

超音波照射에 의한 內燃機關 燃料油의 改質

金 周 年
孫 珍 鉉

To Improve the Quality of Fuel Oil by Means of Ultrasonic Treatment

By

Kim Joo-Nyon
Son Jin-Hyeon

目 次

I. 序 論	V. 理論式
II. 實驗裝置	VI. 測定值의 圖表 (fig. 4~fig13)
III. 實驗方法	VII. 結 論
IV. 實驗結果	

Abstract

This paper has been attempted to study how to eliminate some undesirable factors incidental to the use of bunker C oil, thus saving the fuel oil expenditure of the diesel engine.

As a new attempt, a primary experiment in respect to the above was made by means of power ultrasonic treatment last year, and a secondary one has been made to find out the characteristics of bunker C oil before and after power ultrasonic treatment by means of the ultrasonic spectrometer.

Through measuring the attenuating factor of the amplitude of ultrasonic wave pulse which transmits through bunker C oil, the extent of the ultrasonic absorption and velocity in the oil was measured and could obtain the available data for the improvement of quality of fuel oil.

I. 序 論

이 研究는 1969年度부터 繼續的인 것으로 前年度에는 超音波照射前後의 Bunker C油의 粘度, 引火點, Sludge의 量, Spot 試驗, 殘留炭素, 表面張力, 油溫等을 測定하여 그 變化를 比較하였 且 今年度에는 超音波 Spectrometer(Pulse法)를 利用하여서 Bunker C油中을 傳播하는 超音波

Pulse의 振幅의 減衰의 程度를 測定하여 Bunker C油中の 超音波의 吸收와 超音波 Pulse의 傳播하는 時間을 計測하여 Bunker C油中の 音速을 測定하였다. 그 結果는 理論式과 符合되며 前年度의 研究結果를 더욱 堅固히 뒷받침 하였다.

그러나 超音波를 照射한 Bunker C油를 實用 內燃機關에 使用하여서 미치는 여러가지 影響을 對比檢討한 然後에야 비로소 經濟的인 價値가 判斷되리라고 보아서 앞으로 이에 對한 研究는 繼續되어야 한다.

II. 實驗裝置

本實驗에서 使用한 實驗裝置는 다음과 같다.

1. 超音波 Spectrometer(UAC-5型)

fig.1의 寫眞 右側에 있는 裝置가 超音波 Spectrometer의 本體이며, 이것에는 指示器(Synchroscope)($f=DC\sim 2MHz$), 檢波增幅器($G=60db$ 以上), 減衰器($132db, 1db$ step), 超音波 Pulse發振部($f: 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 2, 6, 10, 14, 18, 22 MHz$: plug in coil type) Trigger pulse發振部($1,000 PRF, delay\ time: 90\mu s$) 및 電源部로 構成되어 있다. 그리고 寫眞 中央에 測定用 Cell($AC Mz$ 型)이 있으며, 이것은 徑 $20mm$, 發振周波數 $0.5 MHz$ (PZT)와 $2MHz$ (水晶)로 各各送信 및 受信用의 超音波 發振子 2個로 構成되어 있고, 또 送信用發振子를 移動할 수 있는 裝置가 되어 있다. 移動距離는 $0\sim 50mm$, 移動距離測定精度는 $\frac{5}{1,000}mm$ 이다.

