

制御系統은 過渡應答의 最大오우비슈우트가 커지고 安定度는 약간 低下되나 定常偏差는 減少한다.

v) K 를 增加시키면 位相餘裕 PM 은 약간 增加하나 大體적으로 滿足할만한 範圍안에 있게된다.

本 研究에서 2次制御面積을 評價函數로 取한 關係로 가장 理想的인 狀態는 $k_b \rightarrow \infty$ 인 時가 되었다. 그러나 實際의 플렌드 制御에서는 여러 가지의 制御定數(最大오우비슈우트, M_p 值, 利得餘裕, 位相餘裕, 連進性 등)을 考慮하여 적당히 큰 k_b 값과 그에 따른 k_i 값을 選擇하여야 할 것이다. 또한 本 研究에서는 순수遲延要素(e^{-Ls})를 一次遲延要素로 近似化할 수 있을 程度로 遲延時間 L 이 적은 경우에 對하여 考察하였으나 L 이 큰 場合에 對해서는 앞으로의 研究課題가 될 것이다.

參 考 文 獻

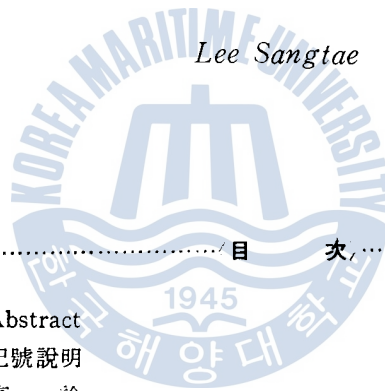
1. 河注植: 自動制御工學, 韓國海洋大學 海軍圖書出版部, 釜山: pp. 110~113, 180~183, 242~278(1974).
2. 河注植·陳康奎: 2次系の 制御對象에 對한 PI 制御器의 最適調整에 關한 研究, 韓國海洋大學大學院 論文集, 第16輯, pp. 209~236(1981).
3. 高橋利衛: 自動制御의 數學, 6. 4, 才一社(1966).
4. Stanly M. Shinnars, Modern Control System theory and Application, Addison-Wesley publishing Co., pp. 63~84(1979).
5. 根木義一·森田 一壽·中溝高好: 統計的自動制御理論, 才一社, 東京: pp. 124~137, 303~306(昭和48年).
6. Hitachi Analog Computer Programming, Hitachi Electronics, LTD., pp. 70~79.
7. Benjamin C. Kuo, Automatic Control systems (4e), Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, pp. 138~158, 314~340(1982).
8. 長森章三·木地和夫·中澤修治: アナログ計算機入門, 才一社, pp. 119~145(昭和47年).
9. Donald E. Kirk, Optimal control theory, Prentice-Hall Inc., Engle wood Cliffs N. J., pp. 259~290(1970).
10. D.N. BURGHEs, A. GRAHAM, Introduction to control theory including optimal control, Ellis Horwood Limited pp. 83~141(1980).
11. Virgil W. Eveleigh, Iutroduction to control systems Design, McGraw-Hill, Inc., pp. 197~254(1972).
12. 南宮寬·孫炳鎭: 自動制御, 文運堂, 서울: pp. 136~143, 340~342(1970).

乳化重油의 粘度-溫度 特性에 關한 研究

李 相 泰

A Study on the Viscosity-Temperature Characteristics
of the Emulsified Heavy Fuel Oils.

Lee Sangtae



目 次

Abstract

記號說明

1. 序 論
 2. 試料, 實驗裝置 및 實驗法
 3. 實驗結果와 考察
 - 3.1 물 添加率에 따른 乳化C重油의 粘度-溫度特性
 - 3.2 물 添加率에 따른 乳化B重油의 粘度-溫度特性
 - 3.3 乳化C重油 및 乳化B重油의 適正 粘度와 加熱溫度
 - 3.4 물과 乳化劑 添加率에 따른 乳化A重油의 粘度
— 溫度特性
 4. 結 論
- 參考文獻

Abstract

Preparing for treatment and management of the emulsified fuel oil which will be generalized henceforth, this paper is an attempt to examine the viscosity-temperature characteristics of emulsified heavy fuel oil which is mixed with water and emulsifier in various mixture ratio by mechanical mixer.

The experimental results are summarized as follows :

1. The viscosity-temperature characteristics of emulsified C & B grade heavy fuel oil mixed with water of same or less weight, is changed according to $\log \cdot \log(\nu+0.6) = b - 3.8 \log T$.
2. The emulsifier has to be added to the emulsified A grade heavy fuel oil mixed with water of same or less weight because, it is instable. Especially if the emulsifier is sodium stearate, it is added more than 0.3 % of the weight of oil and water.
3. In the emulsified A grade heavy fuel oil mixed with water and emulsifier, the higher the ratio of water addition becomes, the higher the viscosity is and the more the viscosity-temperature slope decreases. But the higher the ratio of emulsifier addition is, the more the viscosity-temperature slope increases. In this case, the linearity of viscosity-temperature characteristic curve is poorer than that of B and C grade heavy fuel oil.
4. In the emulsified A grade heavy fuel oil mixed with emulsifier of 0.3 % or less, the emulsion type is O/W type when water addition ratio is 40 %, but is W/O type when it is 10 %, 20 %, 30 % and 50 %.

記號說明 (Nomenclature)

ν : 動粘度 (Kinematic Viscosity), cSt

b : 粘度截片 (Viscosity Intercept)

m : 粘度 - 溫度 勾配 (Viscosity-Temperature Slope)

T : 絕對溫度 (Absolute Temperature), °K

W/O 型 : 油中水滴型 (Water in Oil Type)

O/W 型 : 水中油滴型 (Oil in Water Type)

NO_x : 燃燒가스中的 窒素 酸化物 (No + No₂)

H.L.B : Hydrophile - Lipophile Balance

1. 序 論

一, 二次의 油價波動으로 油價가 10年사이에 무려 18배나 急騰¹⁾함에 따라 모든 産業은 위축되었고 全世界의 經濟는 不況에 빠졌으며, 다른 한편으로는 石油節約과 代用燃料 開發의 必要性이 高潮되기 始作하였다. 이 새로운 흐름에 따라 다시 石炭과 炭油混合物이 船用燃料로 再登場하게 되었고, 天然가스의 核燃料의 活用度가 더욱 높아졌을 뿐만 아니라, 低質重油의 質도 3,500秒 RW#1 (37.8°C)에서 超低質인 5,000秒 RW#1以上으로 惡化²⁾하는 한편 低質重油의 活用과 燃料 消費率의 節減³⁾ 및 燃燒公害防止⁴⁾를 위해서 乳化燃料가 實用段階까지 發展하였다.

이와 같은 動向에 따라 石油의 需要가 急減하게 되었고 原油의 過剩生産이 持續되었으므로 原油價는 다시 배럴當 29 \$ 혹은 그 以下로 떨어질 展望이다.

그러나, 全世界의 原油埋藏量과 石油 需要量을 생각하면 그것은 一時的인 現象이고 다시 油價가 再騰할 날이 멀지 않았을 것이므로 石油에 對한 이와같은 경향은 앞으로도 持續될 것으로 思料된다.

