加熱。
6. 使用多孔洞編號 12~13 模具，稻草成型不佳(圖 4.2.5)，並且稻草會由模具中間的孔洞噴爆出來。

4.2.3 稻草填充模具階段(二)

上述的結果顯示，稻草即使流動性變好，但不合適的出料口，依舊無法解決稻草成型不良等問題，並且從以往清理實驗結束後的模具和機器，研判如果螺桿與模具之間的空隙，出現稻草壓縮後的硬塊，則後續進料便無法進入模具，因此，為觀察硬塊產生的情形，設計以下之實驗，實驗參數設定為：

1. 稻草長度 10~30mm、<10mm(圖 4.2.6)

2. 固定稻草進料量
3. 螺桿轉速為變頻器 10%~50%
4. 使用單一孔洞編號 1、2 模具

結果如下：

1. 稻草長度越小填充性越佳(圖 4.2.7)，且越不易卡料。
2. 螺桿轉速越低，硬塊越鬆且無焦黑(如圖 4.2.8)。
3. 單一孔洞模具沒有孔洞與孔洞之間的阻隔，的確使稻草獲得足夠的移動空間、減少與模具之間的摩擦。
4. 單一孔洞編號 1 模具產生硬塊的情形雖較為減輕，但依舊存在硬塊。
5. 單一孔洞編號 2 模具的 d 值大於外罩的內徑，使稻草更易進入模具。
6. 實驗結果沒有硬塊存在的參數條件為：
 - i. 稻草長度 $<10\text{mm}$
 - ii. 螺桿轉速 35~36rpm，即變頻器 10%
 - iii. 模具溫度 240°C
 - iv. 使用單一孔洞編號 2 模具

此實驗因進料量不多，結果不足以定論在無限進料時，機器也不會阻塞，但其價值為利用簡單又省時的方法，排除易卡料的參數組合。

4.2.4 稻草成型階段

沒有硬塊存在的參數條件，在增加進料量後，被推擠出的稻草相當鬆散，嘗試以下方法來解決：

1. 加長模具 L 值 15mm、25mm(圖 4.2.9)

2. 添加直徑 20mm 的螺桿中心軸(圖 4.2.10)

實驗結果最後選用中心軸來幫助成型，其優點可加大背壓，以及將模具孔洞中心填充不密實的稻草，向周圍擠壓，讓成型更緊密，另也克服螺桿中心壓力最小的問題；而單純增長 L，除無法改善模具中心稻草鬆弛的現象，甚至造成後續進料推進力不夠克服變大的背壓，使稻草無法順利出料。

歸納各參數在實驗中對成型的影響，以及列出其最佳成型條件如下：

1. 螺桿：使用 C.R. 為 2.4、表面光滑的螺桿。減小與稻草之間的摩擦，避免稻草因壓縮量過大，而在進入模具前已成硬塊。
2. 螺桿轉速：最佳轉速 35~36rpm。輸送稻草的速度較慢，但對稻草的摩擦力小，不易磨碎稻草。
3. 模具：使用單一孔洞標號 2 模具。稻草有較多的流動空間，表面光滑也減小和模具摩擦產生的背壓。
4. 模具溫度：最佳溫度 240°C。提高稻草流動性、產生木質素軟化的聯結方式、減小稻草與模具之間的摩擦，以及使燃料表面碳化光滑。
5. 螺桿中心軸：使用直徑 20mm 的中心軸。避免模具中心稻草填充鬆散，且改變燃料的形狀。
6. 稻草長度：最佳長度小於 10mm。稻草易被螺桿輸送、與螺桿摩擦較小、不易卡於後段外罩與螺桿之間，且填充模具緊密。
7. 稻草含水率：最佳含水率 12~14%。含水率過高，遇熱嚴重產生水氣，使機器生鏽、後續進料的稻草更潮濕。

但以上稻草可成型條件，由實驗證明並非稻草可連續成型條件，因在這些條件下，模具裡稻草的成型過程，雖確實達到成型，由毫無壓縮、稍有成型，至螺桿帶動旋轉擠出中空圓柱狀的燃料，但之後逐漸出現旋轉停頓的現象，燃料停止旋轉以被推出的方式擠出，最後甚至從模具中噴爆出來。

4.2.5 稻草連續成型階段(一)

螺桿擠製機運轉、成型稻草的期間，在各參數條件沒有任意更改之下，研判整體上發生明顯變化處，為稻草在模具裡的累積狀態。以下以此概念，進行無法持續旋轉擠出稻草燃料的原因猜測：

1. 模具孔洞和中心軸表面有稻草黏附，影響稻草流動和增大背壓，使螺桿不易將其擠出。
2. 後續進料推進力量不夠大。
3. 稻草停留在模具中的時間過久，表面碳化嚴重定型，使模具半模角處的稻草無法進入模具 L。
4. 稻草停留在模具裡的時間過久，後續進料需克服稻草蒸發出的水氣壓力，方能進入模具擠出燃料，且此壓力可能造成燃料最後的噴爆。
5. 稻草可壓縮量非常大，使模具中的稻草自行吸收後續進料的推進力。
6. 模具中的稻草擠壓成塊，與螺桿接觸的地方太過光滑，沒有足夠的摩擦力讓螺桿帶動旋轉。
7. 由模具半模角處進入到模具 L 的稻草，少於同時間應進入到模具 L 的稻草，導致稻草向後往螺桿累積。

8. 若假設中空圓柱狀燃料為稻草成型之穩態，而尚未或稍有成型為非穩態，則稻草可成型條件或許只能幫助非穩態達穩態，但無法以這些條件持續穩態，即各參數可能存在另一維持穩態的條件。

針對 1~4 點，提出提高模具與中心軸的表面光滑度，以及改變進料速度兩方法，來驗證和解決燃料無法持續旋轉擠出的問題，至於 5~8 點因沒有具體的嘗試方法，所以暫不討論。兩方法結果如下：

提高模具與中心軸表面的光滑：

1. 可減緩稻草黏附現象，但無法完全避免。

進料速度(V)的改變：

1. V 越快，後續進料推進力越大，但因螺桿送料容量有限，所以推進力大小有限。
2. V 越快，因模具孔洞為漸縮性，即存在半模角，加上稻草流動性差，所以推進力雖變大，但稻草出料依舊由順暢變阻塞。
3. V 越慢，稻草停留在模具裡的時間越長。
4. 一合適的 V，搭配稻草可成型的條件，達到連續成型的結果。

由以上結果證明猜測原因第 2~4 項會干擾稻草連續成型擠出，第 1 項影響較小，且證實此台螺桿擠製機確實能夠把稻草製作成燃料。連續旋轉擠出之中空圓柱狀燃料如圖 4.2.11，穩定成型時，螺桿擠製機電流維持在 92~94A，進料速度則藉由觀察出料狀況，由人為適時調整控制。

4.2.6 稻草連續成型階段(二)

雖然成功地利用進料速度完成稻草連續成型，但在後來重覆實

驗，希望能夠掌握最佳進料速度時，卻因再現性極差，進料速度對連續成型之敏感度高，不但使結果與證明喪失一個完整的交代，也表示其他原因實際上存在，只是目前尚未驗證。

為了確定所有實驗參數，是否影響稻草成型連續，以下在不更動其他參數最佳條件之下，改變稻草含水率和模具溫度，搭配不同進料速度進行實驗，實驗內容如表 4.2.1。選取稻草含水率與模具溫度的原因，在於兩者為文獻中重要參數，並且之前實驗分別固定為 12~14% 與 240°C，尚未嘗試更改過，因此依照文獻 10 的成型條件，分別訂定為 9.5%，和 220、240、260°C。

結果如下：

1. 降低稻草含水率與改變模具溫度，在搭配的進料速度下都無法使稻草連續成型。
2. 稻草 9.5% 含水率使聯結十分緊密，但燒焦和被磨成粉狀的情況更嚴重，如圖 4.2.12。
3. 9.5% 與 12~14% 含水率在進料速度 38.4g/40s 之下，前者使稻草黏附在模具、螺桿和中心軸的情況較嚴重。
4. 實驗與文獻 10 相同條件下——稻草 9.5% 含水率、長度 <10mm、含有中心軸、模具溫度 240°C，結果與文獻相差大，因此螺桿擠製機本身的設計，是否適合拿來擠製稻草，存有討論的空間。
5. 不同溫度對進料速度 12 種組合的結果如圖 4.2.13、表 4.2.2。
6. 240°C 為三個實驗溫度中，成型時間最久的溫度。
7. 在 260°C 進料速度越快，燃料越快停止旋轉。
8. 這三個溫度凡進料速度越快，稻草蒸發出的水氣就越多。

4.2.7 實驗總結

本實驗成型設備——螺桿擠製機，原為擠飼料機械，針對飼料原料的性質與成型條件加以設計，其處理飼料的效能必定強過處理稻草，雖然由一連串的實驗找出此台機器成型稻草的條件，但最終仍無法克服稻草沒有成功連續成型的窘況。不過，實驗在遵守三點準則下，曾成功連續成型稻草，達到原先對此實驗之期盼，不額外支出成本與能源，以及了解各實驗參數對稻草成型的影響，相信將來一定能夠解決台灣無法善用稻草的問題。

4.3 實驗結果對可移動式稻草固態錠型燃料製作機概念設計之影響

利用螺桿擠製機製作稻草燃料，比能資所製作 RDF-5 來的複雜，但其優點可連續成型，還是一個處理稻草較好的方式，所以製作機概念設計(附錄一)之成型設備仍選用螺桿擠製；除了螺桿，其實可考慮擠桿和造粒機，但由於著墨不深，不了解稻草應具備的成型條件，所以不納入概念設計。製作機稻草所依據的成型條件：

1. 長度 $<10\text{mm}$
2. 收割後的稻草，扎成捆並立起曝曬 2~3 天(不考慮天候)，製作機就不需乾燥設備

一份由台中區農改場龍國維先生提供的「稻殼炭製造機」資料(圖 4.3.1)，敘述台灣民國 64 年自行研發成功的稻殼炭製造機，生產稻殼炭供民眾或工廠做替代燃料，機器甚至外銷到國外，最後因螺桿太易磨損、瓦斯燃料逐漸普及，而停止使用該機器；加上本實驗與文獻也都證明稻草摩擦易損傷螺桿，因此，製作機設計另需注意螺桿的強度。

