

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 生活與應用科學科

040808

“廢盡新機”－機車排氣汙染改善技術研發

學校名稱：國立板橋高級中學

作者： 高二 趙薇喻 高二 陳法名	指導老師： 劉榮吉
-------------------------	--------------

關鍵詞：吸附、二氧化碳、熱污染

摘要

運用自製機車廢氣過濾器來檢測減碳及降低高溫廢氣的效果，所監控的項目包括水溫、酸鹼值、碳酸鈣沉澱物含量的變化及氣體流量監控。最後，再佐以機車定檢儀器測量來驗證實驗結果。

一般材質以陶瓷纖維棉搭配硅藻土板的效果最好。實驗結果：溫度降低了 21.5° C；pH 值提升 1.34；碳酸鈣沉澱物減少 197 mg。經由機車定檢儀器測定 30 秒後：CO₂ 的排放量由 11.76% 降至 9.50%。

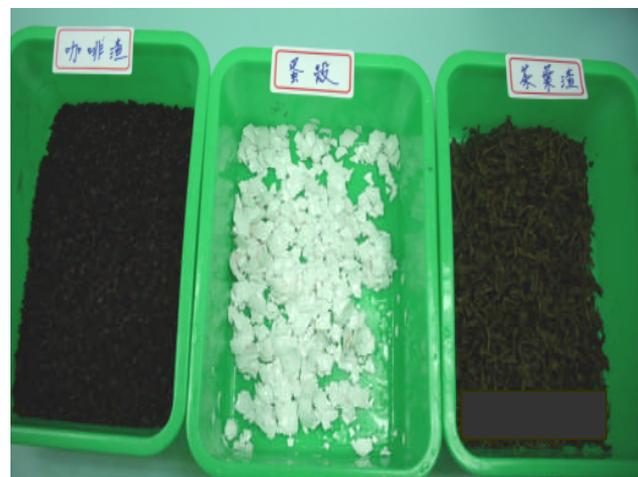
回收物質以陶瓷纖維棉搭配蛋殼粉末的效果最好。實驗結果：溫度降低了 14° C；pH 值提升 1.25；碳酸鈣沉澱物減少 161 mg。經由機車定檢儀器測定 30 秒後：CO₂ 的排放量由 11.76% 降至 7.93%。

壹、研究動機

- 一 國內的機車密度為亞洲第一，至 2008 年底，機車高達 14,315,885 輛，造成嚴重的空氣污染。
- 二 在減碳、抗暖化的倡導之下，如何減少污染、調整人類生活型態，都是新時代環保工作所需思考和努力的方向。

貳、研究目的

- 一 取樣使用 92 無鉛汽油與 95 無鉛汽油的機車之對照組數據。
- 二 探討機車廢氣與過濾器之氣體流量變化。
- 三 探討一般過濾材質和機車廢氣水溶液的溫度變化與酸鹼值的關係。
- 四 探討一般過濾材質、機車廢氣與碳酸鈣沉澱物重量之關係。
- 五 探討回收過濾材質和機車廢氣水溶液的溫度變化與酸鹼值關係。
- 六 探討回收過濾材質、機車廢氣的碳酸鈣沉澱物重量之關係。
- 七 探討陶瓷纖維棉與硅藻土板之定量分析。
- 八 探討陶瓷纖維棉與蛋殼粉末之定量分析。
- 九 探討陶瓷纖維棉與硅藻土板與機車定檢儀器的測量結果。
- 十 探討陶瓷纖維棉與蛋殼粉末與機車定檢儀器的測量結果。



叁、實驗設備及器材

溫度計、錐形瓶、1000cc 量筒、漏斗、濾紙、止洩帶、陶瓷纖維膠帶、刮勺、漏斗、濾紙、氧化鈣、燒杯、鐵架、自製過濾器、連接鐵管、玻璃瓶、手套、鐵網、pH 值偵測器、減壓過濾裝置、50°C 烘箱、常溫乾燥容器、電子秤、麥飯石、沸石、珊瑚石、活性碳、硅藻土板、陶瓷纖維棉、茶葉渣、咖啡粉末、蛋殼粉末、機車定檢儀器、氣體流量計。

表一 過濾材質種類與克數

標號	過濾材質種類與克數
1	陶瓷纖維棉 3 克 + 麥飯石 40 克
2	陶瓷纖維棉 3 克 + 珊瑚石 40 克
3	陶瓷纖維棉 3 克 + 沸石 40 克
4	陶瓷纖維棉 3 克 + 活性碳 40 克
5	陶瓷纖維棉 3 克 + 硅藻土板 40 克
6	陶瓷纖維棉 3 克 + 蛋殼粉末 40 克
7	陶瓷纖維棉 3 克 + 茶葉渣 40 克
8	陶瓷纖維棉 3 克 + 咖啡粉末 40 克



過濾器組裝前



過濾器組裝後



止洩帶、陶瓷纖維膠帶、鐵架、連接鐵管、鐵網、錐形瓶、濾紙



肆、研究過程或方法

一、實驗一 抽樣使用 92 無鉛汽油與 95 無鉛汽油的機車之對照組數據

- (一) 取蒸餾水 400 mL 及澄清石灰水 200 mL 分別置於 1000 mL 錐形瓶中。
- (二) 過濾器接口處以止洩帶纏繞，不填充材質，一端纏繞陶瓷纖維膠帶連結機車排氣口，另一端分次浸入蒸餾水及澄清石灰水溶液中。
- (三) 蒸餾水組別：發動機車後，計時 10 分鐘取樣 200 mL。用 pH 值偵測器來量測水溶液酸鹼值，記錄溫度變化。
- (四) 澄清石灰水組別：發動機車後，計時 1 分鐘取樣 200 mL，用減壓過濾裝置過濾沉澱後烘乾秤重，觀察碳酸鈣沉澱的重量變化。

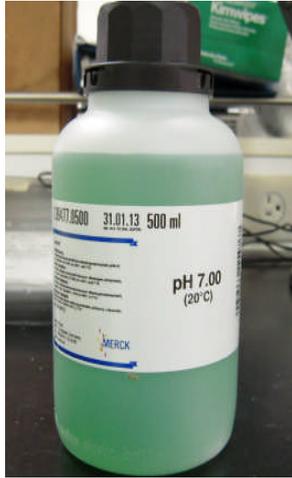
二、實驗二 探討機車廢氣與過濾器之氣體流量變化

過濾器分別填入 3 g 的陶瓷纖維棉及 40 g 的過濾材質，一端連結機車排氣口，熱車 3 分鐘後，另一端連接氣體流量計，計時 1 分鐘，觀察機車廢氣流量變化。



三、實驗三 一般過濾材質和機車廢氣水溶液的溫度變化與酸鹼值關係

- (一) 依據表一將過濾器分別填入一般材質 40g 及陶瓷纖維棉 3g，另一端浸入蒸餾水 400 mL 中。
- (二) 發動機車，計時 10 分鐘後取樣 200 mL 並量測酸鹼值及溫度變化。



校正用專用溶液

pH 值偵測器

四、實驗四 探討一般過濾材質、機車廢氣與碳酸鈣沉澱物重量之關係

- (一) 過濾器填充內容物如實驗三，另一端浸入澄清石灰水 200 mL 中。
- (二) 發動機車，計時 1 分鐘後取樣 200 mL。觀察碳酸鈣沉澱物的重量變化。



減壓過濾裝置進行過濾碳酸鈣沉澱物

五、實驗五 探討回收過濾材質和機車廢氣水溶液的溫度變化與酸鹼值關係

- (一) 依據表一將過濾器分別填入回收材質各 40g 及陶瓷纖維棉 3g，另一端浸入蒸餾水 400 mL 中。
- (二) 發動機車，計時 10 分鐘後取樣 200 mL。記錄溫度變化及酸鹼值。



烘箱設定 50°C



烘乾加蓋後取出



烘乾後置於乾燥石的密閉容器中



雞蛋外殼去膜



陶瓷纖維棉抽絲

六、實驗六 探討回收過濾材質、機車廢氣與碳酸鈣沉澱物重量之關係

- (一) 過濾器填充內容物如實驗五，另一端浸入澄清石灰水 200 mL 中。
- (二) 發動機車計時 1 分鐘後取樣 200 mL。觀察沉澱物的重量變化。

七、實驗七 探討陶瓷纖維棉與矽藻土板之定量分析

- (一) 過濾器分別填入陶瓷纖維棉及 10g、20g、30g 及 40 g 的矽藻土板，另一端浸入蒸餾水 400 mL 中。

- (二) 發動機車，計時 10 分鐘後取樣 200 mL，記錄溫度變化及酸鹼值。
- (三) 同上過濾器填充後，另一端浸入澄清石灰水 200 mL 中。
- (四) 發動機車，計時 1 分鐘後取樣 200 mL。觀察沉澱物的重量變化。

八、實驗八 探討陶瓷纖維棉與蛋殼粉末之定量分析

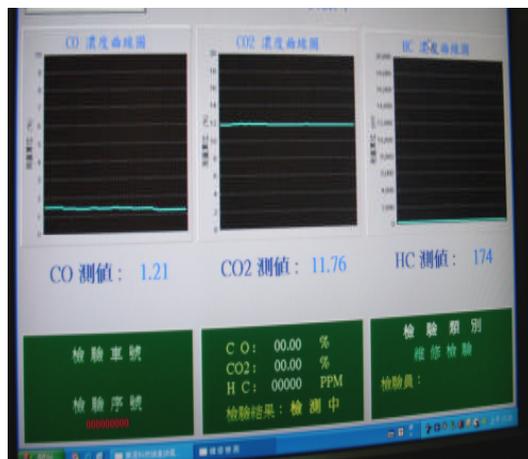
- (一) 如實驗七將硅藻土板置換成蛋殼粉末，另一端浸入蒸餾水 400 mL 中。
- (二) 發動機車，計時 10 分鐘後取樣 200 mL，記錄溫度變化及酸鹼值。
- (三) 同上，過濾器填充後，另一端浸入澄清石灰水 200 mL 中。
- (四) 發動機車，計時 1 分鐘取樣 200 mL，觀察碳酸鈣沉澱物重量。

九、實驗九 探討陶瓷纖維棉棉、硅藻土板與機車定檢儀器的測量結果

- (一) 過濾器中填入 3 g 的陶瓷纖維棉及 40 g 的硅藻土板，另一端連接機車定檢儀器。
- (二) 分別在 30 秒、3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘及 12 分鐘進行記錄，包括一氧化碳、二氧化碳及碳氫化合物的含量變化。



機車定檢儀器測試中



機車廢氣檢驗電腦顯示螢幕

十、實驗十 探討陶瓷纖維棉棉、蛋殼粉末與機車定檢儀器的測量結果

- (一) 過濾器中填入 3 g 的陶瓷纖維棉及 40 g 的蛋殼粉末，另一端連接機車定檢儀器。
- (二) 分別在 30 秒、3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘及 12 分鐘進行記錄變化值。

伍、研究結果

一、實驗一 抽樣使用 92 與 95 無鉛汽油機車（排氣量 100cc）的對照組數據

表二、排氣量 100 cc 的機車使用 92 和 95 無鉛汽油對排氣溫度的影響（單位：°c）

	0 分鐘	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	7 分鐘	10 分鐘
排氣量 100 cc，使用 92 無鉛汽油	21.0	24.0	28.0	33.0	38.0	45.0
排氣量 100 cc，使用 95 無鉛汽油	21.0	23.5	27.5	32.5	37.5	44.5