燃料油에 물을 混入해서 乳化燃料를 만들어 使用하거나 燃燒하고 있는 실린더內의 燃料에 물을 噴射해서 燃燒狀態를 改善하려는 研究는 일찍부터 始作되었다. 가솔린機關의 실린더內에 물을 噴射해서 燃燒를 改善하는 研究⁵⁾는 1886년부터 始作되어 高過給 高性能의 機關에 實用化되었으며, 노크輕減에도 도움을 주었을 뿐만 아니라 機關部品の 腐蝕이나 磨滅등에도 障害를 주지 않았다. 그러나, 1922年 以後에는 안티노크劑가 開

發活用됨으로써 特殊한 境遇 外에는 加솔린機關에 對해서 水 噴射가 中
止되었다. 디젤機關의 실린더內에 重質燃料油와 함께 水를 噴射해서 燃
燒性을 改善하는 方法⁸⁾은 1901年에 美國 特許를 얻었다. 이러한 研究
는^{9) 10)} 2次大戰後에도 계속 發展되어 1950年代에는 W/O型이나 O/W
型的 乳化燃料를 디젤機關, 보일러, 가스터어빈 等に 活用할 수 있게 함
으로써 重質燃料油의 燃燒性을 改善하였고, 燃料消費率을 輕減하였을 뿐만
아니라 오늘날에는 燃燒가스 中の NO_x와 그울음의 濃度를 同時에 減少
시킬 수 있는 公害防止 燃燒法까지도 發展시켰다.

英國의 Bell Reliant 號 (2213 噸, 13.15 Knots)의 Mak 6M 453 AK
디젤機關 (2,100 BHP, 600rpm)에 對해서 乳化燃料油를 海上에서 試
用한 實績¹¹⁾은 다음과 같다.

이 機關에 30cSt (200 秒 RW# 1, 37.8°C)의 燃料를 使用할때 燃料
消費率은 水 添加率이 2~12%일 境遇에 平均 3%減少되었고 最大出力
下에서는 무려 4.56%까지 減少하였다. 또, 이機關의 排氣가스中の NO_x
含率도 減少되었고 그 燃燒系統과 排氣 터어보 過給機에는 카아본 堆積
量이 減少되었을 뿐만 아니라 실린더 헤드와 밸브도 깨끗하였고, 500 時
間의 試用後에도 腐蝕과 磨滅에 異常이 없었다.

그러나, 燃料油를 乳化시키면 粘度가 增加하므로 加熱溫度를 4~6°C 增
加시켜야 했고 發熱量이 減少하므로 Fuel Rack 를 1~1.5 mm程度 增加시
켜야 했다. 또, 이 機關에 裝備한 Emulsa 라는 乳化機는 370 cSt (3,500
秒 RW# 1, 37.8°C)以上的 重質油에 對해서도 滿足스럽게 作動하였다.

本 研究는 앞으로 使用이 一般化될 乳化燃料油의 活用に 對備해서 乳化
裝置의 設計와 乳化油管理에 必要하게 될 다음 事項을 調査한 것이다.

- (1) 油質과 물 및 乳化劑의 添加率에 따른 乳化油의 粘度變化
- (2) 安定한 乳化油의 生成에 乳化劑의 必要 有無
- (3) W/O型和 O/W型의 乳化油의 變化 限界
- (4) 乳化油의 粘度 — 溫度特性



2. 試料, 實驗裝置 및 實驗法

本 研究에 使用된 試料油는 粘度 35.5 SSU (37.8°C)의 A重油와 298.0 SSU의 B重油 및 425.0 SSU의 C重油의 三種이고, 그 特性은 Tabel 1과 같다.

試料油에 添加한 물은 上水道水를 使用하였으며, Table 2는 그 水質이다.

Table 1. Characteristics of Heavy Fuel Oils

Grade of Oils	API Gravity @ 15.56°C	Flash Point °C	Viscosity @ 37.8°C SSU	Pour Point °C	Sulfur Content wt. %	Carbon Residue wt. %	Ash wt. %	Water and Sediment vol. %
A	37.2	64.0	35.5	-20.0	0.82	0.06	0.0002	0.05
B	21.8	72.0	298.0	-12.5	2.81	5.62	0.005	0.1
C	12.3	75.0	425.0	-7.5	2.93	8.92	0.04	0.5

Table 2. Qualities of Water

Hardness	M Alkalinity	Chloride	pH	Speci. Resistance	Water Temp.
48 ppm as CaCO ₃	25 ppm as CaCO ₃	21.3 ppm as CaCO ₃	6.6	7.8 KΩ-cm	21.5 °C

安定한 乳化燃料油를 얻기 위해서 A重油에 對해서 乳化劑인 스테아린 酸 나트륨 (H·L·B·14.6)을 添加하였으나, B重油와 C重油에 對해서는 乳化劑를 添加하지 않아도 安定한 乳化燃料油가 얻어지므로 添加하지 않았다.

乳化燃料油는 所定溫度로 維持된 恒溫水槽內에서 乳化劑를 添加한 後 3,000 rpm 程度로 回轉하는 乳化混合機를 20分間씩 作動시켜서 얻었으며

여기서 乳化劑와 물의 各 添加率은 重量比로 計算하였다.

粘度는 韓國工業規格 KS M 2013에 따라서 所定溫度下에서 低粘度油는 Seconds Saybolt Universal(SSU)로, 高粘度油는 Seconds Saybolt Furol(SSF)로 測定하고, SSU로 換算하였다.

乳化燃料油의 乳化型은 Methyl Yellow 指示藥에 依해서 着色되면 W/O型, Methyl Orange 指示藥으로 着色되면 O/W型의 乳化油로 判斷하였으며, 乳化油의 電氣比抵抗의 測定에 依해서도 그 型을 確認하였다.

또 乳化油의 安定性은 實用狀態를 考慮해서 乳化後 恒溫下에서 30 分間 靜置하였을 경우에 그 乳化油의 下層에 分離水層을 肉眼으로 確認할 수 있을때 不安定이라 判定하였다.

本 研究에 使用된 重要裝置와 試藥은 다음과 같다.

- (1) Saybolt Viscometer, H-7, Precision Scientific Co.
- (2) Homo-mixer, D3-S0920, Dong Yang Scientific Co.
- (3) Water Bath, D2-B0440, Dong Yang Scientific Co.
- (4) Conduct-meter, CM-3M, TOA Electronic, Ltd.
- (5) Cp Sodium Stearate, Wako Pure Chemical Ind, Ltd.
- (6) Cp Methyl Orange, Wako Pure Chemical Ind, Ltd.
- (7) Cp Methyl Yellow, Wako Pure Chemical Ind, Ltd.

3. 實驗結果와 考察

3.1 물 添加率에 따른 乳化 C重油의 粘度 - 溫度特性

Fig.1 은 C重油와 이에 各各 물을 0, 5, 10, 15 및 20%씩 添加해서 乳化燃料油를 만든 後에 粘度 - 溫度特性을 調査한 것이다. (乳化劑 無添加) 이때 形成되는 乳化油는 모두 安定하고 W/O型이며 물의 添加率이 높은 乳化燃料油일수록 粘度가 더 높아진다. 그러나 그들의 粘度 - 溫度特性은 $\log \cdot \log(\nu + 0.6)$ 과 $\log T$ 座標의 圖面上에서 直線性이 좋으며 粘度 - 溫度勾配 m 도 3.8程度로서 잘 一致한다. 換言하면 C重油와 이에 依해서 만들어진 乳化燃料油의 粘度 - 溫度特性은 Walter-ASTM式인 $\log \cdot \log(\nu + 0.6) = b - 3.8 \log T$ 를 잘 滿足하고 粘度截片 b 는 試料油質과 물 添加率에 따라 變한다.

