

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 化工、衛工及環工科

第三名

最佳(鄉土)教材獎

091104

廢淨新機—蚤、柴油

學校名稱：國立蘇澳高級海事水產職業學校

作者： 職二 鄭艾蒙 職二 陳捷夫 職二 陳家儒	指導老師： 黃慧敏 呂學群
---	-----------------------------

關鍵詞：廢水回收、魚油生質柴油、水蚤

摘要

本實驗以魚罐頭工廠廢水回收再生為目的，探討工廠兩種主要廢水之特性及利用，第一種為鯖魚前處理之廢水，富含蛋白質，經曝氣 24 小時，做為培養圓水蚤(*Moina* sp.)及德國米蚤(*Daphnia* sp.)之餌料，其增殖最高密度分別為每公升 2854 隻及 1030 隻。第二種為鯖魚罐頭蒸煮後傾倒出之廢水，富含油脂(魚油)，收集魚油轉製成生質柴油，實驗結果發現其游離脂肪酸含量為 1.4%，熱卡值為高級柴油之 86.5%；轉化率為 91%；氣相層析質譜儀 (GC-MS)分析魚油生質柴油之酯含量為 99.68%，合乎歐洲(EN)及 CNS15051 之最低標準 96.5%；將魚油生質柴油、市售柴油及 B20(20%魚油生質柴油混合 80%市售柴油)，直接注入三缸柴油引擎測試，引擎轉速維持在 1800rpm，加入 0、1、2、4、8kw 負載，測試引擎運轉所排放的 CO、CO₂、NO、NO_x、SO₂、CO₂/(CO+CO₂)以及粒狀物質(PM)濃度，經研究結果顯示，魚油生質柴油較市售柴油之排放數值稍高，B20 之排放數據接近於市售柴油。

壹、研究動機

宜蘭縣鯖魚產量全省之冠，南方澳更有鯖魚的故鄉之稱。豐富的漁貨為調節供需及處理易腐敗的水產品，冷凍食品工廠、罐頭工廠因應而生。

鯖魚罐頭製造工廠的廢水主要有兩種，一為鯖魚裝罐前處理之廢水，主要為血水，含豐富的蛋白質，可作為培養餌料生物之培養液，回收轉化有機廢水資源為餌料生物，在一年級的餌料生物課程中，我們使用有機肥料(雞糞)培養水蚤，而雞糞中可能含有殘留的抗生素、重金屬等物質，藉由食物鏈經水蚤累積到魚體再到人身上，所謂生物累積作用；水蚤為重要淡水魚蝦仔魚、熱帶魚之餌料生物，根據文獻資料顯示(張 2005)，乾燥水蚤蛋白質含量為 56.0%，脂質 16.7%，具有高營養價值，可促進魚蝦生長，不汙染水質，是良好餌料生物。本實驗將以製作鯖魚罐頭之有機廢水培養水蚤，研究其增殖密度，並進行室外大量培養，投餵魚苗實驗，研究投餵飼料與水蚤對仔魚增重率與活存率之影響。

二為鯖魚蒸煮後傾倒出的蒸煮液，含有大量的魚油，在二年級養殖新知導讀課程中曾提及利用藻類、動植物油、回鍋油等製作生質柴油，於是請工廠收集魚油，進行生質柴油的製作及測試。

生質柴油(biodiesel)係利用各種植物油脂做為生產原料，諸如大豆油、玉米油、棕櫚油、或動物油脂、食用廢油或工廠回收廢油等，經過轉酯化反應 (trans-esterification) 及中和、水洗等純化程序所生產出來的油品，主要成分是脂肪酸甲酯(Fatty Acid Methyl Ester, FAME)，其具有生物可分解和無毒等特性，它的燃燒特性和化石柴油相接近。可在柴油引擎中燃燒，加上其為天然產物可被生物降解，燃燒時產生之廢氣無毒性，隨化石燃料價格日趨高漲、擴大綠色再生能源使用，再生及新能源等替代能源，將在未來能源經濟中扮演重要角色。經濟部能源局繼 97 年 7 月 15 日實施國內銷售車用柴油全面添加 1%生質柴油(即簡稱 B1)措施，於 99 年 6 月 15 日 起將生質柴油添加比率提高至 2%(簡稱 B2)；本校因臨近漁港，魚罐頭工廠林立，若能有效回收高蛋白、高油脂廢水，將其淨化產生新機，轉化為水蚤及有用替代性能源—生質柴油，讓廢棄物資源可以再生。

生質柴油與石化柴油之比較(資料來源為經濟部能源局)

項目	生質柴油	石化柴油
來源	係由動植物(如大豆、油菜、向日葵、棕櫚等)以及回收食用油，經過轉酯化反應、中和、水洗及蒸餾等轉換技術所生產出來的油品。	生物屍體堆積、分解後，經壓力和地熱作用，轉化為石油和天然氣，石油經分餾後可產生石化柴油。
含氧量	16~22C 的酯類，含氧量達 11%，可提升燃燒、點火性能，對於排放黑煙有顯著的改善效果。	16~18C 的烷類，多數原油中含有重量 82-87%的碳及 12-15%的氫，含氧量低，燃燒性能較差。
環保性	無毒性，具生物可分解、健康環保性能。不含芳香烴類、硫、鉛、鹵素等有害物質，碳氫、碳氧化物及 SO ₂ 排放量少。	石油裂解氣和石油廢氣的主要成分為氫、甲烷、丁烷、乙烯、丙烯等，也產生一氧化碳(CO)及氮氧化合物(NO _x)。
安全性	閃火點>170°C，安全性高，利於儲存。	閃火點>52°C，易著火，安全性較低。
熱卡值	9800 kcal/kg，與化石柴油相近，可直接使用於目前的柴油引擎。	10,930 kcal/kg，略高於生質柴油。
其他	潤滑方面具有顯著改善效果，可做為降低柴油硫、磷成份後之潤滑改善添加劑降低。	

貳、研究目的

- 一、以魚罐頭工廠處理鯖魚的廢水培養水蚤之可行性及增殖生長密度研究。
- 二、以水蚤及市售飼料飼育魚苗活存率與增重率之探討比較。
- 三、收集鯖魚蒸煮液上層魚油製成生質柴油之可行性探討。
- 四、魚油經轉酯化製成之生質柴油、市售柴油及 20%魚油生質柴油混合 80%市售柴油(B20)，分別直接注入 3 缸柴油引擎，測試分析不同油品引擎運轉時尾氣所排放之 CO₂、NO、NO_x、SO₂、粒狀物(PM)及燃燒效率(CO₂/(CO+CO₂))濃度。

參、研究設備及器材

一、水蚤培養實驗：

水族缸(70x30x45)、溫度計、燒杯 1000mL、打氣機、打氣石、打氣管、打氣調節閥、浮游生物網(300 目)、水桶、玻璃滴管、加溫棒、控溫器、圓水蚤(Moina sp.)、德國米蚤(Daphnia sp.)

