

燃料節減을 위한 最適運轉條件

—實習船 釜山 402號의 경우—

金永植 · 金三坤 · 尹錫勳

釜山水產大學

(1986년 1월 31일 수리)

The Optimum Operating Condition for Reduction of Fuel Consumption

—In the Case of Training Ship Pusan 402—

Yeong-Sik KIM, Sam-Kon Kim and Suck-Hun YOON

National Fisheries University of Pusan

(Received January 31, 1986)

This paper aims at finding out the optimum operating condition to reduce fuel consumption for the training ship Pusan 402 with controllable pitch propeller. For this purpose, this paper examines the variation of ship speed and fuel consumption in accordance with the change of engine revolution and propeller pitch. The results obtained are as follows:

1. When engine revolution is constant, the ship speed sluggishly increases according to the increase of propeller pitch but fuel consumption extremely increases. The higher revolution the engine is, the more remarkable this tendency is.
2. As the engine revolution becomes lower, the fuel consumption per mile decreases. However, the fuel consumption under the same engine revolution differs according to the propeller pitch.
3. Specific fuel consumption is uniformed about 180g/ps·h at any case of load.
4. Among the various operating conditions which yield the same ship speed, fuel consumption lowers in the case of lower engine revolution and larger propeller pitch.

緒 論

1970년대 두 차례에 걸친 油類波動에 의한 油價暴騰으로 선박의 運航費중 燃料費가 차지하는 비중이 격증하였고 특히 漁船의 경우에는 出漁經費의 45~60%에 이르게 됨에 따라 선박전체의 合理的인 에너지管理¹⁾는 물론 機關에 있어서도 效率增大와 燃料費의 低減을 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 이에 관련된 그간의 연구동향으로는 디젤機關의 燃料節減을 위한 船型改良²⁾, 主·補機를 포함한 機關室전체의 에너지合理化方案 및 廢熱의 이용³⁾, 燃料噴射系統의 改良⁴⁾, 低燃費機關의 제작⁵⁾ 등이 있으며

금후로도 여러방면으로 연구가 계속 될 전망이다.

한편 釜山水產大學 實習船 釜山 402號는 1981年 仁川造船所에서 건조된 가변피치 프로펠러(CPP)를 갖는 선박으로서 건조후 海上試運轉을 하였으나 프로펠러 피치의 변화에 따른 船速이나 燃料消費量에 대한 시험을 행하지않아 그 동안 本船의 經濟的 運航管理에 일정한 기준을 마련하지 못하였었다.

이에 본 연구는 釜山 402號에 있어서 機關回轉數와 프로펠러 피치의 변화에 따른 船速과 燃料消費量의 변화를 조사하여 燃料節減을 위한 最適의 運轉條件을 제시함으로써 合理的인 선박의 運航管理에 기초자료가 되고자 하였다.

實 驗

1. 實驗機關의 諸元

본 연구의 대상인 釜山水産大學 實習船 釜山 402 號 主機關의 주된 諸元은 Table 1과 같다.

Table 1. Specifications of experimental engine

Type	Vertical single acting, 4 cycle, trunk type
Max. continuous output	1200(<i>ps</i>)
RPM	720
No. of cylinder	6
Cylinder bore, stroke	250, 320(<i>mm</i>)
BMEP	1.56(<i>MPa</i>)
IMEP	1.71(<i>MPa</i>)
Compression ratio	11.8
Year of manufacture	1980

2. 船速 및 燃料消費量의 계측

機關의 回轉數를 450rpm 으로부터 50rpm 간격으로 700rpm 까지, 그리고 最大回轉數인 720rpm 의 7개條件으로 하고 각 回轉數에서 프로펠러의 피치를 4°로부터, 4°간격으로 20°까지 5개條件으로 변화시키면서 각 條件에서의 船速 및 燃料消費量을 계측하였다. 각 條件下에서의 運轉時間은 30分으로 하였다.

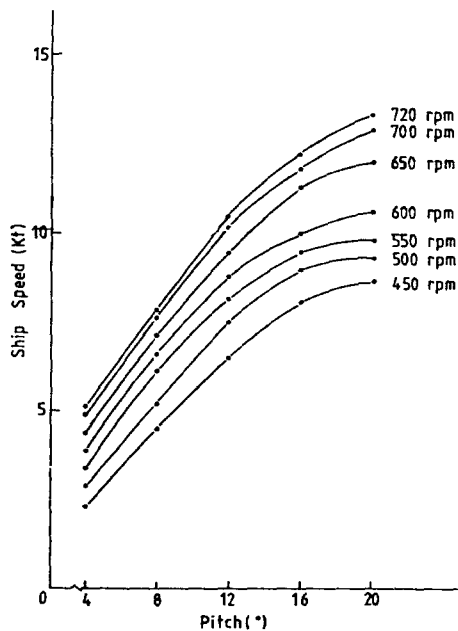


Fig. 1. Ship speed according to propeller pitch at each engine revolution.