3.2 물 添加率에 따른 乳化 B重油의 粘度 - 溫度特性

Fig.2 는 B重油와 이에 各各 물을 10, 20, 30, 40 및 50%씩 添加해서 乳化燃料油를 만들어서 粘度 - 溫度特性을 調査한 것이다 (乳化劑 無添加). 이때 生成되는 乳化油도 C重油의 경우와 같이 모두 安定하고 W/O型이다. 이들의 乳化油의 粘度 - 溫度特性도 $\log \cdot \log(\nu + 0.6) = b - 3.8 \log T$ 를 대체로 滿足하며, 粘度截片 b 도 역시 油質과 물의 添加率에 따라 變化한다.

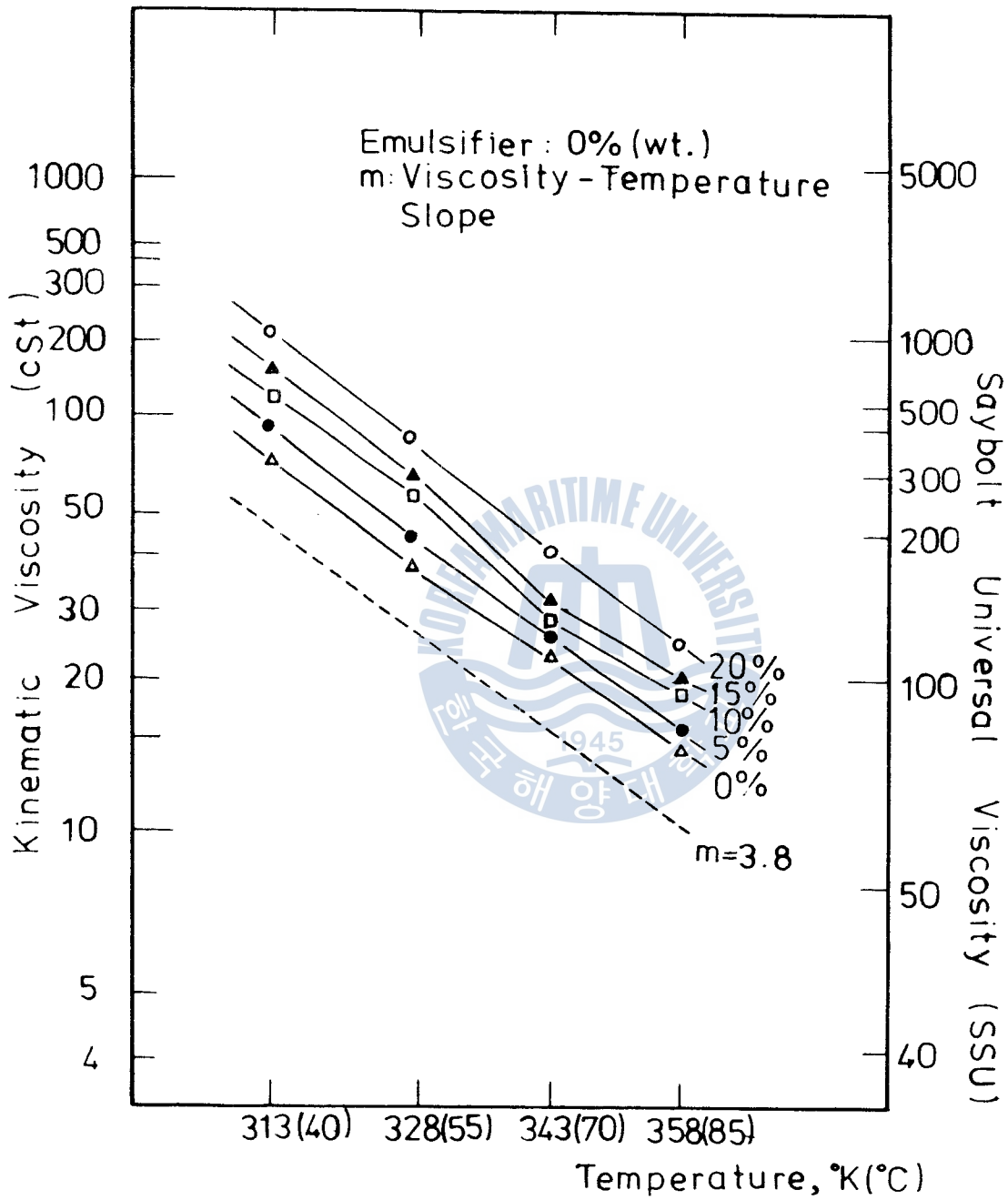


Fig.1. Viscosity - Temperature Characteristics of the Emulsified C Grade Heavy Fuel Oil by Various Water Addition Ratio.