表二：水溫隨機車發動時間增加。92 無鉛汽油組別 10 分鐘的溫差為 24° c，而 95 無鉛汽油組別的溫差為 23.5° c。

表三、排氣量 100 cc 的機車使用無鉛汽油種類對 pH 值及碳酸鈣沉澱物重量的影響

	pH 值	碳酸鈣沉澱物重量 (g)
對照組	7.00	0.000
排氣量 100 cc，使用 92 無鉛汽油	5.17	0.335
排氣量 100 cc，使用 95 無鉛汽油	5.24	0.240

(二) 表三：廢氣會降低蒸餾水酸鹼值，由 pH 7.0 分別降至 pH 5.17 及 pH 5.24。

(三) 碳酸鈣沈澱物含量也分別產生 0.335 克及 0.240 克。

二、實驗二 探討機車廢氣與過濾器之氣體流量變化

(一) 表四：填充過濾材質會降低氣體流量，一般材質以陶瓷纖維棉搭配硅藻土板的氣體流量最大。

表四、100c.c. 使用 92 無鉛汽油機車過濾器與填充過濾材質之廢氣流量關係

92 無鉛/100cc	氣體流量(l/min)	氣體通過率
對照組	75.0	100.0 %
陶瓷纖維 3 克+麥 飯 石 40 克	72.3	96.4 %
陶瓷纖維 3 克+珊 瑚 石 40 克	68.0	90.7 %
陶瓷纖維 3 克+沸 石 40 克	74.0	98.7 %
陶瓷纖維 3 克+活 性 碳 40 克	70.5	95.3 %
陶瓷纖維 3 克+硅 藻 土 板 40 克	74.2	98.9 %
陶瓷纖維 3 克+蛋 殼 粉 末 40 克	73.5	98.0 %
陶瓷纖維 3 克+茶 葉 渣 40 克	69.0	92.0 %
陶瓷纖維 3 克+咖 啡 粉 末 40 克	68.5	91.3 %

(二) 表五：回收材質以陶瓷纖維棉搭配蛋殼粉末的流量最大。

表五、100c.c. 使用 95 無鉛汽油機車過濾器與填充過濾材質之廢氣流量關係

95 無鉛/100cc	氣體流量(l/min)	氣體通過率
對照組	76.5	100%
陶瓷纖維 3 克+麥飯石 40 克	73.0	95.4 %
陶瓷纖維 3 克+珊瑚石 40 克	70.0	91.5 %
陶瓷纖維 3 克+沸石 40 克	74.5	97.4 %
陶瓷纖維 3 克+活性炭 40 克	72.5	94.8 %
陶瓷纖維 3 克+硅藻土板 40 克	74.5	97.4 %
陶瓷纖維 3 克+蛋殼粉末 40 克	74.0	96.7 %
陶瓷纖維 3 克+茶葉渣 40 克	71.0	92.8 %
陶瓷纖維 3 克+咖啡粉末 40 克	69.5	90.8 %

三、實驗三 探討一般過濾材質和機車廢氣水溶液的溫度變化與酸鹼值關係

表六、一般過濾材質對機車(使用 92 無鉛汽油)排氣溫度的影響 (單位： $^{\circ}C$)

材料	時間	0 分鐘	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	7 分鐘	10 分鐘
對照組		21.0	24.0	28.0	33.0	38.0	45.0
陶瓷纖維棉 3 克+麥飯石 40 克		21.0	21.5	22.0	23.0	24.0	26.0
陶瓷纖維棉 3 克+珊瑚石 40 克		21.0	22.5	24.5	28.0	31.0	34.0
陶瓷纖維棉 3 克+沸石 40 克		21.0	22.5	23.0	29.0	32.0	34.5
陶瓷纖維棉 3 克+活性炭 40 克		21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	27.0
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土 40 克		21.0	22.0	23.0	26.0	29.0	32.0

表七、一般過濾材質對機車(使用 95 無鉛汽油)排氣溫度的影響 (單位： $^{\circ}C$)

材料	時間	0 分鐘	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	7 分鐘	10 分鐘
對照組		21.0	23.5	27.5	32.5	37.5	44.5
陶瓷纖維棉 3 克+麥飯石 40 克		21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	24.5
陶瓷纖維棉 3 克+珊瑚石 40 克		21.0	21.5	22.0	23.0	24.5	26.5
陶瓷纖維棉 3 克+沸石 40 克		21.0	22.5	23.0	24.5	25.0	27.0
陶瓷纖維棉 3 克+活性炭 40 克		21.0	21.5	22.5	24.0	25.5	26.5
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 40 克		21.0	21.5	22.0	22.5	23.5	25.0

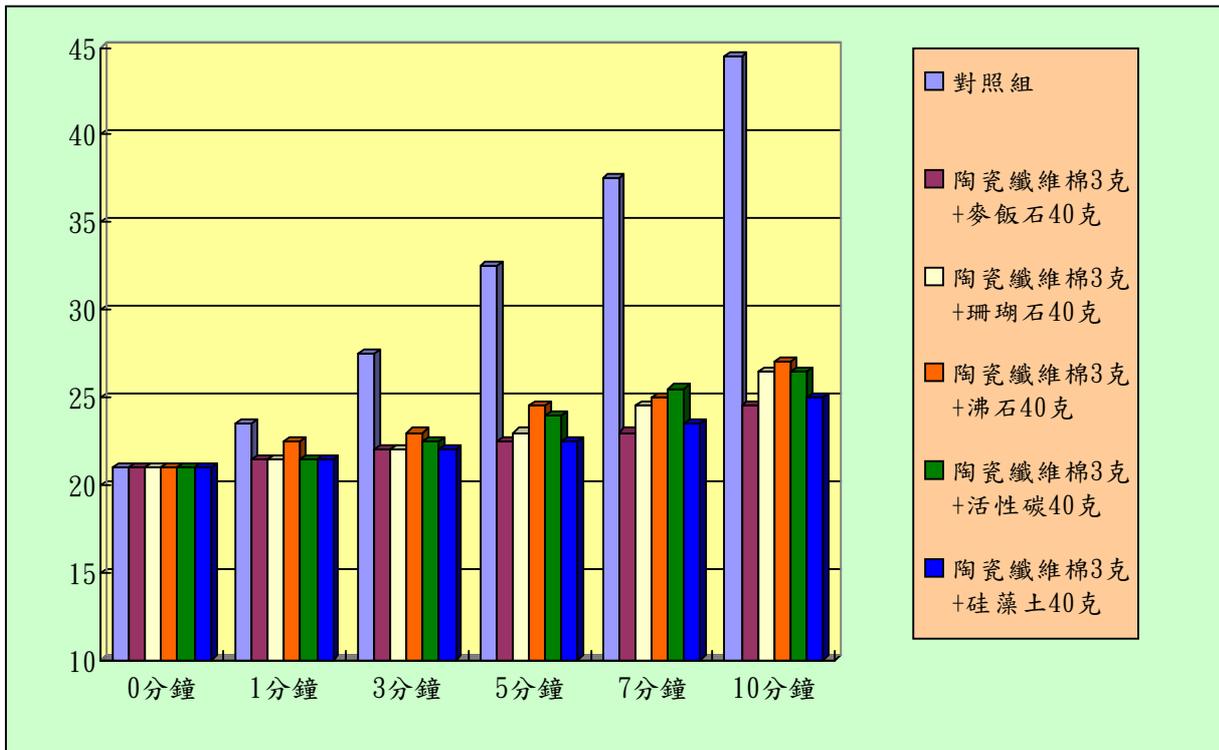


圖 3-1、一般過濾材質對機車(排氣量 100 cc，使用 95 無鉛汽油)排氣溫度的影響

(一) 表六與表七：機車廢氣經由一般材質吸收會降低排放氣體的溫度。

1、92無鉛汽油組別：以陶瓷纖維棉加上麥飯石的溫差為 5°C 最低。

2、95無鉛汽油組別：以陶瓷纖維棉加上麥飯石的溫差 3.5°C 最低，其次為矽藻土板 40 克的組別溫差為 4°C 。

(二) 表八：機車廢氣經過一般材質吸收後會提高蒸餾水酸鹼值，以陶瓷纖維棉搭配矽藻土板的效果最好。

表八、一般過濾材質對機車廢氣水溶液酸鹼值的影響

(以 pH 值表示)

pH 值	92 無鉛汽油/100 cc	95 無鉛汽油/100 cc
對照組	5.17	5.24
陶瓷纖維棉 3 克 + 麥飯石 40 克	5.70	5.64
陶瓷纖維棉 3 克 + 珊瑚石 40 克	5.62	5.60
陶瓷纖維棉 3 克 + 沸石 40 克	5.63	5.62
陶瓷纖維棉 3 克 + 活性炭 40 克	5.59	5.76
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 40 克	6.01	6.58

(三) 一般材質和機車廢氣水溶液酸鹼值分析：以填充陶瓷纖維棉加上矽藻土板的酸鹼值最高，由 pH 5.17~pH 5.24，提高至 pH 6.01~pH 6.58。

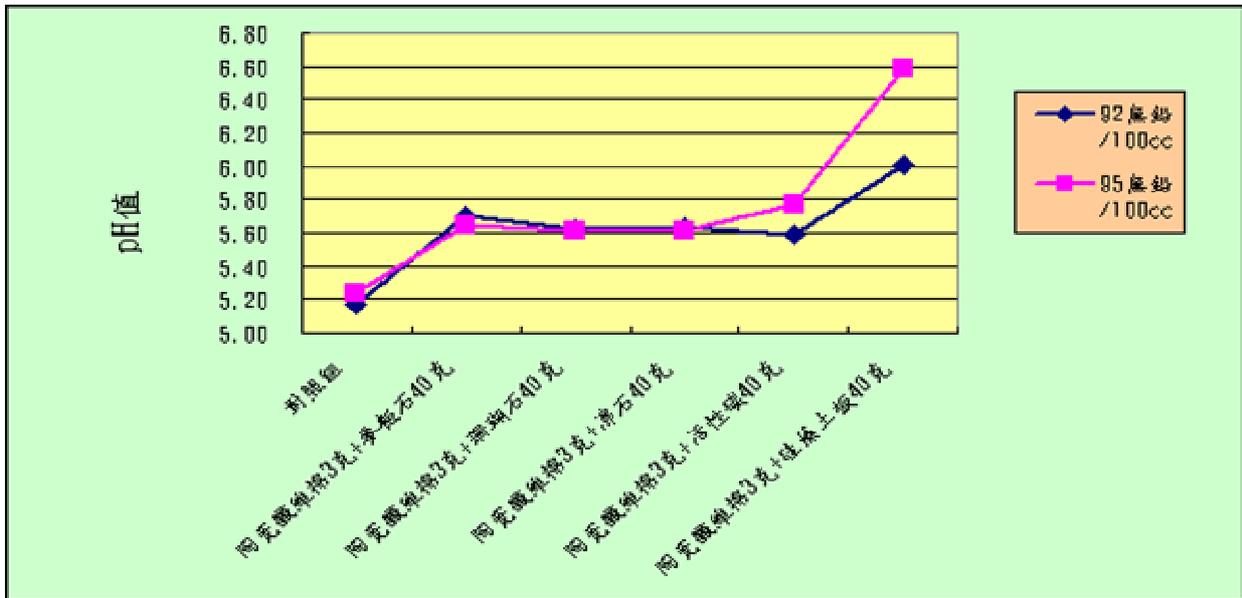


圖 3-2、機車廢氣水溶液的酸鹼值分析圖

四、實驗四 探討一般過濾材質、機車廢氣與碳酸鈣沉澱物重量的關係

(一) 表九：機車廢氣經過一般過濾材質後對於碳酸鈣沉澱物含量的變化情形，以陶瓷纖維棉搭配硅藻土板的效果最好。

表九、機車廢氣通過一般過濾材質與氧化鈣水溶液之 CaCO_3 沉澱量化表

	92 無鉛. 100cc/ CaCO_3 (g)	95 無鉛. 100cc/ CaCO_3 (g)
對照組	0.335	0.240
陶瓷纖維棉 3 克 + 麥飯石 40 克	0.250	0.168
陶瓷纖維棉 3 克 + 珊瑚石 40 克	0.243	0.171
陶瓷纖維棉 3 克 + 沸石 40 克	0.263	0.206
陶瓷纖維棉 3 克 + 活性碳 40 克	0.256	0.179
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 40 克	0.138	0.080