表 4.1.1 多孔洞模具規格

與圖 4.1.6 對照		編號	孔洞數(個)	D (mm)	L (mm)	L/D	H (mm)	備註	
(a)	右一	1	4	15	55	3.67	63.5		
	右二	2			70	4.67	79		
	右三	3			90	6	99		
(b)	右一	4	4	20	35	1.75	44		
	右二	5			3	55	2.75		64
	右三	6			3				
	右四	7			6				
	右五	8			4	70	3.5	79	
	右六	9			9	95	4.75	102	入口與 1~8 不同
(c)	右一	10	4	29	43.5	1.5	60	$d=30.5(\text{mm})$, $\theta=2.6^\circ$	
	右二	11		24.5	52	2.12	72	$d=31.5(\text{mm})$, $\theta=9.9^\circ$	
(d)	左	12	9	20	95	4.75	95		
	右	13			外 9 中 1	外 95 中 65	外 4.75 中 3.25		中 $d=30(\text{mm})$ 中 $\theta=9.46$

表 4.1.2 單一孔洞模具規格

比照圖 4.1.6	編號	孔洞數(個)	D (mm)	L (mm)	L/D	H (mm)	d (mm)	$\theta(^{\circ})$
無	1	1	40	54	1.35	102	85	25
(e)	2		50	33	0.66		89	15.78

表 4.2.1 實驗規劃

實驗編號	實驗內容
1	使用 9.5% 含水率的稻草，與 21.64、27.24、38.48(g/40s) 三個不同進料速度進行實驗
2	<p>溫度 220、240、260°C，各分別與 21.64、27.24、38.48、50.8(g/40s) 四個不同進料速度進行實驗，記錄以下三種數據：</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 以上述進料速度進料 12 分鐘後，螺桿擠製機的電流(機器啟動時的電流約 101~103A)。 ii. 模具中的稻草在開始無法被螺桿帶動旋轉時的時間與電流。 iii. 停止機器時的時間與電流；以機器嚴重冒出水氣、燃料停止旋轉不動很久，以及像快要噴爆出，做為判定機器停止的依據。

表 4.2.2 不同成型溫度搭配不同進料速度的實驗結果

溫度 進料速度		220°C	240°C	260°C
		21.64	數據記錄 i. 92、93A 跳動 ii. 12 分 59 秒, 91~92A iii. 17 分 36 秒, 88~89A	數據記錄 i. 96、97A 跳動 ii. 18 分 9 秒, 93~94A iii. 22 分 30 秒, 86~87A
	備註 稻草擠出一點後就不旋轉	備註 稻草不旋轉後有被推出一些	備註 稻草擠出一點後就不旋轉	
27.24	數據記錄 i. 89、90A 跳動 ii. 11 分 5 秒, 92~93A iii. 15 分 13 秒, 83~85A	數據記錄 i. 91、92A 跳動 ii. 17 分 36 秒, 80~81A iii. 18 分 31 秒, 78~81A	數據記錄 i. 88、89A 跳動 ii. 12 分 38 秒, 86~87A iii. 14 分 14 秒, 77~81A	
	備註 稻草不旋轉後有被推出一些, 水氣重	備註 電流在 89-91A 有穩定成型一些出來	備註 有穩定成型一些出來, 但較 240°C 差, 水氣重	
38.48	數據記錄 i. 91、92A 跳動 ii. 16 分 59 秒, 89~90A iii. 18 分 29 秒, 86~87A	數據記錄 i. 87、88A 跳動 ii. 18 分 11 秒, 87~88A iii. 18 分 56 秒, 82~83A	數據記錄 i. 78、79A 跳動 ii. 11 分 8 秒, 81~82A iii. 12 分 5 秒, 75~76A	
	備註 電流在 93-94A 與 90-91A 都有成型一些, 但後者成型一下, 稻草就不旋轉, 水氣很重	備註 有出來不少, 在電流 91-92A 與 87-89A, 不過後者稻草燃料外表龜裂嚴重	備註 電流在 88-91A 有成型一些, 但後來螺桿發出很大聲響, 水氣超重, 且稻草燒焦味極濃	
50.8	數據記錄 i. 91、92A 跳動 ii. 18 分 10 秒, 87~88A iii. 18 分 32 秒, 73~74A	數據記錄 i. 96、97A 跳動 ii. 18 分 10 秒, 87~88A iii. 21 分 4 秒, 79~81A	數據記錄 i. 93、94A 跳動 ii. 9 分 32 秒, 90~91A iii. 15 分 55 秒	
	備註 稻草噴爆後才關機, 電流在 92-94A 和 87-88A 都有成型, 但後者稻草不旋轉後, 電流急速下降	備註 稻草噴爆後才關機, 在電流 92-95A 維持很久, 有一些成型, 在 12 分鐘前電流有降到 92A, 但後來又跳回 96-97A	備註 稻草噴爆後才關機, 在快 10 分時, 電流就掉至 81-82A, 後來陸續將稻草推出, 電流維持在 93-95A 很長, 水氣與燒焦味狂冒出來	



圖 4.1 破碎機



圖 4.1.1 螺桿擠製機



圖 4.1.2 供料螺桿



(a)低壓縮(C.R.=2.4)螺桿

(b)高壓縮(C.R.=5.6)螺桿

圖 4.1.3 螺桿

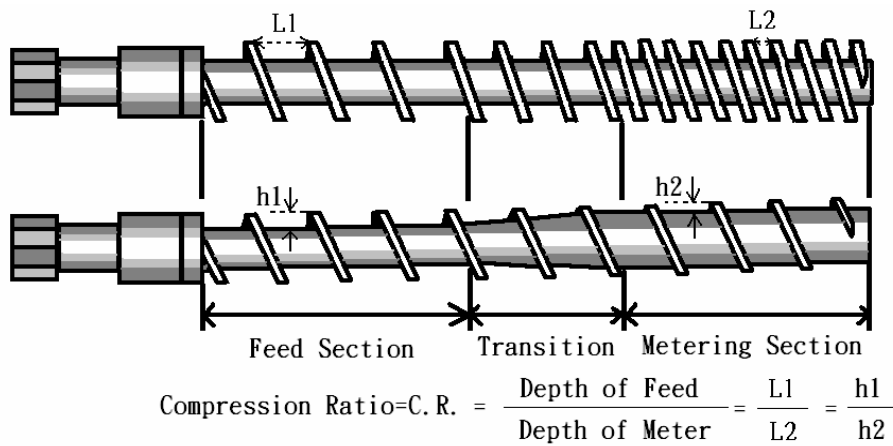


圖 4.1.4 螺桿壓縮比之定義

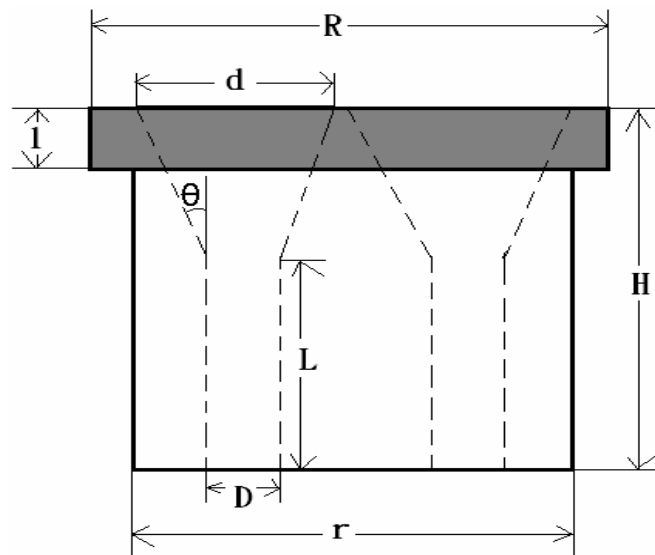


圖 4.1.5 模具側面圖

R=105，r=90，l=12，單位 mm，L、D、d、H、 θ (半模角)可改變



(a)



(b)



(c)



(d)

(e)

圖 4.1.6 多孔洞與單一孔洞模具



(a) 水冷系統



(b) 加熱系統

圖 4.1.7 螺桿擠製機溫度控制



(a)螺桿部分



(b)螺桿與外罩之間的空隙

圖 4.2.1 機器阻塞情形



(a)編號 5



(b)編號 6



(c)編號 8

圖 4.2.2 最初實驗之擠出成品



(a)壓縮比為 2.4 的螺桿



(b)壓縮比為 5.6 的螺桿

圖 4.2.3 螺桿表面的磨損



(a)模具未加熱



(b)模具有加熱

圖 4.2.4 由標號 9 模具所清出的稻草燃料



(a)標號 8 模具，變頻器 25%



(b)標號 9 模具，變頻器 25%



(c)標號 9 模具，變頻器 70%



(d)標號 9 模具，變頻器 70%，加熱模具



(a)標號 13 模具，變頻器 50%



(b) 標號 13 模具，變頻器 70%

圖 4.2.5 多孔洞模具擠出成品



(a) 破碎 5 次，10~30mm 長



(b) 破碎 16~20 次，<10mm 長

圖 4.2.6 稻草長度與破碎次數



(a) 10~30mm 長



(b) <10mm 長

圖 4.2.7 不同稻草長度的填充能力



圖 4.2.8 硬塊

左至右螺桿轉速依序為變頻器 50、30、20、10%



圖 4.2.9 模具加長 L 段；左為 25mm，右為 15mm



圖 4.2.10 螺桿中心軸



圖 4.2.11 連續成型之稻草固態錠型燃料



圖 4.2.12 稻草 9.5% 含水率，由模具清出

左至右進料速度為 21.64、27.24、38.48(g/40s)