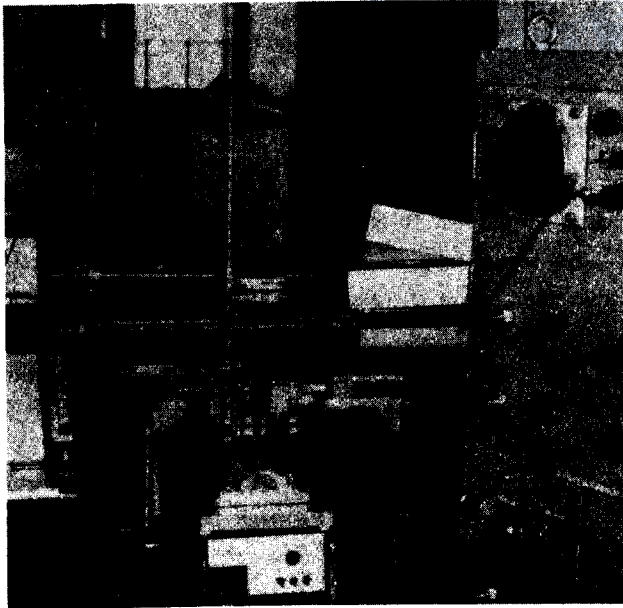


fig. 1 實驗裝置



fig. 2 CRT面에 나타난 pulse 波형

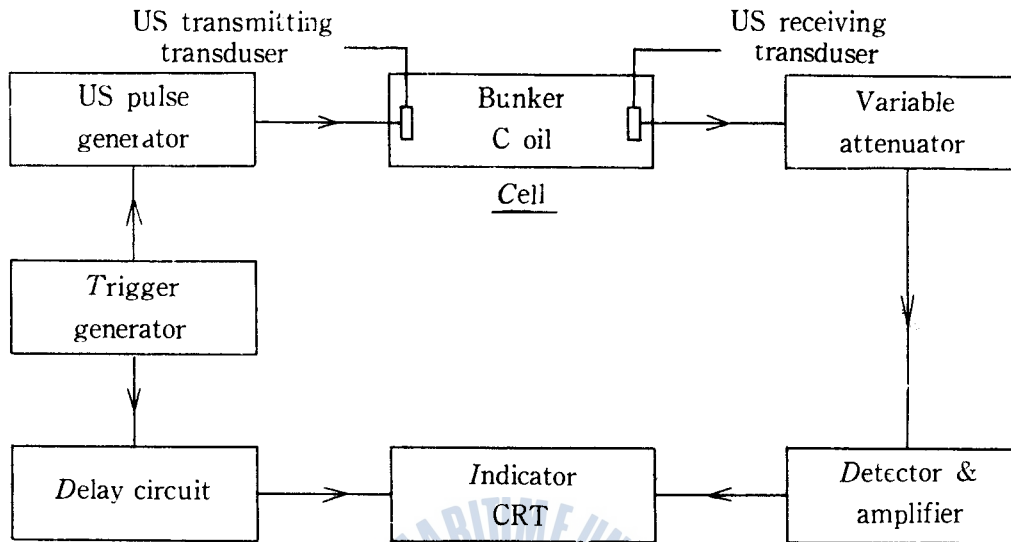


fig 3 超音波 spectrometer 裝置의 原理圖

2. 廣帶域高出力, 超音波發振器(USV—500V)^①
3. Rectigraph(8S)
4. 溫度測定器(EPR Prebox PB—11A, TDB type probe)
5. 密度測定器(FISHER)

Ⅲ. 實驗方法

本論文中使用한 略字와 記號는 다음과 같이 定하였다.

US: 超音波(Ultrasonic)

Sm: Spectrometer

USSm: Ultrasonic Spectrometer

C油: Bunker C₁油

T: C油의 溫度(°C)

ℓ : 超音波의 送受信用 發振子間의 相對的인 距離(Cm)($\ell=1\text{cm}$ 를 基準으로 함)

ρ : C油의 密度

A: USSm의 CRT(陰極線管)面에 나타난 Pulse波의 振幅(cm, db)

A_i : C油中에서 USSm의 相對的인 振幅減衰(db)

D_i : 遲延時間 [超音波가 $\ell(\text{cm})$ 距離($\ell=1\text{cm}$ 를 基準)를 進行하는 時間](μsec)

1) 金周年 孫珍鉉: 超音波照射에 의한 內燃機關用 料燃油의 改質, 海大論文集 第4輯 p 152~161(1970)年版

- v : C油中에서 超音波의 速度(m/sec)
 f : USSm의 超音波의 周波數(MHz)
 f_p : 高出力 超音波發振器의 周波數(KHz)
 P : 高出力 超音波發振器의 出力(W=watt)
 t : 高出力 超音波의 照射時間(min)
 t_d : 高出力 超音波照射後 放置時間(min 或은 hour)

試料 Bunker C₁油에 高出力 超音波를 照射하기 前後에 超音波 Spectrometer (pulse法)로 Bunker C₁油中을 傳播하는 超音波 Pulse의 振幅의 減衰의 程度로서 Bunker C₁油中의 超音波의 吸收와 超音波 Pulse의 傳播하는 時間을 計測하여 Bunker C₁油中의 音速을 測定하였다.

fig. 3은 이 裝置의 原理를 圖示한 것이다.

送受信振動子の 距離(ℓ)를 增加시키므로써 超音波가 Bunker C₁油中을 傳播하는데 所用되는 時間의 增加를 測定하였다. 이것은 遲延回路에서 Trigger Pulse를 遲延시키고 指示部の CRT 面의 Pulse 波形(fig. 2)을 元位置로 移動시키서 遲延時間 即 傳播時間을 測定하였다.

한편 CRT 面의 Pulse의 振幅의 크기 A (cm)를 測定하고 減衰된 振幅을 元振幅의 크기가 되게 減衰器로 A_i (db)를 測定하였다. 이 測定에 있어서 Bunker C₁油의 溫度를 30°C에서 70°C의 範圍의 各溫度에 對하여 超音波 Pulse의 周波數를 0.5MHz에서 5.5MHz까지의 各周波數에 걸쳐서 實驗을 施行하였다. 試驗時 溫度의 變化有無를 Rectigraph에 記錄하면서 一定한 溫度를 維持하게 하였다.