二、魚苗飼育圓水蚤與市售飼料之增重率與活存率比較實驗：

1.8 噸 FRP 桶、水族缸、打氣機、打氣石、打氣管、打氣調節閥、浮游生物網(100 目)、水桶、電子天平、鯉魚苗、神仙魚苗、雪中紅魚苗、市售飼料(海豐牌，通過 ISO 及 HACCP 雙重認證)。

三、生質柴油製作、油品特性及引擎燃燒實驗：

滴定管、滴定架、1000mL 燒杯、500mL 量筒、250mL 三角瓶、150°C 溫度計、500mL 分液漏斗、分液漏斗架、濾紙、甲醇(工業用)、氫氧化鈉、酚酞、本校食品科回鍋油、過期大豆油、回收廢水之魚油、RO 水、卡式爐、電磁加熱攪拌器、電子天平、絕熱式熱量計(calolimeter)、氣相層析質譜儀 (GC-MS)、YARMAR 3TN82 三缸 1331cc 柴油引擎、氣體分析儀(IMR2088P)、二氧化硫抽取式自動檢測儀(Philips K50206100)、發電機負載實驗器、粒狀物捕集器。



鯖魚處理廢水



鯖魚蒸煮液



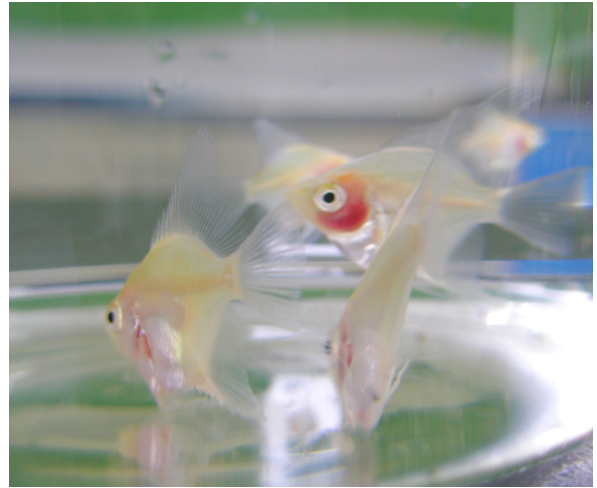
德國米蚤(Daphnia sp.)



圓水蚤(Moina sp.)



雪中紅魚苗



神仙魚苗



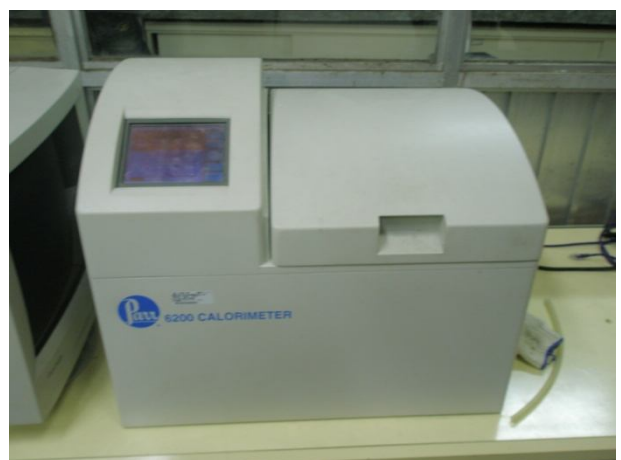
人工飼料



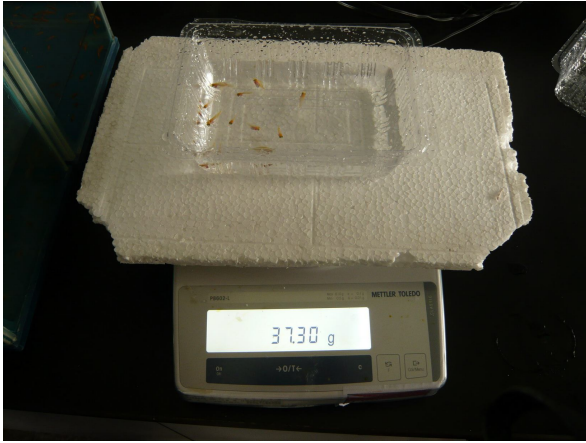
鯉魚苗



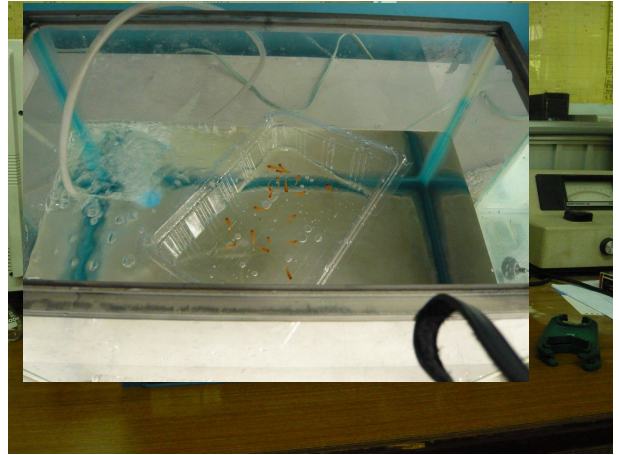
GC-MS 氣相層析質譜儀



絕熱式熱量計



魚苗秤重



魚苗放養



水蚤室外大量培養



水蚤採收



發電機負載實驗器



三缸柴油引擎及氣體分析儀

肆、研究過程或方法

一、廢水培養不同水蚤之增殖率實驗：

(一)廢水培養單細胞蛋白做為水蚤培養液

- 1、廢水以 300 目之浮游生物網過濾雜質。
- 2、充分曝氣 24 小時，以 300 目浮游生物網過濾雜質作為水蚤培養液。

(二)圓水蚤(*Moina sp.*)、德國米蚤(*Daphnia sp.*)培養增殖密度實驗：

- 1、六個 1000mL 燒杯放入 500mL 曝氣後之淡水。
- 2、兩種水蚤分別放入 10 隻於三杯個燒杯中，作三重複組。
- 3、將六個燒杯放入水族箱中，放入加熱控溫器，設定 25°C 培養。
- 4、輕微打氣，防蚊子產卵。
- 5、投餵培養液，每日兩次。
- 6、每隔 3、5、7、9 天計算增殖密度。

二、魚苗投餵水蚤與市售飼料之增重率與活存率比較實驗：

(一)圓水蚤(*Moina sp.*) 室外大量培養：

- 1、1.8 噸 FRP 桶洗淨後注水八分滿。
- 2、加入曝氣 24 小時之廢水，攪拌均勻後接入蚤種。
- 3、待約 5 日後水蚤生長高峰期，100 目浮游生物網開始採收作為魚苗之餌料。
- 4、每日 3 至 5 日投餵曝氣後之廢水一次(視水色而定)，使水蚤有豐富餌料攝食，維持增殖密度，可以每日採收飼育魚苗。
- 5、水蚤若生產過盛，可使用冷凍乾燥方式保存，活餌不足時得以取代。

(二)、魚苗投餵水蚤與市售飼料之增重率與活存率實驗：

- 1、取學校課程中人工繁殖之鯉魚、神仙魚、雪中紅三種魚苗，每種分六組，每組魚缸放入 20 尾魚苗秤重記錄，三組投餵水蚤，三組投餵飼料，作三重複，共 18 組。
- 2、每日早晚採收水蚤各投餵一次，飼料組每日投餵量為魚體重 5%(經驗值)，再視每日攝食狀況調整投餵量
- 3、連續投餵 30 天後，計數、秤重計算增重率(增重量/放養重量 x100)及活存率(收穫尾數/放養尾數 x100)