船速은 操舵室의 doppler speed log(Furuno, MF 220)에 의하여 對水速力을 계측한 후 trim error를 보정하였으며 燃料消費量은 主機關 燃料油系統의 油量計(Oval, LS 5276)로 계측하였다.

實驗時의 吃水는 船首側 1.7m, 船尾側 3.7m, 排水量은 424 ton 이었으며 風速은 1~3m/sec, 波高는 1m 이내였고 船低掃除를 행한 후에 實驗을 하여 이들에 의해 船速이나 燃料消費量에 미치는 영향을 배제하도록 하였다.

한편 사용된 燃料는 디젤油로서 實驗時의 燃料油溫度는 34°C, 比重은 0.824였다.

結果 및 考察

Fig. 1, 2는 각각 回轉數가 일정할 때 피치의 변화에 따른 船速 및 燃料消費量의 변화를 나타내고 있다. 船速은 피치 12°까지는 回轉數에 관계없이 거의 直線的으로 피치에 比例하며 12° 이후에서 曲線의 기울기는 피치가 增加함에 따라 다소 減少하였고, 燃

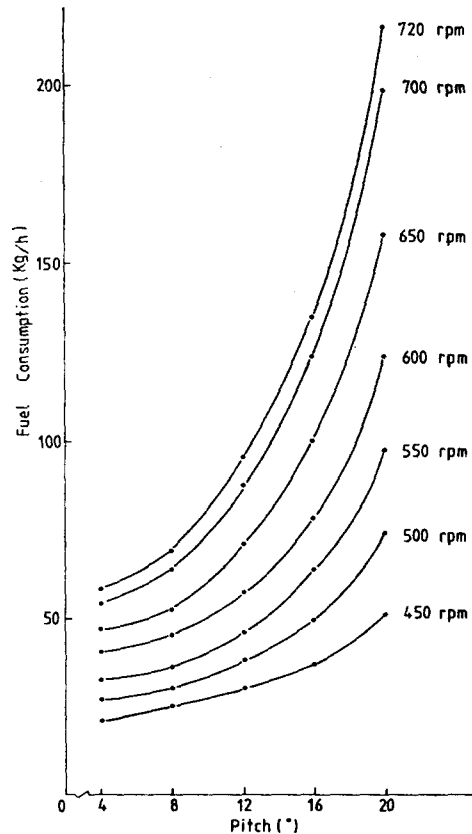


Fig. 2. Fuel consumption according to propeller pitch at each engine revolution.

燃料節減을 위한 最適運轉條件

料消費量은 이와 반대로 피치가 增加함에 따라 그 曲線의 기울기가 增加하였으며 높은 回轉數일수록 더욱 急增하는 경향을 나타내었다.

Fig. 3, 4는 각각 피치가 일정할 때 回轉數의 변화에 따른 船速 및 燃料消費量의 변화를 나타내고 있다. 전체적으로 볼 때 船速은 回轉數에 거의 直線的으로 比例하며 피치 12° 이후에서는 피치의 增加에 대한 船速의 增加幅이 점차 減少하였고, 燃料消費量 역시 回轉數에 거의 直線的으로 比例하는 경향을 나타내었다.

Fig. 1과 Fig. 3, Fig. 2와 Fig. 4는 상호 보완적인 것으로서 上記의 結果에서 船速과 燃料消費量에 미치는 영향은 回轉數보다 피치쪽이 더 크며 특히 피치 12° 이후의 경우 船速의 增加는 둔화되나 燃料消費量은 급격하게 增加됨을 알 수 있는데 이와 같은 현상은 피치와 負荷의 關係에 기인하는 것으로 피치 12° 이후에서 負荷가 현저히 增加하기 때문으로 생각된다.

