中華民國 第49屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組　生活與應用科學科

080809

讓我們一起為臺灣加油

學校名稱：高雄縣鳳山市福誠國民小學

作者：	指導老師：
小六 方盈筑 小六 鄭冠昱	蘇美英

關鍵詞：生質柴油

讓我們一起為臺灣加油

摘要

為有效利用學校營養午餐的回收油，以減少環境之汙染，故本次實驗採用本校和校外廚房經過油炸食物後的回收油，以及未經烹煮的新油，加入甲醇產生酯化作用來製作生質柴油。再探討自行設計生質柴油的簡易檢驗方法是否可行？進而探討和動力輸出和不同比例的生質柴油與石化柴油混合後，在品質上是否有顯著的差異？並依據所檢測出來的數據和訪談民眾的問卷，來了解我國能源政策的推行和民眾的反應。

壹、　研究動機

最近經濟衰退、油價上漲，每個人都以「環保」為主要觀念來力行節能減碳，除了風行騎腳踏車外，是否有其它節能的方法，可以來取代石油的使用？我們六年級自然課本上提到了新能源「生質柴油」，但只提到食用廢棄油可以製作成生質柴油，可惜卻沒有告訴我們如何製作！

當我們觀看了公共電視台－下課花路米介紹一位生質柴油 DIY 達人亞曼叔叔的節目後，我們對於製作生質柴油有了初步的了解。經過評估，我們應該也可以自行做出生質柴油，但我們自製的生質柴油是否可使用？沒有精密儀器的我們，要如何善用身邊的資源想出簡良又可行的方法來檢測生質柴油？生質柴油與石化柴油的使用是否有最適合的比例？民眾的接受度又如何？一連串的問題，引發了我們進一步探究生質柴油的興趣。

貳、　研究目的

一、探究回收油、新植物油如何製作成生質柴油；

二、知道如何檢驗自製的生質柴油；

三、自製生質柴油與市售生質柴油的品質是否有所差異？

四、生質柴油與石化柴油的動力輸出是否有所差異？

五、自製生質柴油與石化柴油不同的混合比例使用，品質是否有所差異？

六、了解我國關於生質柴油能源政策的推廣與民眾的想法。

參、　研究器材

氫氧化鈉、純水、異丙醇、甲醇、台糖大豆沙拉油、學校和拉麵店回收油、醋酸、飽和食鹽水、量筒、量杯、滴管、pH 廣用試紙、電子磅秤、3 cc注射針筒、濾網漏斗、棉網漏斗、果汁機、電磁爐、電子溫度計、碼錶、不鏽鋼鍋、玻棒、自製水洗瓶、彈珠、砝碼、投影機。

肆、　研究過程與方法

一、探討製作生質柴油的方法

(一) 搜尋各種製作生質柴油的方法

生質柴油的製程中以動植物油脂與醇類（甲醇、乙醇）作爲反應物外，尚須加入鹼金屬作爲催化劑，此反應爲交酯化反應，副產品爲甘油。

根據我們上網查詢和電話訪談相關學者專家，進一步了解和確認製作生質柴油的程序後，整理出四種關於製作方法的資料如下：

表 1：生質柴油製造方法比較表

製作方法 比較項目	做法一	做法二	做法三	做法四
使用者	一般民眾	一般民眾	一般民眾	營利單位
使用油量（L）	1	1	1	未說明
氫氧化鈉（g）	酸鹼滴定量爲 n 公式：n＋3.5	新植物油：3.5 回收油：6~7	新植物油：4.5	未說明
油溫（℃）	60	室溫	49	60
甲醇（cc）	200	150~200	200	未說明
拌攪時間（分）	果汁機：20	果汁機：30	人工：60	攪拌機：30
酸鹼中和	無	無	無	有
水洗	清水水洗 2~3 次	無	無	飽和食鹽水、清水水洗
去除水份、甲醇	採用直接加熱法	無	無	採用蒸餾法

(二) 結論

因做法一採用酸鹼滴定方法決定氫氧化鈉的使用量，故本次實驗步驟以做法一爲主並參考做法二、三、、四來進行實驗。

二、擬定實驗油種類

爲實驗的多樣性，本次實驗採用的油爲：全新植物油、校內回收油、校外拉麵店專門炸排骨和雞肉的回收油。因考量成本，故本次實驗全新植物油選擇台糖大豆沙拉油。

三、檢測實驗油

(一) 檢測實驗油密度

◆實驗目的：測量三種實驗油的密度

◆實驗結果：

表 2：三種實驗油的密度

油的種類 項目	新油	學校的回收油	拉麵店的回收油
油的品牌	台糖大豆沙拉油	台糖大豆沙拉油	美食家油炸專用油
密度（Kg/m^3）	925	915	895

(二) 測量實驗油的酸鹼性

◆實驗目的：利用酸鹼滴定，決定製作生質柴油使用氫氧化鈉的量

◆實驗過程：

1. 調配鹼水（氫氧化鈉水溶液）：量取 1g 氫氧化鈉，加入 1000 cc的純水中，攪拌均勻。
2. 調配檢測油：10 cc的異丙醇加入 1 cc的油充份攪拌均勻。
3. 檢測油的 pH 值：依次加入 0.5 cc鹼水並利用試紙測量油的 pH 值至 8~9，記錄鹼水的使用量 n。
4. 氫氧化鈉使用量：n＋3.5（g）。

①調配鹼水（氫氧化鈉水溶液）　②使用 pH 廣用試紙檢測油的 pH 值

◆實驗結果：

表 3：1 公升實驗油使用氫氧化鈉的量

油的種類 / 項目	台糖大豆新油		學校回收油			拉麵店回收油			
未加鹼水前 pH 值	5~6（接近 6）		6~7（接近 6）			5~6（接近 6）			
鹼水（cc）	0.5	1.0	0.5	1	1.5	0.5	1	1.5	2
加鹼水後 pH 值	7~8	8~9	7	7~8	8~9	6~7	7~8	7~8	8~9
氫氧化鈉（g）	4.5		5			5.5			

◆發現：

新油的 pH 值應該是中性或偏弱鹼，為什麼我們測試出來的 pH 值會接近 6？

◆結論：

1. pH 廣用試紙必需在被測物溶於水的情形下才能測出其 pH 值，而油不溶於水，必須使用 pH 儀才能測得其 pH 值。
2. 改用『新油為油重量的 0.5%；回收油為油重量的 1%』決定氫氧化鈉的量。

四、製作生質柴油

(一) 擬定生質柴油配方

表 4：生質柴油配方

實驗配方 配方內容	配方一 台糖大豆新油	配方二 學校回收油	配方三 拉麵店回收油
油量（g）	925	915	895
氫氧化鈉（g）	4.5	9	9
油溫（℃）	60		
甲醇（cc）	200		
醋酸（g）	6.75	8.25	9.75