超音波 Spetrometer는 22MHz까지 測定할 수 있었으나 本實驗에서는 5.5MHz까지가 適當하였고 Bunker C₁油 改質用 高出力 超音波의 周波數는 前年度 實驗의 結果에서 28KHz와 50KHz만을 擇하였다.

IV. 實驗結果

超音波處理를 하지 않은 Bunker C₁油에 超音波 Spectrometer를 利用하여 實驗한 結果는 fig. 5, 8, 11에서, 그리고 高出力 超音波를 照射한 C油의 超音波 Spectrometer에 依한 實驗結果는 fig. 6, 7, 9, 10, 12, 13에 圖示하였다.

fig. 5에서 보이는 바와 같이 油溫變化에 따라 超音波 Pulse의 振幅이 顯著하게 變化하므로 本實驗에서는 各別히 溫度變化에 對하여 留意하였다.

fig. 8은 一定한 溫度(40°C)인 C油에 超音波 Spetrometer의 各周波數(5.5MHz~0.5MHz)를 利用하여 다음의 結果를 얻었다.

이 fig. 8은 送受信振動子間의 距離($\ell=1\text{cm}\sim 4\text{cm}$)의 變化에 따른 超音波 Pulse의 振幅減衰(A, A_i)와 ℓ 를 傳播하는데 所用된 時間 즉 遲延時間(D_i)과의 關係이다. 各溫度에서 ℓ 의 增加에 따라 A 는 完滿한 減衰를, A_i 는 그의 直線的인 減衰를 나타내며, D_i 는 ℓ 과 線型的인 關係가 成立하는 것은 當然하다, D_i 의 勾配 즉 $\frac{\ell}{D_i} = v$ 는 C油中의 超音波의 速度가 되고, A_i 의 勾

VI 測定値의 圖表

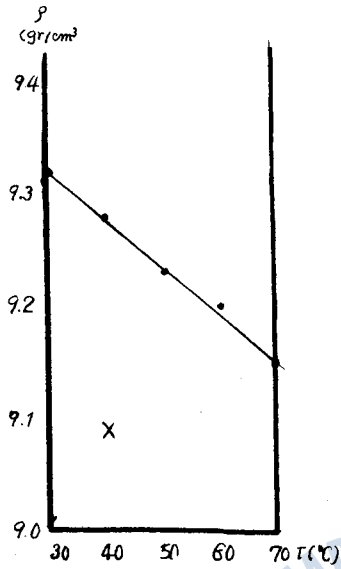


fig 4. C油의 T 變化에 對한 ρ 와
 $f_p=28\text{ KHz}$ 및 50 KHz ,
 $P=600\text{ W}$, $t=10\text{ min}$,
 $T=40\text{ C}$ 時의 $\rho(\times 10^3)$

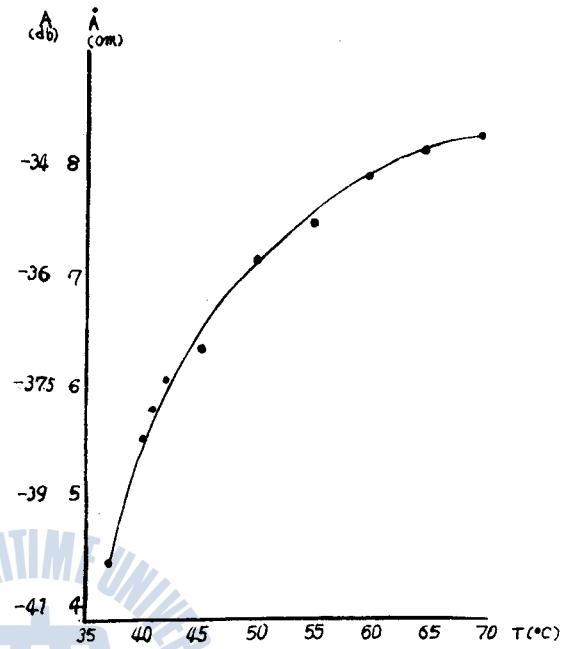


fig 5. C油의 T 變化에 對한 ussm의 $A(\ell=1\text{cm}, f=5.5\text{ MHz})$

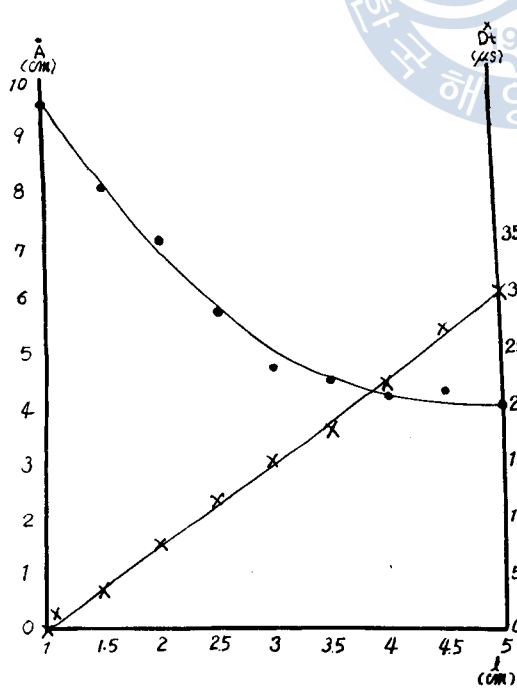


fig 6. C油에 $f_p=28\text{ KHz}$, $P=600\text{ W}$, $t=10\text{ min}$, $t_d=5\text{ min}$ 의
 條件下에서 $f=2\text{ MHz}$ 인 ussm의 l 變化에 對한 A 와
 D , 間의 關係