(a)進料速度 21.64g/40s，溫度由左至右為 220、240、260°C



(b)進料速度 27.24g/40s，溫度由左至右為 220、240、260°C



(c)進料速度 38.48g/40s，溫度由左至右為 220、240、260°C



(d)進料速度 50.8g/40s，溫度由左至右為 220、240、260°C

圖 4.2.13 不同溫度與不同進料速度的實驗結果

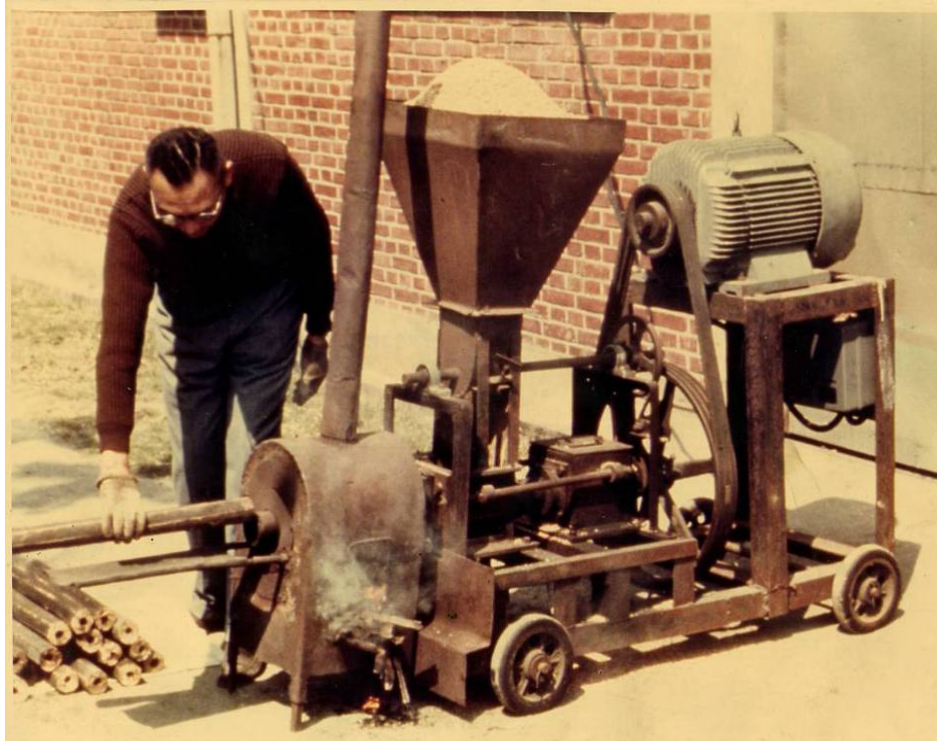


圖 4.3.1 稻殼炭製造機



第五章 結語與未來展望

5.1 結語

以稻米為主食的台灣，焚燒稻草的事件二十多年來不斷上演，農改場的資深人員對此問題相當頭痛，希望本研究能為他們帶來一些靈感，並為稻草開拓一項新價值。

台灣在農業方面有相當的成就，對於這些作物所產生的廢棄物，像是稻草、稻殼、落花生藤、玉米桿、甘蔗渣、蕃薯蔓等，也要有適當的處理，東南亞國家回收農業廢棄物製作成燃料的技術，已進入穩定成熟階段，而我國卻尚在起步，政府著實應多費心思於此。

本研究以避免額外支出能源與成本，和國外作一最大的差別，在原料單純為稻草下，目前可達成型；以下對於本研究歸納幾點結論：

1. 剛收割的稻草含水率約 70%，將其扎成捆且立起在太陽下曝曬 2~3 天，含水率可降至 12~14%；若先破碎稻草再曝曬，則含水率可降至越低，但越易受到周圍環境的影響，如空氣濕度與溫度。
2. 稻草含水率過高不適合作為製作燃料的原料，其缺點在於易使機器生鏽、燃料長蟲發霉、遇熱產生大量水氣；過低則容易吸收空氣中水分、提高稻草脆性、燒焦機率。
3. 稻草含水率 9.5% 所擠製出的燃料比 12~14%，稻草聯結效果更明顯、緊密，但碳化較嚴重。
4. 擠桿熱壓和螺桿擠壓稻草的最佳溫度為 230°C 和 240°C，兩者十分接近，顯示稻草在此溫度範圍內受壓，產生的聯結效果最佳，且流動性好、與模具的摩擦小，稻草也不會過於碳化。

5. 稻草有長纖維韌度高，縮短其長度有助於降低稻草對螺桿的磨耗，和機器卡料的機率。
6. 高壓縮比螺桿與螺桿高轉速易和稻草產生較大摩擦力，且稻草壓縮量過大，進入模具不易流動，因此不適合使用。
7. 螺桿中心軸能幫助模具中心鬆散的稻草向周圍擠壓，成型更緊密。
8. 稻草是否可連續成型會受到進料速度影響，但其敏感度高、再現性差。
9. 實驗用的螺桿擠製機，原為擠飼料機械，且生產飼料過程中有添加黏著劑，因此成型較為稻草穩定

5.2 未來展望

未來展望如下：

1. 參考有關木質素的資料書籍或安排實驗，深入探討稻草本身之性質，再運用至螺桿成型上。
2. 對螺桿擠製機進行修改，例如螺桿、螺桿外罩、模具與中心軸的設計，建議方向為延伸螺桿進入模具、縮短運輸稻草路徑、模具單一孔洞但無半模角、加粗中心軸且裝設加熱棒等。
3. 製作機之成型設備為了有效解決產量大的稻草、天候問題，和農民下期耕作時間的限制，需耐磨耐操、不可經常故障或出現稻草燒焦機器卡料的問題，所以應放寬稻草可成型的條件，與減少成型條件的敏感度。
4. 螺桿擠製機能夠製作飼料與 RDF-5，其原因都在於有添加黏著劑 (RDF-5 原料中有塑膠，遇熱會軟化)，所以如果稻草不易成型之



主因為本身的性質，則可考慮在不需花費大量的成本下，採用黏著劑幫助成型，如黃豆、玉米、麵粉等。

5. 利用 ASTM D440-86 與 ASTM D441-86 兩種測定法，判別燃料的強度，且應透過相關單位測試稻草燃料之燃燒效率。
6. 工研院能資所使用的迴轉多孔式造粒機，也是製作機可參考的成型設備之一，但其體積龐大，運用在可移動式製作機上，須先進行減小體積之設計。



參考文獻

- [1] Y. Li and H. Liu, "High-pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel," *Biomass and Bioenergy*, Vol. 19, pp. 177-186, 2000.
- [2] Y. Li, H. Liu and O. Zhang, "High-pressure compaction of municipal solid waste to form densified fuel," *Fuel Processing Technology*, Vol. 74, pp. 81-91, 2001.
- [3] A. Reiterer and S.E. Stanzl-Tschegg, "Compressive behaviour of softwood under uniaxial loading at different orientations to the grain," *Mechanics of Materials*, Vol. 33, pp. 705-715, 2001.
- [4] L. Wamukonya and B. Jfnkins, "Durability and relaxation of sawdust and wheat-straw briquettes as possible fuels for Kenya," *Biomass and Bioenergy*, Vol. 8, No. 3, pp. 175-179, 1995.
- [5] O.C. Chin and K.M. Siddiqui, "Characteristics of some biomass briquettes prepared under modest die pressures," *Biomass and Bioenergy*, Vol. 18, pp. 223-228, 2000.
- [6] P. Karve, H.Y. Mabajan, R.M. Salunkbe and A.D. Karve, "A chain of technologies for using sugarcane trash as a household fuel," *Boiling Point*, No. 47, Autumn 2001.
- [7] P.D. Grover and S.K. Mishra, "Biomass Briquetting: Technology And Practices," *Field Document*, No. 46, 1996.
- [8] West Virginia University, "Wood densification," *Publication No.838*
- [9] E. Granada, L.M. Lo'pez Gonza'lez, I.J. Mi'guez and J. moran, "Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study," *Renewable Energy*, Vol. 27, pp. 561-573, 2002.

- [10] 張大雷，姜洋和潘並杰，「生物質固化成型技術及其展望」，遼寧省能源研究所
- [11] 中國農村復興委員會，台灣省水利局，台灣省農田水利協進會，「水稻栽培灌溉排水管理」，民國 66 年 12 月
- [12] 張正賢譯，「稻作學精要」，國立編譯館出版，民國 77 年 8 月
- [13] 賴光隆著，「糧食作物」，黎明文化事業股份有限公司，民國 81 年 11 月
- [14] D.G. Ullman, “The Mechanical Design Process,” Mcgraw-Hill, New York, 1992.
- [15] G. Pahl, W. Beitz, “Engineering Design,” Springer, London, 1995.
- [16] 宜蘭縣政府環境保護局，<http://www.ilepb.gov.tw/TempInfoFile/422/index.htm>
- [17] 台灣獨立建國，http://www.taiwannation.org.tw/republic/rep11-20/no14_13.htm
- [18] 行政院環境保護署，
http://www.epa.gov.tw/b/b0100.asp?Ct_Code=04X0001340X0002731&L=
- [19] 經濟部能源科技研究發展計畫九十年年度執行報告—廢棄物能源利用技術開發與推廣計畫
- [20] 工研院能資所，<http://itrifamily.itri.org.tw/itriman/93/man930630-2.html>
- [21] C. F. Nielsen，<http://www.cfnielsen.com/index.asp?menuid=0&sprog=uk>
- [22] Song Ming，<http://www.songming.com.tw/>
- [23] 公視，我們的島—濁水溪系列，<http://www.pts.org.tw/~web01/ourisland/p2-3.htm>

附錄一

可移動式稻草固態錠型燃料製作機的概念設計，是由工研院能資所委託，搭配本研究作一統整完成；內容著重在機器初期的基本架構，包括如何收取稻草、處理流程等，不深入討論機器內部詳細的結構，此範圍應在確定機器所有功能後，才適合各自獨立進行。

■ 品質機能展開(Quality Function Deployment, QFD)

在對製作機進行概念設計前，先依照 QFD 的實施步驟，評估分析其需求，內容如下：

1. 顧客：農民、操作機器者、購買機器者、購買成品(稻草燃料)者、製造機器者。
2. 顧客需求與介紹：見表一。7 項必須達到之需求(Must)與 13 項希望達到之需求(Want)。
3. 顧客需求評估表：見表二。以成對比較法決定各項需求的權值，兩兩比較重要取 1。
4. 競爭評比：此機器為一項新設計，市面上並無販售所以略過。
5. 轉換為工程需求與量測單位：見表三。表中工程需求「改良舊有機器成本花費」之設定理由，是希望製作稻草燃料的部份步驟設備，能夠轉嫁到其他原有機器來達成，降低成本與機器簡單化。
6. QFD 完成表：見表四。依序確立工程需求與顧客需求之間的關係，以 9、3、1、空白分別代表強烈、中等、微弱與毫無關係；因目前無類似機器能相互比較，所以表中的目標值尚未決定，將來可參考農業方面以及 RDF-5 的機器訂定。
7. 工程需求之評權：見表五。由 QFD 完成表計算每個工程需求

的重要性；前三項最重要的工程需求反應出製作機要達成預定目標——將稻草變成燃料，需慎重考慮付出的成本與額外能源耗費，再對照 QFD 完成表，發現此三項工程需求與顧客需求「不需花費太多人力」、「機器便宜」、「機器易製作，現行可用資源多」都有強烈關係。