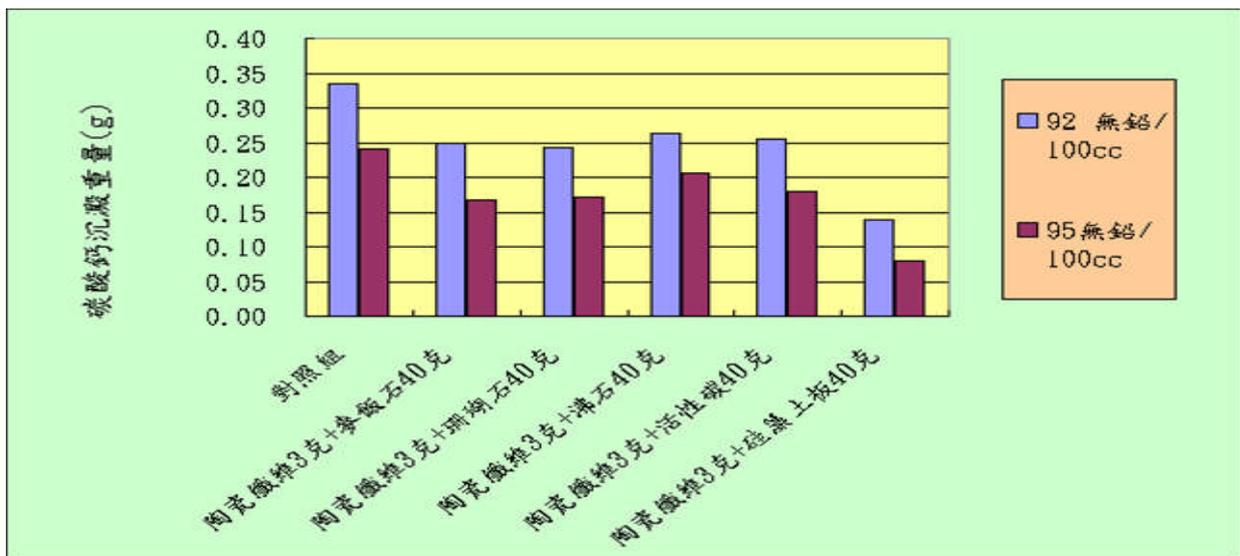


圖 3-3、機車廢氣水溶液的碳酸鈣沉澱物重量分析圖

(二) 碳酸鈣沉澱物重量分析：以過濾器填充陶瓷纖維棉搭配硅藻土板的碳酸鈣沉澱物重量最少，由 0.240g~0.335g，降低至 0.080g~0.138g。

五、實驗五 探討回收過濾材質和機車廢氣水溶液的溫度變化與酸鹼值關係

(一) 表十與表十一：機車廢氣經過回收過濾材質後對於蒸餾水水溫的變化情形，以陶瓷纖維棉加上茶葉的組別溫差較低，如下圖所示。

(二) 表十二：機車廢氣經過回收過濾材質吸收後會使蒸餾水酸鹼值提高，以陶瓷纖維棉搭配蛋殼粉末的效果最好。

表十、回收過濾材質對機車(使用 92 無鉛汽油)排氣溫度的影響

(單位：°C)

材料	時間	0 分鐘	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	7 分鐘	10 分鐘
對照組		21.0	24.0	28.0	33.0	38.0	45.0
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼末 40 克		21.0	21.5	22.5	24.0	25.0	26.5
陶瓷纖維棉 3 克+茶葉渣 40 克		21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	24.0
陶瓷纖維棉 3 克+咖啡粉 40 克		21.0	22.5	23.0	24.5	26.0	27.5

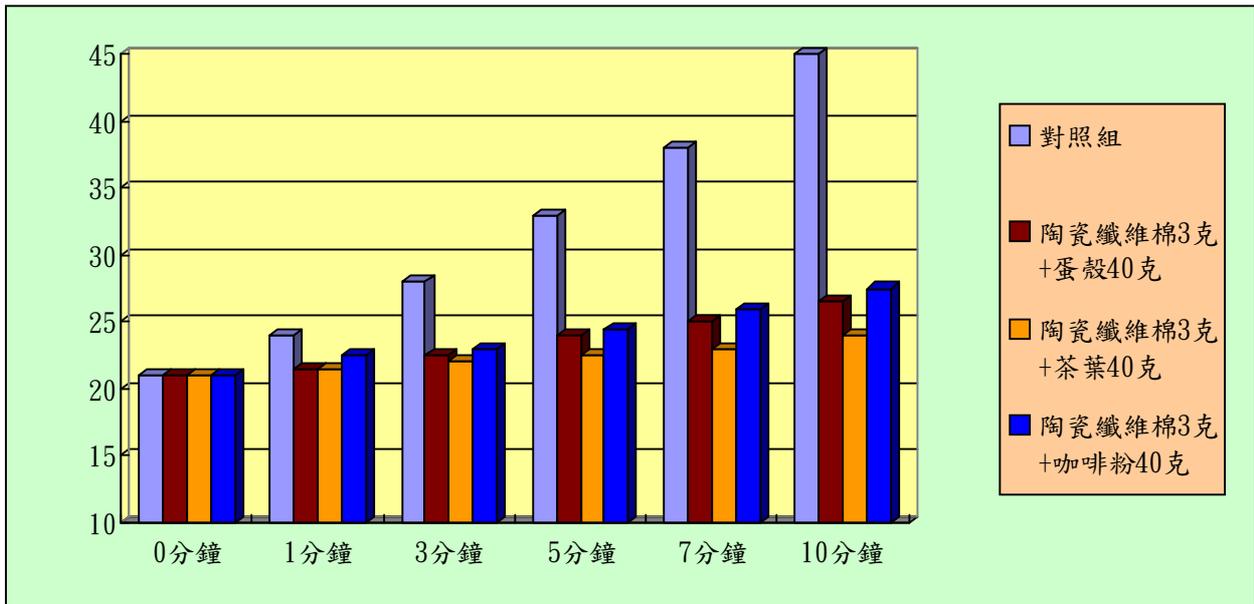


圖 5-1、回收過濾材質對機車(排氣量 100 cc，使用 92 無鉛汽油)排氣溫度的影響 (單位：°C)

表十一、回收過濾材質對機車(使用 95 無鉛汽油)排氣溫度的影響 (單位：°C)

材料	時間	0 分鐘	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	7 分鐘	10 分鐘
對照組		21.0	23.5	27.5	32.5	37.5	44.5
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼末 40 克		21.0	21.5	23.5	26.0	27.0	30.0
陶瓷纖維棉 3 克+茶葉渣 40 克		21.0	21.5	22.0	22.5	23.5	25.0
陶瓷纖維棉 3 克+咖啡粉 40 克		21.0	22.0	22.5	23.0	23.5	26.0

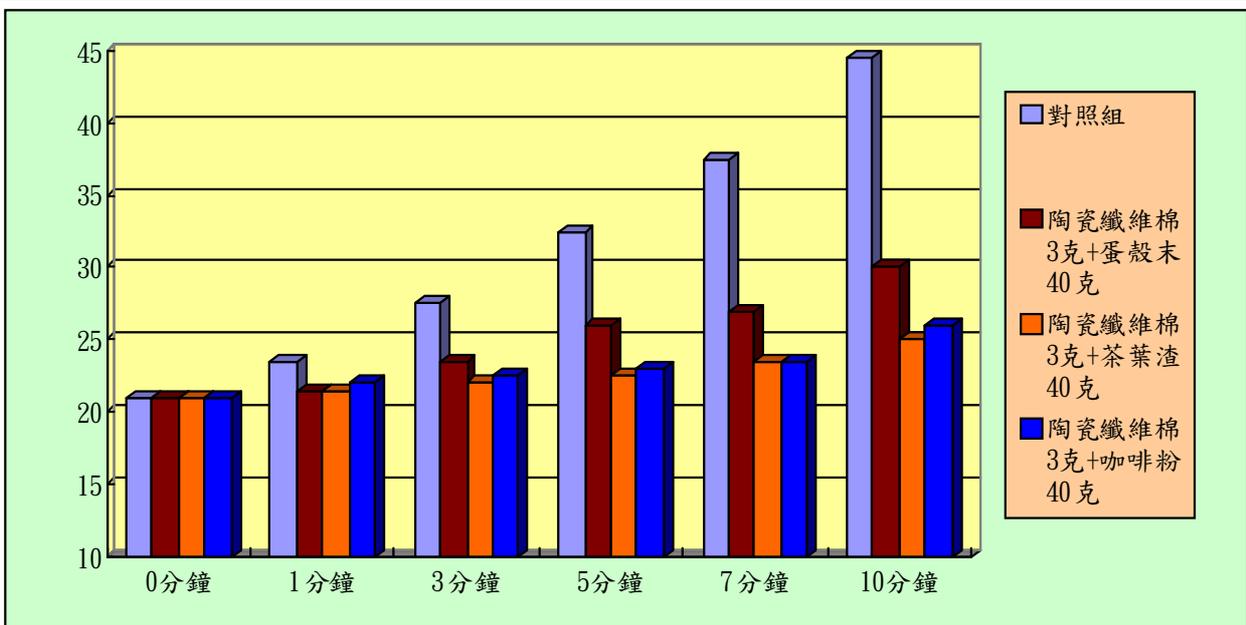


圖 5-2、回收過濾材質對機車(排氣量 100 cc，使用 95 無鉛汽油)排氣溫度的影響 (單位：°C)

表十二、回收過濾材質對機車廢氣水溶液酸鹼值的影響

(以 pH 值表示)

pH 值	使用 92 無鉛汽油	使用 95 無鉛汽油
對照組	5.17	5.24
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼末 40 克	5.96	6.42
陶瓷纖維棉 3 克+茶葉渣 40 克	5.65	5.95
陶瓷纖維棉 3 克+咖啡粉 40 克	5.70	5.96