註：①本表三種配方生質柴油的油量以 1 公升單位

②我們經由老師指導利用化學式：$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3C00Na + H_2O$ 推算醋酸量

(二) 製作生質柴油 I

◆實驗目的：製作生質柴油

◆實驗過程：

1. 濾油：使用濾網漏斗和棉網漏斗把回收油過濾兩個回合。
2. 量取油量：1 公升（1000×油的密度）重的油。
3. 去除回收油的水分：將回收油加熱至 130℃、5 分鐘以去除油中的水分。
4. 控制溫油：利用隔水降溫，將油溫降至 60℃。
5. 量取甲醇、氫氧化鈉的量，依序將油、甲醇、氫氧化鈉加入果汁機中。
6. 攪拌：利用果汁機以低速攪拌 20 分鐘。
7. 靜置：靜置交酯化反應後的油 4 小時以上。
8. 分離：倒取生質柴油與甘油。
9. 酸鹼中和：利用醋酸進行酸鹼中和。
10. 水洗：利用多於 1 公升的清水和水洗瓶進行水洗。
11. 靜置。

①濾油

②量取油量、甲醇、氫氧化鈉

③加熱回收油至 130℃，去除油中的水分	④隔水降溫，將油溫降至 60℃	⑤依序將甲醇、氫氧化鈉量，加入果汁機中攪拌 20 分鐘	⑥靜置 4 小時以上，到明顯出現油分層
⑦倒取、過濾、分離，取得生質柴油與甘油	⑧加入醋酸酸鹼中和後，利用自製水洗瓶、清水進行水洗，將廢水排出		⑨靜置水洗後的生質柴油

◆實驗結果：

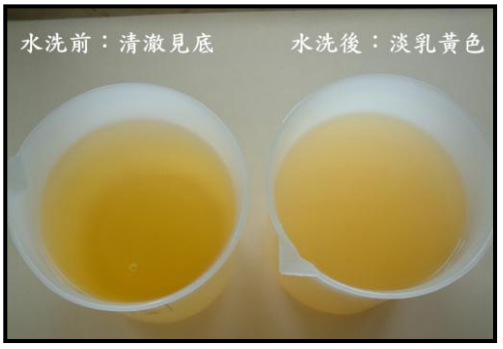
$$\text{生質柴油的產出率} = \frac{\text{產出的生質柴油重量}}{\text{投入的油重量}}$$

表 5：生質柴油產出結果 I

實驗配方 / 比較項目	配方一 台糖大豆新油	配方二 學校回收油	配方三 拉麵店回收油
投入量油量（g）	925	915	895
產出量（g）	880	830	728
產出率（%）	95%	90%	81%

註：產出率四捨五入取到小數第二位

◆發現：



1. 生質柴油經過水洗後變濁、淡乳黃色，是否加熱去除水分後，就能恢復未水洗前的清澈度？

2. 在水洗步驟有使用清水和飽和食鹽水二種方法，我們採用清水水洗，而出現生

質柴油變濁，實驗步驟若改為使用飽食鹽水進行水洗，也許不會有油變濁的情形。

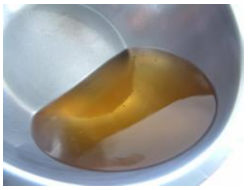
◆結論：

1. 用清水水洗生質柴油，容易產生乳化現象，為改善此現象可使用 100 cc飽和食鹽水再次清洗，然後靜置 30 分鐘後再將油水分離，分離後的油再加熱至 110℃以上（但勿超過 150℃）去除水分。

2. 若使用上述方法仍無法改善，可以在油中加入油量的 5~10%的甲醇再進行水洗，水洗時將油溫保持在 50℃效果會更佳。

(三) 修正實驗步驟

1. 水洗：將 200 cc的飽和食鹽水邊倒入生質柴油中、邊用玻棒攪拌。
2. 油水分離：靜置分離 30 分鐘後，將廢水從水洗瓶中流出。
3. 除水：將油加熱至 110℃以上除水，當油出現清澈見底時，即可停止。
4. 過濾靜置：將鍋中沉澱的鹽類過濾掉後再靜置。

			
①使用飽和食鹽水進行水洗後，再靜置 30 分鐘	②將廢水從水洗瓶中流出，取得的生質柴油	③加熱去除水洗後生質柴油中的水分	④過濾油中的鹽類後，再靜置

(四) 製作生質柴油Ⅱ

◆結果：

表 6：生質柴油產出結果Ⅱ

實驗配方 比較項目	配方一 台糖大豆新油	配方二 學校回收油	配方三 拉麵店回收油
投入油量（g）	925	915	895
產出油量（g）	883.5	825	719
產出率	96%	90%	80%

註：產出率四捨五入取到小數第二位

五、檢驗生質柴油

由於我們沒有精密的儀器來檢驗自製的生質柴油，因此我們自行設計出相關的方法來檢驗生質柴油，並尋找相關單位提供技術支援，檢測出精準的數據，以供我們評估我們設計的簡易檢測方法是否可行？

(一) 了解 B100（註 1）生質柴油的檢驗標準

註 1：B 指的是生質柴油（Biodiesel），數字則指的是其摻入石化柴油中的百分比。例如 B5 是石化柴油中加入 5%的生質柴油。

表 7：B100 生質柴油檢驗項目（－：無公告標準）

公告單位名稱 / 檢驗標準 / 檢驗項目		美規 ASTM D6751	歐規 EN 14214	生質柴油國家標準 CNS 15072	中油	台塑
密度，15℃，Kg/m³		－	965	860~900	Report	如實驗記錄
動力黏度，40℃，mm²/s		1.9~6.0	3.5~5.0	3.5~5.0	2.0~4.5	2.0~4.5
閃火點，℃，最小值		130	120	120	52	52
十六烷指數，最小值		47.0	51.0	51.0	48	48
總污染量，mg/kg，最大值		－	24	24	24	24
銅片腐蝕性，3 小時，50℃，級數		第三級	第一級	第一級	第一級	第一級
氧化穩定性	110℃，小時，最小值	－	6.0	6.0	－	－
	g/m³，最大值	－	－	－	25	25
酸價，mg KOH/g，最大值		0.5	0.5	0.5	－	－
碘價，gI2/100g，最大值		－	120	120	－	－
殘碳量、藍氏殘碳量(100% 蒸餾物)，%（m/m），最大值		0.50	0.30	0.30	0.30	0.30
酯含量		－	96.5	96.5	－	－
亞麻油酸甲酯，%（m/m），最大值		－	12.0	12. 0	－	－
多雙鍵（≧4）酯肪酸甲酯含量，%（m/m），最大值		－	1	1	1	1
單甘油酯含量		－	0.80	0.80	－	－
雙甘油酯含量		－	0.20	0.20	－	－
三甘油酯含量		－	0.20	0.20	－	－
游離甘油含量，%（m/m），最大值		0.02	0.02	0.02	－	－
總甘油含量，%（m/m），最大值		0.24	0.25	0.25	－	－
甲醇含量，%（m/m），最大值		－	0.20	0.20	－	－
硫含量，mg/kg，最大值		≦500(Grade S500) ≦15.0(Grade S15)	10	10	50ppmw	50ppmw
水分，mg/kg，最大值		－	500	500	200	－
水分及沉澱物，vol%		0.050	－	－	－	0.05
第 I 族金屬含量（鈉＋鉀）		5.0	5.0	5.0	－	－
第 II 族金屬含量(鈣＋鎂)，mg/kg，最大值		－	－	5.0	－	－
磷含量，mg/kg，最大值		10.0	10.0	10.0		
蒸餾性質 95vol%餾出溫度，℃，最大值		360	－	－	360	360
硫酸鹽灰分，%（m/m）		0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
多環芳香烴，wt%				－	11	11
潤滑性（校正磨痕直徑 1.4wsd，60℃），μm，最大值		－	－	－	460	460
流動點，℃		－	－	－	－3	－3
冷濾點（CFPP）		－	－	5	－3	－3
外觀（目視）		－	－	－	－	清澈透明