■ 概念產生

完成 QFD 後，接著以其結果為基礎進行概念設計；依照概念設計的步驟[14][15]分析如下：

1. 確立問題：將 QFD 中各項需求增廣與抽象化，則問題有下列敘述：

「一機器幫農民處理稻草，機器製造不困難，且品質不錯價錢合理，能移動自如操作簡易，運作中不會讓周圍的環境不舒服，處理速度快，過程安全，完成的成品品質不錯，用途與效能都有一定的水準，讓人願意收購。」

2. 建立產品應具備的主要功能：由 QFD 顧客、工程需求權重表裡，設定主要功能如下：

「製作機代替人力將稻草處理乾淨，整個處理過程以求精簡，最後將稻草變成燃料。」

3. 將主要功能分解成各個子功能：由主要功能，分解子功能敘述如下：

「稻草進入製作機內進行處理，最後變成燃料。」，主要受體為稻草，詳細子功能可參考功能結構圖(圖一)。

4. 針對各個子功能提出解決概念：功能結構圖中，子功能包含稻草進入製作機、稻草破碎與乾燥(成型前達到成型條件即

可)、成型階段(選用螺桿運輸擠製)。有關聯合收穫機有無破碎稻草之照片如圖二，稻草破碎長度為 6~9cm。

解決概念有下列四點準則，而依照準則所提出的解決概念詳見表六：

- i. 允許稻草經多次破碎、乾燥才達到成型條件，並且可先收集後再進行進料，或直接進行進料。
 - ii. 若製作機無破碎或乾燥設備，表示稻草已由外界力量達到成型條件才進入製作機，在此不考慮稻草 0% 含水率，需噴水提高溼度的情況。
 - iii. 暫不考慮散落在田間、沒有回收到的稻草是否會影響農民耕作，以及回收成型不良的燃料，再經過一次成型之問題。
 - iv. 暫不考慮天候問題。
5. 合併子功能的解決概念，產生主要功能的解決概念：分類組合表見表七；表中(1)有 3 個主功能的解決概念，(2)有 10 個、(3)有 19 個，因此共有 32 個。

■ 概念評估

概念評估的主要目的，是要在眾多的解決概念中，挑選出一或數個最符合顧客和工程需求，作為後續產品具體化設計的雛形。

評估主要功能解決概念的方法有：

1. 概念可行性評估法
2. 技術背景評估法
3. 需求符合性評估法
4. 決策矩陣法

以 1 和 2 方法對 32 個解決概念進行評估，結果全數通過，接下來以需求符合性評估法進行評估。因解決概念太多，造成評估上的麻煩，所以先選取需求「回收能源大於支出能源」和「不需花費太多人力」作為關卡，來刪除部分解決概念(選取原因請參照 QFD 的「工程需求之評權」)，刪除的設定條件如下：

1. 凡須經過破碎設備(除改良聯合收穫機破碎功能外)，又經乾燥設備的解決概念，皆視為支出能源過大。
2. 需翻動原長與破碎後長度為 6~9cm 的稻草，以及將稻草綁成束狀的工作，皆視為花費過多人力。

結果分別如表七中粗斜體字以及灰底粗體字，共刪除 19 個。

其餘的解決概念(表八)經過第 3 個方法評估，結果於表九；排除標號 a 的原因為，利用乾燥設備乾燥含水率高達 67% 的稻草至 12~14% 相當耗費能源，若乾燥不完全又會造成成品品質不良，排除標號 i、j 的原因為，製作機直接取散落在田間的稻草進行進料，則會有過多的雜質如石塊和泥土同時進到機器內，提高危險性。

最後再以決策矩陣法對剩下 10 個的概念進行評估，由於可移動式稻草固態錠型燃料製作機屬於原型設計，因此自行設定 d 為比較基準，結果如表十，加權總和最高前兩者分別為 l 與 d。

加權總和第三高的 m 與 l 相比，在概念上的差距只在於是由誰把稻草扎成捆與豎立在田間；決策矩陣法評估表裡，因 m 多比 l 違反兩項重要需求，導致加權總和較小，不過事實上，將聯合收穫機加裝捆扎豎立稻草功能，不一定比製作一台新機器來的容易，因為第一個面臨到的問題，就是必須回收市面上已製作販售的收穫機，再者，收穫機的動力系統、支架、操作控制等方面，都得重新修改

配合，不如單純改良收穫機破碎功能來的簡單，雖然擁有捆扎豎立稻草功能的收穫機能一次完成工作，不需另一台機器再次作業，以及獲得本次評估的最高分，但對於確定 l 與 m 在製作上的難易與可行性，應特別獨立出來進行評估比較，才能得到真正的答案。

■ 概念設計

製作機的概念設計便以 l 和 d 的解決概念為中心，以下為兩者詳細的文字描述，其概念設計圖分別為圖四和圖五：

關於 l：

聯合收穫機增置可將已取下稻穗的稻草扎成捆之功能，且每捆稻草能排成列狀豎立在田間(圖三)，經過太陽 2~3 天的曝曬後，製作機開進田間、自行進料，然後破碎稻草捆，成型為燃料，最後切斷封裝。

關於 d：

聯合收穫機改良破碎功能與加裝收集稻草之容器，將取下稻穗的稻草破碎，用容器接取，當容器達八分滿時，收穫機區域性倒出稻草成堆狀，再由農民自行鋪平、翻動稻草，使其經過 2~3 天的均勻曝曬後，讓製作機定點式自行或人工將稻草進料，經過成型變為燃料，最後切斷封裝。

l 與 d 概念對於製作機的移動方式不同，以下歸納製作機移動的方法有三：

1. 與聯合收穫機相同，製作成專用機，車輪為履帶式，方便於田間運作，而在馬路上的移動，則以卡車乘載，不過製作較困難、造價昂貴。
2. 利用拖曳的方法，像是利用曳引機拖住製作機移動，但因台灣農路過小，易造成危險，所以使用不普遍。

3. 利用卡車乘載稻草機，行駛於馬路和田間，以現有的卡車要進入稻田行駛，不但需四輪傳動，還要避免輪胎面積小、壓力集中，傷害到稻田。

將以上方法套入 l 與 m 概念，應分別選用第 1 種與第 3 種，在此假設 m 中的聯合收穫機將稻草倒置於馬路邊，因此乘載 m 概念的卡車，為一般大型卡車及可，不必進入稻田，參考裕隆汽車的商業用車，最大型可到 35 噸，載重製作機應沒有太大問題。

另外，對於製作機的規格，首先考慮稻草產量問題；台灣稻草年產量 200 萬公噸，分成兩期收割，則一期有 100 萬公噸，以工研院能資所的大型造粒機為例，處理量 500 公斤/小時，因此如果製作機處理量 1000 公斤/小時，機器數量至少一萬台，工作時數 8~10 小時，則每一期稻草在 10~13 天內可被處理完畢。

對應製作機的處理量，所需選擇的動力來源，未來可參考國外專門處理都市、農業或事業等廢棄物的機器，例如 C.F. Nielsen a/s 公司 [21]，型號 BP 3200，可處理木屑、木材、稻殼等，每小時產量 500 公斤，需 18.5/22(KW)，約 30(HP)，機器重 3000 公斤；台灣處理廢棄物，多以塑膠為主的造粒機，Song Ming(崧明)[22]每小時 280~350 公斤產量的機器，主要擠壓部分的馬達需 75(HP)，其他像是破碎、冷卻和切斷等部分，則還需 100(HP)。以上所討論的皆為固定式機器，在田間作業的機器則可參考馬力為 96HP 之聯合式收穫機，最大出力 70.6KW/2600rpm。

表一 顧客需求

需求程度	需求	需求介紹
Must	安全性	安全第一
	回收能源大於支出能源	回收能源為稻草燃料燃燒的效率，支出能源為機器花費的能源
	減小稻草體積	壓縮稻草
	成品不易鬆散	方便事後運送與保存
	稻草成型連續	不斷進料製成燃料
	可移動式的機器	可開往稻田
	有搭配成品的燃料機台	設置專燒 RDF-5 的發電廠，才能配合成品的性質，增長發電廠的壽命
Want	可將稻草處理乾淨	解決農民焚燒稻草問題
	不需花費太多人力	減輕農民的辛苦，盡量機械化
	對稻田傷害低	機器開進稻田會產生土壤壓實作用，與機器重量、輪胎形狀有關，若稍後有進行翻耕就較無影響
	工作環境好	工作附近可以少噪音、少灰塵
	操作簡易	機器易上手，使用不困難
	機器工作效率好	同一時間內可處理的稻草數量多，節省時間
	機器便宜	
	機器壽命長	機器不易損壞
	維修保養簡易	
	可以拿來作其他用途	原料不單單只為稻草
	不需添加其他耗材	黏著劑或添加劑，如米糠、玉米、黃豆等
	成品易保存	不容易腐壞或是影響燃燒效率
	機器易製作，現行可用資源多	與其他機器合作或套用它種機器製作

表二 顧客需求評估表

顧客需求	可將稻草處理乾淨	不需花費太多人力	對稻田傷害低	工作環境好	操作簡易	機器工作效率好	機器便宜	機器壽命長	維修保養簡易	可以拿來做其他用途	不需添加其他耗材	成品易保存	機器易製作，現行可用資源多
顧客需求													
可將稻草處理乾淨		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
不需花費太多人力	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
對稻田傷害低	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
工作環境好	1	1	0		1	1	0	0	1	0	0	1	1
操作簡易	1	1	0	0		1	0	0	0	0	0	1	1
機器工作效率好	1	1	0	0	0		0	0	1	0	0	0	1
機器便宜	1	1	0	1	1	1		1	0	0	1	1	1
機器壽命長	1	1	0	1	1	1	0		1	0	0	1	1
維修保養簡易	1	1	0	0	1	1	0	0		0	0	1	1
可以拿來做其他用途	1	1	0	1	1	1	1	1	1		1	1	1
不需添加其他耗材	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0		1	1
成品易保存	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0		1
機器易製作，使用現行可用資源多	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
總計	11	12	0	5	7	9	2	4	6	1	3	8	10
權值(%)	14.1	15.4	0	6.4	9	11.5	2.6	5.1	7.7	1.3	3.8	10.3	12.8