三、生質柴油製作及油品特性實驗：

(一) 魚油游離脂肪酸測定(依 CNS8992 k7620 標準方式)

- 1.秤取魚油、大豆油、回鍋油 5~10g，分別投入 150mL 錐型瓶。
- 2.加入酒精乙醚 1：1 混合之溶液 150mL。
- 3.滴入酚酞指示劑 3 滴後搖勻，以 0.1N 氫氧化鉀溶液滴定。
- 4.粉紅色出現 30 秒不消失為滴定終點。
- 5.計算游離脂肪酸含量。

$$\text{游離脂肪酸} = P \times 5.61 \times f / S$$

P：1N 氫氧化鉀溶液用量 (mL)

S：試樣重 (g)

f：脂肪酸種類之因素 -0.3570。

(二) 鹼性觸媒轉酯化實驗：

1. 鹼性觸媒決定量實驗：

- (1).秤取 1g 氫氧化鈉定溶至 1L 蒸餾水，配製成鹼液。
- (2).取 1g 油品溶於 10mL 的異丙醇中加入酚酞 3 滴。
- (3).以鹼液滴定至粉紅色出現 30 秒不消失為止。
- (4).鹼液滴定量為 X，X+3.5(經驗值)，為每公升油品中所需鹼的克數。
- (5).計算出魚油、大豆油、回鍋油所需鹼克數。

表 1 鹼液滴定結果及每公升油品轉酯化之氫氧化鈉需要量

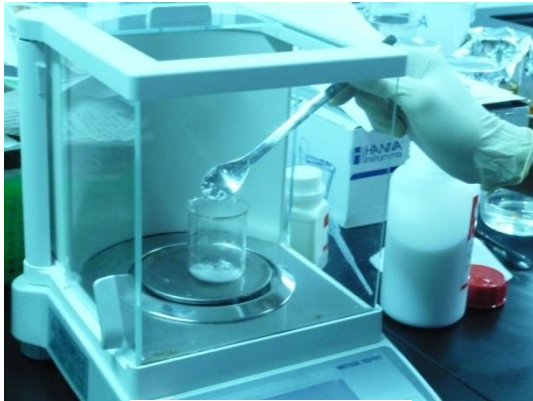
油品	魚油	回鍋油	大豆油
鹼液滴定量 X(mL)	1.7	0.7	0.3
X+3.5(g)	5.2	4.2	3.8

2. 轉酯化實驗：

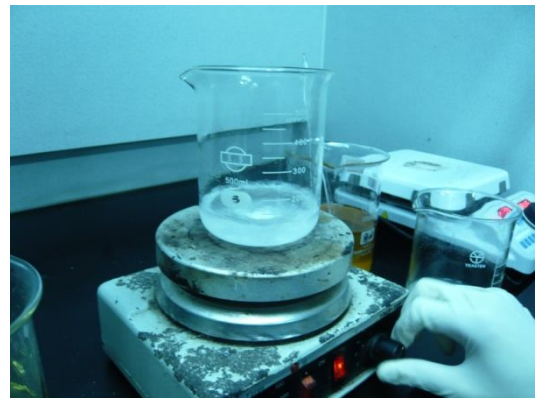
- (1)依表 1 計算結果，每公升油品秤取所需之氫氧化鈉溶於 200mL 之甲醇中，充分溶解備用。
- (2)油品預熱至 60°C 慢慢加入甲醇氫氧化鈉溶液。
- (3)於電磁加熱攪拌器上 60~65°C 攪拌 30 分鐘，完成轉酯化反應，靜置 8 小時。
- (4)分離上層生質柴油與下層甘油。
- (5)生質柴油水洗加入 60°C RO 水清洗，油水比例 1：1。

(6)靜置，待油水分離後移去下層水。

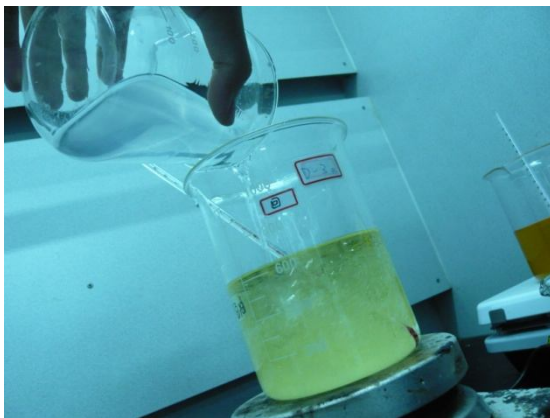
(7)將轉化完成之生質柴油倒入量筒計量，計算油品轉化生質柴油產率(%)。



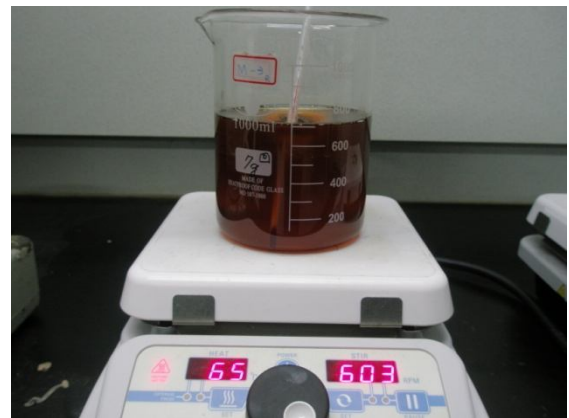
1.秤取氫氧化鈉



2.甲醇氫氧化鈉溶液製備



3.魚油加入甲醇氫氧化鈉溶液



4. 65°C 30 分鐘轉酯化



5.靜置八小時



6.分離上層生質柴油與下層甘油



7.水洗靜置分離



8.水洗完成計算轉酯

(三).完成轉酯化之三種生質柴油熱卡值(Cal/g)測試 (依 ASTM D240 標準)：

- 1 以電子天平秤取 0.8g 左右的生質柴油於坩鍋中。
- 2 將點火線放入坩鍋中。
- 3 以量筒取 2L 的水於盛水桶內，放入絕熱式熱量計(calolimeter)中。
- 4 將坩鍋放入氧氣彈燃燒筒，旋緊上蓋、注入氧氣使完全燃燒。
- 5 放入絕熱式熱量計(calolimeter)中之盛水桶內。
- 6 接上點火導線，蓋上儀器。
- 7 輸入油品重量於熱量計電腦中。
- 8 測完後，即顯示每克生質柴油燃燒後可產生之熱量。
- 9 重複上述步驟測量所有樣品。

(四). GC-MS 魚油生質柴油成分及酯含量分析實驗(CNS 15051)：

分析條件：

毛細管柱 (DBWAX，長 30m，內徑 0.25mm，固定相膜厚 0.25 μ m)，

管柱烘箱溫度 210°C，分流注入埠溫度 250°C，載氣 (氫氣) 壓力 80 kPa

分流氣體流速 50 mL/min，分析時間 25 min。

四、魚油生質柴油、市售柴油及 20%魚油生質柴油混合 80%市售柴油(B20)，引擎排氣測試：

(一)以 YARMAR 3TN82 三缸 1331cc 柴油引擎，將魚油轉製之生質柴油、市售柴油及 20%魚油生質柴油混合 80%市售柴油(B20)，分別直接注入引擎以 1800rpm，0kw、1kw、2kw、4kw、8kw 不同之負載做測試：