◆發現：

1. 我國生質柴油的檢驗標準與歐規相似，僅有密度一項不同；歐規較美規來得嚴格。
2. 檢驗項目中以『硫含量』的差異性最大；臺灣中國石油股份有限公司（以下簡稱中油）、台塑石化股份有限公司（以下簡稱台塑）對於生質柴油『硫含量』的檢驗標準都不符合我國生質柴油國家標準 CNS 15072。
3. 國內目前檢驗生質柴油的項目多達二十六項，而有那幾項檢查項目是生質柴油與石化柴油最不同且最需要檢驗的項目呢？
4. 我國檢驗生質柴油的單位，只有中油、台塑和財團法人工業技術研究院（以下簡稱工研院）三個單位。可見檢驗生質柴油的儀器不普遍，因此尋求校外資源協助檢驗。

◆結論：

1. 由於歐洲國家和美國使用製作生質柴油的原料不同（歐洲：油菜仔油；美國：大豆油），因此檢驗標準不同。
2. 在我國二十六項檢驗項目中，『黏度、酸價、水分、酯含量』是生質柴油與石化柴油差異最大的項目。
3. 判斷自製生質柴油是否成功？首先可由產率來判斷。

表 8：生質柴油產出率

油的種類 資料提供者	新油	回收油
民間團體 唐嚴漢先生	95%	①動物性脂肪較多的回收油：30~40% ②一般的回收油：70~80%
工研院 盧文章博士	90~95%	①一般回收油：85~90% ②一般而言，回收油沒有一定的產出率，回收油的產出率與回收油的酸價有關，酸價越高，產出量越少；反之產出量越多。
台北科技大學 陳奕宏教授	95%	沒固定的產出量，回收油的產出量與回收油的酸價有關，可代入公式來推算。
台灣新日化股份有限公司 傅茹平研發員	95%	沒固定的產出量，回收油的產出量與回收油的酸價有關，酸價越高，產出量越少；反之產出量越多。

4. 雖然正修科技大學　葉安祺教授願意協助我們檢驗生質柴油，但他亦表示能檢驗的項目有限。

5. 爲確認自行製造的生質柴油品質是否與市售生質柴油相同？因此我們採用台灣新日化股份有限公司生產的生質柴油爲對照組。
實驗組：自製三種不同配方的生質柴油
對照組：台灣新日化股份有限公司生產的生質柴油

(二) 檢驗 B100 生質柴油

1. 檢驗項目：密度

◆實驗目的：檢驗生質柴油的密度

◆實驗結果：

三種自製生質柴油的密度，都符合生質柴油國家標準 CNS 15072 公告值『密度，Kg/m³，860~900』。

表 9：生質柴油檢測『密度』實驗記錄

生質柴油種類 / 檢驗項目	台灣新日化股份有限公司	配方一 台糖大豆新油	配方二 學校回收油	配方三 拉麵店回收油
100 cc油重量（g）	88	88.5	87	90
密度（Kg/m³）	880	885	870	900

2. 檢驗項目：黏度

◆實驗目的：檢驗生質柴油的黏度

◆實驗過程：

(1) 量筒倒入油至 26 cm高，並在量筒外壁畫線做記號。

(2) 將砝碼沿量筒杯壁放下時，同時按下碼錶，測量砝碼沉到量筒底部的時間。

①量筒裝入 26 cm高的油	②將砝碼放入油中，並測量從開始至沉到底部的時間

◆實驗結果：

表 10：生質柴油檢測『黏度』實驗記錄

生質柴油種類 檢驗項目	台灣新日化 股份有限公司	配方一 台糖大豆新油	配方二 學校回收油	配方三 拉麵店回收油
黏度（sec）	2”46	2”81	2”63	3”63
黏度小到大順序	1	3	2	4