表三 工程需求與量測單位

工程需求	量測單位
產量	公斤/小時
成本	萬元/台
成品存放天數	天
機器使用壽命	年
維修保護費	元/次
機器可成型的原料種類	種
製作燃料總步驟	個
操作人員受訓時數	小時
機器運作噪音與灰塵檢測	分貝、公噸 TSP(總懸浮微粒)
改良舊有機器成本花費	萬元/台



表四 QFD 完成表

可移動式稻草固態錠型燃料機		權值 (%)	產量	成本	機器使用壽命	維修保養費	機器可成型的原料種類	製作燃料總步驟	操作人員受訓時數	機器運作噪音與灰塵檢測	成品存放天數	改良舊有機器成本花費
功能	可將稻草處理乾淨	14.1	9		1				1	1		
	不需花費太多人力	15.4		9				9				9
	對稻田傷害低	0		3				3	1			1
	稻草成型連續	*	9					1				
	減小稻草體積	*										
	操作簡易	9						3	9			3
	機器工作效率好	11.5	9	3		3		1		1		3
	工作環境好	6.4			1					9		
	可以拿來做其他用途	1.3	3		3	3	9	1				
	不需添加其他耗材	3.8	3	9	3	3	9	3		1	9	
特性	機器便宜	2.6	1	9			3	9		1	1	9
	可移動式的機器	*	1									
	機器壽命長	5.1		9	9	3		3		1		
	維修保養簡易	7.7		9	9	9	3	3		1		
	機器易製作，現行可用資源多	12.8		9			1	9				9
效果	成品易保存	10.3	1				1	1			9	
	成品不易鬆散	*	1				1	1			9	
	有搭配成品的燃燒機台	*					1					
安全性		*										
回收能源大於支出能源		*										
單位			公斤/小時	萬元/台	年	元/次	種	個	小時	公貝、公噸 TSP	天	萬元/台
目標												

表五 工程需求之評權

工程需求	產量	成本	機器使用壽命	維修保養費	機器可成型的原料種類	製作燃料總步驟	操作人員受訓時數	機器運作噪音與灰塵檢測	成品存放天數	改良舊有機器成本花費
評權	2.59	4.61	1.51	1.34	1	3.77	0.95	1.02	1.3	3.39
	12.06 %	21.46 %	7.03 %	6.24 %	4.66 %	17.55 %	4.42 %	4.75 %	6.05 %	15.78 %

表六 子功能的解決概念

子功能	解決概念
稻草進入製作機方面	1.人工進料
	2.製作機自行進料
	3.稻草由聯合收穫機掉出後，直接進入製作機
破碎方面(至可成型條件)	1.改良聯合收穫機破碎功能
	2.製作機破碎設備
	3.選用其他破碎機
乾燥方面(至可成型條件)	4.舊有聯合收穫機+製作機破碎設備
	5.舊有聯合收穫機+其他破碎機
	1.製作機乾燥設備
	2.人工曝曬(人為翻動或鋪平稻草使其曝曬)
	3.立起曝曬(將稻草綁成束狀，立起曝曬)
成型方面	4.天然曝曬(完全不移動稻草使其自然曝曬)+ 製作機乾燥設備
	5.人工曝曬+製作機乾燥設備
	1.螺桿運輸擠壓(成型連續，但螺桿磨耗大)
	2.擠桿擠壓(成型不連續)
	3.造粒機
	4.碳化稻草後進行擠壓(稻草碳化灰份大，熱值低)

表七 分類組合表

聯合收穫機	稻草由收穫機掉出後	稻草破碎情況		是否需其它收集機	是否需其他破碎機	稻草曝曬方法	製作機破碎設備	製作機乾燥設備	製作機移動情況與進料方式		
		有破碎	無破碎								
收割稻草之後	(1) 製作機直接進料	有破碎	6~9cm	無	無	X	有	有	田間移動		
			改良收穫機破碎功能							無	無
		無破碎	稻草原長								
	(2) 收穫機收集，區域性堆置在田間	有破碎	6~9cm	無	有	天然	無	有	定點式 (機器自行進料或人工進料)		
						人工				有	
						無					天然
			人工		無						
			改良收穫機破碎功能			無	天然	無		有	
					無	人工					
		無		人工							
		無破碎	稻草原長	有	無	天然	無	有	有		
						人工					
無	天然					有					
人工	有										
(3) 自然掉落在田間		有破碎	6~9cm	有	與(2)之有破碎，6~9cm 相同					田間移動 (機器自行進料)	
	改良收穫機破碎功能				有	與(2)之有破碎，改良收穫機破碎功能相同					
					無	無	天然	無	有		有
	無破碎	稻草原長	有	無	天然	有	有			田間移動 (機器自行進料)	
					收穫機增置可將稻草扎成捆與豎立的功能			無	無		人工
											可將稻草扎成捆與豎立功能的機器
農民自行將稻草扎成捆與立起稻草捆											

表八 列入評估之 13 個主要功能解決概念

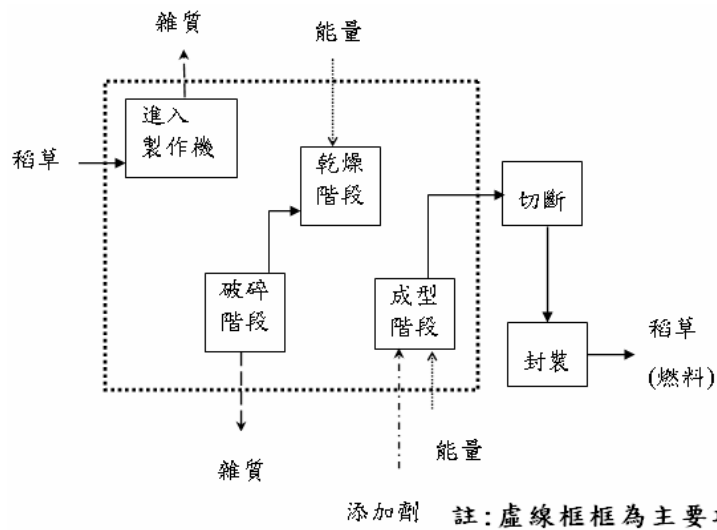
稻草由收穫機掉出後	稻草破碎情況		標號	是否需其它收集機	是否需其他破碎機	稻草曝曬方法	製作機破碎設備	製作機乾燥設備	製作機移動情況與進料方式
(1) 製作機直接進料	有破碎	改良收穫機破碎功能	a	無	無	X	無	有	田間移動
(2) 收穫機收集，區域性堆置在田間	有破碎	6~9cm	b	無	有	人工	無	無	定點式
		改良收穫機破碎功能	c	無	無	天然	無	有	
			d	無	無	人工	無	無	
	無破碎	稻草原長	e	無	有	人工	無	無	
(3) 自然掉落在田間	有破碎	6~9cm	f	有	有	人工	無	無	定點式
		改良收穫機破碎功能	g	有	無	天然	無	有	
			h	有	無	人工	無	無	
			i	無	無	天然	無	有	田間移動
	j	有	無	人工	無	有			
	無破碎	稻草原長	k	有	有	人工	無	無	定點式
		收穫機增置可將稻草扎成捆與豎立的功能	l	無	無	立起曝曬	有	無	田間移動
可將稻草扎成捆與豎立功能的機器		m	無	無	立起曝曬	有	無		

表九 需求符合評估之結果

顧客需求 (Must) 主要功能 的解決概念	安 全 性	回收能源 大於 支出能源	減小 稻草體積	成品 不易鬆散	稻草 成型連續	可移動式 的機器	有搭配成品 的燃燒機台
a	V	X	V	X	V	V	V
b	V	V	V	V	V	V	V
c	V	V	V	V	V	V	V
d	V	V	V	V	V	V	V
e	V	V	V	V	V	V	V
f	V	V	V	V	V	V	V
g	V	V	V	V	V	V	V
h	V	V	V	V	V	V	V
i	X	V	V	V	V	V	V
j	X	V	V	V	V	V	V
k	V	V	V	V	V	V	V
l	V	V	V	V	V	V	V
m	V	V	V	V	V	V	V

表十 決策矩陣之比較結果

主要功能的解決概念 需求(Want)與權重(%)		b	c	d	e	f	g	h	k	l	m
可將稻草處理乾淨	14.1	S	S	D	S	S	S	S	S	+	+
不需花費太多人力	15.4	-	S	A	-	-	-	-	-	S	-
對稻田傷害低	0	S	S	T	S	-	-	-	-	-	-
工作環境好	6.4	-	S	U	-	-	S	-	-	+	+
操作簡易	9	-	-	M	S	-	-	S	S	S	S
機器工作效率好	11.5	-	-		-	-	-	-	-	S	S
機器便宜	2.6	S	-		S	S	-	S	S	S	S
機器壽命長	5.1	S	+		S	-	-	-	-	S	S
維修保養簡易	7.7	+	-		+	-	-	-	-	-	-
可以拿來作其他用途	1.3	+	+		+	+	+	S	+	+	+
不需添加其他耗材	3.8	S	S		S	S	S	S	S	S	S
成品易保存	10.3	S	+		S	S	+	S	S	-	-
機器易製作， 現行可用資源多	12.8	S	-		S	-	-	-	-	S	-
總和		-2	-2	0	-1	-7	-6	-7	-6	0	-2
加權總和(%)		-33.3	-26.9	0	-24.3	-66.6	-52.5	-58.9	-57.6	3.8	-9
註：+表示1分，-表示-1分，S表示0分											



