

연료유 가열이 디젤기관의 연소특성 및 기관성능에 미치는 영향에 관한 연구

高 大 權

釜山水産大學

(1989년3월28일 접수)

A Study on the Effects of Heating of Fuel Oil on Combustion Characteristics and Engine Performance

Dae-Kwon KO

National Fisheries University of Pusan

(Received March 28, 1989)

This paper is concerned with the effects of temperature of diesel fuel on combustion characteristics and engine performance in a home-made precombustion diesel engine for small-sized fishing boat. The results may be summarized as follows :

1. The fuel injection timing was delayed with increase in temperature for diesel fuel, and remarkably delayed at low load.
2. The point of maximum pressure was delayed with increase in temperature for diesel fuel, the maximum pressure decreased with increase in temperature for diesel fuel but increased with increase in load.
3. The brake specific fuel consumption(BSFC) decreased with increase in load, the optimum temperature of the heated fuel was about 150 °C .
4. The smoke emissions increased with increase in load and temperature for diesel fuel.

서 론

1970년대의 급격한 유가상승으로 수산, 해운업계는 선박의 연료비절감을 위하여 값이 싼 저질 중유를 사용할 수 있는 디젤기관의 개발을 추진하는 한편 이미 선박에 설치되어 있는 양질유를 사용하는 디젤기관에 저질중유 사용을 시도하여 왔다^{1)~4)}. 그 결과 상선의 경우 거의 대부분이 값이 싼 저질중유를 사용하게 되었다. 그러나 어선의 경우는 어로조건에 따라 기관부하의 변동이 심하므로 거의 전부가 양질유인 경우에만 의존하고 있는 실정이며, 일부 외국의 중, 대형 어선의 경우 경유와 저질중유의 혼합사용을 시도하고 있

다^{7)~10)}.

일반적으로 양질유를 사용하는 소형 어선용 디젤기관에 저질중유를 사용할려면 2개의 연료탱크와 유청정기 및 가열장치가 필요하게 되고, 양질유에서 저질중유로 변환시킬때 연료유온도와 연료유성상의 변화에 따른 성능의 변화가 있으리라 생각된다. 또한 연료탱크, 배관 및 유청정기등의 설치장소와 시설비가 문제된다. 그러나 양질유의 가열만으로 성능이 충분히 향상될 수 있다면, 시설비, 설치장소 및 저질중유 사용에 의한 장애등에 관계없이 어느정도 연료비절감이 가능하리라 생각된다.

따라서 본 연구에서는 양질유를 사용하는 디젤

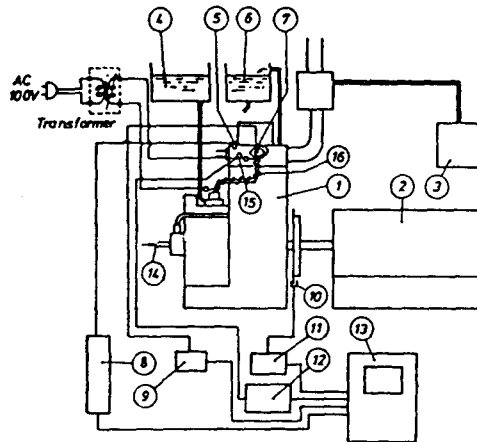
기관의 연료유를 가열할 경우 연소특성 및 기관 성능에 미치는 영향을 조사하기 위한 기초연구로서, 기존의 국산 소형 어선용 예연소실식 디젤기관의 사용 연료유인 경유를 50°C에서 200°C까지 가열했을 경우, 연소특성 및 기관성능에 미치는 영향에 관하여 조사하였다.

실험장치 및 실험방법

실험에 사용한 기관(중양철공소에서 제작)은 소형 어선용 수냉식 4행정사이클 예연소실식 디젤기관으로 그 제원은 Table 1과 같으며, 사용한 연료유는 상용 경유이다. Fig.1은 실험장치의 개략도이고, Fig.2는 실험에 사용한 디젤기관의 실린더 단면을 나타낸다.