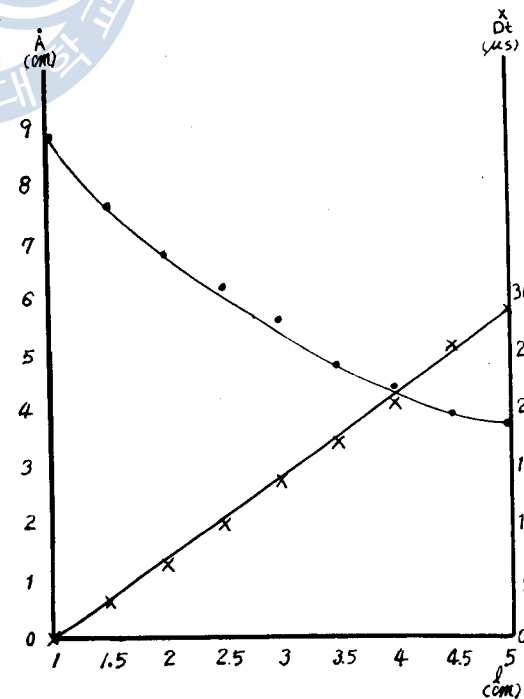


fig 7. fig 6에 關한 $t_d=2\text{ hour}$ 時의 關係

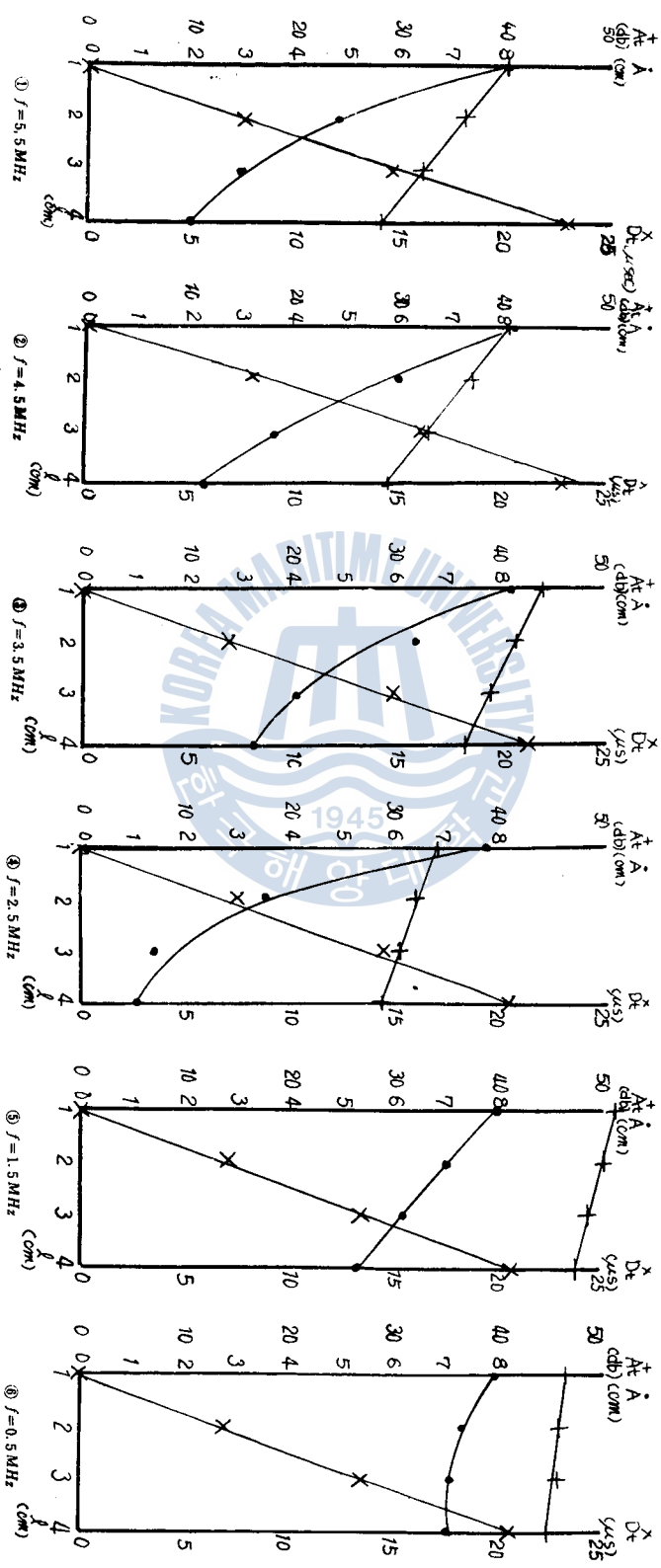


Fig. 8. $T=40^{\circ}\text{C}$ 일 때 C油의 ν 에 대하여 f 변화에 따른 ussm의 A, A', 및 D의關係