1. CO、CO₂、NO、NO_x、及燃燒效率(CO₂/(CO+CO₂))等氣體濃度測定：

(1)將氣體分析儀(IMR2088P)之管線放置於引擎排氣管上偵測。

(2)測量目標氣體不同負載下之濃度。

(3)待機器數值穩定後記錄數據。

2. SO₂濃度測試：

(1)利用集氣袋收集引擎排放之氣體。

(2)使用二氧化硫抽取式自動檢測方法做分析(Philips K50206100)。

(3)待機器數值穩定後記錄數據。

3. 粒狀物(PM)測定：

(1)實驗用濾紙烘乾精秤。

(2)將濾紙裝入粒狀物捕集器中，將捕集器之抽氣嘴插入排氣管內，以等速吸引法採樣後取出濾紙精秤，減去烘乾時精秤質量，為粒狀物之質量。

伍、研究結果

一、廢水培養不同水蚤之增殖率實驗：

根據實驗結果(圖 1)顯示，圓水蚤(Moina sp.)培養第 7 天達最高密度為每公升 2854 隻；德國米蚤(Daphnia sp)第五天達最高密度每公升 1030 隻，之後呈現下降趨勢。

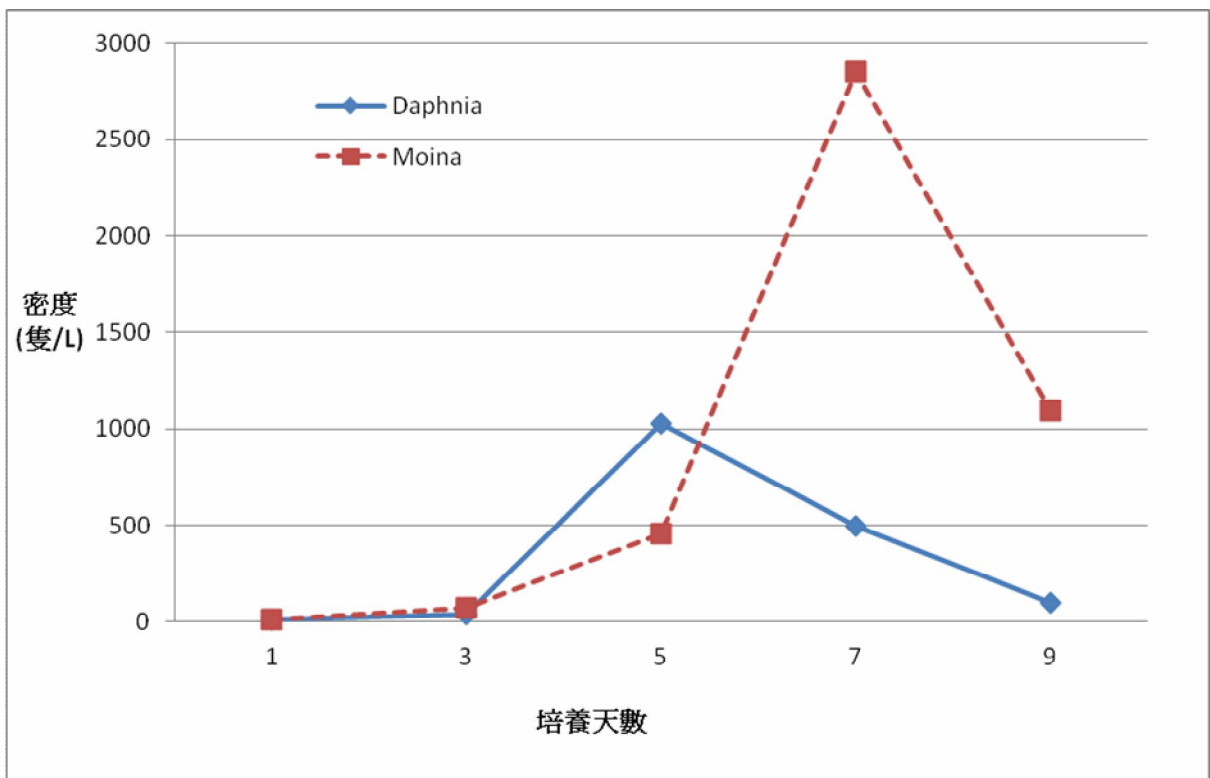


圖 1 廢水培養不同水蚤之增殖密度

二、魚苗投餵水蚤與市售飼料之增重率與活存率比較實驗：

結果如圖 2，鯉魚苗及雪中紅魚苗投餵水蚤較投餵飼料有較好之增重率，神仙魚苗則以投餵飼料較佳。圖 3 活存率，鯉魚苗投餵兩種餌料皆為 100%，雪中紅及神仙魚苗投餵飼料較投餵水蚤有較佳之活存率。