3. 檢驗項目：清澈度

◆實驗目的：檢驗生質柴油的清澈度

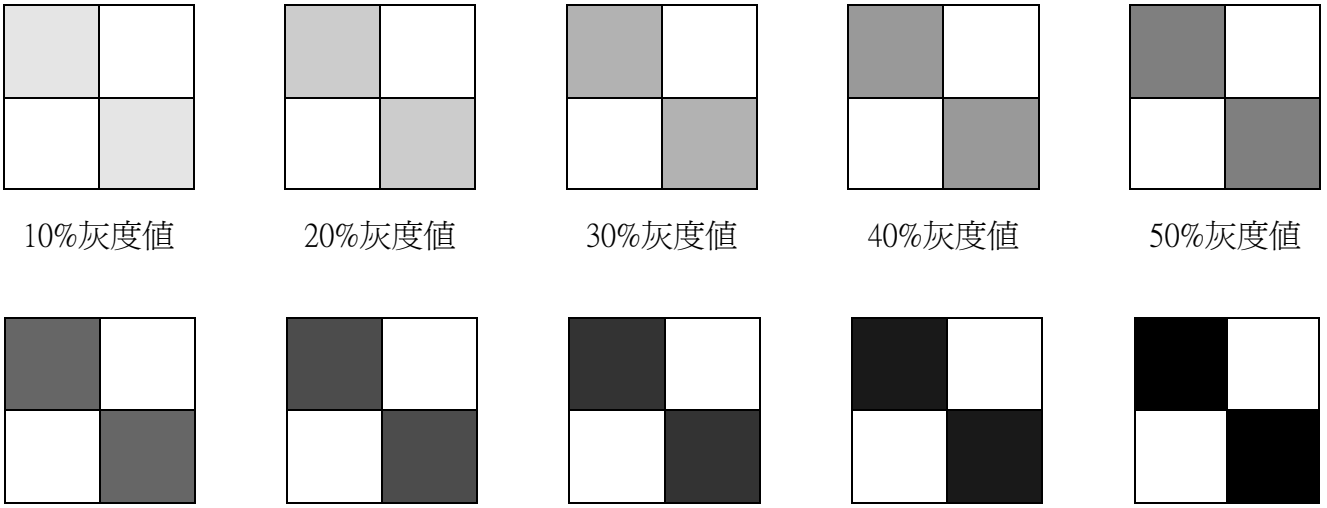
◆實驗過程：

(1) 設計『清澈度檢驗表』：利用軟體 Microsoft Word 插入表格後，再依序修改儲存格的「格式／框線及網底」。

(2) 修正『清澈度檢驗表』：
①比較圖案內有無框線那個比較好觀察？
②灰度值間差為多少，比較精準？

(3) 修正後結果：
①無框線比較好觀察。
②灰度值間差由 10%改為 5%可以更精確的比較出生質柴油的清澈度。

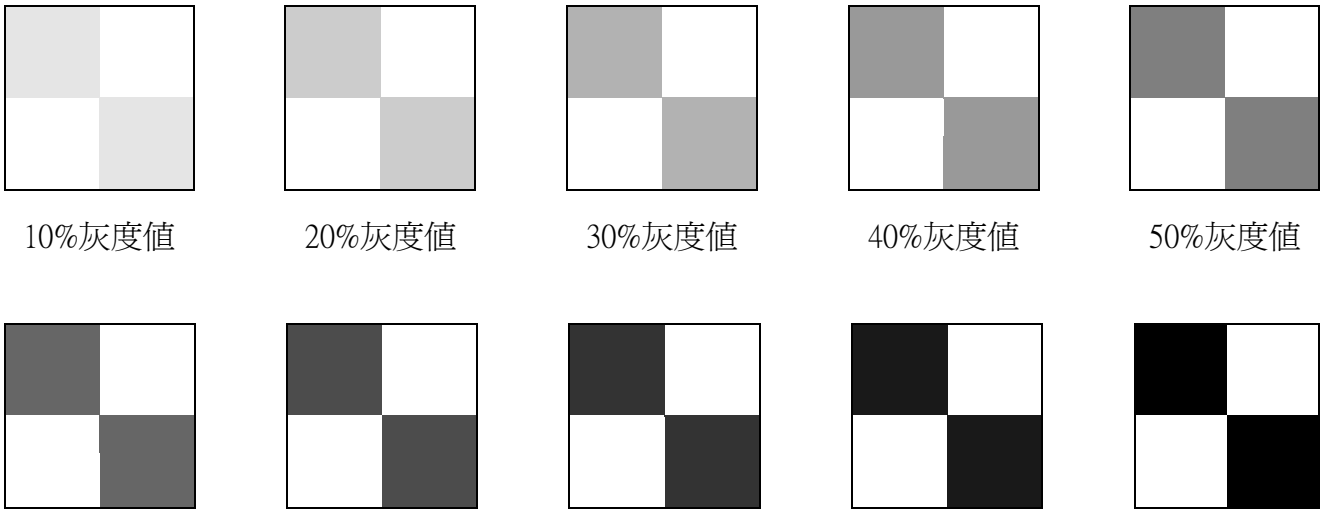
清澈度檢驗表-1 （圖案內有框線，灰度值間差 10%）



10%灰度值　20%灰度值　30%灰度值　40%灰度值　50%灰度值

60%灰度值　70%灰度值　80%灰度值　90%灰度值　全黑

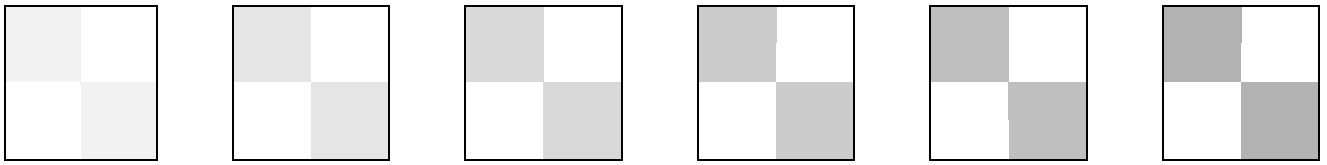
清澈度檢驗表-2 （圖案內無框線，灰度值間差 10%）



10%灰度值　20%灰度值　30%灰度值　40%灰度值　50%灰度值

60%灰度值　70%灰度值　80%灰度值　90%灰度值　全黑

清澈度檢驗表-3 （圖案內無框線，灰度值間差 5%）



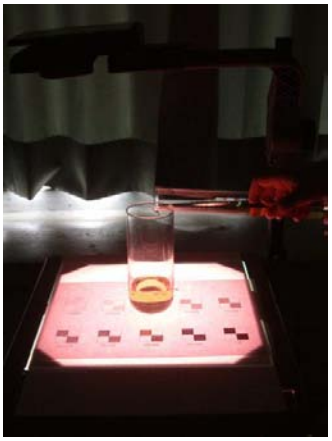
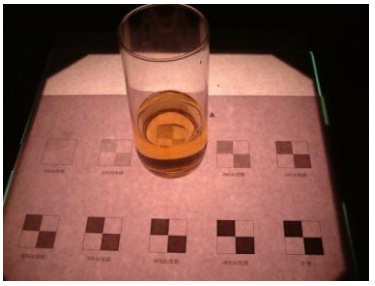
5%灰度值　10%灰度值　15%灰度值　20%灰度值　25%灰度值　30%灰度值

(4) 檢測生質柴油的清澈度：

①設定投影機的亮度：將 A3 空白影印放在投影機上來調整投影機的亮度。

②放置自製清澈度檢驗表於投影機上，再將透明玻璃杯放在檢驗表上。

③逐次添加 50 cc的油量於玻璃杯內後並觀察圖案，至看不清楚圖案時或油量到達 200 cc時，即停止。

		
①利用紙張調整投影機的亮度	②逐次添加 50 cc的油量，再利用清澈度檢驗表測試生質柴油的清澈度	

◆實驗結果：

清澈度優到劣順序：配方一、台灣新日化股份有限公司、配方二、配方三。

表 11-1：清澈度檢驗結果（○：清楚　×：看不清楚）

生質柴油種類 / 實驗結果 / 油量	台灣新日化股份有限公司				配方一 台糖大豆新油			
	圖案灰度值				圖案灰度值			
	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
50 cc	×	×	○	○	×	○	○	○
100 cc			○	○		×	○	○
150 cc			×	○			○	○
200 cc				○			×	○

表 11-2：清澈度檢驗結果（○：清楚　×：看不清楚）

生質柴油種類 / 實驗結果 / 油量	配方二 學校回收油					配方三 拉麵店回收油				
	圖案灰度值					圖案灰度值				
	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
50 cc	×	×	○	○	×	×	×	○	○	○
100 cc			×	○				×	○	○
150 cc				○					×	○
200 cc				○						×