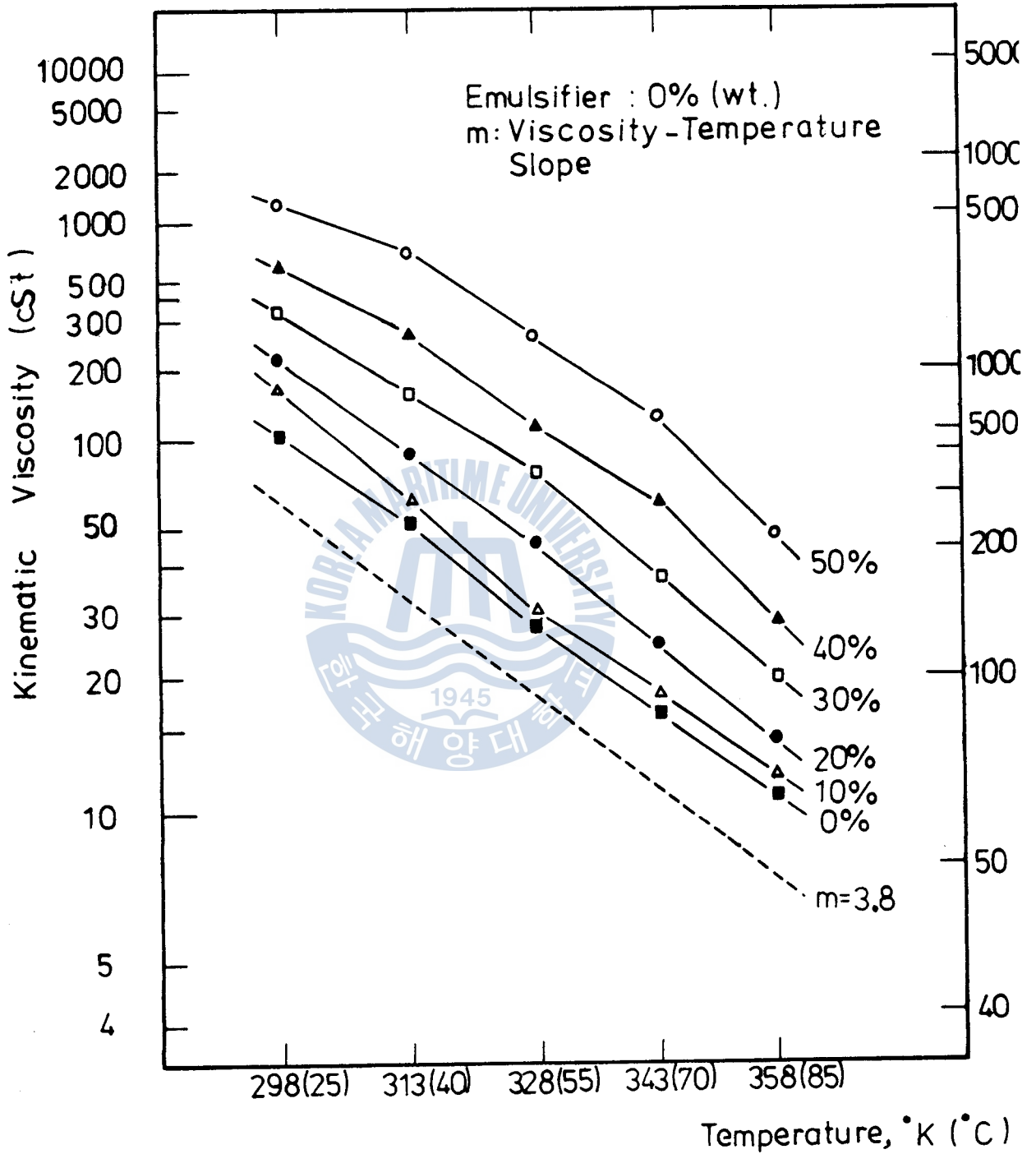


Fig.2. Viscosity - Temperature Characteristics of the Emulsified B Grade Heavy Fuel Oil by Various Water Addition Ratio.

3.3 乳化 C 重油와 乳化 B 重油의 適正 粘度和 加熱溫度

低質重油의 粘度는 霧化시키는데 대단히 重要的 因子로 作用하므로 노
솔에서 噴射前에 어떤 溫度로 加熱하여 適正 粘度를 維持시키는 것은 대
단히 重要하다.

Fig.1 과 Fig.2 에 依하면 C 重油와 B 重油에 依해서 만들어지는 乳
化劑 無添加 乳化燃料油에 있어서 適正粘度를 얻을 수 있는 燃料油의 加
熱溫度나 어떤 溫度로 加熱할때 얻어지는 燃料油의 粘度는 非乳化的 C
重油와 B 重油와 같이 그 乳化燃料油의 한 溫度下의 한 粘度만 알면 普
通 燃料油의 粘度—溫度特性을 表示한 Walter-ASTM 圖面에 依해서 求
할 수 있다는 것을 알 수 있다.

Fig.3 은 Walter-ASTM 圖面이며, 이것은 이미 알고 있는 代表的인 粘
度—溫度勾配 및 B 重油에 물을 10% 添加한 乳化 B 重油의 粘度—
溫度特性線을 表示한 것이다.

여기서 乳化重油의 適正粘度를 얻기 위한 加熱溫度를 求하는 例를 들
어보면 37.8°C (100°F) 에서 300 SSU의 乳化重油를 霧化狀態가 좋은
90 SSU로 하려면 먼저 Fig.3 에서 37.8°C에서 300 SSU 粘度和 만나는
點을 A로 잡고 A에서 代表的인 粘度—溫度勾配線과 平行線을 그으면 이
線이 37.8°C에서 300 SSU인 乳化重油의 粘度—溫度特性線이 된다.

한편 粘度 90 SSU에서 수평선을 그어 이 特性線과 만나는 點을 B
라 하고 B에서 溫度座標에 수직선을 그어서 만나는 溫度가 求하는 加

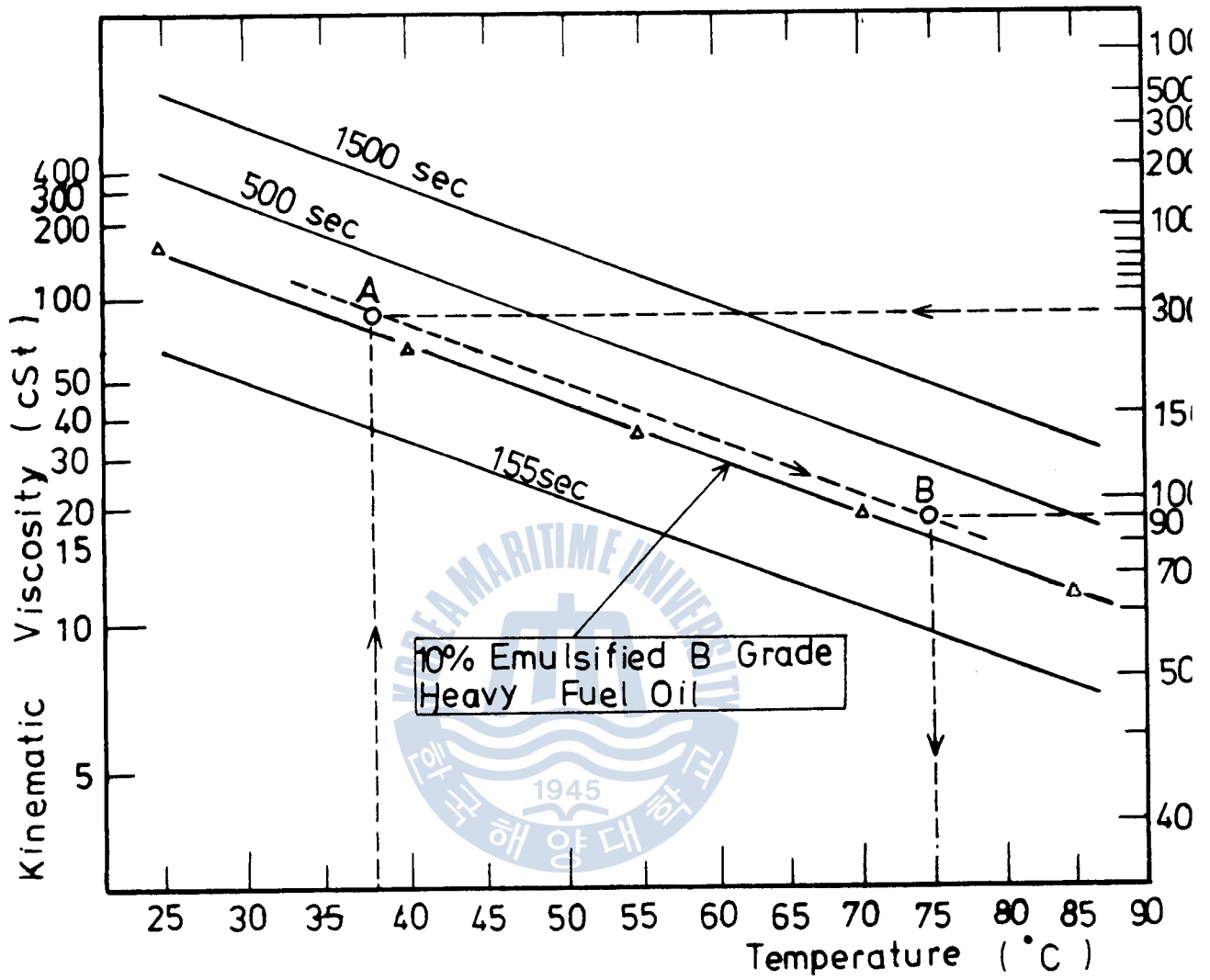


Fig.3. Viscosity - Temperature Characteristics of the Heavy Fuel Oil by Walter - ASTM.

熱溫度 75°C이다.