(三) 機車廢氣水溶液的酸鹼值分析：以過濾器填充陶瓷纖維棉搭配蛋殼的酸鹼值最高，由 pH 5.17~pH 5.24，提高至 pH 5.96~pH 6.42。

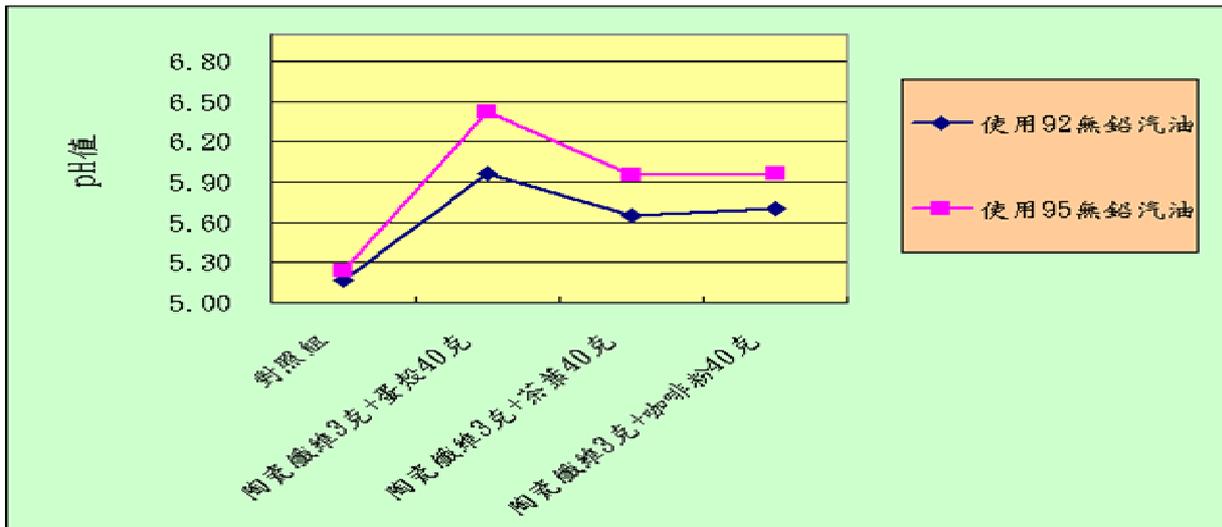


圖 5-3、回收過濾材質與機車廢氣水溶液之酸鹼值關係圖

六、實驗六 探討回收過濾材質、機車廢氣與碳酸鈣沉澱物重量的關係

(一) 表十三、圖 6-1 是機車廢氣經過回收過濾材質後對於碳酸鈣沉澱物含量的變化情形。

表十三、機車廢氣通過回收過濾材質與氧化鈣水溶液之 CaCO₃ 沉澱量化表

	92 無鉛.100cc /CaCO ₃ (g)	95 無鉛.100cc /CaCO ₃ (g)
對照組	0.335	0.240
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼 40 克	0.174	0.106
陶瓷纖維棉 3 克+茶葉 40 克	0.265	0.187
陶瓷纖維棉 3 克+咖啡粉 40 克	0.237	0.200

(二) 以陶瓷纖維棉搭配蛋殼粉末的效果最好。

(三) 機車廢氣水溶液的碳酸鈣沉澱物重量分析：以過濾器填充陶瓷纖維棉搭配蛋殼的碳酸鈣沉澱物重量最少，由 0.240g~0.335g，降低至 0.106g~0.174g

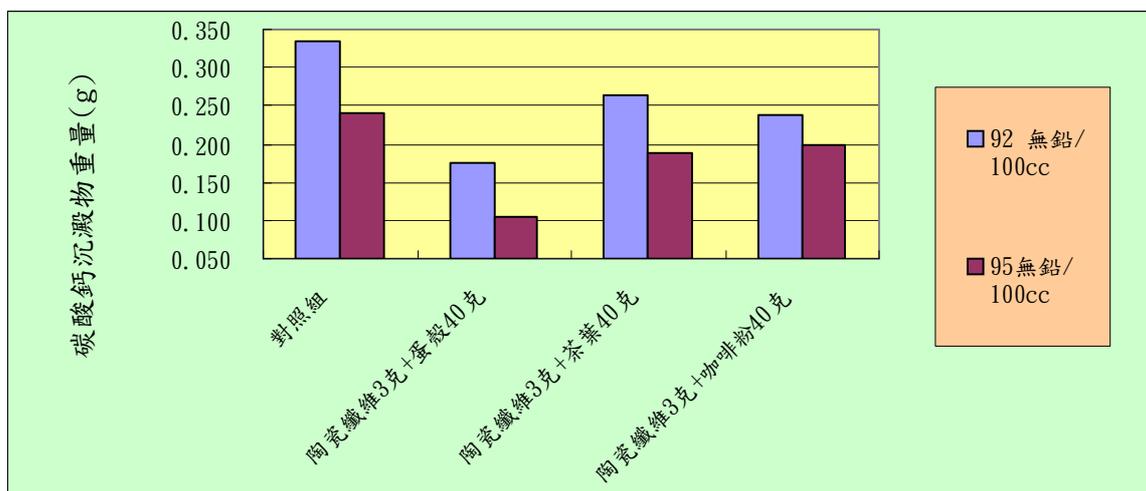


圖 6-1、回收過濾材質對機車廢氣產生碳酸鈣沉澱物的比較圖

七、實驗七 探討陶瓷纖維棉與矽藻土板的定量分析

表十四、不同矽藻土板重量對機車(使用 92 無鉛汽油)排氣溫度的影響 (單位: °C)

材料 \ 時間	0 分鐘	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	7 分鐘	10 分鐘
對照組	21.0	24.0	28.0	33.0	38.0	45.0
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 10 克	21.0	23.0	25.0	30.0	34.0	40.0
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 20 克	21.0	22.5	24.5	29.0	32.5	38.0
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 30 克	21.0	22.5	24.0	28.0	31.5	37.0
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 40 克	21.0	22.0	23.0	26.0	29.0	32.0

表十五、不同矽藻土板重量對機車(使用 95 無鉛汽油)排氣溫度的影響 (單位: °C)

材料 \ 時間	0 分鐘	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	7 分鐘	10 分鐘
對照組	21.0	23.5	27.5	32.5	37.5	44.5
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 10 克	21.0	23.0	27.0	31.5	35.0	40.0
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 20 克	21.0	22.5	26.0	30.0	33.0	37.0
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 30 克	21.0	22.0	24.5	27.5	30.0	33.5
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 40 克	21.0	21.5	23.5	26.0	28.0	31.0

(一) 由表十四與表十五：機車的高溫氣體經由陶瓷纖維棉與矽藻土板吸收後會降低溫度，且隨矽藻土板重量的增加而降低。

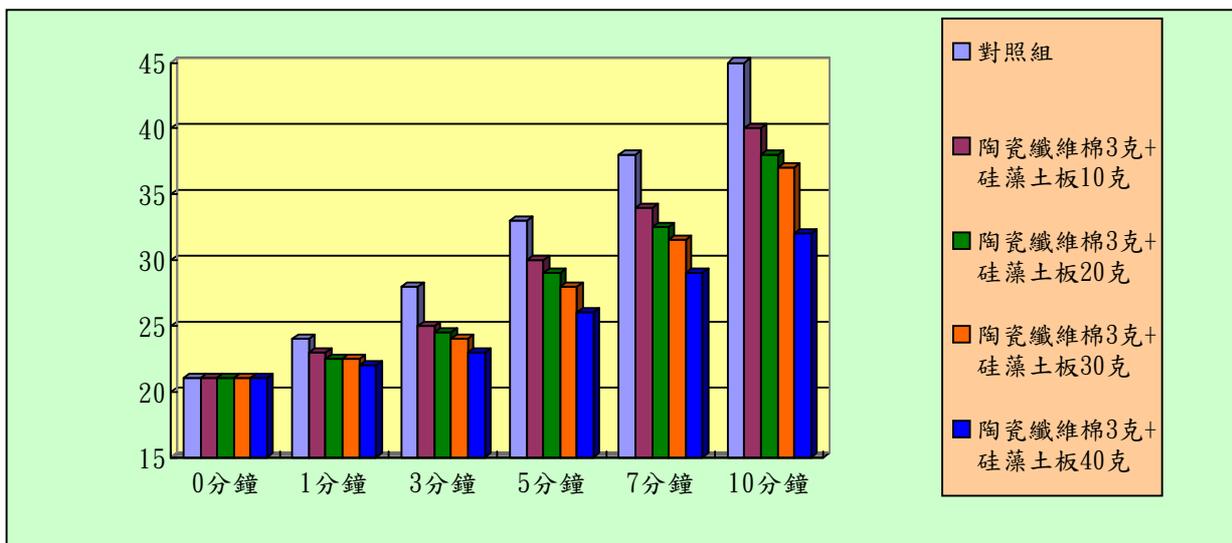


圖 7-1、不同硅藻土板重量對使用 92 無鉛汽油機車之排氣溫度的影響 (單位：°c)

表十六、不同硅藻土板重量對於機車廢氣水溶液酸鹼值的影響 (以 pH 值表示)

pH 值	92 無鉛汽油/100cc	95 無鉛汽油/100cc
對照組	5.17	5.24
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 10 克	5.78	5.82
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 20 克	5.81	5.94
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 30 克	5.90	6.22
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 40 克	6.01	6.58

(三) 表十六：機車廢氣經過陶瓷纖維棉與硅藻土板吸收後會提高蒸餾水酸鹼值，且隨硅藻土板重量的增加而增加。

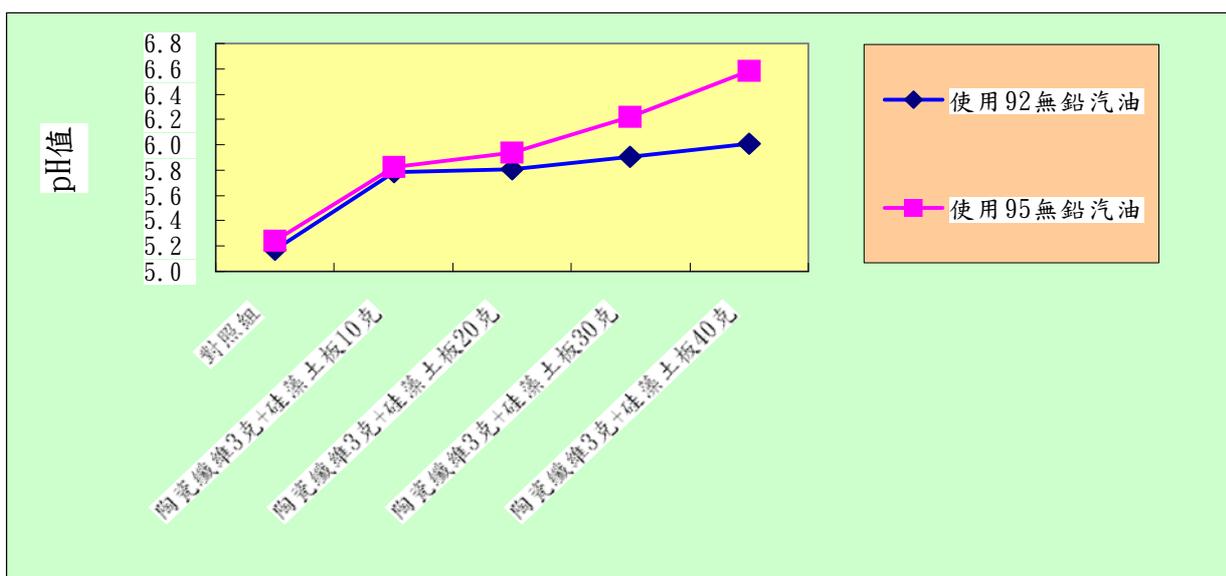


圖 7-2、兩個組別的機車廢氣水溶液酸鹼值關係比較圖

表十七、機車廢氣通過不同重量的硅藻土板與氧化鈣水溶液之 CaCO₃ 沉澱量化表

	92 無鉛/CaCO ₃ (g)	95 無鉛/CaCO ₃ (g)
對照組	0.335	0.240
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 10 克	0.312	0.275
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 20 克	0.265	0.223
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 30 克	0.205	0.152
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 40 克	0.138	0.080