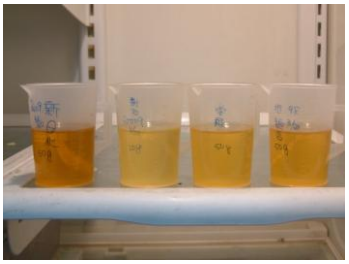
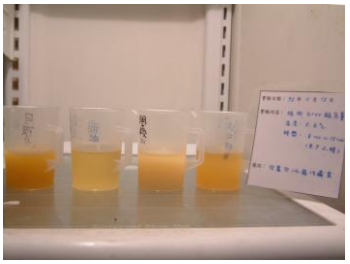
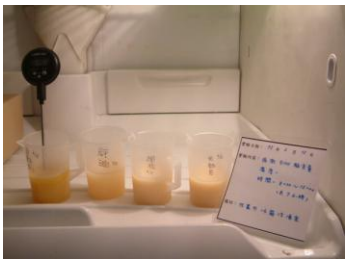
4. 檢驗項目：含酯量

◆實驗目的：檢驗生質柴油的含酯量

◆實驗過程：

(1)　倒入 50 cc的生質柴油到量杯中。

(2) 將生質柴油分放置入冰箱的冷凍室和冷藏室裡 7 小時。

		
①將生質柴油放入冰箱	②冷藏室的生質柴油只有新油沒有凝固	③冷凍室的生質柴油全部都凝固

◆實驗結果：

表 12：含酯量檢驗結果

生質柴油種類 / 檢驗項目	台灣新日化股份有限公司	配方一 台糖大豆新油	配方二 學校回收油	配方三 拉麵店回收油
－16℃冰箱冷凍室	凝固	凝固	凝固	凝固
2.6℃冰箱冷藏室	液體≒7 cc 固體≒43 cc	液體＝50 cc	液體≒10cc 固體≒40 cc	固體＝50cc
含酯量少到多順序	2	1	3	4

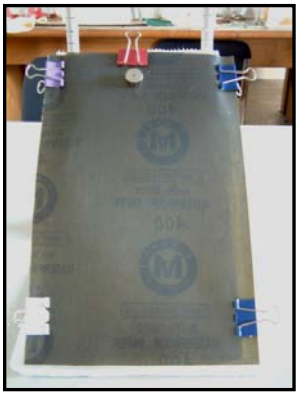
◆結論：

未經處理 B100 生質柴油不適用於氣溫較低的時候。

5. 檢驗項目：潤滑度

◆實驗目的：檢驗生質柴油的潤滑度

◆實驗過程：



(1) 檢測方法 I

①構想：油的潤滑度高，會讓砝碼在一定的高度滑下所費的時間越短。

②做法：

❶砂紙泡油：使用 P100、P200、P400、P600、P800 五種規格的砂紙測試。

❷將泡過油的砂紙固定在 PP 板上。

❸逐次升高 1 cm調整 PP 板的高度，放置砝碼於砂紙上並測量砝碼滑到底部所費的時間。

③測試結果：

❶使用 P100、P200 砂紙測試，砝碼位於任高度都是靜止不動。

❷使用 P400、P600、P800 砂紙測試，PP 板高度低於 16 cm時，砝碼不是滑一小段距離後就停止，就是靜止不動。

(2) 潤滑度檢測器Ⅱ

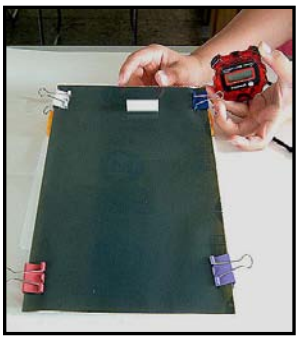
①討論：我們推測可能是因爲砝碼爲圓柱形，而且生質柴油又有黏度，才會造成砝碼無法順利滑下。

②修正實驗方法：

❶只用 P400 的砂紙測試。

❷ PP 板固定高度 4.5 cm並增加長度。

❸改用長 3 cm塑膠空心圓柱代替砝碼。



◆討論：

(1) 油潤滑度的多寡與圓柱下滑的時間，是否一定的關係？

(2) 中國石油公司的 B1 超級柴油的潤滑度最差，故測試其潤滑度的值，與 B100 的生質柴油互相比較。

◆實驗結果：

實驗組：四種 B100 生質柴油

對照組：中國石油公司的 B1 超級柴油

表 13：潤滑度檢驗結果

柴油種類 / 檢驗結果	中國石油公司超級柴油 B1	台灣新日化股份有限公司 B100	配方一 台糖大豆新油 B100	配方二 學校回收油 B100	配方三 拉麵店回收油 B100
第一次	1” 40	2” 28	2” 06	2” 75	4” 84
第二次	1” 28	2” 19	2” 03	2” 53	4” 78
第三次	1” 32	2” 25	2” 13	2” 53	4” 56
第四次	1” 41	2” 16	2” 16	2” 63	5” 03
第五次	1” 31	2” 16	2” 00	2” 53	4” 84
平均時間	1” 344	2” 208	2” 076	2” 594	4” 81
滑下時間由少到多順序	1	3	2	4	5

◆發現：

四種 B100 生質柴油的潤滑度都比 B1 超級柴油高，但我們自行檢測的方法結果卻相反。

◆結論：

(1) 請教專家和閱讀相關文章後得知，潤滑度與黏度有一定的相關程度，因此若沒有精密的儀器，不容易測量出來。

(2) 正修科技大學也沒有相關的儀器可以檢測，故沒有準確的數據供我們評估檢測方法是否可行。

(3) 因無法控制黏度這個實驗因素，所以我們設計的方法不適於檢驗生質柴油的潤滑度。

六、生質柴油動力輸出的探討

由於我們無法取得柴油車來實驗，於是思考是否有可取代的機器可供實驗？經過討論我們決定使用柴油發電機來進行動力實驗。因此查詢可以租借小型柴油發電機的店家，並透過在『臺灣發電機工業協會』工作的同學家長和前家長會會長來協助我們借得

小型柴油發電機做實驗。本校現任家長會會長對水電工程有所專長，故邀請會長到校指導我們測量生質柴油的電力輸出量。

(一) 檢測生質柴油動力輸出

◆實驗目的：利用發電機來檢測生質柴油的動力輸出

◆擬定實驗步驟：

實驗組：台灣新日化股份有限公司的生質柴油、自製三種不同配方的生質柴油
對照組：中國石油股份有限公司的超級柴油

1. 取出柴油發電機中剩餘的柴油。

2. 逐次加入 1 公升柴油到發電機中發電，以供電風扇使用。

3. 使用碼錶測量使用時間、使用三用電表測量電壓和電流，再換算成馬力。

◆探究結果：

當我們努力製作實驗所需的生質柴油和探究如何進行實驗後，發現出租發電機的店家只有出租供大樓或企業使用的大型柴油發電機，而目前的小型發電機爲降低噪音都改用『高級汽油加二行程機油』調配的油爲發電機的原料。而協助我們租借發電機的家長亦是無法幫我們租借到小型柴油發電機，使得我們不得不先暫停生質柴油動力輸出的實驗。