3.4 물과 乳化劑의 添加率에 따른 乳化A重油의 粘度—溫度特性

Fig. 4 ~ 8은 A重油에 乳化劑로서 스테아린酸 나트륨을 0, 0.1, 0.3, 0.5 및 1.0%씩 添加하고 물 添加率을 各各 0, 10, 20, 30, 40 및 50%로 해서 乳化시켰을 경우에 그 乳化燃料油의 粘度—溫度特性을 Walter-ASTM 圖面에 表示한 것이다. 이들 중에서 乳化劑를 0.3%以上 添加한 乳化燃料油는 安定하였으나, 乳化劑를 添加하지 않거나 혹은 乳化劑를 0.1% 添加한 乳化燃料油는 乳化後 30分以內에 水分離現象이 일어나는 不安定한 狀態였다.

이들 圖面의 의하면 A重油의 乳化燃料油 粘度—溫度特性은 B重油나 C重油의 경우보다 Walter-ASTM圖面上에서 直線性이 멀어진다. 이 乳化燃料油는 물 添加率이 높을수록 粘度가 높아지나 그 粘度—溫度勾配는 작아지고 乳化劑의 添加率이 높을수록 그 勾配는 커지는 경향이 있다. 그러나 乳化劑의 添加率이 0.3%以下이고 물 添加率이 40%以上 일 경우에는 물 添加率이 높아짐에 따라 粘度가 오히려 低下된다.

Fig. 9는 Fig. 6의 座標를 바꿔서 粘度—물 添加率圖로 表示한 것이다. 이것은 Fig. 6에서 물 添加率이 40%와 50%의 경우에 粘度—溫度特性이 왜 逆轉하는가를 說明하여 준다. 即, 물 添加率이 40%와 50%의 境遇에 乳化油의 型을 調査한 結果 O/W型에서 W/O型으로 變換하면서 粘度가 떨어지고 電氣比抵抗이 增加하기 때문이었다.

이러한 乳化型의 判斷은, 물 混合率이 10, 20, 30 및 50%의 境遇는 油

溶性인 Methyl Yellow 指示藥에 의해 全 油面이 黃色으로 着色된 反面, 물 混合率 40%인 경우는 水溶性인 Methyl Orange 指示藥에 依해서 黃色으로 着色되었고, 電氣比抵抗을 測定하여 보면 물 添加率이 10, 20, 30과 50%일 때는 거의 無限大로 나타나나 물 添加率이 40%일 때는 $10\text{ K}\Omega\text{-Cm}$ 程度로 減少되었기 때문이다.

따라서 A重油의 경우는 安定한 乳化燃料를 얻으려면 0.3%以上の 乳化劑를 添加하여야 하고, 乳化劑의 添加有無에 相關없이 또 물 添加率이 높거나 낮거나 이들 乳化燃料油의 粘度 - 溫度特性을 Fig.3의 要領으로 求할 때는 B重油나 C重油의 경우보다 精度가 상당히 떨어진다는 것을 알 수 있고, 물 添加率이 낮을 때는 特히 精度가 더 낮다는 것을 알 수 있다.



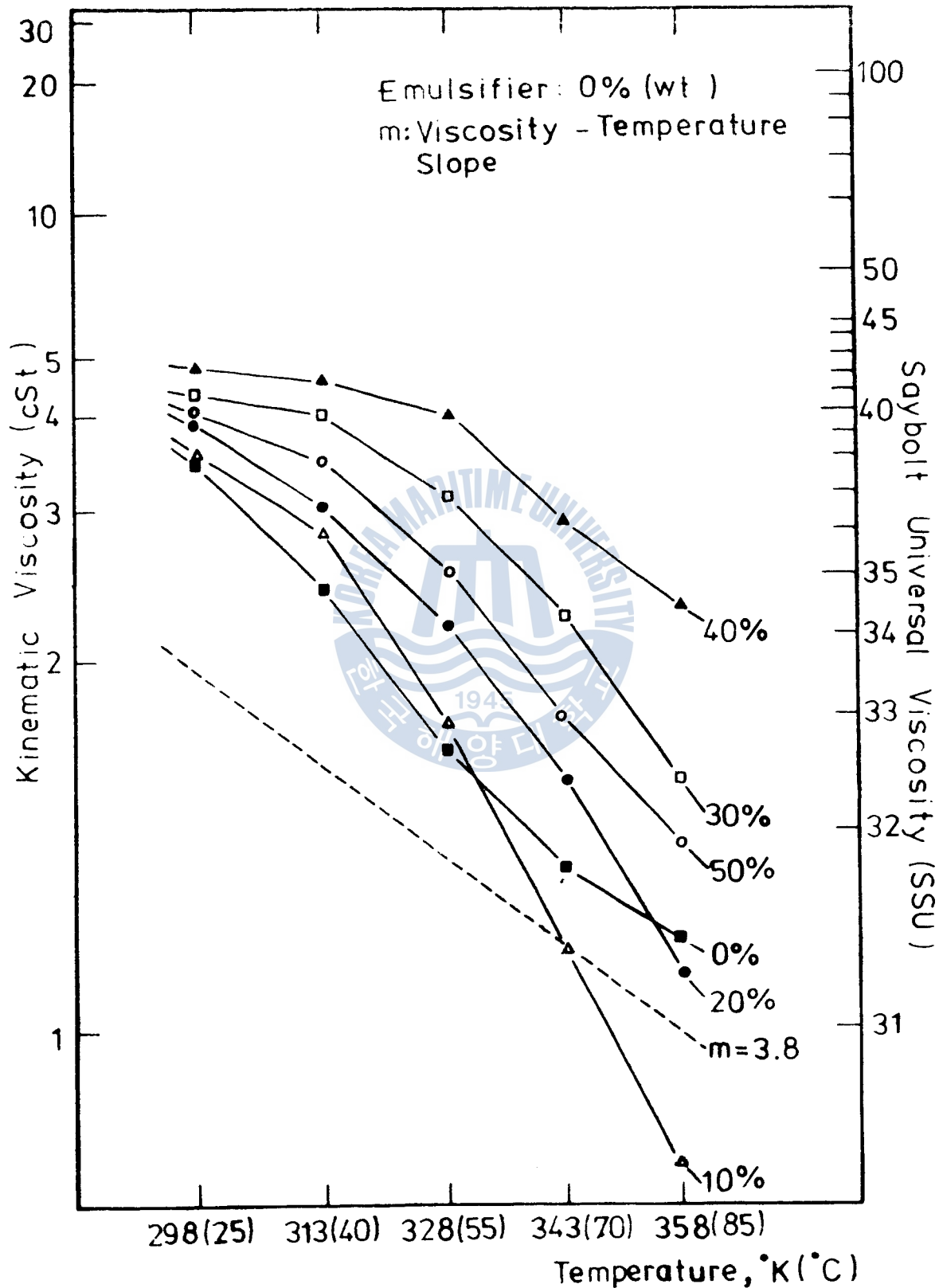


Fig.4. Viscosity - Temperature Characteristics of the Emulsified A Grade Heavy Fuel Oil by Various Water Addition Ratio.