Table 1. Engine specifications

Model	JAM-10
Number of cylinder	1
Combustion chamber	Precombustion chamber
Cylinder bore × stroke	96 × 105 mm
Rated output	5.8ps/1500 rpm
Compression ratio	15 : 1



- 1. Diesel engine
- 2. Electric dynamometer
- 3. Smoke meter
- 4. Fuel oil tank
- 5. Combustion pressure detector
- 6. Cooling water tank
- 7. Fuel injection timing detector
- 8. Dynamic strain meter
- 9. Amplifier
- 10. Piston position detector
- 11. Signal transformer
- 12. Amplifier
- 13. Combustion analyzer
- 14. Cooling water inlet
- 15. Ignition timing detector
- 16. Heater

Fig.1. Schematic diagram of experimental apparatus.

Table 2와 같은 운전조건하에서 연소특성 및 기관성능을 조사하기 위하여 다음과 같이 실험을 하였다. 먼저 기관을 시동하여 연료유 온도, 냉각수 온도, 기관회전수 및 기관출력등이 안정된 상태로 된 후에 모든 계측을 하였다. 기관의 출력은 전기동력계로 측정하였으며, 배기가스 중의 그을음농도는 smoke meter로 배기가스온도는 배기밸브와 인접한 배기관 중앙에 chromel-alumel 열전대를 부착하여 측정하였다.

한편 Fig.2에서와 같이 예연소실에서의 연소압력은 strain gauge식 전기저압기로 검출하였고, 연료분사시기는 연료분사밸브의 needle valve의 동작을 photocoupler로 검출하였으며, 착화시기는 예연소실에 부착된 관찰창에 의해 착화시 불꽃의 복사 강도를 phototransistor로 검출하였다. 또한 크랭크각도는 플라이휠일에 부착된 알루미늄판에 5도 간격으로 슬릿을 만들어 phototransistor로 검출하였다. 이와같이 검출된 모든 신호들의 출력을 오실로스코프상에 나타내어 사진촬영한 후에 분석하였다.

연료유의 가열은 연료유 고압분사관 위에 전열선(ϕ 0.9, 1.97 Ω/m)을 감아서 행하였다. 연료유 고압분사관의 전열선은 연료유 고압분사관

Table 2. Operating parameters of the engine

RPM	1500
Load	1.5, 3.0, 4.5, 6.0 ps
Fuel temp.	50, 100, 150, 200 °C
Injection pressure	100, 125, 150 kg/cm ²
Intake air temp.	22°C (±2°C)
Cooling water temp.	30°C (±2°C)

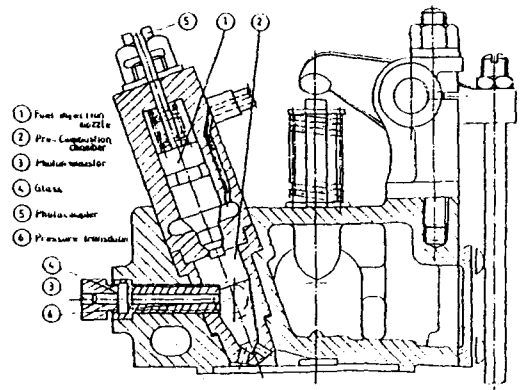


Fig.2. Cross section of cylinder head.

을 석면테이프를 감은 다음 약 1mm간격으로 감았으며, 그 위에 석면테이프를 감고 유리섬유로 방열처리를 하였다. 연료유 가열온도의 조절은 가열온도에 비하여 과다한 전류가 전열선에 흐르게 되면, 급격한 온도상승 때문에 일정한 온도유지가 어렵게 되므로 가열온도에 적합한 전류가 흐르도록 전압조절기로 조절한 후, 노즐홀더 입구에 부착한 chromel-alumel 열전대의 출력을 온도조절장치에 입력시켜 온도조절범위가 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 되도록 연료유 가열온도를 조절하였다. 한편 연료유 가열온도는 열전대로 측정된 노즐입구의 고압분사관 온도를 보정하여 실제 연료유온도로 하였다. 고압분사관의 온도와 연료유 온도와의 편차는 연료유온도 200°C 에서 약 5°C 정도였다.

