

선박의 연료소모량 절감을 위한 항해 속력에 관한 연구

김순갑* · 이윤석** · 공길영** · 김종필*** · 정창현****†

*, ** 한국해양대학교, *** 한국해양대학교 실습선, **** 목포해양대학교

A Study on the Ship's Speed for Reducing the Fuel Oil Consumption in Actual Ships

Soon-Kap Kim* · Yun-Sok Lee** · Gil-Young Kong** · Jong-Pil Kim*** · Chang-Hyun Jung****†

*, ** Korea Maritime University, Busan, 606-791, Korea

*** Training Ship, Korea Maritime University, Busan, 606-791, Korea

**** Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : 최근 국제 원유가의 폭등으로 선박의 연료비 부담이 상대적으로 가중되고 있으며, 또한 연료의 연소과정에서 발생하는 온실가스 에 대한 국제적 규제 움직임도 가속되고 있다. 이와 같은 상황에서, 온실가스의 배출을 최소화 하면서 연료소모량을 줄이기 위해 많은 선사들이 감속운항을 취하고 있으며, 선박용 엔진 개발 분야에서는 엔진의 연료 효율성 개선 문제와 대체에너지 사용 분야에 주력하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 실제 해상에서의 선속대비 연료소모량을 계측하고, 건조과정에서 실시된 육상 엔진실험 자료와 2007~2009년까지의 AB-LOG를 분석하여, 특정 외력조건에서의 대상선박에 대한 연료소모량을 고려한 최적의 속력을 14~15노트, 주기관의 RPM을 140~150 RPM으로 제안하였다.

핵심용어 : 연료비, 온실가스, 연료소모량, 감속운항, 최적 속력, RPM

Abstract : Recently, due to the rapid rise of the international oil price, the burden of fuel oil expense is relatively increasing in a ship. And the international restriction of the greenhouse gas which was generated from the burning of fuel oil is also rapidly strengthened. Therefore, to reduce the greenhouse gas and fuel oil consumption, many shipping company adopted the low speed navigation and it was focused on the improvement of fuel consumption efficiency and the usage of alternative energy in the marine engine development field. In this paper, the fuel oil consumption according to the ship's speed was measured in the actual seas and analyzed the ship test results in the shipyard and the ship navigation data from the abstract log. And then it was proposed that the ship's economic speed was 14~15kts and the optimum rpm was 140~150 in specific sea conditions.

Key Words : Fuel oil expense, Greenhouse gas, Fuel oil consumption, Low speed navigation, Economic speed, Optimum rpm

1. 서 론

일반적으로 선박의 운항에 소요되는 직접경비는 선박의 크기, 종류, 항행구역, 속력 등에 따라 다소 차이는 있지만, 연료비가 차지하는 비율이 50~60%에 달하는 것으로 알려져 있다(김, 2009).

최근 국제 유가의 폭등으로 연료비에 대한 부담이 상대적으로 가중되고 있으며, 또한 연료의 연소과정에서 발생하는 온실가스에 대한 국제적 규제에 대한 움직임도 가속되고 있다.

국제해사기구(IMO)는 2008년 3월, 제57차 해양환경보호위원회(MEPC)에서 선박으로부터의 이산화탄소 배출 감축에 대하

여 집중 논의 하였으며, 그 대표적인 내용으로는 ① 기후변화협약 관련 규정의 적용 대상선박, ② 신조선 에너지효율 설계지수(Energy Efficiency Design Index; EEDI) 기준, ③ 현존선 에너지효율 운항지수(Energy Efficiency Operational Indicators; EEOI) 기준, ④ 탄소세와 배출권 거래와 같은 시장적 제도의 도입, ⑤ 이산화탄소 배출 저감을 위한 선박 운항방법 등이 이에 해당된다(부산광역시, 2010).

MEPC는 이상과 같은 운항 측면에서의 조치와 기술 측면에서의 조치 내용을 해양오염방지협약(MARPOL)에 반영할 계획이다. 그리고 각 국의 항만당국은 입출항 선박의 EEOI 충족 여부를 감시하여 기준에 미달되는 선박에 대해서는 입출항에 제한을 가할 계획이며, 현재 운항중인 선박들은 EEOI 충족 문제가 시급한 현안으로 되어 있다(임, 2011).