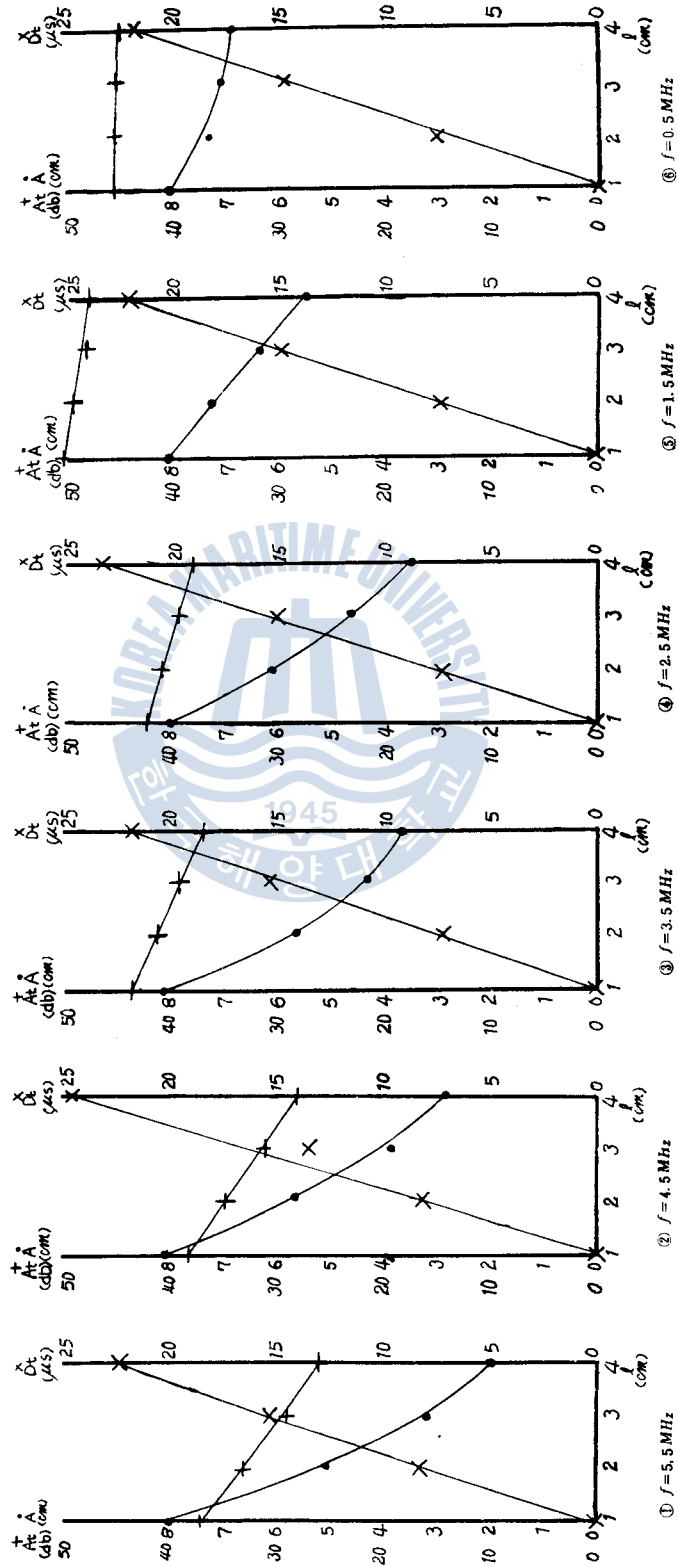


Fig. 9. C油에 $f_p=50 \text{ KHz}$, $P=600 \text{ W}$, $t=10 \text{ min}$, $t_p=5 \text{ min}$ ①~⑥의條件下에서 $T=40^\circ \text{C}$ 에
 各 f 에 對하여 f 變化에 따른 ussm의 A, A, 및 P_s 의關係