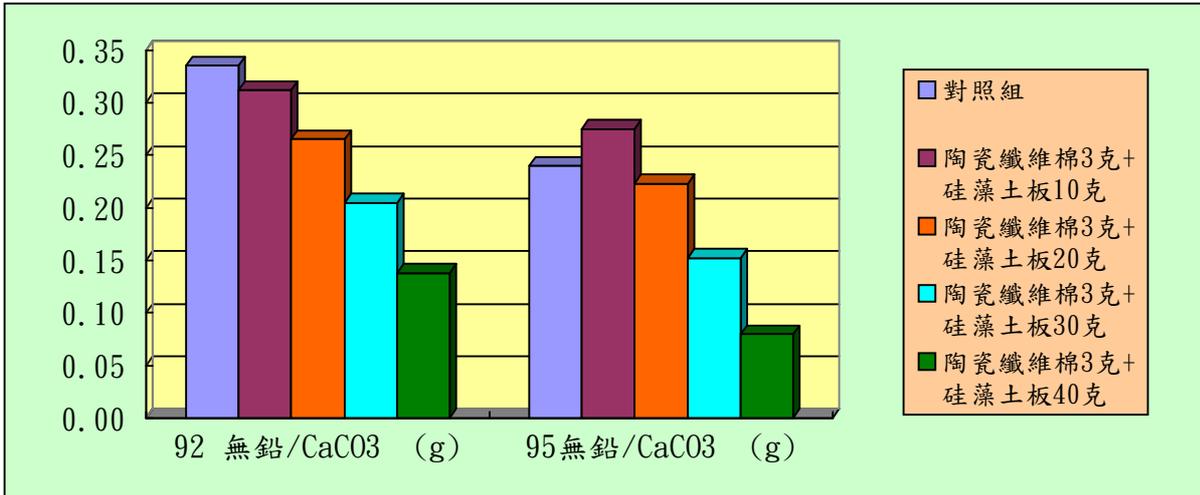


圖 7-3、硅藻土板重量對機車廢氣產生碳酸鈣沉澱物的影響

(三) 由表十七與圖 7-3：硅藻土板重量與產生碳酸鈣沈澱物含量成反比。

八、實驗八 探討陶瓷纖維棉與蛋殼粉末之定量分析

(一) 由表十八、十九：水溫隨蛋殼粉末重量的增加而降低。

表十八、不同蛋殼粉末重量對機車(使用 92 無鉛汽油)排氣溫度的影響 (單位：°c)

材料 \ 時間	0 分鐘	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	7 分鐘	10 分鐘
對照組	21.0	24.0	28.0	33.0	38.0	45.0
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 10 克	21.0	23.5	27.5	31.5	36.0	40.5
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 20 克	21.0	22.5	25.5	28.5	32.5	36.5
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 30 克	21.0	22.0	24.5	27.0	30.5	34.0
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 40 克	21.0	22.0	24.0	26.0	28.5	31.5

表十九、不同蛋殼粉末重量對機車(使用 95 無鉛汽油)排氣溫度的影響 (單位：°c)

材料 \ 時間	0 分鐘	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	7 分鐘	10 分鐘
對照組	21.0	23.5	27.5	32.5	37.5	44.5
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 10 克	21.0	23.0	27.0	31.5	35.0	40.0
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 20 克	21.0	22.5	26.0	30.0	33.0	37.0
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 30 克	21.0	22.0	24.5	27.5	30.0	33.5
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 40 克	21.0	21.5	23.5	26.0	28.0	31.0

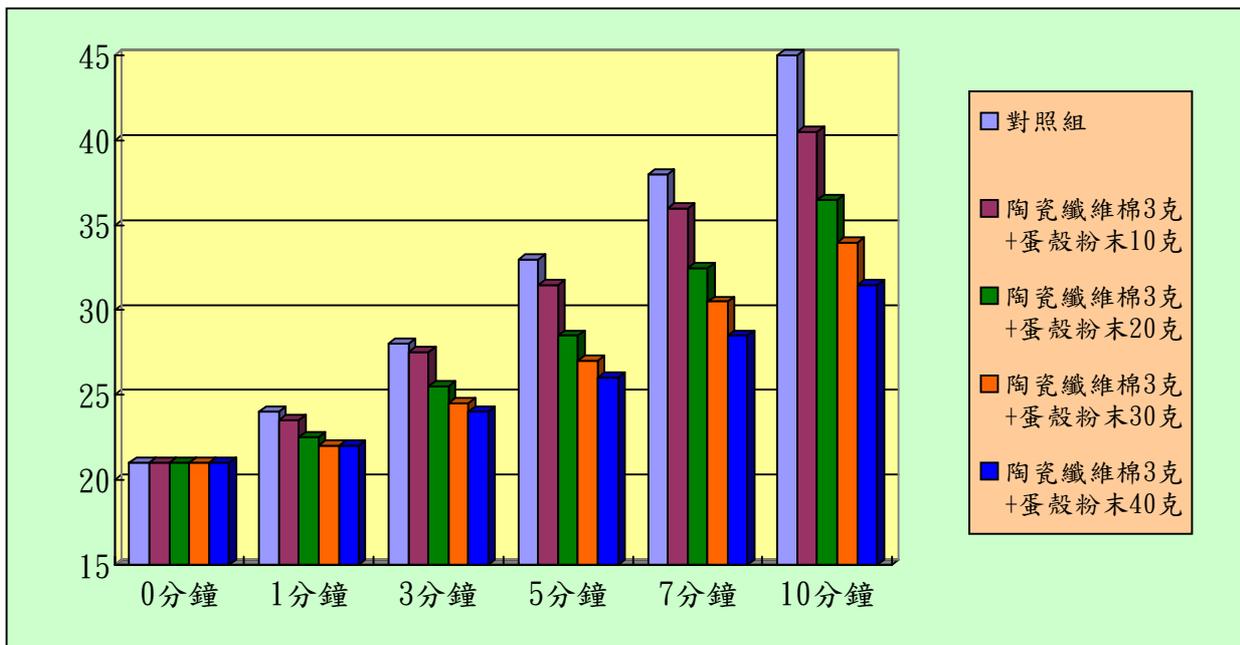


圖 8-1、不同蛋殼粉末重量對機車（92 無鉛/100cc）排氣溫度的關係圖（單位：°c）

(二) 表二十：機車廢氣經過陶瓷纖維棉與蛋殼粉末吸收後會使蒸餾水的機車廢氣酸鹼值提高，且隨蛋殼粉末重量成正比。

表二十、不同蛋殼粉末重量對於機車廢氣水溶液酸鹼值的影響（以 pH 值表示）

pH 值	92 無鉛汽油/100cc	95 無鉛汽油/100cc
對照組	5.17	5.24
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 10 克	5.71	5.82
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 20 克	5.80	5.96
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 30 克	5.88	6.18
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 40 克	5.96	6.42

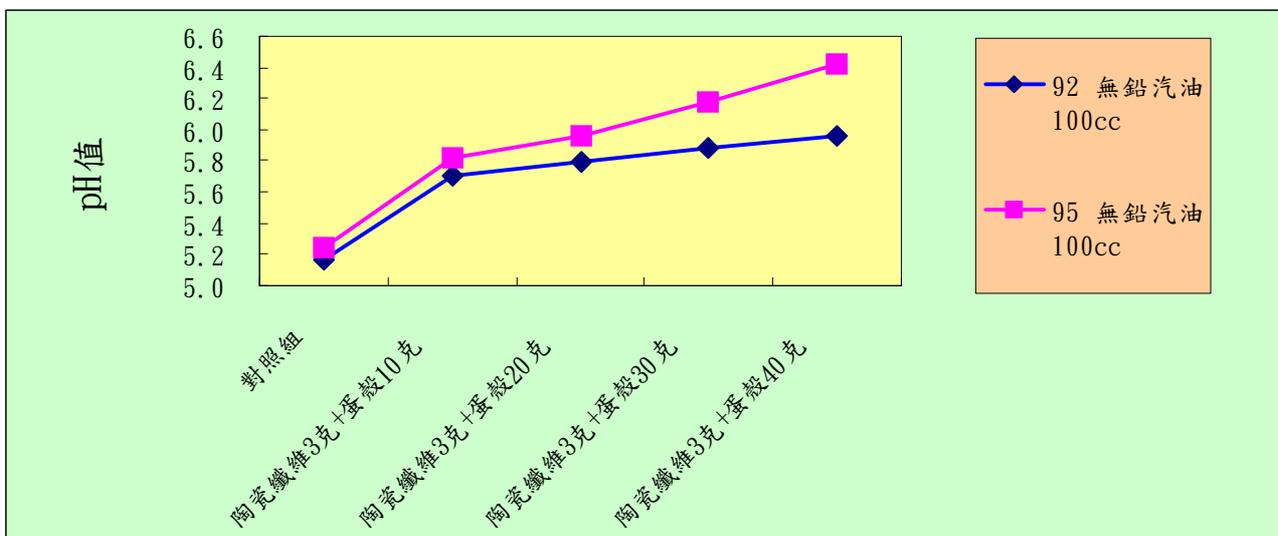


圖 8-2、兩個組別的機車廢氣水溶液之酸鹼值關係比較圖

(四) 圖中發現隨蛋殼粉末重量的增加而碳酸鈣沈澱物含量降低。

表二十一、機車廢氣通過不同重量的蛋殼粉末與氧化鈣水溶液之 CaCO_3 沉澱量化

	92 無鉛/ $\text{CaCO}_3(\text{g})$	95 無鉛/ $\text{CaCO}_3(\text{g})$
對照組	0.335	0.240
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 10 克	0.331	0.271
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 20 克	0.292	0.225
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 30 克	0.258	0.178
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 40 克	0.173	0.106

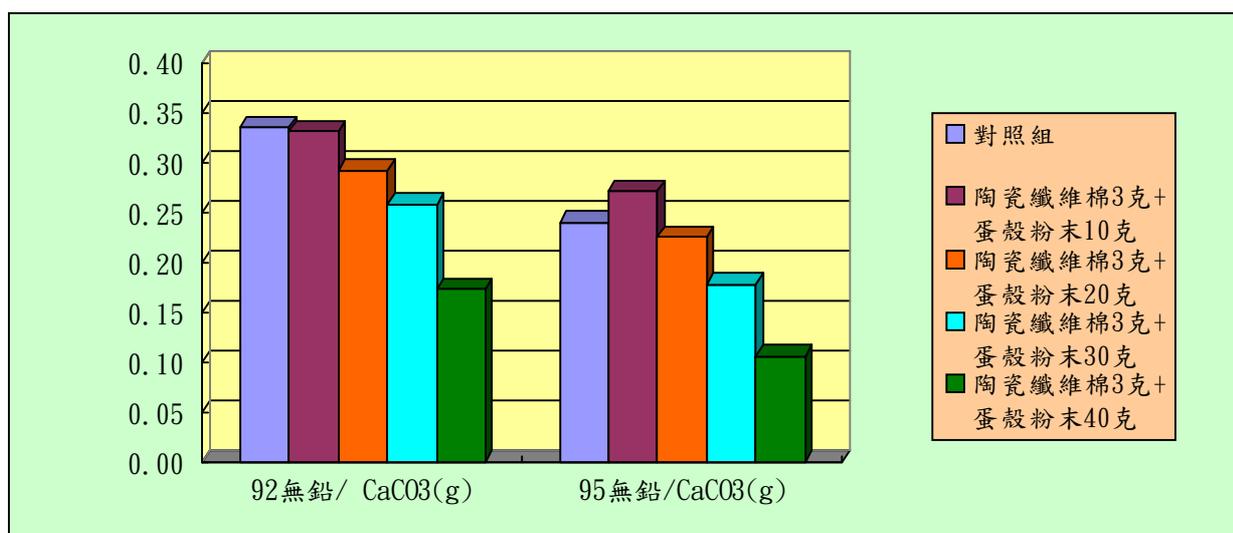


圖 8-3、不同蛋殼重量對機車廢氣產生碳酸鈣沉澱物的影響

(四) 圖 8-3：隨蛋殼粉末重量的增加而碳酸鈣沈澱物含量降低。

九、實驗九 探討陶瓷纖維棉棉與矽藻土板與機車定檢儀器的測量結果

表二十二、機車排放廢氣檢查(排氣量 100 cc，使用 92 無鉛汽油，量測時間為 30 秒)