* 대표저자 : 종신회원, soonkap@hhu.ac.kr, 051-410-4233

† 교신저자 : 종신회원, hyon@mmu.ac.kr, 061-240-7182

임과 조(2008)는 선박 전과정평가(Life Cycle Assessment; LCA)를 위한 실습선 배기가스 인벤토리 분석에서 LCA 연구를 선박에 적용하여 선박 운항 중 발생하는 이산화탄소를 포함한 유해물질을 정량적으로 분석하였으며, 한과 임(2010)은 선박의 정박기간 동안 육상전력을 이용하여 저감되는 이산화탄소량과 그에 따른 비용절감 효과를 분석하였다.

선사들은 온실가스를 줄이면서 동시에 연료소모량을 줄이기 위한 방안으로 선박의 감속 운항을 취하고 있으며, 선박용 엔진 개발 분야에서는 엔진의 연료 효율성 개선 문제와 대체에너지 사용 분야에 주력하고 있다. 하지만, 운항 선박에서의 선박용 엔진의 연료소모량에 대한 체계적인 실선 실험이 현실적으로 곤란하므로 육상에서의 엔진 실험(Shop test)과의 비교 연구도 어려운 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 선박에서의 실질적인 연료소모량 절감 방안으로 실제 해상에서 선속대비 연료소모량을 계측하여 육상 엔진 실험과 비교·분석함으로써 대상 선박의 연료소모량을 최소화 할 수 있는 최적의 운항 속력과 RPM을 제시하고자 한다.

2. 대상선박의 제원 및 계측방법

2.1 대상선박의 제원

실선 시험 대상인 한바다호는 한국해양대학교의 실습선이며, Table 1은 한바다호의 주요 제원을 나타내고, Fig. 1은 일반배치도를 보여주고 있다. 대상선박은 수면 상부의 구조물이 상대적으로 큰 면적을 차지하는 여객선형의 선박이다.

Table 1. General particulars of training ships

Items	Dimensions
LOA(LOA)	117.2 m
Breath	17.8 m
Mean draft	5.9 m
Displacement	6,434 ton
Max. speed	19.0 kts
Service speed	17.5 kts
Main engine MCR(100%)	8,130 BHP × 176 RPM
Main engine NCR(85%)	6,910 BHP × 167 RPM
Transverse projected area	300 m ²
Lateral projected area	1,480 m ²

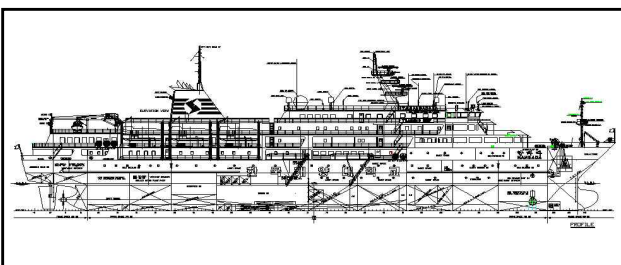


Fig. 1. General arrangement of T.S. HANBADA.

Table 2는 한바다호의 주기관(Main engine) 텔레그래프(Telegraph)의 단계별 RPM(Revolution per minute)을 나타내고 있다. Table 1과 Table 2에서 알 수 있듯이, 한바다호는 MCR(Maximum Continuous Rating)이 176 RPM, NCR (Normal Continuous Rating)이 167 RPM 그리고 Maneuvering Full이 120 RPM이다.

Table 2. Main engine RPM of telegraph

Steps	Dead Slow	Slow	Half	Full
RPM	60	80	100	120

2.2 연료소모량 계측방법

연료소모량 계측 방법은 Fig. 2와 같이 F.O(Fuel Oil) 탱크에서 엔진에 유입되는 유량을 Flow meter를 통하여 정량적으로 계측하였다. 주기관으로 공급되는 연료는 Flow meter를 통하여 공급되므로 기준시간 동안 사용된 연료의 양이 산출 가능하다.

RPM은 120부터 175까지 5 RPM씩 올려가며 단계적으로 계측하였으며, 각 단계별 계측시간은 2시간으로 하였다. 또한, 정확도를 높이기 위하여 다음 단계의 RPM에 대한 계측은 RPM을 높인 후 약 30분이 지난 이후에 계측을 시작하였다.

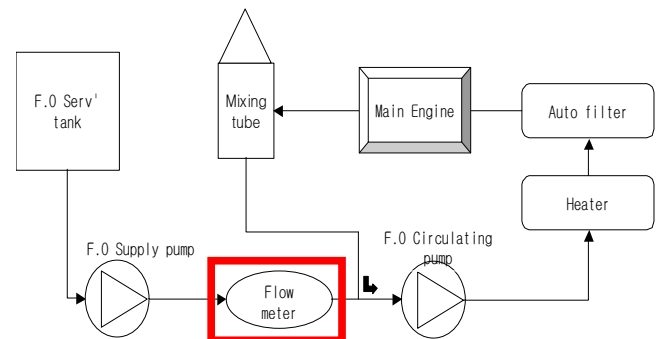


Fig. 2. Diagram for measurement method.