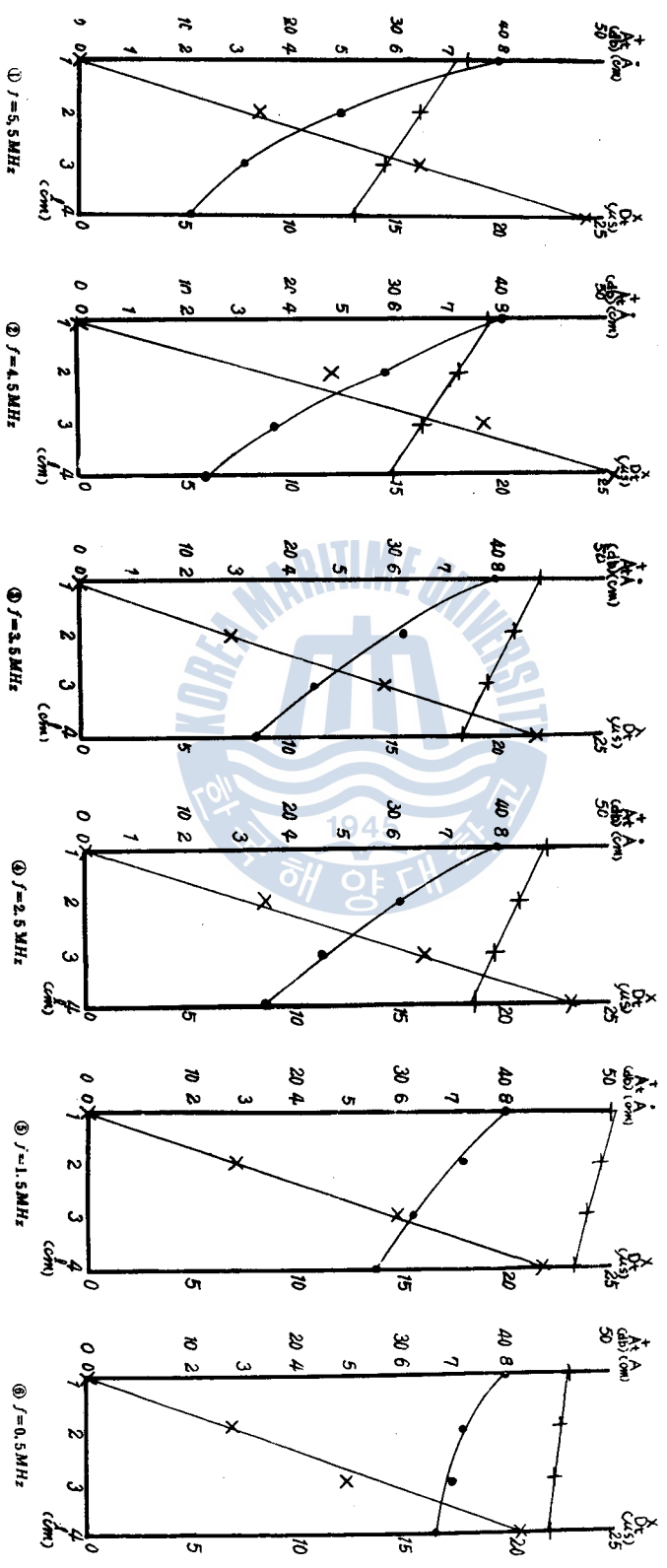


FIG. 10. C油의 $f_p=28\text{ KHz}$, $P=600\text{ W}$, $t_1=10\text{ min}$, $t_2=5\text{ min}$ ①~⑦의條件下에서 $T=40^\circ\text{C}$ 때 A , D 의關係