Fig. 5는 回轉數가 일정할 때 피치의 변화에 따른 단위거리당의 燃料消費量을 나타내고 있다. 一定航路를 航海하는데 있어서 回轉數를 낮게 할수록 燃料消費量이 減少한다는 것은 일반적으로 잘 알려져 있으나 同一 回轉數에 있어서도 피치에 따라 燃料消費量은 큰 차이를 나타냄을 알 수 있다. 즉 단위거리당의 燃料消費量을 最小로 할 수 있는 피치는 回轉數에 따라 다르며 720rpm의 경우에는 8° 부근, 450

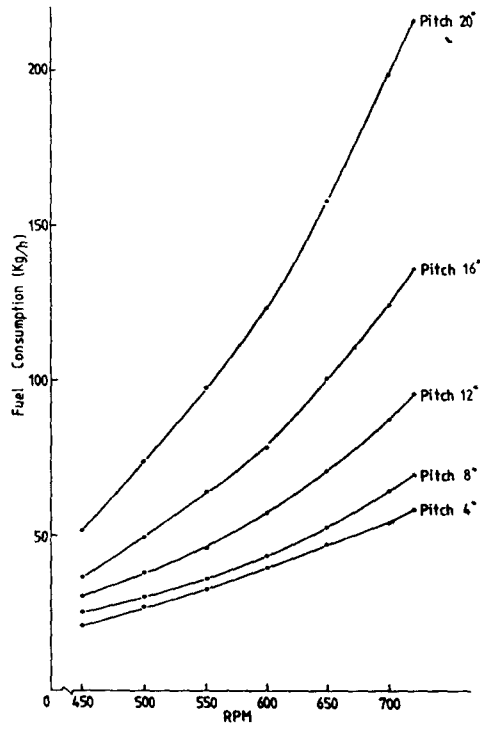


Fig. 4. Fuel consumption according to engine revolution at each propeller pitch.

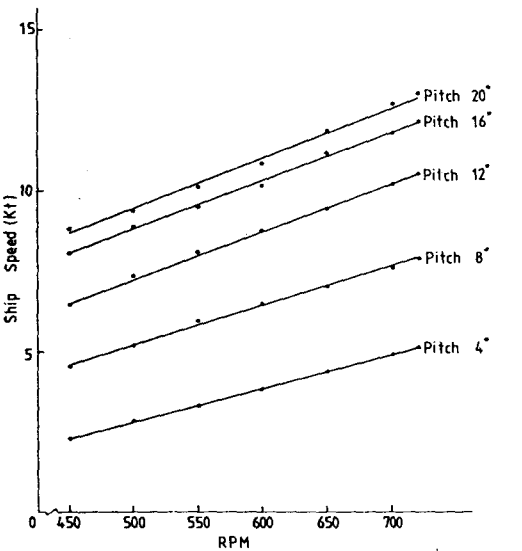


Fig. 3. Ship speed according to engine revolution at each propeller pitch.

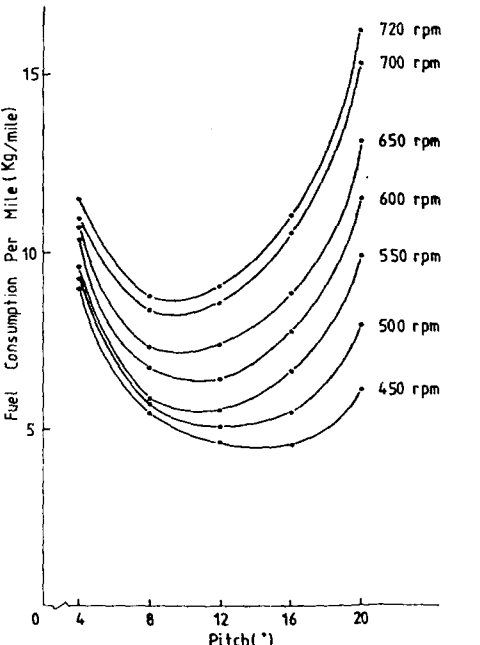


Fig. 5. Fuel consumption per mile according to propeller pitch at each engine revolution.

rpm의 경우에는 16°부근으로서 回轉數가 낮아질수록 커지는 경향을 나타내었다.

Fig. 6은 最大피치 20°에 있어서 回轉數와 燃料消費量의 관계를 試運轉時(點線)와 實驗運轉時(實線)와를 비교하여 나타낸 것으로 低負荷에 있어서 燃料消費量은 별 차이가 없었으나 75% 負荷인 650rpm 이상에서는 다소의 차이를 보여 75% 負荷에서 10.2 kg/h, 100% 負荷에서 9.5kg/h 정도 實驗運轉時的 燃料消費量이 增加하였다.