材料	廢氣種類	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
對照組		0.57	9.02	178
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 40 克		0.47	8.03	174

表二十三、機車排放廢氣檢查(排氣量 100 cc，使用 95 無鉛汽油，量測時間為 30 秒)

材料	廢氣種類	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
對照組		1.21	11.76	174
陶瓷纖維棉 3 克+矽藻土板 40 克		1.16	9.50	172

表二十四、機車排放廢氣檢查(排氣量 100 cc，使用 92 無鉛汽油，量測時間為 12 分)

92 無鉛汽油 100cc	min	0.5	3	6	9	12
空-對照組	CO (%)	0.57	0.47	0.47	0.47	0.47
	CO ₂ (%)	9.02	9.50	9.41	9.42	9.41
	HC (ppm)	178	105	105	105	105
陶瓷纖維棉 3 克+硅藻土板 40 克	CO (%)	0.47	0.42	0.37	0.37	0.37
	CO ₂ (%)	8.03	8.22	8.57	8.42	8.62
	HC (ppm)	174	105.0	93	96	96

- (一) 表二十二、二十三：機車廢氣經過陶瓷纖維棉搭配硅藻土板後經由機車定檢儀器測量其一氧化碳、二氧化碳和碳氫化合物含量的變化情形。
- (二) 表二十四是使用 92 無鉛汽油的機車廢氣經過陶瓷纖維棉搭配硅藻土板後，再由機車定檢儀器定時測量 0.5~12 分鐘，其廢氣含量的變化情形。
- (三) 圖 9-1~9-3 是量測不同時間對於使用 92 無鉛汽油的機車其廢氣含量的變化情形，得知經過 12 分鐘的排氣檢測經由陶瓷纖維棉與硅藻土板吸收後會降低其排放量。

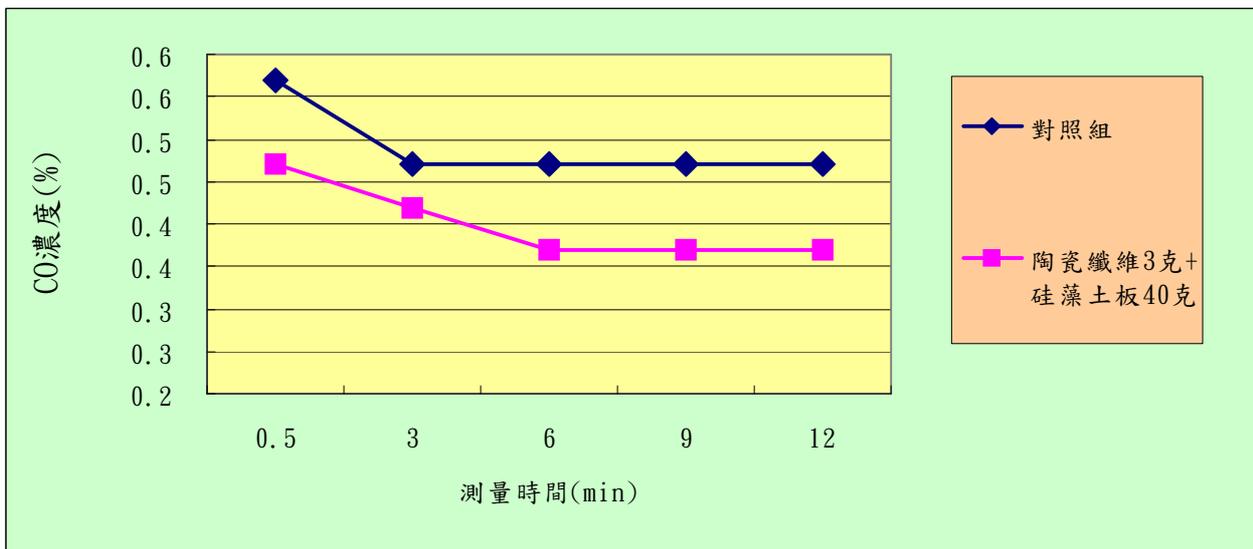


圖 9-1、不同時間對於機車過濾器(排氣量 100 cc，92 無鉛汽油)排放一氧化碳氣體濃度的影響

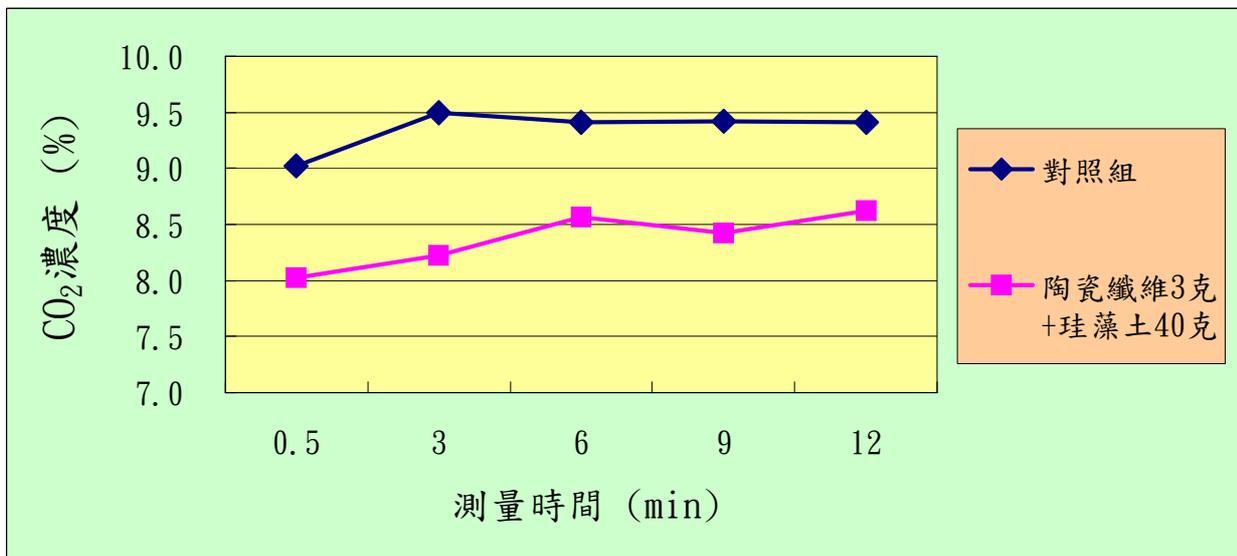


圖 9-2、不同時間對於機車過濾器(排氣量 100 cc，92 無鉛汽油)排放二氧化碳氣體濃度的影響

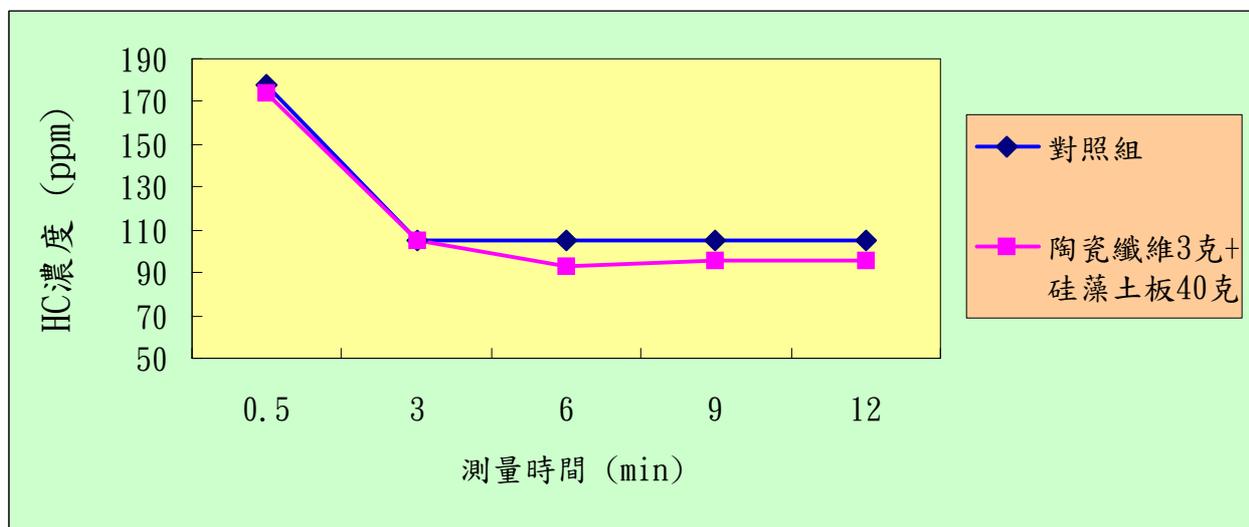


圖 9-3、不同時間對於機車過濾器(排氣量 100 cc，92 無鉛汽油)排放碳氫化合物氣體濃度的影響

十、實驗十 探討陶瓷纖維棉與蛋殼粉末與機車定檢儀器的測量結果

表二十五、機車排放廢氣檢查(排氣量 100 cc，使用 92 無鉛汽油，量測時間為 30 秒)

材料	廢氣種類	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
對照組		0.57	9.02	178
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 40 克		0.42	7.44	174

表二十六、機車排放廢氣檢查(排氣量 100 cc，使用 95 無鉛汽油，量測時間為 30 秒)

材料	廢氣種類	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
對照組		1.21	11.76	174
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼粉末 40 克		0.91	7.93	172

(一) 表二十五、二十六是機車廢氣經過陶瓷纖維棉搭配蛋殼粉末後經由機車定檢儀器測量其一氧化碳、二氧化碳和碳氫化合物含量的變化情形。

(二) 表二十七是使用 92 無鉛汽油的機車廢氣經過陶瓷纖維棉搭配蛋殼粉末後，再經由機車定檢儀器定時測量 0.5~12 分鐘，其廢氣含量的變化情形。

表二十七、機車排放廢氣檢查(排氣量 100 cc，使用 92 無鉛汽油，量測時間為 12 分)

92 無鉛汽油 100cc	min	0.5	3	6	9	12
空-對照組	CO (%)	0.57	0.47	0.47	0.47	0.47
	CO ₂ (%)	9.02	9.5	9.41	9.42	9.41
	HC (ppm)	178	105	105	105	105
陶瓷纖維棉 3 克+蛋殼 40 克	CO (%)	0.42	0.37	0.37	0.37	0.37
	CO ₂ (%)	7.44	7.54	7.44	8.03	8.32
	HC (ppm)	174	105	94	95	96