圖一 可移動式稻草固態錠型燃料製作機之功能結構圖



(a) 收穫機破碎稻草

(b) 經收穫機破碎後的稻草

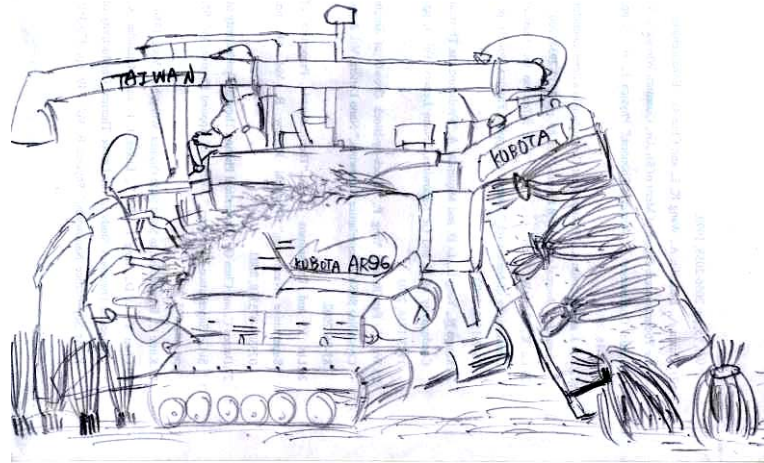


(c) 收穫機無破碎稻草

圖二 聯合收穫機收割情形



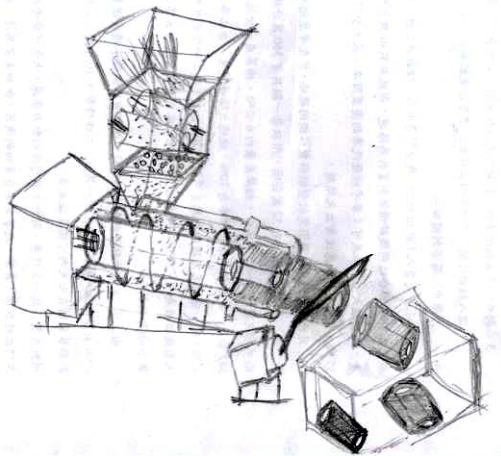
圖三 排成列狀的稻草捆[23]



(a)聯合收穫機將稻草扎成捆且豎立在田間

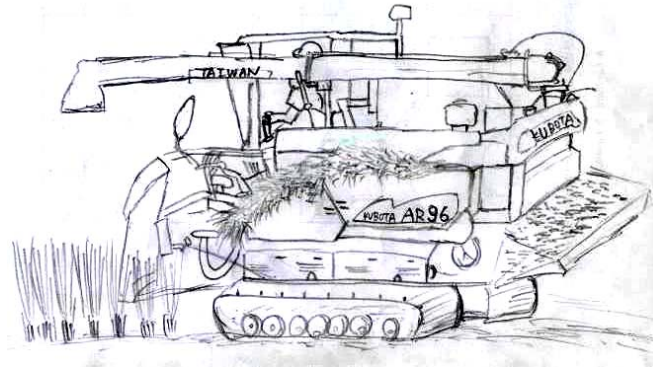


(b)可移動式稻草固態錠型燃料製作機開進田間自行進料

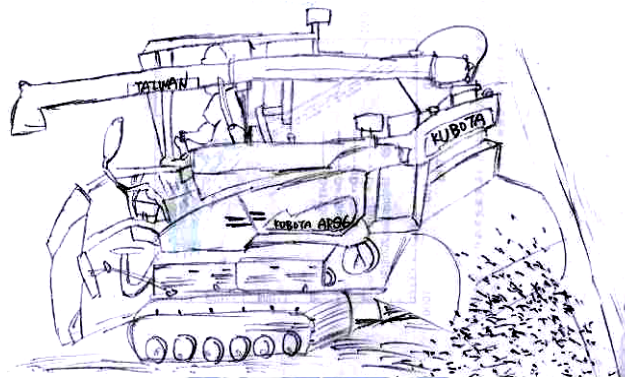


(c)製作機內部處理稻草流程：破碎、成型、切斷封裝

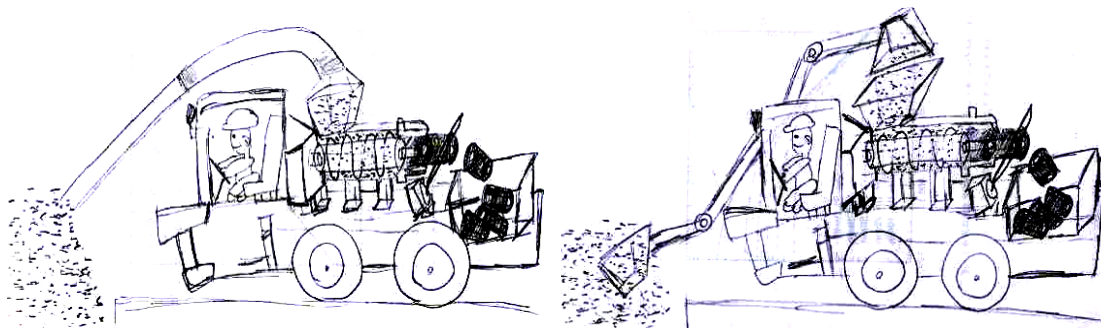
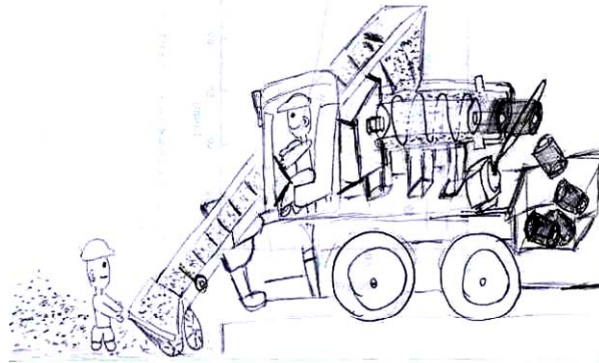
圖四 解決概念 I 的概念設計圖



(a)聯合收穫機加裝收集破碎稻草的容器



(b)聯合收穫機區域性將收集的稻草倒出



(c)可移動式稻草固態錠型燃料製作機定點式人工或自行進料

圖五 解決概念 d 的概念設計圖

附錄二

一般廢棄物(垃圾)水分測定方法

中華民國九十二年十一月十九日環署檢字第 0920083812 號公告

一、 方法概要

一般廢棄物之水分測定：

將定量經粉碎後之樣品置於 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 之烘箱內，經一定時間後取出稱重，其損失之重量，即為樣品之水分。

二、 適用範圍

本方法適用於混合之垃圾組成中總水分之測定，及經粉碎後之垃圾或固體廢棄物樣品(如飛灰、底渣或灰渣及固化物)之水分測定。含揮發性物質之樣品，在 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘乾時會發生化學變化而造成其重量增減者不適用。

三、 干擾

1. 廢棄物樣品冷藏保存，水分損失時造成負偏差。
2. 廢棄物中含有揮發性物質時，會造成正偏差。
3. 廢棄物中若含有油脂物質，在乾燥時可能因氧化而增加重量造成負偏差。

四、 設備及材料

1. 分析天平：可精稱至 0.001g
2. 乾燥器(或乾燥箱，附濕度顯示計)：至少有可置入 10 kg 樣品之空間
3. 烘箱：循環送風式烘箱，附排氣設備且可設定 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 者
4. 高強度剪刀、粉碎機(可將樣品切割及粉碎至 1mm 以下)
5. 坩鍋附蓋或稱量瓶

五、 採樣及保存

1. 所有樣品依循採樣計畫執行，採樣計畫必須參照環保署公告之「一般廢棄物(垃圾)採樣方法」撰擬
2. 垃圾樣品需於採集後儘快進行測定，不得長時間冷藏保存

六、 步驟

1. 測試前將附有蓋子之坩鍋洗淨後，置於烘箱中以 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘乾 2 小時，然後移至乾燥器冷卻備用，於使用前稱重
2. 稱取適量之粉碎廢棄物樣品(粒徑 1mm 以下，精稱至 0.001g) 約 5 至 10g(W_1)，置於上述已稱重之坩鍋中，於 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 之烘箱中至少 2 小時，取出移入乾燥器，冷卻至室溫，精稱其重量得 W_2
3. 重複以上步驟，直至前後兩次重量差小於 0.005g 為止

七、 結果處理

$$\text{總水分或水分(\%)} = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100(\%)$$

W_1 ：置入烘箱前之樣品重

W_2 ：經 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘乾後之樣品重

八、 品質管制

1. 樣品重複分析：每一樣品必須執行重複分析，若兩次分析的差值在 10% 以下，取其平均；若在 10% 以上，則需再進行第三次測定
2. 若第三次測定值與前二次平均值的差值大於 5% 時，則必須捨去前三次的實驗數據，重新進行分析
3. 若第三次測定值與前二次平均值的差值小於 5% 時，則取三次分析數據平均值作為該樣品之檢測結果

專利分析摘要表



專利分析摘要表 1

專利名稱	固形化燃料製造裝置與製造系統				
專利號碼 (Patent No.)	P1999-236583	申請日 (Date of Filed)	1998.2.24	公開日 (Date of Issued)	1999.8.31
專利申請人 (Assignee)	清水建設株式會社 東京都港區芝蒲一丁目 2 番 3 號		發明人 (Inventors)	八卷 淳 東京都港區芝蒲一丁目 2 番 3 號 清水建設株式會社	
分析人員	黃琇晶	技術 關鍵字	水蒸氣放出機構		分析日期

先前技藝存在之問題:

原料在進入成型前，須先利用大型乾燥設備去除水分，因此需要成型與乾燥兩套設備，使提高成本；倘若不先乾燥就成型，會在過程中發生高壓水蒸氣的噴發，使廢棄物成型差。

專利功能(Functions):

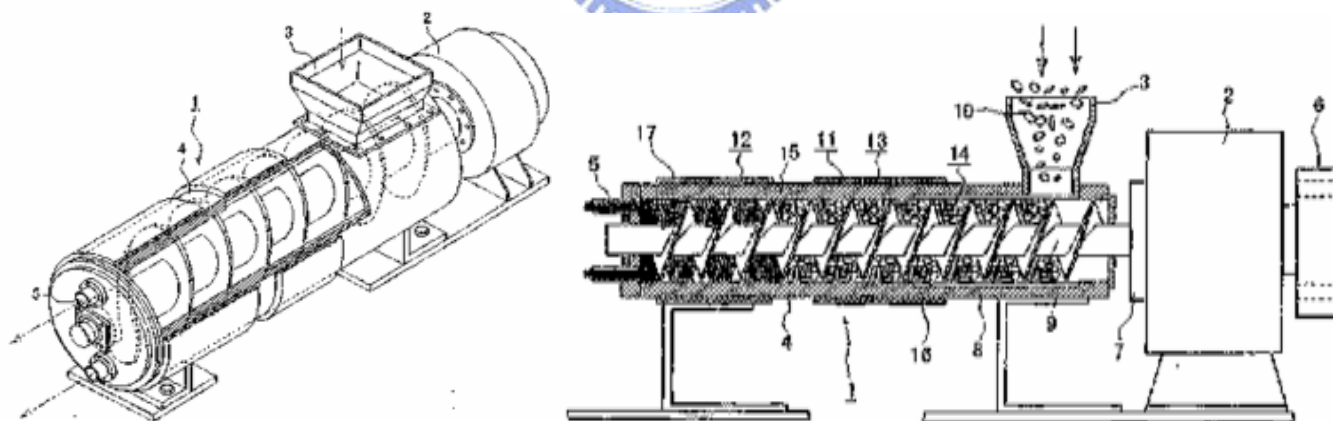
原料不需乾燥可直接加壓成型。

達成效果(Results):