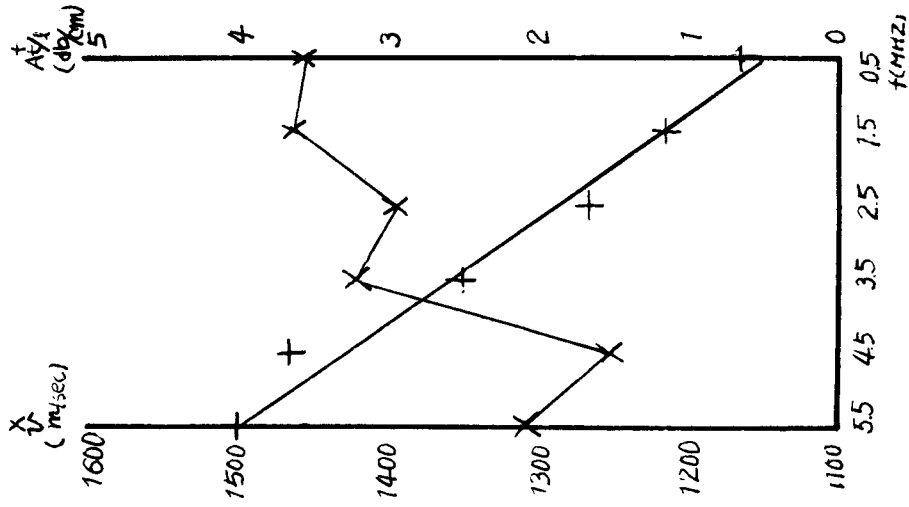


fig 11. fig 8에서 각 f 에 있어서의 v 와 A_v/l 와의 關係

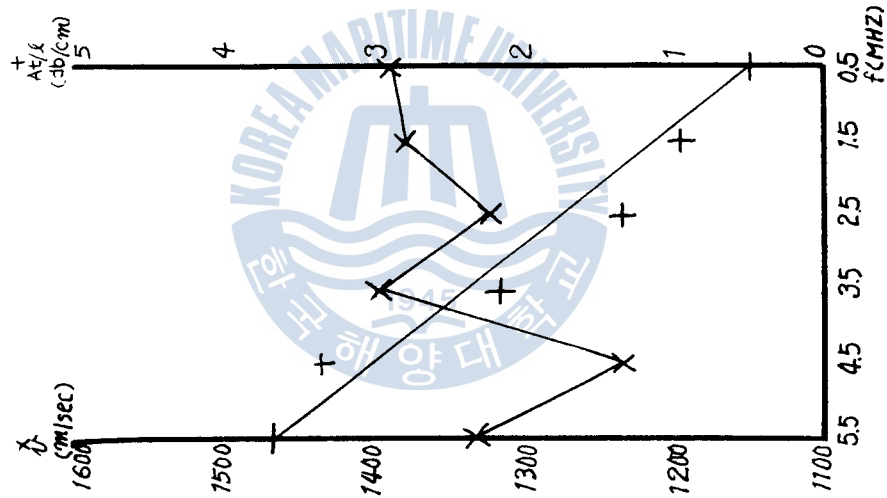


fig 12. fig 9에서 각 f 에 있어서의 v 와 A_v/l 와의 關係

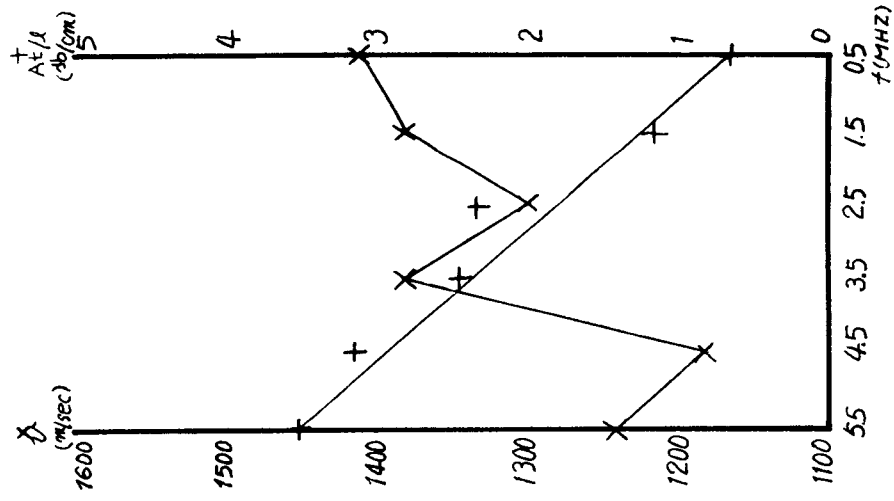


fig 13. fig 10에서 각 f 에 있어서의 v 와 A_v/l 와의 關係



配는 單位距離에 對한 振幅減衰이다. 各周波數에 對한 超音波의 速度와 單位距離에 對한 振幅減衰의 關係는 다시 fig. 11에 圖示하였다.

fig. 9와 10은 各各 高出力超音波($f_p=50KHz, 28KHz$)照射를 한 C油에 關하여도 fig. 8에서와 같은 方法으로 實驗을 하여서 얻은 結果이다. 다시 이 結果로써 얻은 C油中의 超音波의 速度와 單位距離에 對한 振幅減衰는 fig. 12, 13에 圖示하였다.

fig. 11, 12 및 13에서 單位距離에 對한 振幅減衰의 關係도 周波數와 大體로 線形的인 關係가 있고 周波數의 減少에 따라 減衰하며 高出力超音波의 處理有無에는 큰 差異가 없다. C油中에서 超音波의 速度는 試行周波數에 따라 기록이 있고 高出力 超音波處理有無에 關係없이 大體로 같은 形을 나타내며, 特히 各各의 周波數에 對한 速度는 高出力超音波의 處理를 한 fig. 12, 13의 경우가, 處理를 하지 않은 fig. 11의 경우보다 低速度를 나타내며, fig. 12의 $f_p=50KHz$ 보다 fig. 11의 $f_p=28KHz$ 의 경우가 더욱 低速度를 나타내고 있다.

fig. 6, 7은 高出力超音波處理($f_p=28KHz$)를 한 C油의 超音波 Spcctromter에 依한 測定을, 處理直後에 試行한 경우(fig. 6)와 2時間 放置後 試行한 경우(fig. 7)를 比較한 것이며, 照射直後에 試行한 경우가, 超音波速度가 약간 低速을 나타내고 있다.

fig. 4는 C油의 油溫變化에 따른 密度의 變化이며 油溫의 增加와 더불어 密度가 多少減少하는 것은 當然한 現象이며, 高出力 超音波處理를 한 C油가 같은 溫度에서 密度의 減少가 일어난 것은 Cavitation에 依한 體積增加라 할 수 있다.