선속별 연료소모량 계측을 위해 기관실과 선교에서 다음 사항들을 각각 관측 또는 측정하였다.

- ① 기관실 : RPM, 부하변동(Engine load), 연료소모량
- ② 선교 : 위치, 선속, 침로, 풍향/풍속, 파향/파고, 해류

또한, 선속별 연료소모량 계측 시에는 다음의 사항들에 주의를 기울여 정확하고 신뢰성 높은 데이터를 얻고자 하였다.

- ① 가급적 외력 조건은 동일하게 유지(파도와의 만남각, 상대 풍향 등)
- ② RPM을 가급적 일정하게 유지
- ③ 기관에 사용되는 연료량만을 계측(발전기, 보기 등은 다른 연료 탱크 사용)

3. 연료소모량에 영향을 주는 요소

선박의 경제 운항 척도는 과거에는 최적의 항로를 따라 최단시간에 목적지에 입항하는 것이라면, 최근에는 유가 급등으로 인해 연료소모량을 고려한 경제 운항 속도 선택이 중요한 척도로 인식되고 있다.

연료소모량이 적은 고효율 엔진에 대한 관심이 점차 고조되고 있으나, 실제 해역에서 발생 가능한 부하변동에 따른 선속별 연료소모량에 대한 관련 자료가 부족하여, 선박 운항자가 당시의 해상상태에서 적정한 속력을 유지하여 경제적인 운항을 할 수 있는 판단지표가 없는 실정이다.

Fig. 3은 실습선 한바다호의 2007~2009년까지의 원양항해 기간 중 출항지에서 다음 기항지 사이의 항해 중 연료소모량을 나타낸 것이다.

기항지간 거리가 짧은 경우에는 약 300마일에서 긴 경우에는 3,000마일이 넘는 경우도 있었다. 3,000마일 부근에서는 기항지간 거리가 유사한 경우이지만, 연료소모량에서는 차이가 약 50 kl에 이르고 있다.

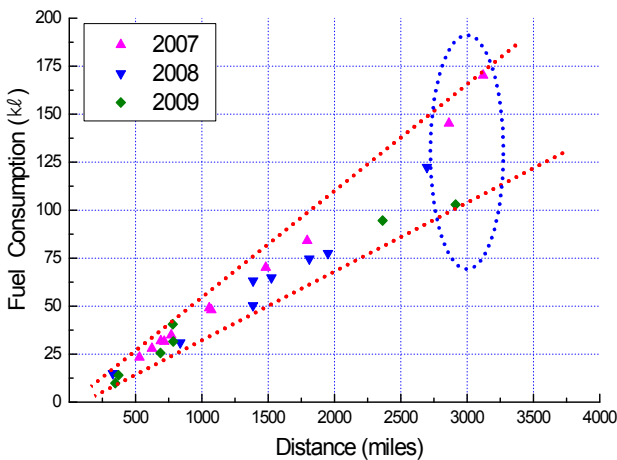


Fig. 3. Fuel consumption with distance on T.S. HANBADA.

이와 같은 차이는 두 기항지 사이의 일정한 거리에 대하여 서로 다른 운항속력으로 항해를 하였거나, 바람, 조류, 해상상태, 외판의 오손 등 외부적 저항이 서로 상이하여 발생된 것으로 판단된다.

일반적으로 선박용 엔진의 유효 마력은 선박의 저항과 선속의 곱으로 표현되고, 선박의 저항이 선속의 제곱에 비례하므로 결국 연료소모량은 선속의 3승에 비례하고, 속력이 일정할 경우 배수량의 2/3에 비례한다. 이를 식으로 나타내면 식(1)과 같다(길 등, 2006).

$$Q \approx RV \approx D^{\frac{2}{3}} V^3, \quad Q = C_Q (D^{\frac{2}{3}} V^3) \quad (1)$$

여기서, Q : 연료소모량, V : 선속
 R : 선체 저항, D : 배수량
 C_Q : 연료소모량 계수

또한, 실제 해상에서는 다양한 변수로 인하여 선박 속력이 감소되는데, 이러한 요소들로 인하여 발생하는 선박의 성능저하량(δx)은 식(2)와 같이 표현할 수 있다(Tsujimoto and Naito, 1998).