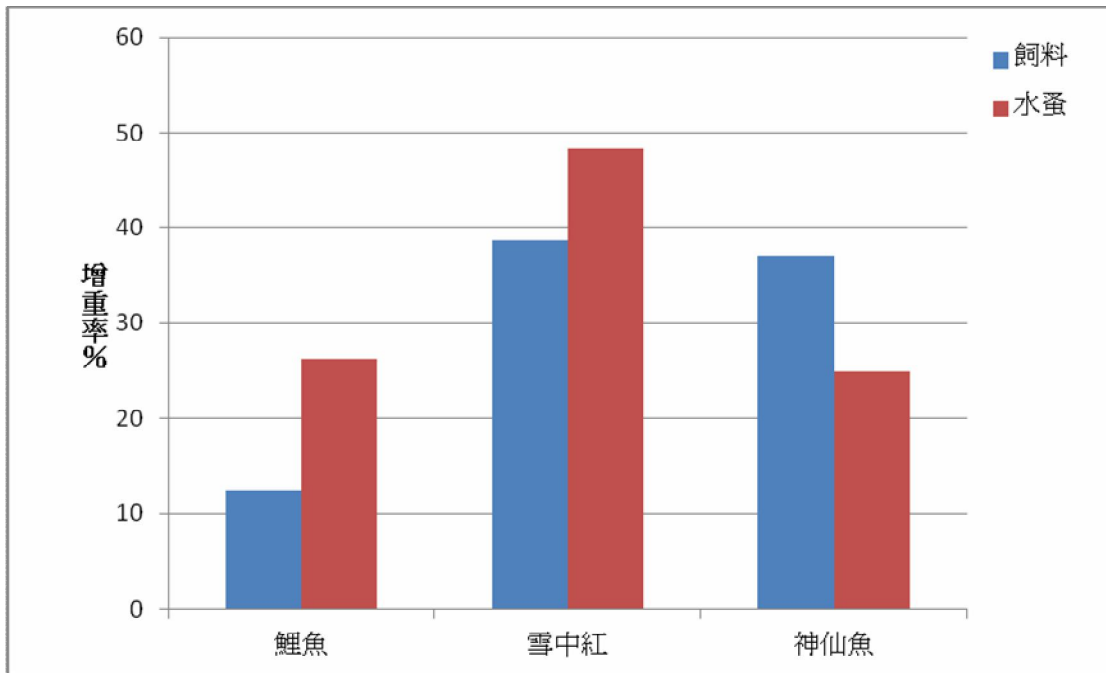


圖 2 魚苗投餵不同餌料之增重率

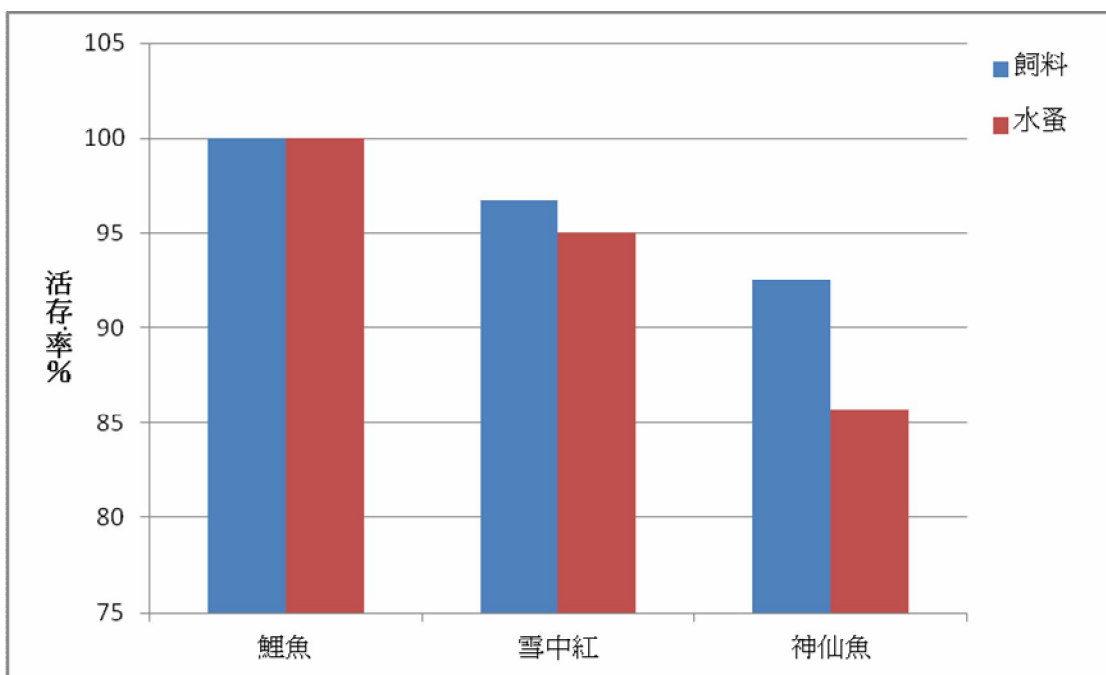


圖 3 魚苗投餵不同餌料之活存率

三、生質柴油製作及油品特性實驗：

(一)游離脂肪酸測定

如表 2 顯示游離脂肪酸含量三者均低於 2%以下。

表 2 游離脂肪酸量測結果

油品	魚油	回鍋油	過期大豆油
游離脂肪酸(%)	1.40	0.39	0.16

(二)不同油品之熱卡值(Cal/g)

表 3 油脂熱卡值量測結果 (高級柴油之熱卡值取自經濟部能源局資料)

油品	魚油生質柴油	回鍋油生質柴油	大豆油生質柴油	高級柴油
熱卡值(cal/g)	9455.0	9446.1	9428.9	10930.0

(三)轉化率

表 4 油脂轉化成生質柴油產率量測結果

油品	魚油生質柴油	回鍋油生質柴	大豆油生質柴油
轉化率(%)	91%	97%	100%

(四)GC-MS 魚油生質柴油組成分及酯含量分析

如表 5 魚油生質柴油酯含量達 99.6%，合乎歐洲 EN 及 CNS15051 之標準 96.5%以上。

表 5 魚油生質柴油(脂肪酸甲酯)種類及含量分析表

魚油生質柴油成分物種	分子式	含量(%)
Tridecanoic acid, methyl ester	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0.10
Methyl tetradecanoate	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	2.80
Pentadecanoic acid, methyl ester	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	1.07
9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	5.79
Hexadecanoic acid, methyl ester	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	12.52
6-Hexadecenoic acid, 7-methyl,methyl ester (Z)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1.66
Heptadecanoic acid, methyl ester	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	16.66
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	1.62
9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	22.85
Octadecanoic acid, methyl ester	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	6.34
10-Nonadecenoic acid, methyl ester	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	0.24

魚油生質柴油成分物種	分子式	含量(%)
Nonadecanoic acid, methyl ester	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	0.00
Methyl eicosa-5,8,11,14,17-pentaenoate	C ₂₁ H ₃₂ O ₂	9.81
11-Eicosenoic acid, methyl ester	C ₂₁ H ₄₀ O ₂	4.27
Eicosanoic acid, methyl ester	C ₂₁ H ₄₀ O ₂	0.78
4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid, methyl ester, (all-Z)-	C ₂₃ H ₃₄ O ₂	13.50
酯含量		99.678%