결과 및 고찰

Fig.3은 연료유 분사압력이 $125\text{kg}/\text{cm}^2$ 일때 연료유 가열온도가 50, 100, 150, 200°C 일때의 분사시작점, 연소최고압력점 및 연소최고압력의 변화를 나타낸다. 그림에 의하면 분사시작점은 연료유의 가열온도 증가에 따라 부하에 관계없이 늦어지는 경향이 있으며, 동일 온도에서 부하에 따른 편차는 $1\sim 1.5^{\circ}\text{CA}$ 정도이다.

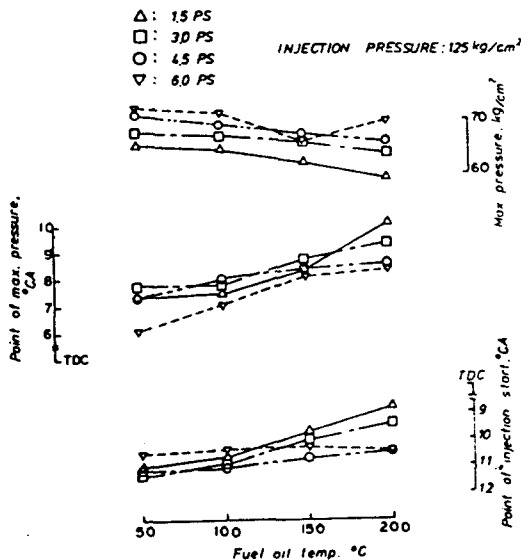


Fig.3. Effects of fuel temperature on combustion characteristics.

이는 연료유 온도증가로 인한 점도감소로 needle valve의 틈 사이로의 연료유누설 및 체적 팽창율의 증가때문이라 생각되며 부하에 따른 편차는 측정오차에 기인한다고 생각된다. 한편 연소최고압력점은 연료유 가열온도의 증가에 따라 늦어지는 경향이 있으며, 부하에 따른 편차는 연료유 가열온도 50°C 와 200°C 에서 2°CA , 150°C 에서 1°CA 로 150°C 부근에서 안정된 운전이 됨을 알 수 있다. 또한 연소최고압력은 연료유 가열온도의 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내고, 부하의 증가에 따라 증가하는 경향을 나타냄을 알 수 있다. 이는 연료유 가열온도의 증가에 따라 분사시작점이 늦어지지 때문에 연소최고압력점이 늦어지고, 이때 연소실의 체적 증가로 연소최고압력이 감소한다고 생각되며, 부하의 증가에 따라 연소최고압력이 증가하는 것은 분사량의 증가로 인하여 출력이 증가되기 때문에 연소최고압력이 증가한다고 생각된다.

Fig.4는 연료유 분사압력이 $125\text{kg}/\text{cm}^2$ 일때 부하 증가에 따른 착화지연, 연소최고압력점 및 연소최고압력의 변화를 나타낸다. 그림에 의하면 착화지연은 부하가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 연료유 가열온도에 따른 편차는 1°CA 정도이다.

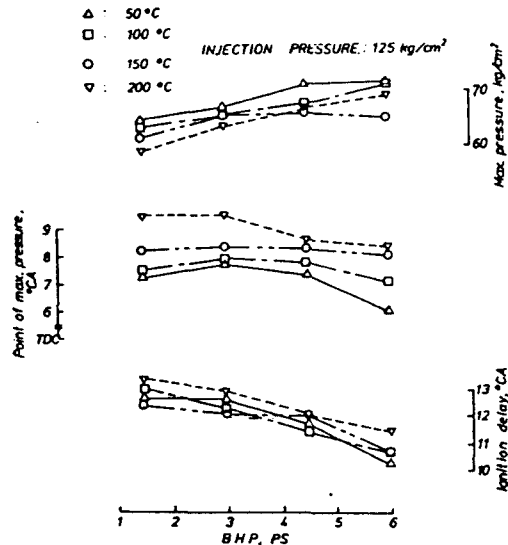


Fig.4. Relationship between load and combustion characteristics at different fuel temperatures (injection pressure: $125\text{kg}/\text{cm}^2$).