$$\delta x = \delta x_{age} + \delta x_{fouling} + \delta x_{wave} + \delta x_{wind} + \delta x_{current} \quad (2)$$

여기서, δx_{age} : 경년노화로 인한 성능저하량
 $\delta x_{fouling}$: 생물오손으로 인한 성능저하량
 δx_{wave} : 파랑으로 인한 성능저하량
 δx_{wind} : 바람으로 인한 성능저하량
 $\delta x_{current}$: 해류로 인한 성능저하량

이와 같이 연료소모량은 운항속도와 선박의 경년노화, 외판의 오손, 파랑, 바람, 해류 등과 같은 저항과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있는데, 선박의 성능저하량에 대해서는 추후 검토할 예정이며, 본 논문에서는 선속별 연료소모량을 실측하여 최적의 선속 또는 출력(RPM)을 계산하고자 한다.

일반적으로 일정한 거리를 선박이 운항할 경우 최대속력으로 항해하는 것보다 감속하여 항해하는 것이 소요 항해일수는 증가되지만 연료소모량은 감소한다. 실선에서의 선속별 연료소모량이 확인되면, 감속 운항의 경우 소요항해 일수 증가를 ΔD , 연료소모량의 절감을 ΔB 라 하면 식(3)과 같이 정량화할 수 있다.

$$\Delta D = \frac{L}{24} \left[\frac{1}{V} - \frac{1}{V_0} \right], \quad \Delta B = L \left[\frac{B_0}{V_0} - \frac{B}{V} \right] \quad (3)$$

여기서, L : 운항거리(mile), V_0 : 상용속력(knot)
 V : 감속한 속력(knot)
 B_0 : 상용속력 시 연료소모량(ℓ /hour)
 B : 감속한 속력에서의 연료소모량(ℓ /hour)

4. 실선계측 자료 분석

4.1 실선시험 조건

실선시험은 2008년도 전반기 원양항해 중인 5월 11일과 5월 19일 2일간 실시되었다. Table 3 및 Fig. 4에서와 같이 1차 실험은 대상선박이 남중국해(South China Sea)에서 남서 방향으로 항해하면서 계측되었으며, 2차 실험은 반대로 북동 방향으로 항해하면서 조사되었다.

1차 실험은 실험 개시 후 종료시까지 총 24.5시간이 소요되었고, 그 동안 346마일 진행하였으며, 2차 실험은 총 14.5시간이 소요되었으며, 257마일 항진하였다.

실험 당시의 기상 조건으로는 1·2차 모두 풍속 10노트 이하(풍향풍속계 관측), 파고 0.5m 이하(목측에 의한 측정)로 작용하였으며, 실험기간 동안에는 큰 변화가 없었다. 또한, 해류(Current)의 경우 대지속력과 대수속력과의 비교 및 Routeing

Chart를 참고하였으며, 1차에서는 선박의 진행방향에 대하여 역방향 그리고 2차에서는 순방향으로 작용하였고, 이러한 실선시험 당시의 조건은 Table 3과 같다.

Table 3. Condition of real ship test

Items	Test 1	Test 2
Date	2008. 5. 11	2008. 5. 19
Position	13-51N, 114-06E	05-04N, 106-36E
Course	221°	039°
Wind	NW, 10 kts	S, 7 kts
Wave	NW, 0.5 m	S, 0.5 m
Current	NE, 0.5 kts	NE, 0.5 kts

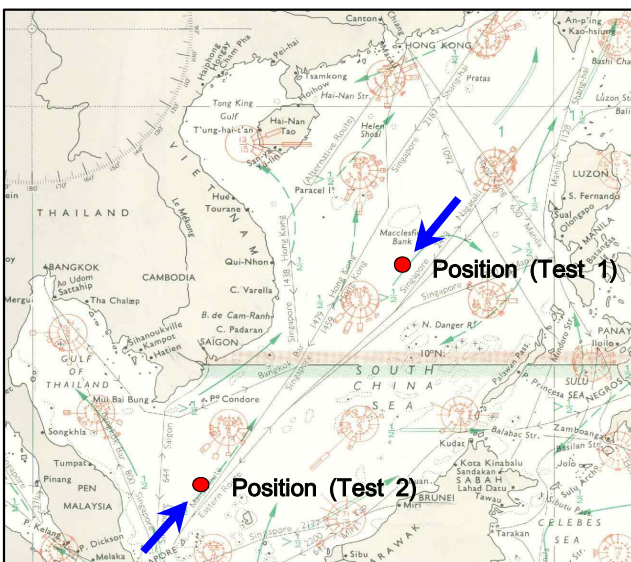


Fig. 4. Position of real ship test.