Fig. 7은 燃料消費率을 試運轉時와 實驗運轉時를 비교하여 나타낸 것으로 試運轉時 最小燃料消費率이 75% 負荷(168.4g/ps·h)에서 나타났으나 본 實驗의 경우는 負荷전체에 걸쳐서 거의 일정하였으며(179.5

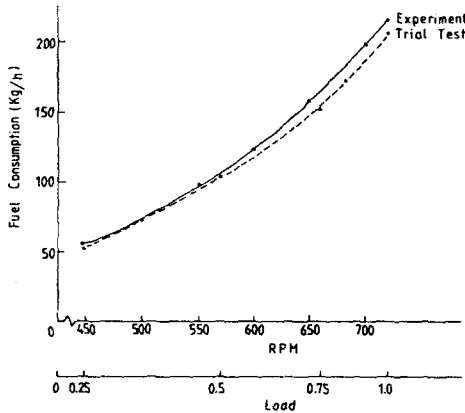


Fig. 6. Comparison of fuel consumption according to engine revolution between experiment and shop trial test at the 20° of propeller pitch.

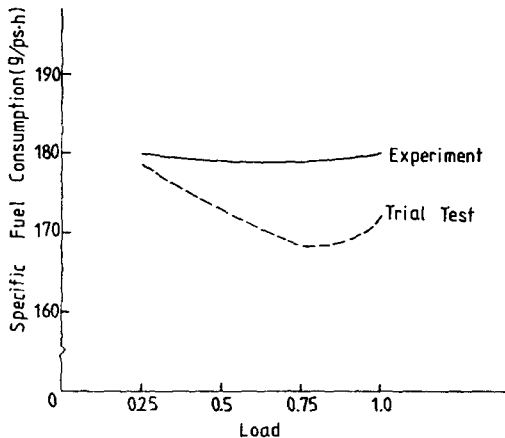


Fig. 7. Comparison of specific fuel consumption according to engine load between experiment and shop trial test.

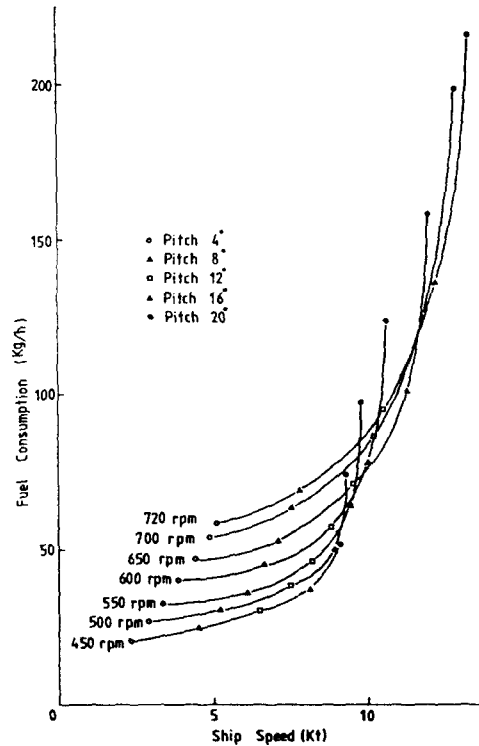


Fig. 8. Fuel consumption according to ship speed under the various operating conditions.

~180.2g/ps·h) 試運轉時보다 50% 負荷에서 5.6g, 75% 負荷에서 11.3g, 100% 負荷에서 7.8g 정도 燃料消費率이 增加하였다.

이는 本船의 試運轉이 1981年 6월에 행해진 이래 그간의 總運航時間은 약 4,000時間 정도로 經年에 따라 機關이 노후함으로서 燃料消費量 및 燃料消費率이 增加한 것으로 생각된다.

Fig. 8은 船速과 燃料消費量과의 관계를 나타낸 것으로 이 曲線群들은 4次式으로 표시되는 回歸式이 된다. 回轉數와 피치의 조정에 따라 동일한 速力을 낼 수 있는 運轉條件들에 대해서도 燃料消費量은 매우 큰 차이를 나타내고 있다. 즉 일반적으로 回轉數를 낮추고 피치를 크게 유지하는 것이 同一한 船速에서의 燃料消費量은 減少하지만 어느 回轉數에 있어서도 最大피치에 가까워지면 船速의 增加에 비해 燃料消費量이 급격하게 增加하므로 오히려 同一船速에서의 燃料消費量은 增加한다. 그 구체적인 數值例로서 船速 8Kt 및 12Kt를 낼 수 있는 運轉條件들과 이 條件에서의 燃料消費量을 각각 Table 2, 3에 나타내었다.