(二) 結論

考量到若是放棄使用小型柴油發電機改用大型柴油發電機來做實驗，得動用更多人力和金錢，而許多業者一聽到我們是要使用生質柴油亦不願將發電機租借給我們。萬一我們在實驗過程真的將機器損壞，賠償的金額我們是否能負擔？

雖然，我們自己對生質柴油的品質效能有信心，但是一般的民眾卻似乎有很多顧慮！或許，這也是在推廣生質柴油時一個很重要的因素吧？因此，討論、評估我們目前的能力後，我們決定日後若有發現適當的設備或構想時，再進行生質柴油動力輸出的探究。

七、實驗後的副產品與汙染物的處理

(一) 副產品甘油的處理

交酯化反應副產品爲粗甘油，必須使用減壓蒸餾設備加以提煉才能獲得純甘油，但我們沒有減壓蒸餾設備無法精緻甘油，所以我們把甘油與學校的回收油混合製成肥皂。

1. 擬定製皂配方

甘油具有親水性，若單獨拿來製作肥皂則不易皂化、變硬，因此本次實驗甘油與回收油比例爲 1：2。

表 14：製皂配方

甘油（cc）	回收油（cc）	氫氧化鈉(g)	水（cc）	氫氧化鈉 重量百分比濃度
500	1000	270	630	30

2. 製作肥皂

◆實驗目的：利用甘油與回收油製作肥皂

◆實驗過程：

1. 量取甘油和回收油的量。
2. 把粗甘油加熱超過 64.5℃，至甲醇味道消失，以去除殘留在甘油中的甲醇。
3. 調配氫氧化鈉水溶液。
4. 將回收油、氫氧化鈉水溶液倒入鍋中攪拌至呈現濃稠狀，倒肥皂液於豆花盒中後放置於通風處風乾。

①去除甘油中的甲醇	②將回收油、氫氧化鈉水溶液倒入鍋中攪拌至濃稠狀	③裝模後的肥皂放置於通風處風乾

(二) 汙染物的處理

1. 廢水：製作生質柴油進行水洗所產生的廢水，我們測量其 pH 值約 5~6，於是用大量的水稀釋後，再拿去澆花。
2. 測試過的生質柴油：請機車行的老闆幫我們處理。

八、生質柴油能源政策的探討

(一) 國內外生質柴油的運用

表 15：各國生質柴油的運用

國家名稱	製油原料	添加於石化柴油的比例	備註
臺灣	①主要：食用廢棄油 ②部份：大豆油、葵花油	①97 年 7 月 15 日：B1 ②100 年：B2	油品品質符合歐規（日規）條件下，2000 年起生產之車型全部適用 B2
日本	①日本國內廢棄物回收油 ②東南亞進口棕櫚油	①全部添加：B3 ②亦提供 B100 供民眾使用	日規車輛適用條件：B5
馬來西亞	①食用廢棄油 ②棕櫚油	全部添加：B5	政府明訂汽車製造商應將 B5 生質柴油的使用納入汽車擔保條中
歐盟	①主要：油菜籽油與葵花油 ②部份國家進口棕櫚油	歐盟 EN 590 柴油規範：B5 以下之生質柴油，且無需標示	
德國	油菜籽油	①全部添加：B10 ②亦提供 B100 供民眾使用	①政府補助農業種植油菜 ②免徵燃料稅及環保稅
美國	①大豆油 ②食用廢棄油	①政府車隊，包括軍方、太空總署、國家公園、郵局：B20 ②各州：B2、B5、B10、B20	①政府補貼油錢 ②柴油車的燃料稅較低
巴西	①棕櫚油 ②蓖麻籽油	全部添加：B2	①致力發展生物柴油 ②全世界唯一不供應純汽油的國家

◆發現：

1. 使用 B5 以下的生質柴油最多。
2. 可以大量生產生質柴油的國家和重視環保的國家，使用 B20 爲上限。

◆結論：

1. 我們自製的生質柴油可以調配成 B5 供學校的柴油發電機使用。
2. 進一步了解我國生質柴油能源政策的推廣、業者和民眾的反應。
3. 根據表 17 的資料，我們決定深入探討不同比例的生質柴油，所用的比例爲『B5、B10、B20、B40、B100』，並委託正修科技大學協助檢驗『密度、酸價、酯含量、黏度』。

(二) 國內業者對於生質柴油能源政策的反應

◆研究目的：了解國內業者對於生質柴油能源政策的反應

◆研究方法：電訪訪談

◆訪談內容整理：

1. 受訪者：中油　周才立經理

目前僅使用 B1 生質柴油，因爲：

(1) 配合政府政策。
(2) 成本考量：生質柴油的成本較高。
(3) 民眾接受度不高：因爲國內大部份的柴油車的引擎是針對石化柴油設計。

2. 受訪者：台塑　A 先生

目前僅使用 B1 生質柴油，因爲：
(1) 配合政府政策。
(2) 成本考量：生質柴油的成本較高。
(3) 國內生質柴油產量不穩定。
(4) 政府訂的生質柴油標準過高。
(5) 少部份民眾反對添加生質柴油，因爲使用超級柴油後，車子的馬力變小。

(三) 國人對於生質柴油能源政策的反應

◆研究目的：了解國人對於生質柴油能源政策的反應

◆研究方法：問卷調查

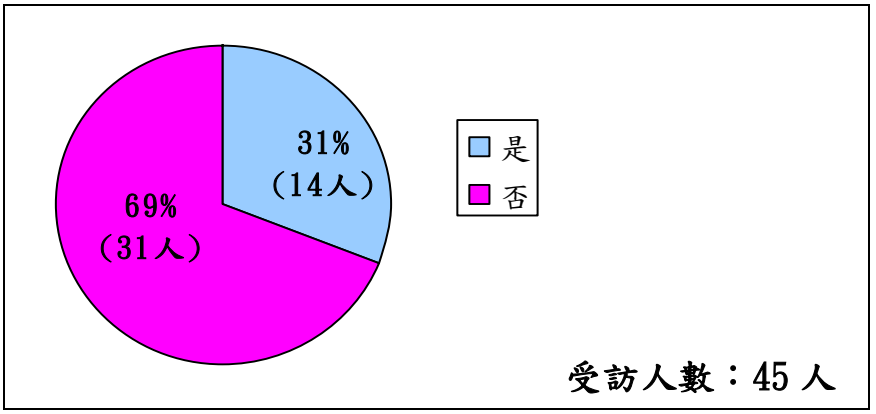
1. 訪談對象：駕駛柴油車的人
2. 訪談地點：高雄縣中油甲洲加油站、高雄市中油加工區加油站、高雄市勞工公園花市
3. 訪談內容：