四、魚油生質柴油、市售柴油及 20%魚油生質柴油混合 80%市售柴油(B20)，引擎不同負載排氣測試：結果如圖 4~10。

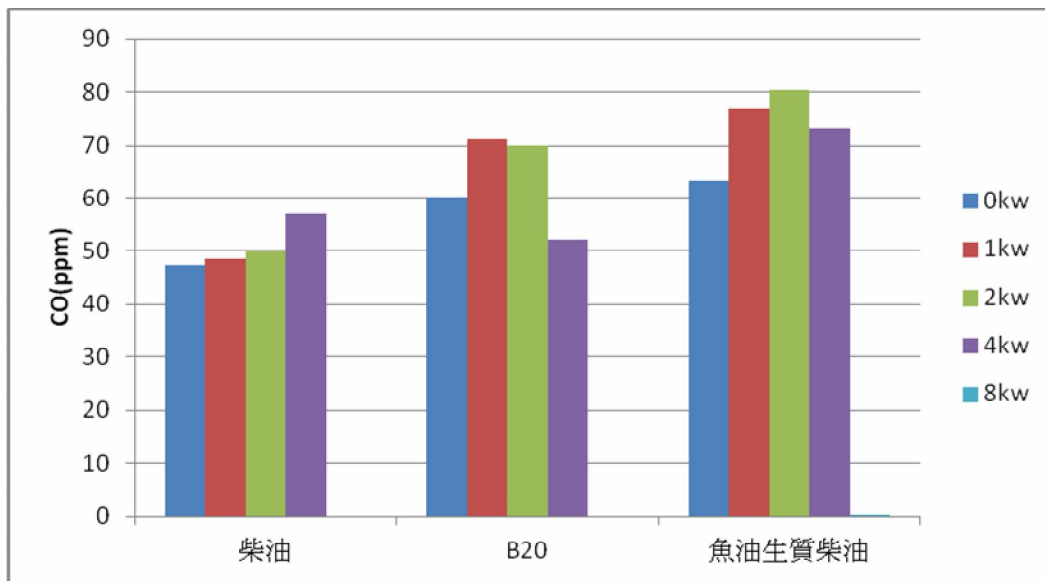


圖 4 柴油、B20 及魚油生質柴油不同負載下 CO 排放量關係圖

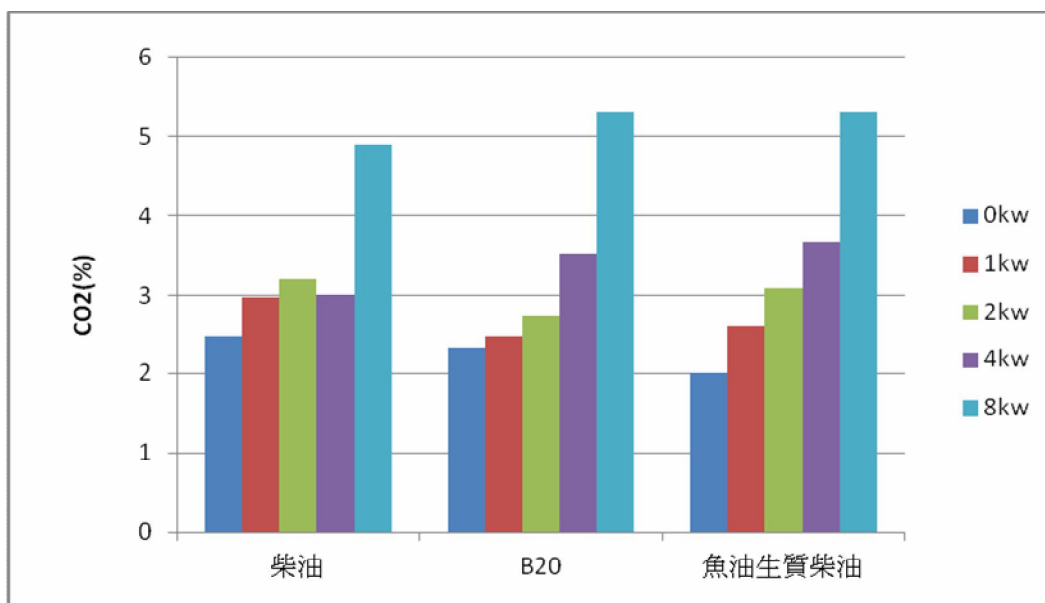


圖 5 柴油、B20 及魚油生質柴油不同負載下 CO₂ 排放量關係圖

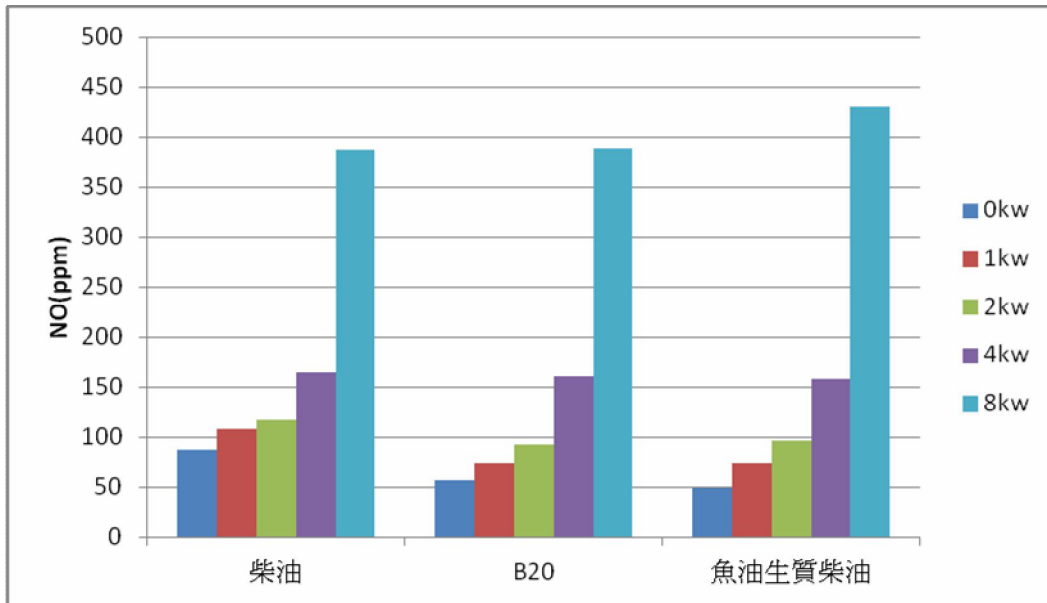


圖 6 柴油、B20 及魚油生質柴油不同負載下 NO 排放量關係圖

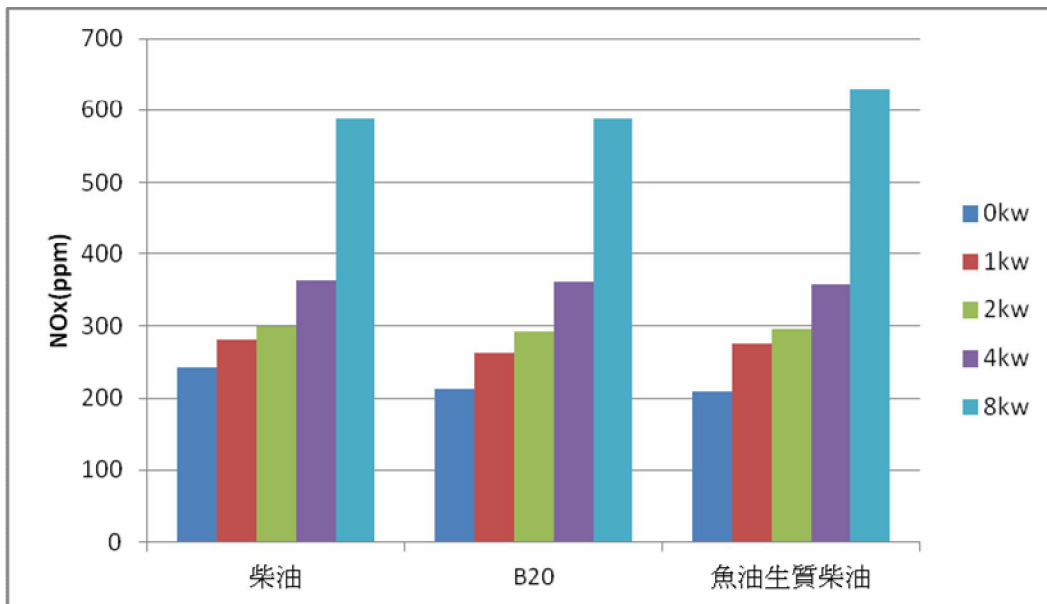


圖 7 柴油、B20 及魚油生質柴油不同負載下 NO_x 排放量關係圖

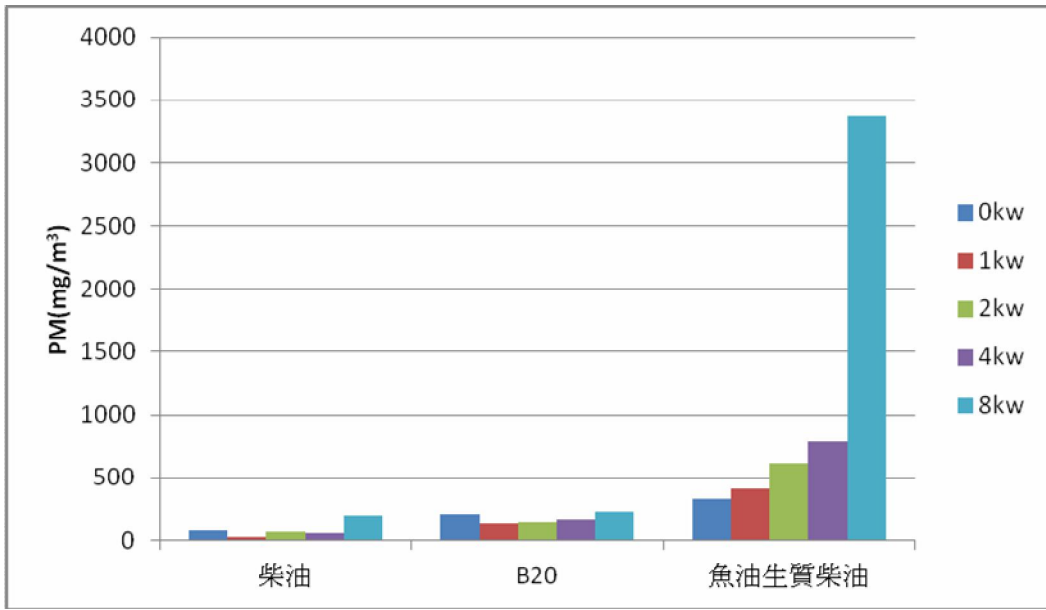


圖 8 柴油、B20 及魚油生質柴油不同負載下 PM 排放量關係圖

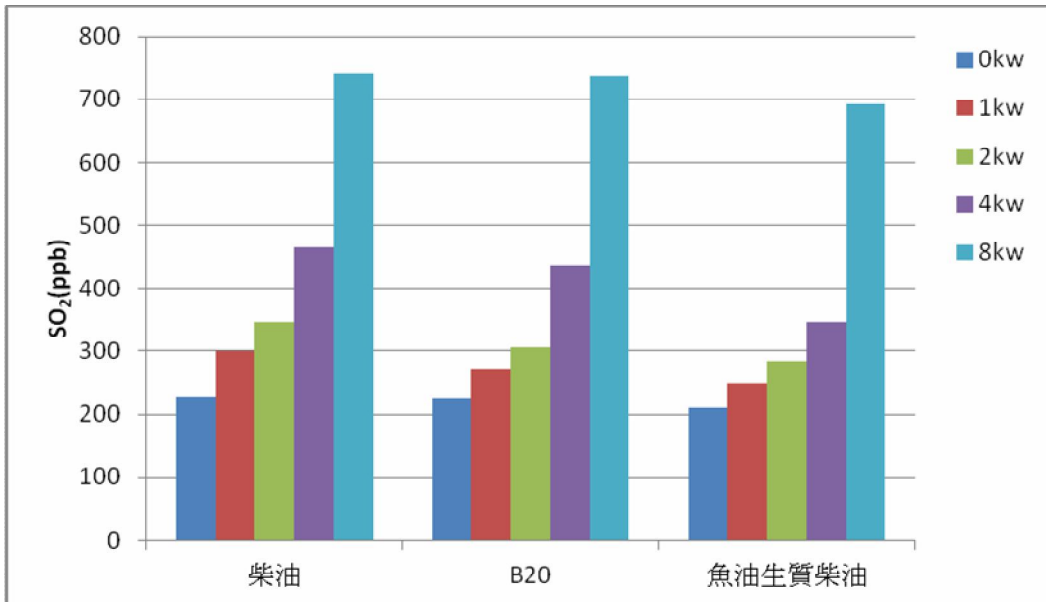


圖 9 柴油、B20 及魚油生質柴油不同負載下 SO₂ 排放量關係圖

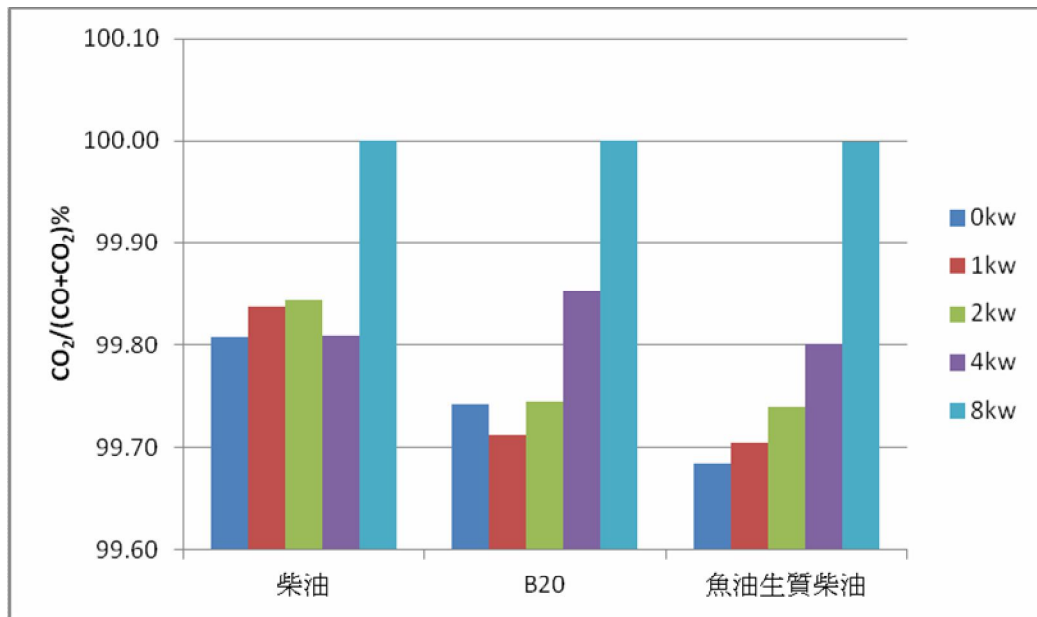


圖 10 柴油、B20 及魚油生質柴油不同負載下 $CO_2/(CO+CO_2)$ 比值關係圖

陸、討論

一、廢水培養不同水蚤之增殖率實驗