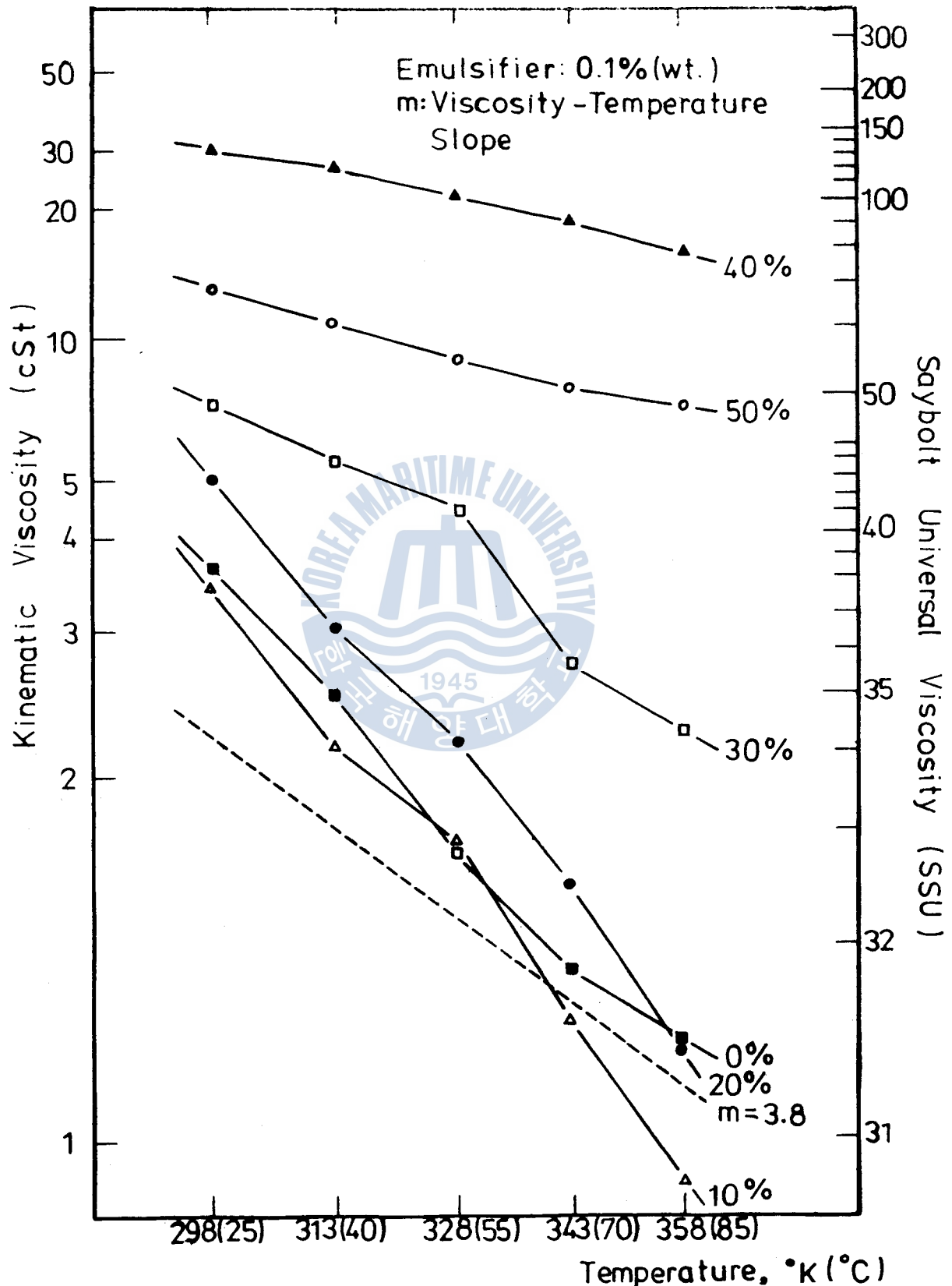


Fig.5. Viscosity - Temperature Characteristics of the Emulsified A Grade Heavy Fuel Oil by Various Water Addition Ratio.

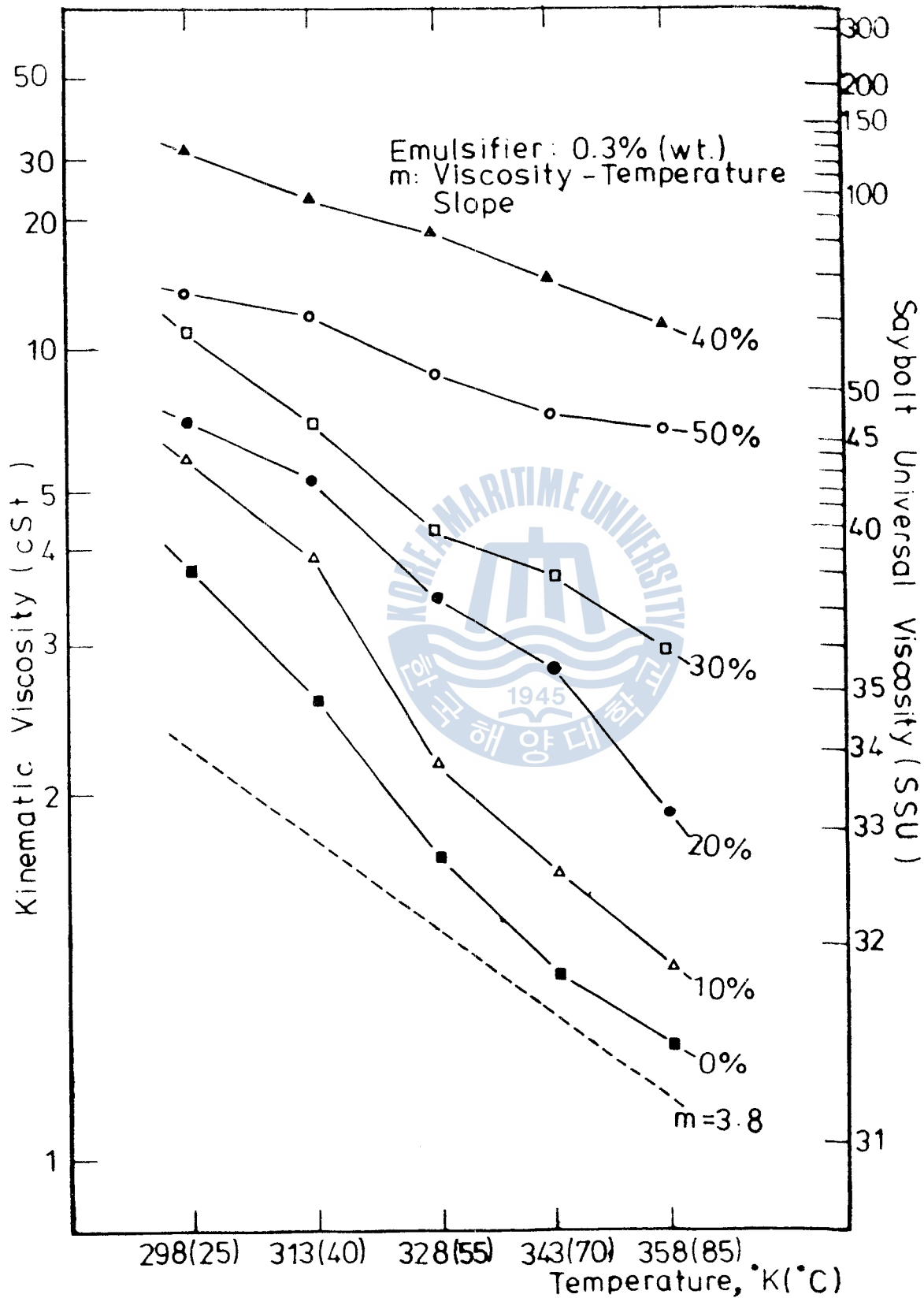


Fig.6. Viscosity-Temperature Characteristics of the Emulsified A Grade Heavy Fuel Oil by Various Water Addition Ratio.