4.2 실선계측

Table 4와 Table 5는 1차 실험에서의 RPM별 연료소모량, 선속 및 부하량(Load)을 나타내고, Table 6은 2차 실험에서의 RPM별 연료소모량, 선속 및 부하량을 나타내고 있다.

1차 실험에서는 120 RPM부터 165 RPM까지 5 RPM 간격으로 측정하였으며, 2차 실험에서는 155 RPM부터 연속최대출력(MCR)에 가까운 175 RPM까지 측정하였다.

여기에서 연료소모량은 F.O 탱크에서의 연료유 온도 85 °C인 경우를 기준으로 측정된 값이며, 속력은 대지속력(Speed over ground)을 의미한다.

Table 4. Fuel consumption with engine rpm(5/11-1)

RPM	120	125	130	135	140
Fuel Cons. (kl/hr)	0.326	0.369	0.417	0.480	0.528
Speed (kts)	11.5	13.0	13.5	14.0	14.25
Load (%)	25.9	29.1	33.2	37.8	43.0

Table 5. Fuel consumption with engine rpm(5/11-2)

RPM	145	150	155	160	165
Fuel Cons. (kl/hr)	0.586	0.654	0.745	0.864	0.936
Speed (kts)	14.5	14.75	15.0	15.25	15.5
Load (%)	47.0	54.7	63.5	72.6	80.9

Table 6. Fuel consumption with engine rpm(5/19)

RPM	155	160	165	167	170	175
Fuel Cons. (kl/hr)	0.641	0.706	0.794	0.818	0.875	0.947
Speed (kts)	17.1	17.3	17.7	17.9	18.1	18.2
Load (%)	53.2	59.1	65.7	68.3	73.9	88.8

4.3 실선계측 자료 분석

Table 4~6까지의 실선 계측한 결과와 대상선박의 건조과정에서 실시된 육상 엔진 실험 자료(Shop test) 그리고 2007~2009년까지의 AB-LOG(Abstract log)를 분석하여 연료소모량과 선속, RPM, 부하량(Load) 등과의 상관관계를 분석하였다.

여기에서, 2007~2009년까지의 자료는 원양항해 기간 중 기항지 출항에서부터 다음 기항지 입항까지의 운항자료를 의미하며, 매항기 3~4개항을 기항하였다.

1) 선속과 연료소모량

연료소모량은 일반적으로 속력의 3제곱에 비례하여 증가하는데, 이는 속력구간에 따라 다소 차이가 날 수 있는 것으로 알려져 있다. Fig. 5는 선속에 따른 연료소모량과 속력의 3제곱 그래프를 함께 나타낸 것으로, 해당 실선시험에서도 속력에 따른 연료소모량이 다소 차이가 있음을 확인할 수 있다.

또한, 5월 11일과 19일의 속력에 따른 연료소모량 차이와 2007~2009년의 속력에 따른 연료소모량 자료에서 알 수 있듯이 동일한 속력일지라도 연료소모량에는 큰 차이를 보이고 있다. 이는 각기 다른 외력조건에서 동일한 속력을 얻기 위해 엔진의 출력을 달리했기 때문으로 판단된다.

5월 11일 자료는 하루 동안 거의 동일한 외력조건에서 실시된 실험이기 때문에 속력 단계별 연료소모량 비교가 가능하다. 그림에서 14노트 이후에는 연료소모량이 3배로 급증함을 알 수 있으며, 속력의 3제곱 그래프와도 비교해 볼 때 해당 구간에서는 연료소모량이 급증하고 있음을 알 수 있다.

또한, 식(1)로부터 속력별 연료소모량 계수(C_Q)를 구할 수 있는데, 이는 연료소모량이 속력의 3제곱에 비례하지만 속력별 차이가 있음을 확인할 수 있는 지수이다. Fig. 6에서 보면 5월 11일의 경우에는 속력이 13~14노트일 때 연료소모량 계수가 최저치를 나타내고 있으며, 5월 19일에는 5월 11일보다 훨씬 작은 값을 나타내고 있는데, 이는 순방향의 외력을 받았기 때문인 것으로 판단된다.