- (一)圓水蚤(*Moina* sp.)之培養在第 7 天增殖密度最高(2599~2854 隻/L)，此時需要部分採收降低密度，添加新水繼續進行養殖，避免水蚤因密度過高，環境不良，增殖率下降甚至死亡，因此培養期間可計算其生長密度作為採收時間之參考依據。
- (二)德國米蚤(*Daphnia* sp.)因體型較大，培養第 5 天達 1030 隻/L 為高密度，此時需採收一部份留種繼續培養。
- (三)廢水室外大量培養水蚤生產過盛時，採收後可使用冷凍乾燥法、日曬乾燥法、濃縮冷凍方式保存；未來我們將朝此方向研究發展，開發水蚤作為水產飼料主要成分—魚粉之替代動物性蛋白質，在目前逐漸枯竭的漁業資源下，替代飼料中之主要蛋白質成分，降低飼料費用，亦可達到廢水循環再利用，使資源永續利用生生不息。

二、魚苗投餵水蚤與市售飼料之增重率與活存率比較實驗：

- (一)鯉魚及雪中紅魚苗投餵水蚤之增重率較飼料為佳，神仙魚之所以以投餵飼料有較好的增重率，根據投餵時之觀察發現，神仙魚苗口徑較小，無法捕食體型較大的水蚤，而

導致投餵水蚤之增殖率較低，由雪中紅之魚苗養殖發現，投餵水蚤較投餵飼料體色較佳。

(二)活存率以鯉魚最佳，兩種餌料均為 100%，雪中紅及神仙魚苗之活存率飼料組皆較水蚤組為佳，其原因應是人為操作因素造成為主，尤其是神仙魚苗較嬌貴、不耐操，易在捕捉秤重時造成損失，加上口徑較小無法充分捕食水蚤，亦是活存率較飼料組差之原因，整體來說魚苗飼育活存率在 86%以上。