이는 부하가 증가함에 따라 연소실 분위기가 고온으로 되기 때문에 착화지연이 짧아진다고 생각되며, 연료유 가열온도에 따른 편차는 측정오차로 생각되며 확실한 경향은 알 수 없다. 한편 연소최고압력점은 부하가 증가함에 따라 빨라지는 경향을 나타내고 있으며, 연소최고압력은 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이는 부하가 증가함에 따라 착화지연이 짧아지기 때문에 연소최고압력점이 빨라지며, 연소최고압력은 연료유 분사량이 증가하여 연소시의 발열량의 증가와 연소최고압력점이 빨라지기 때문에 상승한다고 생각된다.

Fig.5는 BHP가 4.5ps 일때 연료유 분사압력 100, 125, 150 kg/cm²에 따른 분사시작점, 연소최고압력점 및 연소최고압력을 나타낸다. 그림에 의하면 분사시작점은 연료유 분사압력이 증가함에 따라 늦어지는 경향을 나타내고 있으며, 연료유 가열온도에 의한 영향은 미미하다.

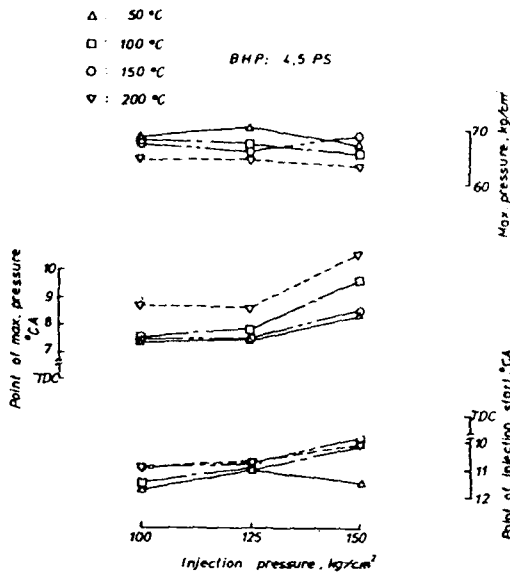


Fig.5. Relationship between injection pressure and combustion characteristics(BHP : 4.5 ps).

이는 분사압력이 증가할수록 분사개시압력이 형성되는 시간이 길어지며, 연료유 가열온도에 의한 압력의 변화는 작기때문이라고 생각된다. 한편 연소최고압력점은 분사압력이 증가할수록 늦어지며 연소최고압력은 감소하는 경향을 나타

내고 있다.

Fig.6은 연료유 분사압력이 125kg/cm²일때 부하의 증가에 따른 연료소비율, 배기가스온도 및 그을음농도의 변화를 나타낸다. 그림에 의하면 연료소비율은 부하가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이는 부하가 증가함에 따라 연료유 분사량의 증가로 연소시 발열량이 증가하기 때문에 연소실은 고온, 고압의 분위기로 되어 연소조건이 향상되어 연료소비율이 감소한다고 생각된다. 한편 연료유 가열온도의 변화에 따른 연료소비율은 연료유 가열온도 150°C에서 가장 작은 경향을 나타내고 있다. 따라서 본 실험기관에서의 경유의 최적가열온도는 150°C 부근이라고 생각된다. 한편 배기가스온도와 그을음농도는 부하가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이는 부하가 증가함에 따라 연료유 분사량