V. 理論式

超音波處理에 依한 Bunker C油의 特性을 理論적으로 究明하고 實驗 Data와 比較하기 爲하여 一般的인 波動方程式에서 動粘性率의 關係式을 誘導하면 다음과 같다.

速度 Potential 을 ϕ , 複素音速度를 v 라 하면 一般波動方程式은

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = v^2 \nabla^2 \phi \dots\dots\dots(1)$$

가 된다.

本實驗에서는 送受信發振子間의 音場은 x 方向의 平行平面波라 할 수 있으므로 (1)式은

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} \dots\dots\dots(2)$$

가 되고 (2)式의 解는 다음과 같다.

$$\phi = C_1 \epsilon^{j(\omega t - \frac{\omega}{v} x)} + C_2 \epsilon^{j(\omega t + \frac{\omega}{v} x)} \dots\dots\dots(3)$$

定義에 依하여 複素傳播定數 K 는

$$K = \frac{\omega}{v} = k - j\alpha \dots\dots\dots(4)$$

이고 (4)式을 (3)式에 代入하면

$$\phi = C_1 \epsilon^{j(\omega t - kx) - \alpha x} + C_2 \epsilon^{j(\omega t + kx) - \alpha x} \dots\dots\dots(5)$$

가 된다. 여기서

$$v = \frac{\omega}{k} \dots\dots\dots(6)$$

는 進行波의 位相速度를, α 는 進行波의 減衰定數를, 그리고 ω 는 角周波數를 나타낸다. M_1 은 動彈性率, η' 를 動粘性率이라 하면 複素彈性率 M 는 다음과 같이 定義된다.

$$M = \rho v^2 = M_1 + jM_2 = M_1 + j\omega\eta' \dots\dots\dots(7)$$

(4), (6), (7) 式에서

$$M_1 = \rho v^2 \frac{1 - \left(\frac{\alpha v}{\omega}\right)^2}{\left\{1 + \left(\frac{\alpha v}{\omega}\right)^2\right\}^2} \dots\dots\dots(8)$$

$$\eta' = \frac{2\rho\alpha v^3}{\omega^2} \frac{1}{\left\{1 + \left(\frac{\alpha v}{\omega}\right)^2\right\}^2} \dots\dots\dots(9)$$

여기서 一般的으로 高分子物質에서는 $\alpha v \ll \omega$ 가 成立하고 따라서 Bunker C 油에 關하여도 (8), (9) 式은 다음과 같이 된다.

$$M_1 = \rho v^2 \dots\dots\dots(10)$$

$$\eta' = \frac{2\rho\alpha v^3}{\omega^2} \dots\dots\dots(11)$$

動粘性率 η' 와 實驗值와의 關係를 對照하면, 高出力超音波의 處理有無에 對한 C 油의 密度 ρ (fig. 4) 와 減衰率 α (fig. 11, 12, 13의 A_1/ℓ) 는 큰 差異가 없고, 角周波數 ω 는 같은 周波數 f 에 서 試行하므로 一定하며 C 油中の 超音波의 速度 v (fig. 11, 12, 13) 는 比較的 큰 差異를 나타낸다. 따라서 動粘性率 η' 는 v 의 3 乘에 比例하므로, 高出力 超音波處理에 依한 C 油가 處理를 하 지 않은 C 油보다 低速이며, η' 의 値는 顯著히 減少된다.

VI. 結 論

高出力 超音波照射에 依한 Bunker C 의 改質에 關한 一次的인 實驗에서 粘度, 引火點, 表面張力, 殘留炭素 等の 減少와 Spot 試驗에서 擴散圓의 增加, 그리고 顯著한 Sludge 의 減少와 油溫의 上昇等改質의 여러 條件들이 얻어졌고, 本實驗에서는 다시 超音波 Spectrometer 에 依하여 Bunker C₁ 油에 미치는 超音波의 速度와 振幅의 減衰等を 測定하고 理論式과 比較하므로써 超音波照射로 因한 Bunker C₁ 油의 改質이 되었다는 基本的인 data 을 얻었다.

그러나 이 超音波 Spectrometer 의 特性上의 data 는 內燃機關에 高出力 超音波發振裝置를 設置하여서 어떠한 影響을 미치는 가를 實驗的으로 繼續 究明하여야만 이 基礎的인 實驗結果가 뒷받침되며 實用化 될 수 있을 것이다.