利用水蒸氣放出設備，排出原料成型時所產生的水蒸氣，使壓縮確實，製造效率佳。

技術手段與重要圖示(Ways):

主要製造區，由 13 加熱，溫度約 100~150°C，17 為後段加熱區，溫度約 200~300°C，加熱過程中原料所產生的水蒸氣由 14、15 排出，原料最後由 5 成型出。



專利範圍(獨立項):

請求項 1：可燃性的粉碎材料，壓縮成型過程中加熱，由機器的水蒸氣放出機構，處理原料在加熱時所產生的水蒸氣。

專利摘要分析表 2

專利名稱	垃圾的固形燃料化裝置				
專利號碼 (Patent No.)	P1999-267605	申請日 (Date of Filed)	1998.3.26	公開日 (Date of Issued)	1999.10.5
專利申請人 (Assignee)	株式會社栗本鐵工所 大阪府大阪市西區北堀江 1 丁目 12 番 19 號		發明人 (Inventors)	林 振雄 株式會社栗本鐵工所內 大阪市西區北堀江 1 丁目 12 番 19 號	
分析人員	黃琇晶	技術 關鍵字	逆迴轉、周速差、混練作用、凹凸		分析日期
先前技藝存在之問題: 都市與產業的廢棄物，以往是利用直接掩埋或焚燒後再掩埋的方法處理，造成許多公害，現今將垃圾壓縮成固態燃料的方法，許多機械效率都極差，並且機器磨耗大，使得成本上升。					
專利功能(Functions): 將可燃廢棄物壓縮切斷成粒狀燃料。					
達成效果(Results): 壓縮效果較好，成型出來的燃料直徑約 5mm。					
技術手段與重要圖示(Ways): 不同轉向、轉速的 11 與 12，兩者轉速差約 1.1~1.3 倍，溫度在 150 度 C 以下，是將廢棄物壓縮成粒狀的主要裝置，其表面的溝槽可切斷布、樹等纖維質，達到均質的效果，原料含水率要 10~20%。					
專利範圍(獨立項): 請求項 1：將可燃廢棄物壓縮擠出為粒狀的固態燃料裝置，以不同轉向的 11 與 12 形成成型出口，以不同的轉速將可燃廢棄物壓縮、切斷，形成 b 狀的燃料。					

專利摘要分析表 3

專利名稱	固形燃料的製造裝置				
專利號碼 (Patent No.)	P2000-63858A	申請日 (Date of Filed)	1998.8.20	公開日 (Date of Issued)	2000.2.29
專利申請人 (Assignee)	株式會社崔原製作所 東京都大田區羽田旭町 11 番 1 號		發明人 (Inventors)	倉田 次郎 東京都大田區羽田旭町 11 番 1 號 株式會社崔原製作所內	
分析人員	黃琇晶	技術 關鍵字	加熱手段、排水機能、冷卻手段		分析日期
<p>先前技藝存在之問題: 為了保存會腐壞的廢棄物，多施與添加劑，此時含水率高達 50~60%，導致進行成型前需經過乾燥至 35% 方可成型。</p>					
<p>專利功能(Functions): 一台成型機即可完成整個廢棄物變為固態燃料的工作。</p>					
<p>達成效果(Results): 提供單一且簡單的設備，不需乾燥步驟便可處理含水率大於 35% 的廢棄物原料。</p>					
<p>技術手段與重要圖示(Ways): 在進入成型區前有排除原料多餘水分的排水設備(2)，8 為排水口；進入主要成型區後，則有加熱設備(5)熔融原料，冷卻管(6)利用氣冷或其他方式，再使其固化成型。</p>					
<p>專利範圍(獨立項): 請求項 1：製造可燃性的固態燃料裝置，機器上部有原料投入口，投入原料後利用螺桿運輸進入有加熱機制的成型區，成型區外罩有排水機能，最後再加以冷卻。</p>					

專利摘要分析表 4

專利名稱	RDF 成型機				
專利號碼 (Patent No.)	P2002-263892	申請日 (Date of Filed)	2001.3.9	公開日 (Date of Issued)	2002.9.17
專利申請人 (Assignee)	日立造船株式會社 大阪府大阪市住之江區南港北 1 丁目 7 番 89 號		發明人 (Inventors)	東條 千明 大阪市住之江區南港北 1 丁目 7 番 89 號 日立造船株式會社 內	
分析人員	黃琇晶	技術 關鍵字	押壓口		分析日期

先前技藝存在之問題:

以往廢棄物成型機沒有能力在保持固定作業一段時間後，模具孔數不變，多被原料堵塞，導致長期使用下，機器磨耗不均、磨耗嚴重，提高成本。

專利功能(Functions):

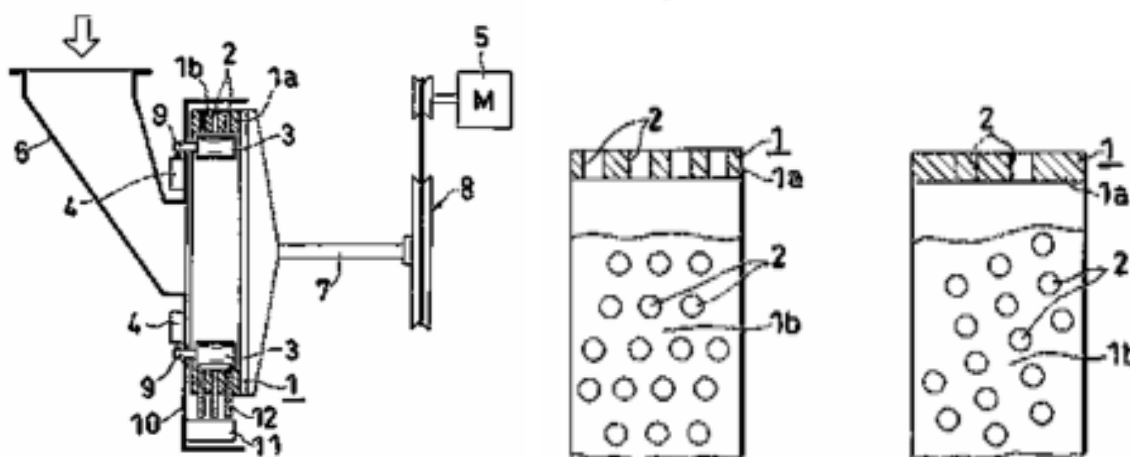
改變模具孔洞的排列方式，以及改變加壓設備的運動方式，來降低彼此之間與廢棄物原料的摩擦，延長設備的使用壽命。

達成效果(Results):

讓加壓口與模具之間磨耗均等，長時間安定成型，維持設備的使用效率。

技術手段與重要圖示(Ways):

改變孔洞的排列方式，另外，加壓設備的軸(9)產生往復運動，降低與模具彼此之間的摩擦。



專利範圍(獨立項):

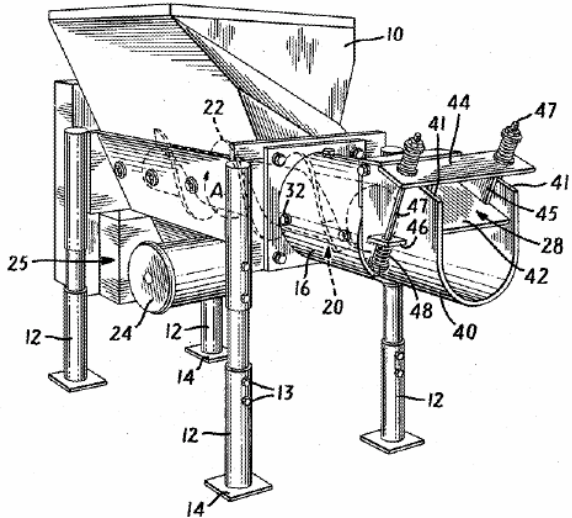
請求項 1：RDF 成型機將乾燥過後的原料，利用加壓通過多孔數的模具來成形，分散配置模具的孔洞，緩和與加壓設備的接觸。

請求項 2：RDF 成型機將乾燥過後的原料，利用加壓通過多孔數的模具來成型，加壓設備以往復式方法運動。

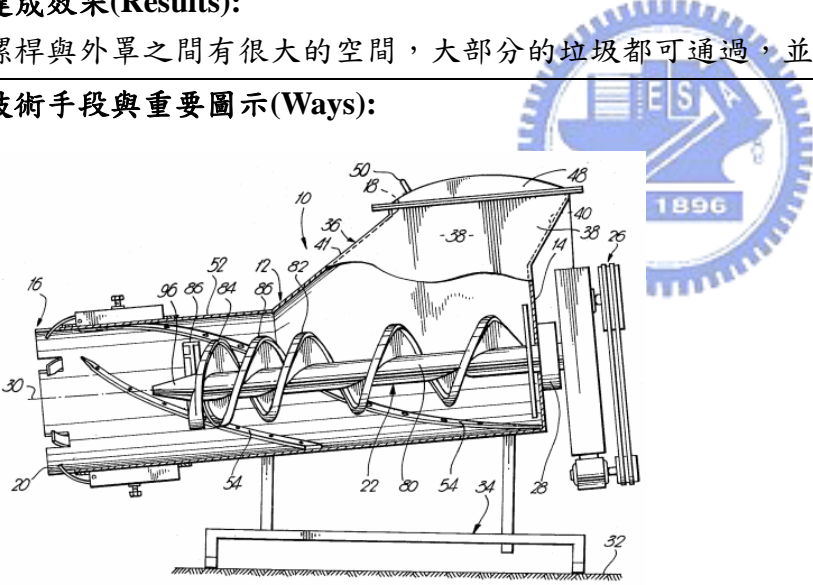
專利分析摘要表 5

專利名稱	RDF 成形機				
專利號碼 (Patent No.)	P2002-285177A	申請日 (Date of Filed)	2001.3.26	公開日 (Date of Issued)	2002.10.3
專利申請人 (Assignee)	日立造船株式會社		發明人 (Inventors)	千木良 曉司	
分析人員	黃琇晶	技術 關鍵字	加振、電磁、油壓式		分析日期
<p>先前技藝存在之問題: 目前一般 RDF 成形機，常因廢棄物原料破碎不完全，導致阻塞模具孔洞，使成型困難</p>					
<p>專利功能(Functions): 利用震動加壓力，把廢棄物震碎。</p>					
<p>達成效果(Results): 解決模具孔洞阻塞問題。</p>					
<p>技術手段與重要圖示(Ways): 螺旋輸送原料至環狀模具(2)，以油壓設備(10、11)施與滾輪(8)壓力成型，利用電磁震動器(13)，讓滾輪也震動，滾輪有溝槽可把原料破碎完全，且將其擠壓通過模孔(3)。</p>					
<p>專利範圍(獨立項): 請求項 1: 廢棄物原料通過含有貫通孔的環狀模具來成型，環狀周壁的內周面利用油壓與加振裝置，提高壓力於原料上</p>					