燃料節減을 위한 最適運轉條件

Table 2. Fuel consumption for each condition yielding 8 knots

RPM	Pitch	Fuel consumption (kg/h)	Ratio
450	15.7	36.56	1
500	12.5	40.28	1.10
550	11.7	45.07	1.23
600	10.3	51.44	1.41
650	9.0	56.38	1.54
700	8.5	66.54	1.82
720	8.3	70.25	1.92

Table 3. Fuel consumption for each condition yielding 12 knots

RPM	Pitch	Fuel consumption (kg/h)	Ratio
650	20.0	158.94	1
700	16.7	13.836	0.84
720	15.3	127.32	0.80

Table 2의 경우 7개의 運轉條件들이 모두 同一한 船速 8 Kt를 낼 수 있으나 燃料消費量은 큰 차이를 나타내며 가능한 한 回轉數를 낮추고 피치를 크게 유지하는 것이 燃料節減의 면에서 合理的이며 720 rpm, 피치 8.3°의 경우에는 450rpm, 피치 15.7°의 경우에 비해 약 2배의 燃料가 消費됨을 알 수 있다. 또한 Table 3의 경우 3개의 運轉條件들은 모두 同一한 船速 12 Kt를 낼 수 있으나 Table 2의 結果와는 반대로 回轉數를 높이고 피치를 작게 유지하는 것이 오히려 燃料가 더 적게 消費되며 720rpm, 피치 15.3°의 경우가 650rpm, 피치 20°의 경우에 비해 20%의 燃料가 節減됨을 알 수 있다.

이와 같은 경향은 어느 回轉數에서나 最大피치에 가까워지면 급격히 負荷가 增加하여 燃料消費量이 急增하기 때문이라 생각되며 가능한 한 피치는 16° 이하로 유지하는 것이 燃料節減의 면에서 效率的인 것으로 생각된다.

한편 Table 2, 3에 보인 각 運轉條件에서의 燃料消費量과 피치의 數値例는 각각 船速과 燃料消費量, 피치와 燃料消費量의 結果를 토대로 最小제곱法⁷⁾에 의한 回歸解析으로 구한 것으로 각각의 回歸式의 mean error가 0.3% 미만이므로 이에 의한 誤差는 무시하였다.

要 約

본 연구는 가변피치 프로펠러(CPP)를 갖는 釜山水

產大學 實習船 釜山 402號에 있어서 機關回轉數와 프로펠러 피치의 변화에 따른 船速과 燃料消費量의 변화를 조사하여 燃料節減을 위한 最適의 運轉條件를 규명함으로써 보다 合理的인 선박의 運航管理에 기여하고자 하였다.

주된 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 回轉數가 일정할 때 피치의 增加에 따른 船速의 增加는 다소 완만해 지나 燃料消費量의 增加는 급격해지고 높은 回轉數일수록 이 경향은 더욱 뚜렷하였다.

2. 단위거리당의 燃料消費量은 回轉數가 낮아질수록 減少하였으나 同一 回轉數에 있어서도 피치에 따라 상당히 큰 차이를 나타내어 回轉數가 낮아질수록 단위거리당의 燃料消費量이 最小가 되는 피치는 커지는 경향을 나타내었다.

3. 最大피치 20°에 있어서 燃料消費量은 試運轉時와 비교하여 75% 負荷이상에서 10kg/h 정도 增加하였으나 燃料消費率은 負荷진제에 걸쳐 180g/ps·h 정도로 거의 일정하였다.

4. 동일한 船速에 있어서 燃料消費量을 低減시키기 위한 運轉條件은 回轉數를 낮추고 피치를 크게 유지하는 것이었으나 피치 20°부근이 되면 燃料消費量이 急增하여 그 반대의 경향을 나타내었다.

參 考 文 獻

1. 機關管理研究委員會(1984): 船舶의 經濟的 運航管理. 韓國船員船船問題研究所, 221-260.
2. 富田幸雄(1978): 低燃費ディーゼル船機部の新システム. 機械設計, 22(3), 112-116.
3. 高崎 深(1979): 船用ディーゼル機關の排ガスについて. 船用機關學會誌, 13(2), 39-43.
4. Mizunuma Tatsuo(1978): Matsui MU623 BHS Type Diesel Engine and Decrease the Fuel Cost. 內燃機關 27(217), 53-57.
5. Bruce Wadman(1979): Improved Fuel Economy for EMD Engines. Diesel & Gas Turbine Progress World Wide. 11(6), 42-43.
6. Motooka Takao(1978): Various Method to Decrease the Fuel Cost of Diesel Engine. 內燃機關. 27(217), 262-264.
7. 孫炳鎭(1973): Fortran과 數値解法. 成政社, 380-387.