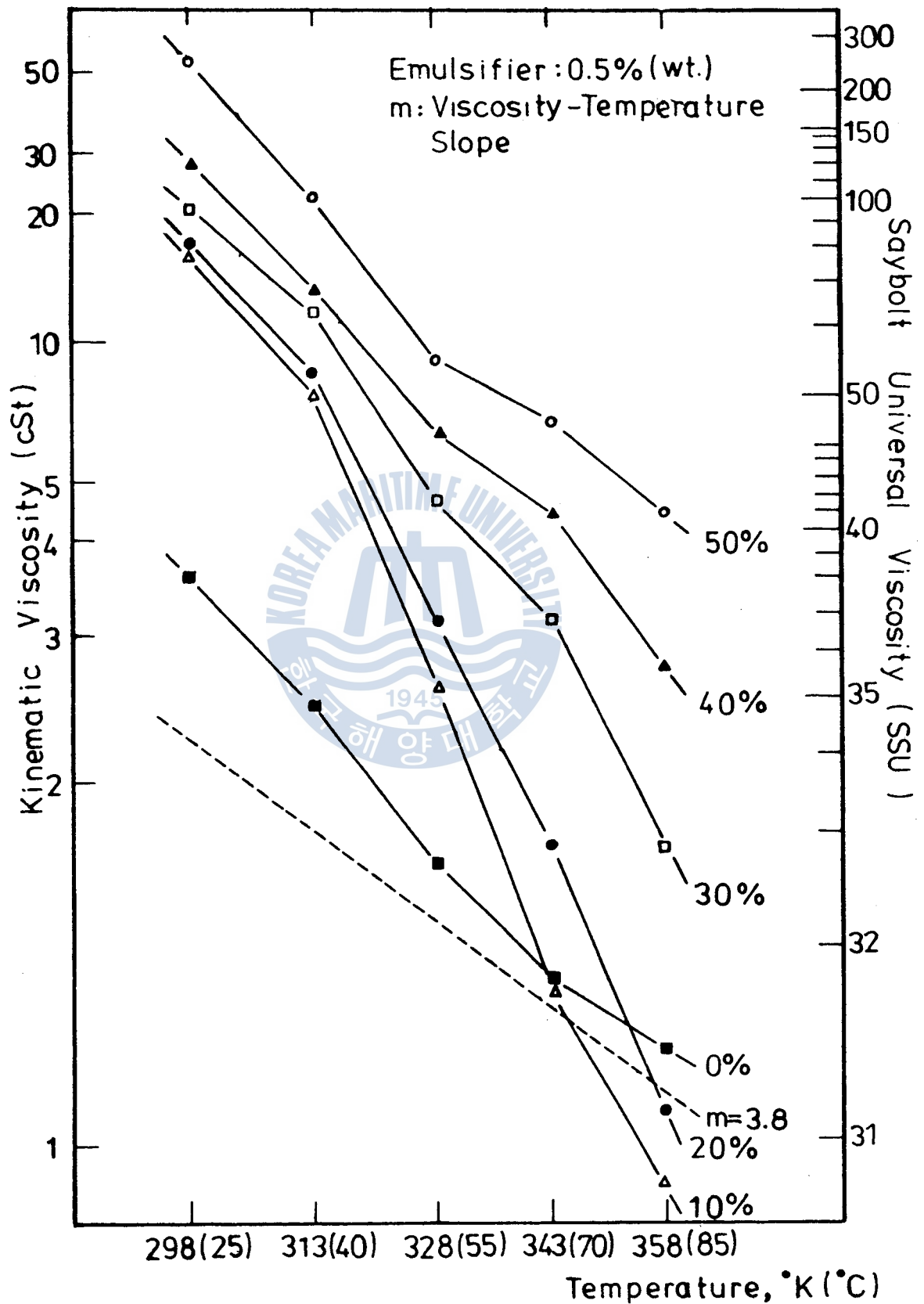


Fig.7. Viscosity - Temperature Characteristics of the Emulsified A Grade Heavy Fuel Oil by Various Water Addition Ratio.

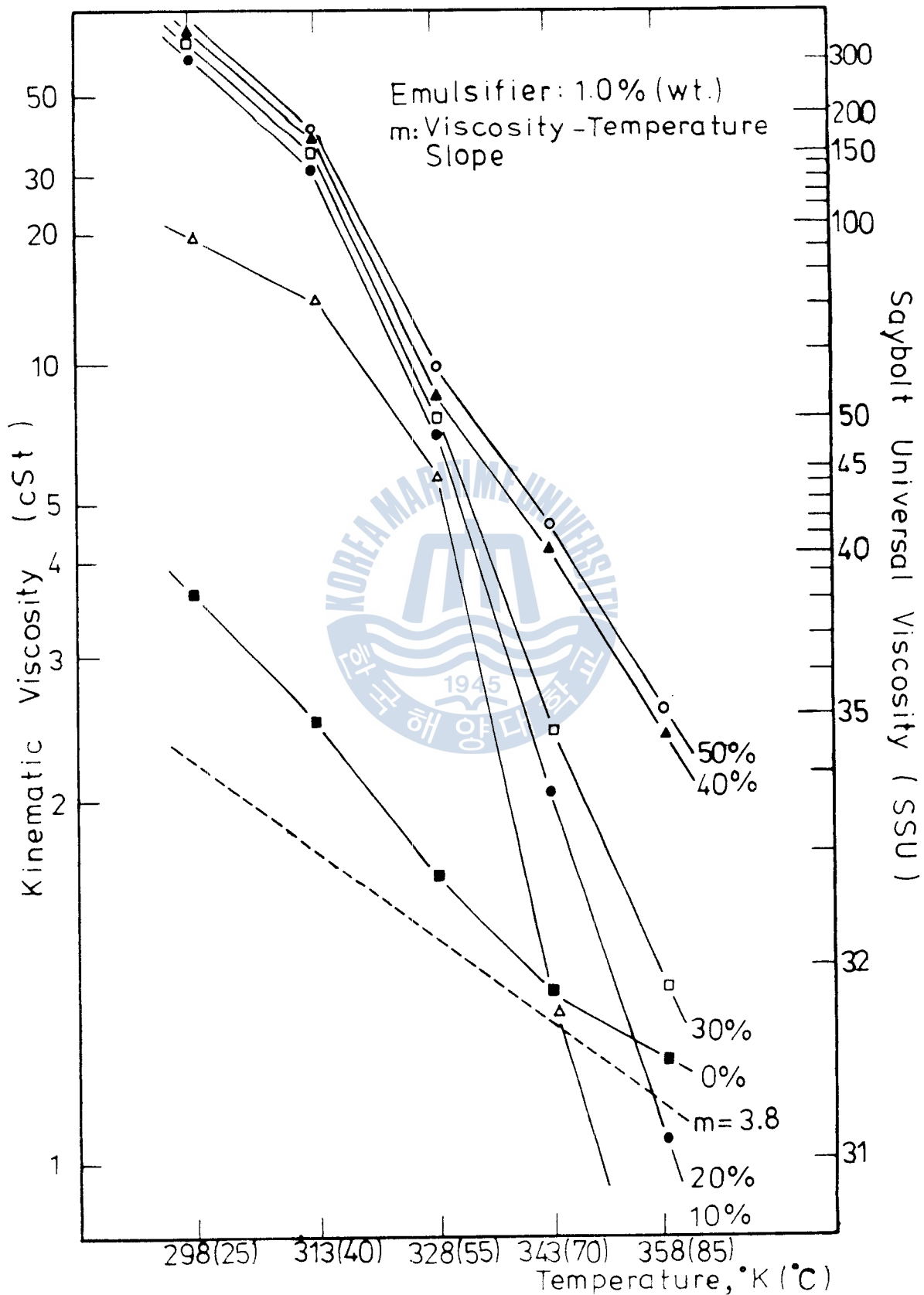


Fig. 8. Viscosity-Temperature Characteristics of the Emulsified A Grade Heavy Fuel Oil by Various Water Addition Ratio.