專利分析摘要表 6

專利名稱	Shredder-compactor apparatus for processing refuse material				
專利號碼 (Patent No.)	US3991668	申請日 (Date of Filed)	Dec. 27, 1974	公開日 (Date of Issued)	Nov. 16, 1976
專利申請人 (Assignee)	SFM Corporation, Plainfield, N.J.		發明人 (Inventors)	Kenneth E. De Milt, Scotch Plains; Stephen Collins, Monmouth Beach, both of N.J.	
分析人員	黃琇晶	技術 關鍵字	Latch plate、wear plate、compaction tube、hopper、helical flight、auger screw		分析日期
先前技藝存在之問題:					
利用螺桿將垃圾壓縮成燃料的機器，螺桿磨耗快，若以強化螺桿來解決，則容易造成螺桿的外罩損壞，另外，原料堵塞機器問題嚴重，控制燃料密實度的背壓設備複雜昂貴。					
專利功能(Functions):					
本專利是要克服先前技藝存在的問題，建立一台可破碎、擠壓垃圾的機器。					
達成效果(Results):					
解決以往技藝的問題。					
技術手段與重要圖示(Ways):					
使用一耐磨平板，硬度小於螺桿，固定於外罩上，延長外罩的壽命以及避免原料附著於外罩上，另連續改變螺桿旋轉方向，來避免原料的堵塞。					
					
專利範圍(獨立項):					
claim 1：一個可破碎且壓縮垃圾的設備，其進料斗與壓縮套筒相連結，整支螺桿由進料斗延伸至壓縮套筒，進料斗區的螺桿有破碎垃圾的功能，而螺桿的螺旋部分可幫助垃圾的傳送與壓縮。					
claim 9：可破碎且壓縮垃圾的設備，壓縮套筒內部有可更換的耐磨板，硬度須小於螺桿的硬度，固定在壓縮套筒內，其功能是幫助垃圾通過壓縮區，且降低套筒的磨耗。					

專利分析摘要表 7

專利名稱	Refuse compacting device				
專利號碼 (Patent No.)	4256035	申請日 (Date of Filed)	Jan. 2,1979	公開日 (Date of Issued)	Mar. 17,1981
專利申請人 (Assignee)	Jacob J. Neufeldt, c/o Neufeldt Industries, Inc., P.O. Box 597, Lethbridge, Alberta, Canada, T1J3Z4				
分析人員	黃琇晶	技術 關鍵字	housing、plug、auger、vane		分析日期
先前技藝存在之問題:					
<p>垃圾在進料斗處破碎，靠螺桿運輸擠壓；擠壓過程中，有些垃圾無法通過螺桿外罩與螺桿之間，導致卡料，雖垃圾在外罩與螺桿間會被磨碎，但依然有些磨碎不全，使機器的破碎設備成本提高。</p>					
專利功能(Functions):					
改善螺桿擠壓狀況，提供一簡單設備與操作方法，有能力地處理各種垃圾。					
達成效果(Results):					
螺桿與外罩之間有很大的空間，大部分的垃圾都可通過，並且擠出的成品，密實完整。					
技術手段與重要圖示(Ways):					
					
專利範圍(獨立項):					
<p>claim1：壓縮垃圾的設備包含：一個螺桿外罩，外罩一端封閉一端有栓塞；進料斗與壓縮區相連接，螺桿由進料斗延伸至壓縮區，呈現懸壁樑狀態，旋轉狀態有限制角度，主要維持在軸上旋轉。</p> <p>claim31：壓縮垃圾的設備包含：外罩為圓柱狀，與進料斗相連接，垃圾由進料斗進入後，進入外罩裡由螺桿輸送壓縮；螺桿由馬達帶動，連接處靠近進料斗，其軸心與外罩為同圓心。</p> <p>claim34：壓縮垃圾的設備包含：一個外罩，與進料斗連接，另一端延伸至壓縮區，附有栓塞可幫助擠壓垃圾；螺桿螺旋面有助狀型長柄；。</p>					

專利分析摘要表 8

專利名稱	MUNICIPAL WASTE BRIQUETTING SYSTEM AND METHOD OF FILLING LAND				
專利號碼 (Patent No.)	US 6,692,544 B1	申請日 (Date of Filed)	Apr. 11, 2001	公開日 (Date of Issued)	Feb. 17, 2004
專利申請人 (Assignee)	Ecosystems Projects, LLC, Albany, NY (US)		發明人 (Inventors)	Mauro Grillenzoni, Modena (IT)	
分析人員	黃琇晶	技術 關鍵字	MSW (municipal solid waste)、RDF (refuse derived fuel)、sewage sludge、fluff	分析日期	

先前技藝存在之問題:

廢棄物例如家庭垃圾、都市垃圾等，傳統處理方法多掩埋或直接焚燒，造成環境污染，現在可將其壓縮，但沒有足夠能力處理多種類的垃圾。

專利功能(Functions):

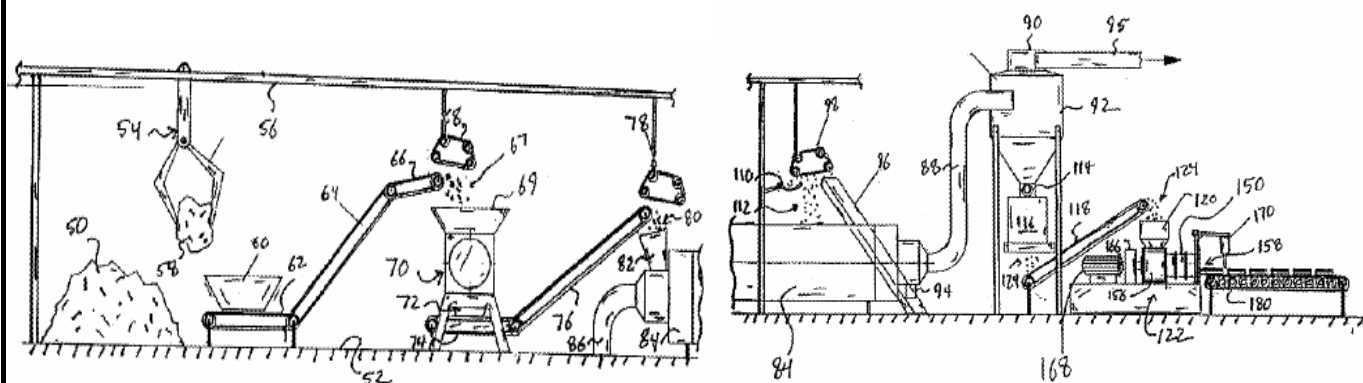
提供一有效方法處理都市廢棄物、污穢爛泥，利用緊密壓縮減小廢棄物的體積，製作成燃料，且利用改變原料的長度、螺桿轉速、成型模具、成品切斷長度、甚至是製作過程的溫度，來控制燃料最後的含水率以及密度，以因應市場需求。

達成效果(Results):

讓垃圾變成能源，成型的燃料尺寸均一，運送過程中不會分解，可儲存很久，密度與原先有 4~5 倍的差距，且不需添加其他黏著劑，便有良好的機械性質，若添加額外的燃料，像是壓碎的煤和石油殘渣，不但可增進燃料性質，原有的性質也不會改變。另外，在適當的地點建立製作工廠，可降低運輸費用，製造過程也不會發出令人難以忍受、令人作噁的臭味。

技術手段與重要圖示(Ways):

處理步驟：利用至少一台破碎機將垃圾破碎，破碎後的垃圾通過一旋轉乾燥爐，順便分離一些較重的雜質，然後利用氣旋將乾燥後的材料，吹入雙螺桿擠壓機製作燃料



專利範圍(獨立項):

claim1: 原料生物活動呈現惰性，至少其中一項要有都市垃圾、污穢爛泥物，或是垃圾衍生燃料，其磚塊狀成品密度大約是 $1000\sim 3000 \frac{lb}{yd^3}$ ，含水量小於重量的 10%。

Claim4：原料需放在垃圾場中至少一年，使化學與生物活動呈現惰性，至少一項要是都市垃圾、污穢爛泥物，或是垃圾衍生燃料，其磚塊狀成品密度大約是 $500\sim 5000\text{ lb/ yd}^3$ ，含水量小於重量的 10%。

Claim6：原料成分裡，金屬含量要少於 3%，至少一項要是都市垃圾、污穢爛泥物，或是垃圾衍生燃料，施與壓力範圍約在 5000~15000psi，其磚塊狀成品密度大約是 $2000\sim 3000\text{ lb/ yd}^3$ ，保存在一般平常狀態下，最少可到五年，含水量小於重量的 7%。

Claim7：原料成分裡，金屬含量要少於 3%，且要為垃圾衍生燃料與都市垃圾，或是污穢爛泥物其中一項的混合，施與壓力範圍約在 500~15000psi，其磚塊狀成品密度大約是 $500\sim 5000\text{ lb/ yd}^3$ ，含水量小於重量的 5%。

claim10：原料包含一種或多種以下敘述的垃圾：都市垃圾、垃圾衍生燃料、汽車輪胎，都市污穢爛泥，尺寸方面，95%的原料，不能大於 4inches；製作燃料步驟第一步是使用旋轉爐，以甲烷或垃圾燃燒氣體加熱原料，使原料含水率為 10%，且移除含鐵與不含鐵的金屬粒子，接著以螺桿或利用有能力擠壓原料變成磚塊狀的機器，擠壓原料，擠壓過程維持 $250\sim 280^\circ\text{ F}$ ($121\sim 138^\circ\text{ C}$)，讓原料含水率降至 5% 以下。