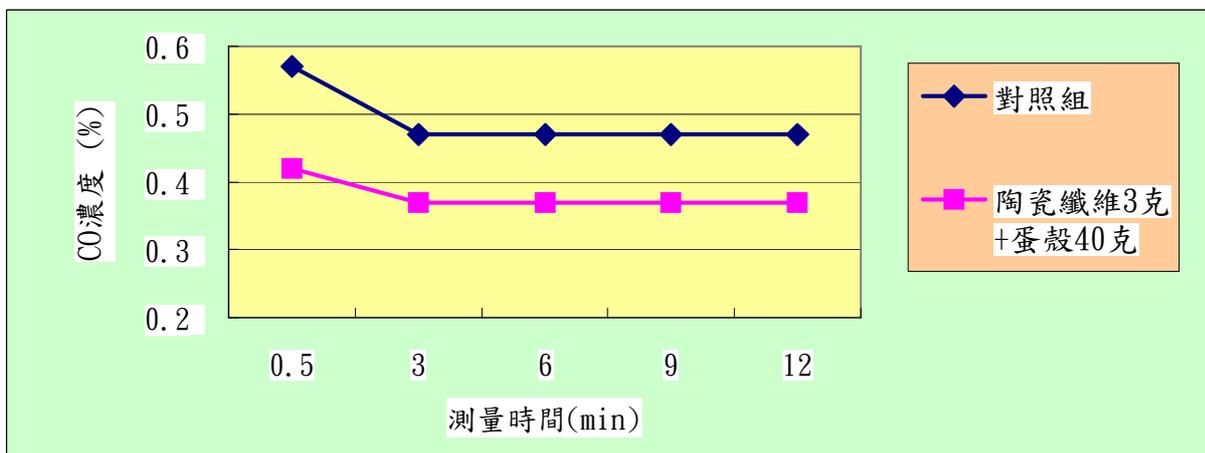


圖 10-1、不同時間對於機車過濾器(排氣量 100 cc，92 無鉛汽油)排放一氧化碳氣體濃度的影響

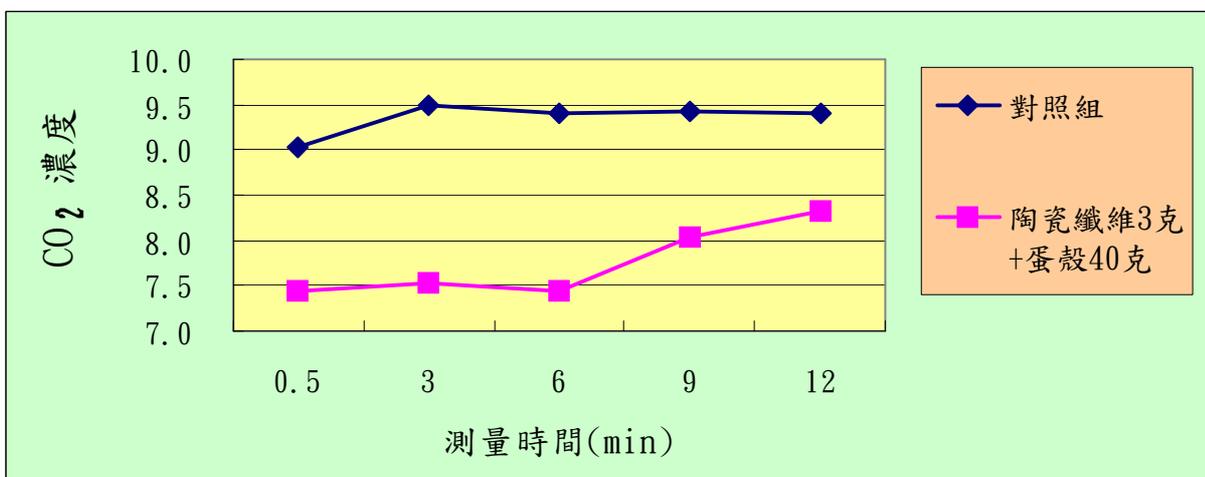


圖 10-2、不同時間對於機車過濾器(排氣量 100 cc，92 無鉛汽油)排放二氧化碳氣體濃度的影響

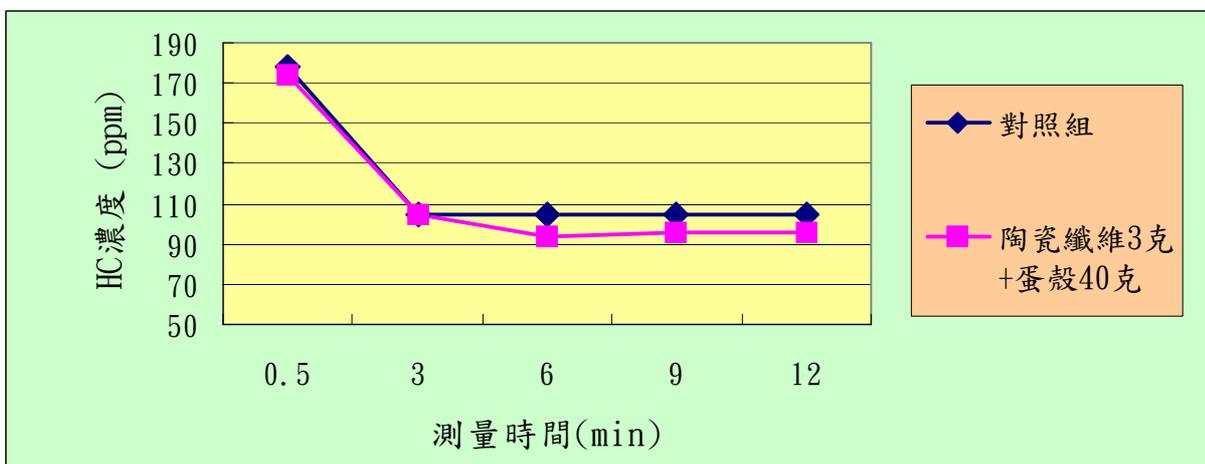


圖 10-3、不同時間對於機車過濾器(排氣量 100 cc，92 無鉛汽油)排放碳氫化合物氣體濃度的影響

(三) 圖 10-1~10-3 是量測不同時間對於使用 92 無鉛汽油的機車其廢氣含量的變化情形，由圖得知經過 12 分鐘的排氣檢測經由陶瓷纖維棉與蛋殼粉末吸收後會降低其排放量。

陸、討論

一、實驗一 取樣使用 92 無鉛汽油與 95 無鉛汽油的機車分析

- (一) 針對本實驗數據顯示使用 92 無鉛汽油的機車廢氣污染物比使用 95 無鉛汽油的機車來的多。
- (二) 實驗器材討論：從塑膠軟管到鐵管、從方型水盆到錐形瓶，都是經由討論而改進的議題。
- (三) 由於機車啟動時較不穩定，因此，我們討論決定每次實驗時，統一先發動 3 分鐘熱車後再進行實驗測量。

二、實驗二 探討探討機車廢氣與過濾器之氣體流量變化

- (一) 在流量計的銜接處應以止洩帶纏繞。
- (二) 實驗 3 次取平均值再紀錄之。

三、實驗三 探討一般過濾材質和機車廢氣水溶液的溫度與酸鹼值關係

- (一)
 - 1、對照組的機車廢氣造成蒸餾水溫度快速上升，也使酸鹼值快速下降。
 - 2、機車安裝觸媒轉換器其作用是針對未完全燃燒的一氧化碳，而本實驗主要目的是減碳和降溫，將可與觸媒轉換器相輔相成。
- (二)
 - 1、我們將陶瓷纖維棉抽絲，並利用陶瓷纖維棉吸熱的性質來進行實驗。
 - 2、顆粒較小材料，容易被排氣沖出過濾器管口，因此我們經由討論後，將陶瓷纖維棉分為兩批，放置於過濾器出口兩端，中央再填充其他過濾材質，不同材料間用鐵網阻隔，發現可以改善實驗。

四、實驗四 探討一般過濾材質、機車廢氣與碳酸鈣沉澱物重量的關係

從圖 4-1 中發現機車廢氣經過一般過濾材質吸收後會明顯降低二氧化碳氣體排放量，碳酸鈣沉澱物重量由原來的 335 mg 及 240 mg，最低降至 138 mg 及 80 mg。其中也以陶瓷纖維棉搭配硅藻土板的效果最好。

五、實驗五 探討回收過濾材質和機車廢氣水溶液的溫度與酸鹼值關係

- (一) 由表八與表九發現機車的高溫廢氣經由回收過濾材質吸收會降低排放氣體的溫度，其中以茶葉渣效果較好。
- (二) 表十一則是機車廢氣經過回收過濾材質吸收後會使蒸餾水酸鹼值提高，以陶瓷纖維棉搭配蛋殼粉末的效果最好。



六、實驗六 探討回收過濾材質、機車廢氣與澄清石灰水溶液的關係

從圖 6-1 發現的機車廢氣經過回收過濾材質後吸收皆會降低二氧化碳氣體排放含量。以陶瓷纖維棉搭配蛋殼粉末所形成的碳酸鈣沉澱量最少。

七、實驗七 探討陶瓷纖維棉與硅藻土板之定量分析

- (一) 經由陶瓷纖維棉與硅藻土板吸收後會降低排放氣體的溫度，且隨硅藻土板重量的增加而溫度降低，如表十三~表十四所示。
- (二) 機車廢氣經過陶瓷纖維棉與硅藻土板吸收後也會使蒸餾水酸鹼值提高，並且隨硅藻土板重量的增加而增加，如表十五所示。
- (二) 圖 7-1~圖 7-3 顯示機車廢氣經由陶瓷纖維棉與硅藻土板吸收會降低二氧化碳氣體排放含量，且隨硅藻土板重量的增加而沈澱物含量降低。所以以陶瓷纖維棉 3 克搭配硅藻土板 40 克來進行機車定檢試驗。

八、實驗八 探討陶瓷纖維棉與蛋殼粉末之定量分析

- (一) 經由陶瓷纖維棉與蛋殼粉末吸收後會降低排放氣體的溫度，且隨蛋殼重量的增加而溫度降低，如表十七~表十八所示。

- (二) 機車廢氣經過陶瓷纖維棉與蛋殼粉末吸收後也會使蒸餾水酸鹼值提高，並且隨蛋殼重量的增加而增加，如表十九所示。
- (三) 圖 8-1~圖 8-3 顯示機車廢氣經由陶瓷纖維棉與蛋殼粉末吸收會降低二氧化碳氣體排放含量，且隨蛋殼重量的增加而沈澱物含量降低，如表二十所示。因此以陶瓷纖維棉 3 克搭配蛋殼粉末 40 克來進行機車定檢試驗。

九、實驗九 探討陶瓷纖維棉與矽藻土板與機車定檢儀器的測量結果

- (一) 機車廢氣經過陶瓷纖維棉搭配矽藻土板後經由機車定檢儀器測量其一氧化碳、二氧化碳和碳氫化合物含量皆會降低其排放量。
- (二) 如表二十一~表二十三所示，在二氧化碳的排放量方面由原對照組的 11.76%降至 9.50%，相當於減少原對照組的 1/5。
- (三) 經過 12 分鐘的排氣檢測，陶瓷纖維棉搭配矽藻土板的過濾裝置仍會降低一氧化碳、二氧化碳和碳氫化合物含量的排放量。
- (四) 排氣量 100c. c. 使用 92 無鉛汽油機車組別：