Q1：您是否知道現在的柴油中有添加 1%的生質柴油？……是□　否□
＊如果答「是」，請繼續答 Q2

Q2：為了環保，政府在民國 100 年將在柴油中添加 2%的生質柴油，您是否會支持？……是□　否□
為什麼：

◆研究結果：

1. 圖 1：民眾是否知道「柴油中有添加 1%的生質柴油」統計圖



2. 針對知道「柴油中有添加 1%的生質柴油」的 14 位民眾，我們進一步了解其對政府將在民國 100 年推廣 B2 的看法。

表 16：民眾是否支持政府將在民國 100 年將推廣 B2（受訪人數：14 人）

民眾反應	理由	人數
支持（7 人）	環保、可以減少空氣汙染和對石化汽油的依賴	3
	使用後沒有差異	2
	政府的政策，所以支持	2
反對（3 人）	會影響車子的馬力和引擎，會降低車子的馬力	2
	土地的運用應該用在解決糧食問題	1
不一定（4 人）	由價格決定，價格起伏不大就支持，價格過高則反對	4

◆討論：

1. 反對政府推廣生質柴油的民眾中，有一位民眾表示『土地的能源應該用在解決糧食問題』，深入去了解這位民眾的想法和生質柴油與糧食問題的關係。
2. 使用生質柴油是否會影響車子的引擎性能？
3. 我們無法完成生質柴油的動力檢測，是否有其它方法可以證實生質柴油與石化柴油動力輸出差異？

◆結論：

1. 從我們訪談的記錄中知道，大多數的民眾有高達 69%的民眾根本就不知道 B1 生質柴油的事。
2. 知道有添加生質柴油又反對的民眾只佔少數，因此中國石油股份有限公司「民眾接受度不高」的說法，今人存疑。
3. 很多民眾最關心的是油品的「價位」，而不是環保問題。
4. 生質柴油與糧食問題：許多先進國家在提倡生質柴油時，『2008 年 6 月初，聯合國在羅馬召開糧食高峰會議，專家分析，糧價飆漲的因素相當複雜，其中生質能源的開發，確是主要原因之一。』
   由資料得知：將糧食作物當製作生質柴油的原料時，會助長糧價上漲。
5. 由於我們無法取得柴油車，將生質柴油加入於車子中來測試其馬力，因此我們上網查詢後整理相關資料如下：

表 17：引擎使用生質柴油與市售高級柴油之性能比較

施測單位	生質柴油比例	引擎性能分析
工研院	B20 以下	約 5%以下
高雄市政府環境保護局	B5	減少 7.3%
	B20	減少 8.0%
	B100	減少 8.4%
各縣市檢測結果平均	B20	馬力性能與傳統石化柴油相近，但馬力仍有些為下降
	B100	減少 10%～20%

從上表可知：B20 以下生質柴油對引擎性能影響不大。

(四) 檢驗不同比例的生質柴油

我們委託正修科技大學協助檢驗 B5、B10、B20、B40、B100 生質柴油的『密度、酸價、酯含量、黏度』，因為正修科技大學校內的儀器僅能測出酸價，因此　謝幸純研究生拜託熟識的廠商免費為我們檢驗『密度、水分、黏度』。由於廠商的檢驗員是

犧牲個人時間幫我們檢驗，故我們減少檢驗的樣本，僅檢驗 B5、B100 的生質柴油。

表 18：委託正修科技大學及廠商檢驗不同比率生質柴油結果（－：未檢驗）

油品種類＼檢驗項目		密度（Kg/m³）	水分（mg/kg）	黏度（mm²/s）	酸價（mgKOH/g）
台灣新日化股份有限公司	B100	880	1000	5	0.63
	B40	－	－	－	0.51
	B20	－	－	－	0.38
	B5	840	100	5	0.13
配方一台糖大豆新油	B100	889	1200	8	0.64
	B40	－	－	－	0.38
	B20	－	－	－	0.25
	B5	840	100	5	0.13
配方二學校回收油	B100	885	1700	7	0.88
	B40	－	－	－	0.38
	B20	－	－	－	0.25
	B5	840	100	5	0.13
配方三拉麵店回收油	B100	900	2000	18	2.27
	B40	－	－	－	0.89
	B20	－	－	－	0.63
	B5	841	100	5	0.25

註：①檢驗標準請參閱 P.9「表 7：生質柴油國家標準 CNS 15072」
②藍色字體爲合格；紅色字體爲不合格。

◆結論：

1. 檢驗生質柴油的困難度高，難怪中油和台塑收費這麼高，也不願意協助我們檢驗。
2. 原本想經由檢驗 B5、B10、B20、B40、B100 的『密度、酸價、酯含量、黏度』來找出生質柴油在使用時，是否會因不同的比例而出現明顯的差異？但無法全部都檢驗出來，只好暫時放棄這部份的探究。
3. 只有『酸價』有完整的資料，但不管是「高級柴油、普通柴油、車用柴油」都沒有相關的檢驗標準，故無法深入探討 B5、B10、B20、B40 的酸價是否符合標準！
4. 只有『密度』檢測出來符合標準，『水分、黏度、酸價』都不符合標準，難怪許多製造生質柴油的業者，都表示我國生質柴油的標準太高。

伍、 研究結果

一、從許多資料中，不管是電視節目、書面資料對於生質柴油的製造方法都沒有完整報導和資料，但在經過我們多次的訪談和實驗後，我們確認生質柴油的製造方法。

二、這次的實驗我們自行檢測的項目有『密度、黏度、清澈度、含酯量、潤滑度』，其中只有密度和黏度有儀器檢測的數據供我們評估檢測方法的正確性。

表 19：生質柴油檢測結果比較

生質柴油種類 / 檢驗項目	台灣新日化股份有限公司		配方一 台糖大豆新油		配方二 學校回收油		配方三 拉麵店回收油	
	自行檢測	儀器檢測	自行檢測	儀器檢測	自行檢測	儀器檢測	自行檢測	儀器檢測
密度（Kg/m³）	880	880	885	889	870	885	900	900
黏度（sec, mm²/s）	2”46	5	2”81	8	2”63	7	3”63	18

(一)密度：自行檢測的結果與儀器所檢測出來的數據，幾乎相同。

(二)黏度：自行檢測的結果與精密儀器所檢測出來的黏度順序相同。

(三)含酯量：B100 的生質柴油的含酯量較多，在溫度低於 5℃時會凝固，但使用新油製作的生質柴油則較不易凝固。

三、考量到經濟負擔和手邊的設備，所以暫時無法完成生質柴油動力輸出的實驗，只能經由蒐集資料得知『B100 生質柴油的馬力性能與傳統石化柴油相近，但馬力仍有下降 10~20%』。