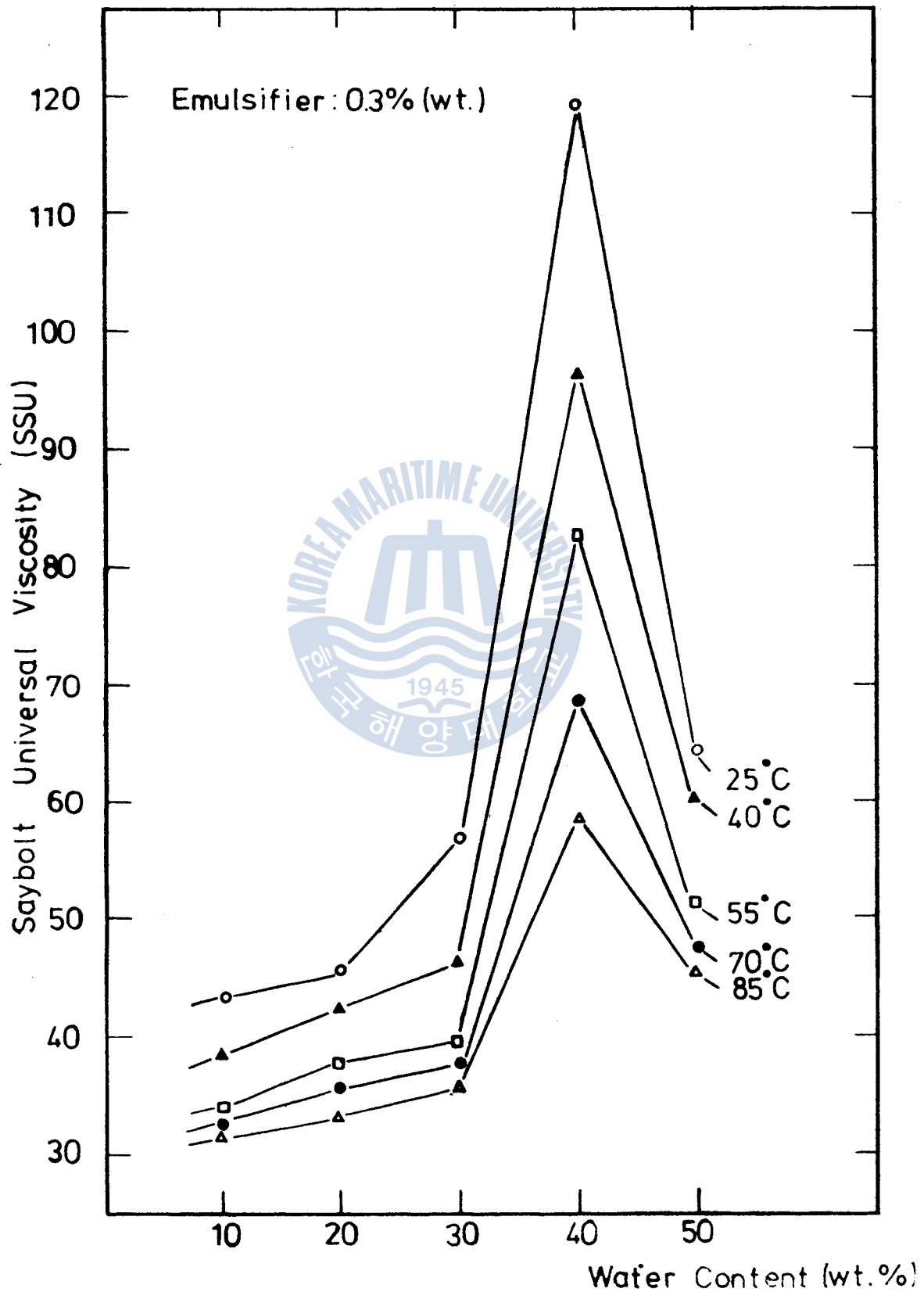


Fig.9. Viscosity Water Addition Characteristics of the Emulsified A Grade Heavy Fuel Oil by Various Water Addition Ratio.

4. 結 論

乳化重油의 粘度-溫度特性에 關한 以上の 研究에서 다음의 結論을 얻었다.

- (1) C重油와 B重油 및 이들에 50% 以下の 물을 添加한 乳化燃料油(乳化劑 無添加)의 粘度-溫度特性은 $\log \cdot \log(\nu + 0.6) = b - 3.8 \log T$ 에 잘 따르고, 粘度截片 b는 試料油 粘度和 물의 添加率에 따라 變한다.
- (2) A重油에 물을 添加한 乳化燃料油는 不安定하므로 乳化劑를 添加하여야 하며, 特히 乳化劑로서 스테아린酸나-트륨을 使用할 때는 0.3% 以上 添加하여야 安定하게 된다.
- (3) 乳化劑와 물을 A重油에 添加해서 만든 乳化燃料油는 물 添加率이 높을수록 高粘度로 되나, 粘度-溫度勾配는 減少하고, 乳化劑 添加率이 높을수록 이 勾配가 커진다.
이 境遇의 粘度-溫度特性線은 Walter-ASTM 圖面에서 直線性이 C重油와 B重油의 境遇보다 떨어질 뿐만 아니라 그 直線의 기울기가 그들 重油의 境遇보다 一般的으로 더 커진다.
- (4) A重油에 0.3% 以下の 乳化劑와 50% 以下の 물을 添加해서 만든 乳化燃料油는 물 添加率 40%에서는 O/W型이나 그 内外에서는 W/O型으로 된다.

參 考 文 獻

1. H. J. Jeon : Marine Diesel Engine Design Trends, Mobil Marine Diesel Engine Symposium, P.8 (Seoul, 1981.6)
2. 田大熙 : 將來의 船用燃料油質과 그 燃燒對策의 展望, 韓國船用機關學會誌, 第五卷 2號 P.20 (1981)
3. 橫澤成二 : 將來豫想される 船用燃料油 について, 日本船用機關學會誌 第14卷 第9號, P.32 (1979)
4. 鈴木一矢 : 將來豫想される 粗惡油の 燃燒 について 日本船用機關學會誌 第14卷 第9號, P.34~37 (1979)
5. Emulsified Fuel Produces Savings on Ship Board Trials, The Motor Ship, March, P.61~62(1982)
6. 田大熙 : 燃料와 燃燒의 管理 (補訂版), 海軍圖書出版部, P.237, 245 (1982)
7. 兪炳澈 : 디젤機關에의 물 噴射의 影響, 大韓機械學會論文集 第1卷 第1號 P.48 (1977)
8. Hayes, A : 美國特許 688245 (1901)
9. 三井博之 : 乳化燃料について 日本船用機關學會誌 第15卷 第7號 p.483~488 (1980)
10. 三橋・高崎外 : 內燃機關の 水分添加燃燒について, 日本船用機關學會誌, 第13卷 第8號 p.600~607 (1978)
11. 前掲書(5), p.61~62