30 秒測定：對照組氣體流量 × 對照組 CO₂ 排放比例 = 對照組 CO₂ 實際排放量

$$75.0 \ell \div 2 \times 9.02 \% = 3.38 \ell$$

裝置後氣體流量 × 裝置後 CO₂ 排放比例 = 裝置後 CO₂ 實際排放量

$$73.5 \ell \div 2 \times 8.03 \% = 2.95 \ell$$

30 秒測定：對照組 CO₂ 實際排放量 - 裝置後 CO₂ 實際排放量 = CO₂ 減少量

$$3.38 \ell - 2.95 \ell = 0.43 \ell$$

CO₂ 減少量 - CO₂ 阻塞量 = CO₂ 吸附量

$$0.43 \ell - (75.0 \ell - 74.2 \ell) \div 2 \times 9.02 \% = 0.39 \ell$$

$$1.799 \text{ g} / \ell \times 0.39 \ell = 0.702 \text{ g}$$

(五) 排氣量 100c. c. 使用 95 無鉛汽油機車組別：

30 秒測定：對照組氣體流量 × 對照組 CO₂ 排放比例 = 對照組 CO₂ 實際排放量

$$76.5 \ell \div 2 \times 11.76 \% = 4.50 \ell$$

裝置後氣體流量 × 裝置後 CO₂ 排放比例 = 裝置後 CO₂ 實際排放量

$$74.5 \ell \div 2 \times 9.50 \% = 3.54 \ell$$

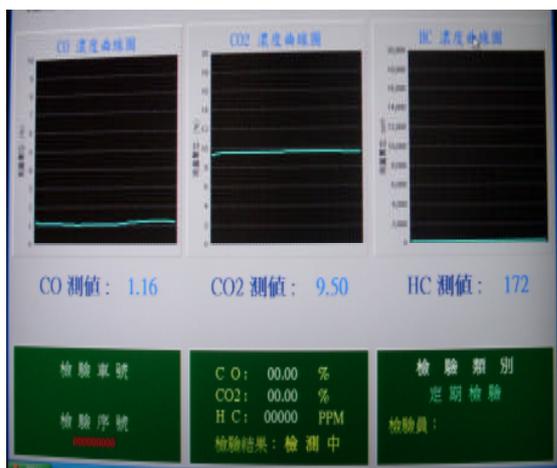
30 秒測定：對照組 CO₂ 實際排放量 - 裝置後 CO₂ 實際排放量 = CO₂ 減少量

$$4.50 \ell - 3.54 \ell = 0.96 \ell$$

CO₂ 減少量 - CO₂ 阻塞量 = CO₂ 吸附量

$$0.96 \ell - (76.5 \ell - 74.5 \ell) \div 2 \times 11.76 \% = 0.84 \ell$$

$$1.799 \text{ g} / \ell \times 0.84 \ell = 1.511 \text{ g}$$



十、實驗十 探討陶瓷纖維棉與蛋殼粉末與機車定檢儀器的測量結果

- (一) 將硅藻土板換成蛋殼粉末後經由機車定檢儀器測量其一氧化碳、二氧化碳和碳氫化合物含量皆會降低其排放量。
- (二) 特別是在在二氧化碳的排放量方面由原對照組的 11.76% 降至 7.93%，相當於減少原對照組的 1/3。
- (三) 在經過 12 分鐘的測試之後，蛋殼粉末仍能有效的降低二氧化碳的含量，這種回收物質再利用的方式，正是本實驗的最終目標。

(四) 排氣量 100c. c. 使用 92 無鉛汽油機車組別：

30 秒測定：對照組氣體流量 × 對照組 CO₂ 排放比例 = 對照組 CO₂ 實際排放量

$$75.0 \ell \div 2 \times 9.02 \% = 3.38 \ell$$

裝置後氣體流量 × 裝置後 CO₂ 排放比例 = 裝置後 CO₂ 實際排放量

$$73.5 \ell \div 2 \times 7.44 \% = 2.73 \ell$$

30 秒測定：對照組 CO₂ 實際排放量 - 裝置後 CO₂ 實際排放量 = CO₂ 減少量

$$3.38 \ell - 2.73 \ell = 0.65 \ell$$

CO₂ 減少量 - CO₂ 阻塞量 = CO₂ 吸附量

$$0.65 \ell - (75.0 \ell - 73.5 \ell) \div 2 \times 9.02 \% = 0.58 \ell$$

$$1.799 \text{ g} / \ell \times 0.58 \ell = 1.043 \text{ g}$$

(五) 排氣量 100c. c. 使用 95 無鉛汽油機車組別：

30 秒測定：對照組氣體流量 × 對照組 CO₂ 排放比例 = 對照組 CO₂ 實際排放量

$$76.5 \ell \div 2 \times 11.76 \% = 4.50 \ell$$

裝置後氣體流量 × 裝置後 CO₂ 排放比例 = 裝置後 CO₂ 實際排放量

$$74.0 \ell \div 2 \times 7.93 \% = 2.93 \ell$$

30 秒測定：對照組 CO₂ 實際排放量 - 裝置後 CO₂ 實際排放量 = CO₂ 減少量

$$4.50 \ell - 2.93 \ell = 1.57 \ell$$

CO₂ 減少量 - CO₂ 阻塞量 = CO₂ 吸附量

$$1.527 \ell - (76.5 \ell - 74.0 \ell) \div 2 \times 11.76 \% = 1.42 \ell$$

$$1.799 \text{ g} / \ell \times 1.42 \ell = 2.555 \text{ g}$$

柒、結論

一、取樣使用 92 無鉛汽油與 95 無鉛汽油的機車分析

(一) 排氣量 100 cc，使用 92 無鉛汽油的機車廢氣污染物比使用 95 無鉛汽油的機車來的多。

(二) 在溫度方面：機車高溫廢氣將蒸餾水升溫 23.5° C ~ 24° C。

(三) 在酸鹼值方面：機車廢氣使蒸餾水酸鹼值由 pH7 降至 pH 5.17~5.24。

(四) 在沉澱物方面：機車廢氣使澄清石灰水產生了 240~335 mg 的碳酸鈣沉澱物。

二、探討機車廢氣與過濾器之氣體流量變化

(一) 一般材質以陶瓷纖維棉 3g 搭配活性炭 40g 的氣體流量最大，通過率為 93.3 %；其次是搭配硅藻土板 40g，通過率為 92.9 %。

(二) 回收材質以陶瓷纖維棉 3g 搭配蛋殼粉末 40g 的氣體流量最大，通過率為 96.2 %。

三、探討一般過濾材質和機車廢氣水溶液的溫度、酸鹼值與碳酸鈣沉澱之關係

(一) 以陶瓷纖維棉搭配硅藻土板的效果最好。

(二) 在溫度方面：由對照組的升溫 24° C 降為 2.5° C。

(三) 在 PH 值方面：由對照組的 pH 5.17~5.24 提升至 pH 6.01~6.58。

(四) 在碳酸鈣沉澱物方面：由對照組的 240~335 mg 降至 80~138 mg。

四、探討回收過濾材質和機車廢氣水溶液的溫度、酸鹼值與碳酸鈣沉澱之關係

(一) 以陶瓷纖維棉搭配蛋殼粉末所形成的碳酸鈣沉澱量最少。

(二) 在溫度方面：由對照組的升溫 24° C 降為 10° C。

(三) 在 PH 值方面：由對照組的 pH 5.17~5.24 提升至 pH 5.96~6.42。

(四) 在碳酸鈣沉澱物方面：由對照組的 240~335 mg 降至 106~174 mg。

五、探討陶瓷纖維棉、蛋殼粉末與硅藻土板之定量分析

(一) 機車廢氣的吸收與硅藻土板填充物含量成正比的影響。

(二) 機車廢氣的吸收與會蛋殼粉末填充物含量成正比的影響。

六、探討陶瓷纖維棉、硅藻土板與機車定檢儀器的測量結果

(一) 陶瓷纖維棉 3 克搭配 40 克的硅藻土板後經由機車定檢儀器測量其一氧化碳、二氧化碳和碳氫化合物含量皆會降低其排放量，且經過 12 分鐘的排氣檢測，仍會降低排放量。

(二) 在機車定檢儀器測定 30 秒中：二氧化碳的排放量方面由 11.76% 降至 9.50%，相當於減少原對照組的 1/5。

(三) 在機車定檢儀器測定 12 分鐘實驗中：二氧化碳的排放量方面仍由 9.41% 降至 8.62%，呈現持續有效減碳中。

(四) 依 30 秒流量監控與機車定檢儀器測定實驗得知：裝置 30 秒後其 CO₂ 實際減少量為 65.96 ml。

七、探討陶瓷纖維棉、蛋殼粉末與機車定檢儀器的測量結果

- (一) 陶瓷纖維棉 3 克搭配 40 克的蛋殼粉末後經由機車定檢儀器測量其一氧化碳、二氧化碳和碳氫化合物含量皆會降低其排放量，且經 12 分鐘的排氣檢測，過濾裝置仍會降低排放量。
- (二) 在機車定檢儀器測定 30 秒中：二氧化碳的排放量方面由 11.76% 降至 7.93%，相當於減少原對照組的 1/3。
- (三) 在機車定檢儀器測定 12 分鐘實驗中：二氧化碳的排放量方面仍由 9.41% 降至 8.32%，證明蛋殼粉末的組別持續有效減碳中。
- (五) 依 30 秒流量監控與機車定檢儀器測定實驗得知：裝置 30 秒後其 CO₂ 實際減少量為 91.96 ml。

捌、未來發展

- (一) 本次以四行程的機車為主要研究對象，並固定排氣量為100cc，取樣使用之無鉛汽油分為92與95兩種，收集不同的過濾材質，自行設計過濾裝置。
- (二) 本實驗把實驗重心擺在二氧化碳的吸附及高溫廢氣的吸熱作用上。
- (三) 未來將考慮更多樣的多孔質天然礦物，並以回收及奈米環境礦物材質為目標，找出最大吸附面積，在填充物方面：以方便替換之補充包為主，在過濾器外觀方面：以設計更方便、更輕巧的汽機車減碳過濾器而努力。

玖、參考資料

- (一) 南一書局，自然與生活科技，第三冊第四章，P99~P104，4-4(熱的傳播)，九十六年八月修訂版
- (二) 黃博全，流體機械，曉園出版社，1986年第一版第四章，P113~P147。
- (三) 邱森潤，1981年6月，溫室效應，科學教育月刊，138期。
- (四) 減少廢氣污染的新科技--(www.c-science.com) : New technology to reduce industrial pollution, June 2001
- (五) 建材百科-- <http://blog.xuite.net/b86813693/1088/26040722>

- (六) 行政院環保署，”空保處網頁資料-移動源管制油品改善”，<http://www.epa.gov.tw/>
- (七) 劉坤松、張智峰(2008)，『環境地球科學概論』第二版，新文京開發股份有限公司，台北縣。
- (八) Bill Freedman 著/金恆鑣譯(民國八十七年)，『環境生態學：污染及其它逆壓對生態結構與功能之影響』，國立編譯館出版，台北市。
- (九) 國立自然科學博物館 節能減碳特展 2008.02.01
<http://www.nmns.edu.tw/public/exhibit/2008/97-3-lowESTC/>
- (十) 陳志傑、林文印、黃榮芳、張章堂，1996，”汽機車排氣污染改善技術研發-機車氣懸微測與控制研究”，環保署，台北市。
- (十一) 機車排放廢氣檢測儀器：AUTO-EMISSION ANALYZER, MODEL RI-803, RIKEN KEIKI，東元機車行提供

【評語】 040808

1. 機車排氣汙染含 CO、HC、NO_x 應一併考慮。
2. 所使用濾材應無法吸附汙染物。
3. 實際應用時，會影響機車排氣之協調性及性能。