三、生質柴油製作及油品特性實驗：

(一)游離脂肪酸測定結果 (如表 2)

根據文獻資料黃等(2011)指出游離脂肪酸 2%以下，利於鹼性觸媒轉酯化反應之進行。高游離脂肪酸之油品於轉酯化反應時容易產生過多的皂化物質溶於生質柴油中，不易分離去除，使生質柴油品質下降。本實驗所使用之魚油、回鍋油、大豆油之游離脂肪酸含量分別為 1.40%、0.39%及 0.16%，游離脂肪酸含量均低於 2%，可直接使用鹼性觸媒轉酯化來製作生質柴油，也是目前工業大量生產之方式。因此回收魚罐頭蒸煮液上之魚油、本校食品工廠之回鍋油，過期沙拉油均為非常好的生質柴油製作來源。

(二)熱卡值(如表 3)

熱卡值為燃燒 1g 油品所產生之熱量，本實驗之三種油品魚油、回鍋油、大豆油分別為 9455.0 cal/g、9446.1 cal/g、9428.9cal/g，為高級柴油 10930.0cal/g 之 86.5%，尤其是回收魚油為極具資源性之廢棄物，值得回收再利用。

(三)轉化率(如表 4)

本實驗經鹼性轉酯化反應產生生質柴油之轉化率，魚油 91%，回鍋油 97%，大豆油 100%，顯示都具有極佳轉化率；魚油為鯖魚蒸煮液中提取，轉化率較其它兩者稍低，但仍有 91%之效率；本校食品科之回鍋油非反覆油炸之油品，游離脂肪酸低，有高達 97%轉化率。

(四)GC-MS 魚油生質柴油組成分及酯含量分析

本實驗顯示(表 5)回收魚油經轉酯化製成之生質柴油有 99.68%之酯含量，合乎歐

洲 EN 規定及 CNS15051 之最低標準 96.5%。由表 5 中亦可知魚油製作生質柴油之成分種類以 C17~C19 之脂肪酸甲酯含量較高。

四、魚油生質柴油、市售柴油及 20%魚油生質柴油混合 80%市售柴油(B20)，引擎排氣測試：

- (一)由圖 4 可看出引擎負載在 8kw 時三種油品之 CO 排放量幾乎為零，。
- (二)圖 5 顯示，隨著負載的增加，三種油品之 CO₂排放量也增加，兩者成正相關；負載越大會使引擎轉速降低，為保持相同轉速，就必須注入更多的油量，油量越大，燃燒後 CO₂排放量也越多。
- (三)圖 6 為三種油品 NO 排放量，隨著負載增加而增加，因負載增加引擎負荷增加溫度上升所致。
- (四)圖 7 為三種油品 NO_x排放量，與 NO 相似，其原因為引擎增加負載時，為維持相同轉速，必須增加更多油耗，導致引擎溫度升高，NO_x排放量因此增加。
- (五)圖 8 為 SO₂排放量，魚油生質柴油不論在有無負載之狀態下，SO₂排放量均低於柴油與 B20，隨負載增加，耗油量增加，三種油品之 SO₂排放量隨之增加，而魚油生質柴油原則上無含硫成分，會檢出 SO₂其主要原因可能是油管本身和引擎中仍有燃燒傳統柴油的殘留物所致。
- (六)圖 9 為粒狀物質(PM)排放量，圖中可看出柴油及 B20 之排放量遠低於魚油生質柴油，其主因為魚油生質柴油之黏度較高，霧化效果不佳，所使用測試之引擎未經調校，而使燃燒效率較低及燃燒不完全，造成粒狀物排放量較高，又從 B20(含 20%魚油生質柴油)之 PM 排放量接近於柴油之排放量，更能證明由於魚油生質柴油黏度較高使霧化效果不佳，而造成 PM 排放量遠高於柴油與 B20，尤其是高負載之狀態下更明顯。
- (七)圖 10 為三種油品不同負載下 CO₂/(CO+CO₂)之比值，可視為燃燒效率之指標，由圖中可看出 8kw 負載下燃燒效率三種油品皆為 100%。
- (八)回收魚油每公升約 45 元，成本較回鍋油每公升 24 元，高出許多，因回收之收益與公司營運收益相較之下不大，工廠回收意願不高，通常直接排入廢水處理池，非常可惜，如何使回收更方便有效率，使工廠有較高之回收意願，為未來努力的目標。

柒、結論

以地球有限資源及環境污染，二氧化碳等溫室氣體逐年升高來看，廢棄物資源的回收再利用，是目前重要的課題，本實驗回收再利用鯖魚罐頭製作過程所產生之兩種廢水，期盼能將廢水淨化，產生新機，在有限的地球資源中尋求永續利用的價值。以下為本次實驗之成果總結：

- 一、以鯖魚罐頭製作過程中處理魚隻之有機廢水培養水蚤，成效良好，轉化廢水中蛋白質資源為水蚤，並可大量生產圓水蚤(*Moina* sp.)及德國米蚤(*Daphnia* sp.)，作為魚苗及熱帶魚養殖之餌料生物，有較佳之增重率及體色，減少飼料費用，降低養殖成本。
- 二、鯖魚罐頭製作回收之魚油、本校食品科工廠之回鍋油，品質良好，游離脂肪酸含量均低於 2%，以鹼性觸媒轉酯化製作生質柴油，具有 91%轉酯率，魚油轉酯化製成之生質柴油酯含量達 99.68%，極具回收價值。
- 三、本實驗以回收魚油製成之生質柴油，添加 20%於市售柴油中成為 B20 之柴油，則可由排氣測試結果看出其特質接近市售柴油，因此，在不與民爭食條件下，回收魚油轉製生質柴油，添加於傳統柴油中，減少石化柴油之使用，讓廢棄物資源化，創造新機。

捌、參考資料及其他

- 1、陳維新 (民99) 生質物與生質能，第二版。台北縣：高立。8-2~8-17頁。
- 2、張文重 (民94) 水產餌料生物學。屏東縣：睿煜。141~153頁。
- 3、趙文榮、曾金成、陶申秋 (民91)。餌料生物學(全)。台北市：格致。146~158頁。
- 4、黃韋迪等 (2011) 瘋瘋樹籽油轉製生質柴油之引擎排氣性質研究。中華民國燃燒學會第二十一屆學術研討會論文集。
- 5、陳衣伶 (民 94) 高游離脂肪酸油脂轉換為生質柴油之製程與燃燒特性探討。行政院國家科學委員會大專學生參予專題研究計畫成果報告(報告編號：NSC 94-2815-C-197-004-E)。
- 6、綠色暢想---藻類 (99 年 6 月)水產種苗雜誌。

【評語】 091104

1. 研究動機之說明詳盡，主題具鄉土性。
2. 研究目的分為水蚤培養與生質柴油製成二部份，研究方法規劃詳盡，研究結果具應用價值。