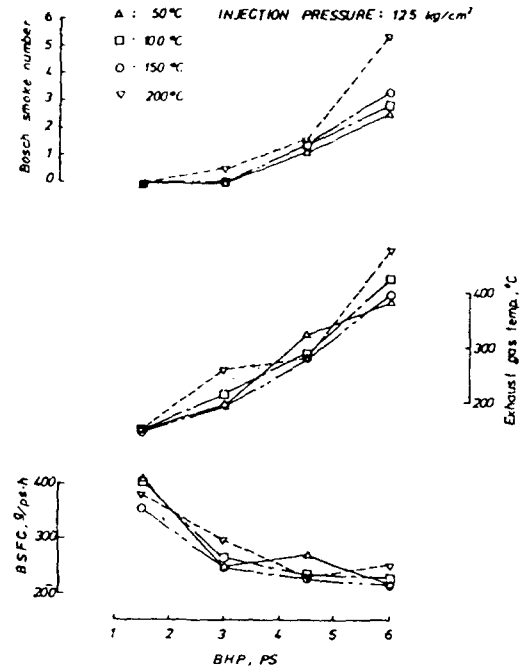


Fig.6. Relationship between load and engine performance at different fuel temperatures (injection pressure : 125 kg/cm²).

이 증가하여 연소시 발열량이 증가함과 동시에 후연소의 증가로 배기가스온도가 증가한다고 생각된다. 한편 그을음농도는 부하와 연료유 가열온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내고

사된 연료유는 고온의 가스중 산소의 결핍으로 완전연소를 하지 못하고 배기관으로 배출되므로 증가한다고 생각되며, 연료유 가열온도가 증가함에 따라 그을음농도가 증가하는 것은 고온의 분위중의 고온의 연료는 일부분이 열분해, 축합 및 중합반응에 의해 국소적으로 그을음이 많이 형성되기 때문이라고 생각된다.

요 약

국산 소형어선용 예연소실식 디젤기관의 연료유를 가열할 경우, 연소특성 및 기관성능에 미치는 영향에 관하여 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 연료유 분사시작점은 연료유 가열온도의 증가에 따라 늦어지는 경향을 나타냈으며, 특히 저부하 운전시 늦어지는 경향이 현저했다.
- 2) 연소최고압력점은 연료유 가열온도의 증가에 따라 늦어졌으며, 연소최고압력은 연료유 가열온도 증가에 따라 감소하였으나 부하의 증가에 따라 증가하는 경향을 나타냈다.
- 3) 연료소비율은 부하의 증가에 따라 감소하였으며, 연료소비율이 가장 작은 연료유의 최적가열온도는 150℃부근임을 나타내고 있다.
- 4) 그을음농도는 부하와 연료유 가열온도의 증가에 따라 증가하는 경향을 나타냈다.

참고문헌

1. Thomas, F.J. et al.(1984) : Medium-speed Diesel Engines : Part I -Design Trends and

the Use of Residual/Blended Fuels. Trans ASME 106, 860-878.

2. 山崎信行 外2名(1983) : 燃料の加熱がディーゼル機関の噴霧特性と性能に對して及ぼす影響. 日本機械學會論文集(B編) 49(444), 1810-1818.

3. Tadashi Murayama et al.(1986) : Effects of Super Heating of Heavy Fuels on Combustion and Performance in DI Diesel Engines. SAE 860306.

4. 鹽出敬二郎・辻 歌男(1982) : 小形ディーゼル機関による低質重油の燃焼實驗について. 日本舶用機關學會誌 17(8), 579-586.

5. 末次秀雄 外4名(1985) : 高速舶用ディーゼル機関における低質油の燃焼と燃料噴射について. 日本舶用機關學會誌 20(5), 299-312.

6. 近藤博美 外4名(1987) : 中速ディーゼル機関における低質油燃焼での煙濃度. 日本舶用機關學會誌 22(3), 219-225.

7. 小田健一(1985) : 漁船エンジンにおける低質燃料の使用について. 日本舶用機關學會誌 20(1), 40-45.

8. 張瓏 外4名(1986) : 高速ディーゼル機関におけるA/Cブレンド油の燃焼. 日本舶用機關學會誌 21(2), 758-767.

9. 西野正見 外3名(1986) : 小形ディーゼル機関における低質重油の使用について(3). 下關水産大研報 25(324), 9-18.

10. 安秀吉・高大權(1987) : 소형어선용 디젤기관의 혼합연료유 연소에 관한 연구. 韓國漁業技術學會誌 23(2), 26-33.