日後若有更好的想法或適合的設備可供我們進行探究時，我們會進一步探究生質柴油與石化柴油的差異性。

四、爲了安全考量，我們沒有直接使用 B100 生質柴油，而是調配成 B5 生質柴油供學校的柴油發電機和本校教師的柴油車使用。

五、實驗後的副產品甘油與回收油比例爲 1：2 的方式來製作肥皂，相當的成功。而完全皂化的肥皂，則放至洗手檯供全校師生使用。

六、從訪談駕駛柴油車的駕駛者中發現，大多數的民眾對生質柴油是陌生的；也發現各個加油站只有貼了一張海報對民眾教育推廣，由此可知政府的能源教育的宣導還需加強。

我們在訪談的過程中，跟民眾分享我們所學習到關於生質柴油知識，很受到民眾的歡迎！

陸、 討論

一、製作生質柴油『水洗』步驟的廢水，雖然我們加入大量水稀釋後，才拿去澆花，但畢竟現在土壤大多爲酸性土，因此若要長期要製作生質柴油，得再思索更好處理廢水的方法。

二、從檢驗生質柴油的結果來看，只有密度是合格，讓我們很驚訝的是：連台灣新日化股份有限公司(註 2)所生產的生質柴油都不符合標準。不知道是檢驗時有所失誤？還是真的品質有問題？

我國對於生質柴油的規範是採全世界最嚴格的歐盟規格，但歐洲國家主要是以油菜籽油爲原料，而我國是廢食用油爲主要原料，兩者之間的品質當然會有所顯著的差異。

在訪談的過程中，專家告知我們：「生質柴油完成後要儘快使用，否則容易氧化而壞掉！」但要如何判斷油是否壞掉了？得到的答案都是「要檢驗」。因此，可以再深入探討『如何判斷生質柴油是否已壞掉』。

註 2：「台灣新日化股份有限公司」爲與工研院能資所共同合作建立台灣第一套生質柴油示範工廠。

三、看過一篇報導「屏東的同安國小師生合作讓回收油變生質柴油」，該校鼓勵學生將家裡的回收油帶到學校，讓學校裡的老師製作成生質柴油後供學校車輛使用。

如果業者可以廣設廢油回收點，讓民眾可以拿家裡的回收油去賣或換取石油……，這樣可以獲得更多製作生質柴油的原料，也可以減少廢油汙染。

四、這次的實驗中爲尋找相關單位來指導我們，在聯絡的過程中，我們遭受到許多挫折和拒絕，原以爲政府單位會基於教育推廣的政策給我們許多協助，但支援我們最多的是學者和民間團體！面對這些挫敗，有沒有一個機制或單位可以讓我們在學習時，可以獲得相關的資源呢？

柒、 結論

一、製作生質柴油時候，因爲蒐集到的資料都沒有完整的敘述如何製作生質柴油，爲了能順利的製作出生質柴油，於是我們鼓起勇氣主動尋求答案，終於讓我們成功的做出了生質柴油。

二、採用酸鹼滴定的方法來決定使用氫氧化鈉的量固然比較精準，但卻必須配合 pH 儀才能完成。若沒有 pH 儀，可以從油的重量『新油爲油重量的 0.5%；回收油爲油重量的 1%』來決定氫氧化鈉的量。

三、最簡易判斷製作生質柴油是否成功？可從：靜置交酯化反應後的油 4 小時以上，明顯出現分層和產出率來判斷。

四、在檢驗生質柴油時，我們善用手邊的資源，經過思考、設計和動手完成所有的檢測的方法和工具，這讓我們十分有成就感。

檢驗『密度、黏度和含酯量』的方法簡易、準確度又高，但我們檢測『潤滑度』的構想和生質柴油動力輸出的探討，一再的嘗試卻都沒有成功，這是我們得再改進的地方。

五、生質柴油容易與空氣中的微生物起作用而壞掉，因此生質柴油完成後要儘快使用。量過多要保存時，應使用塑膠瓶並且將瓶口關緊，並放置在陰涼處。

六、爲使用安全與效能考量，目前生質柴油使用比例多爲 B1~B20 較適合。而我們將 B5 的生質柴油供學校的柴油發電機和學校教師的柴油車使用 B5 生質柴油後，都沒有損壞的情形出現。

七、在訪談民眾對生質柴油的反應時，體認到國人對環保議議題關心度不夠，多數人都只關心「油價」。因此，加強國人的環保意識是大家要共同努力的目標，而我們也會

盡力的把學習到的知識與大眾分享。

八、使用食用廢棄油來製作生質柴油是可以減少環境污染並且提高回收油的附加價值，但若是以糧食作物爲製作生質柴油的原料，而助長糧價上漲，則應以非糧食作物（如：蓖麻籽、麻瘋樹籽）爲製作生質柴油的原料。

九、我們要特別感謝　唐嚴漢先生、中油　周立才經理、工研院　盧文章博士、台北科技大學　陳奕宏教授、正修科技大學　葉安祺教授和　謝幸純研究生、台灣新日化股份有限公司　郭宏修先生和　傅茹平研發員、台塑　A 先生（註 3）、和熱心接受我們問卷訪談的民眾提供我們許多寶貴的專業知識和意見，讓我們可以順利的完成研究。

註 3：姓名順序按請教日期排列。

捌、　參考資料

一、訪談學者專家：　唐嚴漢先生、　盧文章博士、　陳奕宏教授、　傅茹平研發員（按訪談日期排列）

二、電話聯絡、寫 E－mail 請教相關單位

三、行政院環境保署。取自 http://epr.epa.gov.tw/query_en/KO1040000.aspx?DocNo=99977097

四、經濟部能源局。取自 http://www.moeaboe.gov.tw/oil102/、http://www.biodiesel－tw.org/

五、行政院農委會。取自 http://www.coa.gov.tw/view.pHp?catid=13518

六、高雄市政府環境保護局「高雄市生物柴油可行性分析及推廣計畫」成果報告

七、工研院「生質柴油試行車輛環境效益分析及推動策略評估專案工作計畫」成果報告

八、台灣生質柴油俱樂部。取自
http://tw.myblog.yahoo.com/bio－diesel/article?mid=1671&prev=1966&next=1624&l=f&fid=17
http://tw.myblog.yahoo.com/bio－diesel/archive?l=f&id=10

九、生質能源資訊網。取自 http://www.twoil.com.tw/front/bin/home.pHtml
http://s-nova.tobid.tw/front/bin/ptdetail.phtml?Part=N25&Rcg=101068

十、台灣環境教育協會。取自 http://www.coa.gov.tw/view.pHp?catid=13518

十一、台灣環境資訊協會。取自 http://e-info.org.tw/node/39203、http://e-info.org.tw/node/37995

十二、牛頓（六下）教學指引：熱的傳遞

【評語】080809

本作品探討回收油及植物油製作生質柴油，並設法比較其製作 的生質柴油與市售產品的差異，極具實用價值，但在創意上可再強化，在回收油的種類上也可再多樣化，相信必能成為一優良的作品。