따라서, 5월 11일과 같은 외력조건에서는 속력에 따른 연료소모량이 급격하게 증가하고, 연료소모량 계수가 최저치를 나타내는 14노트를 대상선박에 대한 최적의 속력으로 제안한다.

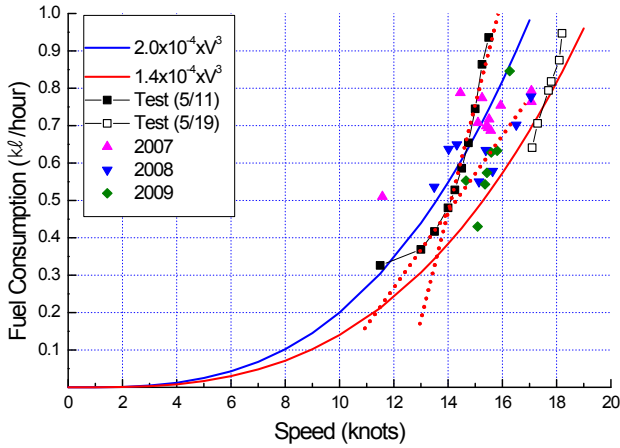


Fig. 5. Fuel consumption with ship's speed.

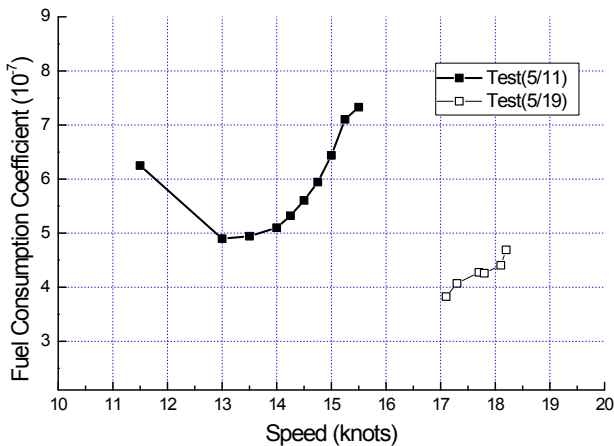


Fig. 6. Fuel consumption coefficient with ship's speed.

2) RPM과 연료소모량

Fig. 7은 주기관의 RPM에 따른 연료소모량을 나타낸 것으로 150 RPM 이후에 연료소모량이 2배로 커지는 경향을 보이고 있다. 따라서 150 RPM을 연료소모량을 고려한 최적의 RPM으로 보며, 이는 Table 7에서 제시하고 있는 육상 엔진 실험(Shop test) 결과와 비교적 유사한 결과이다.

Table 7. Engine shop trial data

Eng. load (%)	25 %	50 %	75 %	85 %	100 %	110 %
Eng. output (BHP)	2,033	4,065	6,098	6,911	8,130	8,943
Eng. speed (RPM)	110.9	139.7	159.9	166.7	176.0	181.7
Fuel cons. (ℓ/hour)	296	550	818	932	1,121	1,265

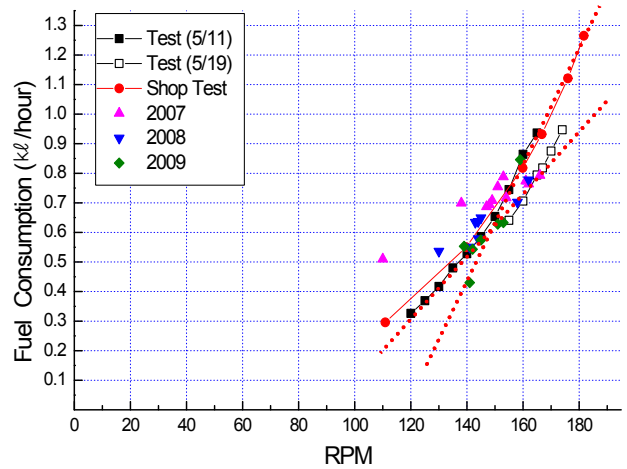


Fig. 7. Fuel consumption with main engine RPM.

3) RPM과 선속

Fig. 8은 주기관의 RPM 증가에 따른 선속 증가를 나타낸 것으로, 5월 11일 실험 자료에 따르면 140 RPM 이후 비교적 완만한 증가세를 보이고 있다. 동일한 RPM에서 5월 11일과 5월 19일의 속력 차이가 발생한 원인은 Table 4에서와 같이 당시의 해류 및 바람의 영향으로 판단된다.

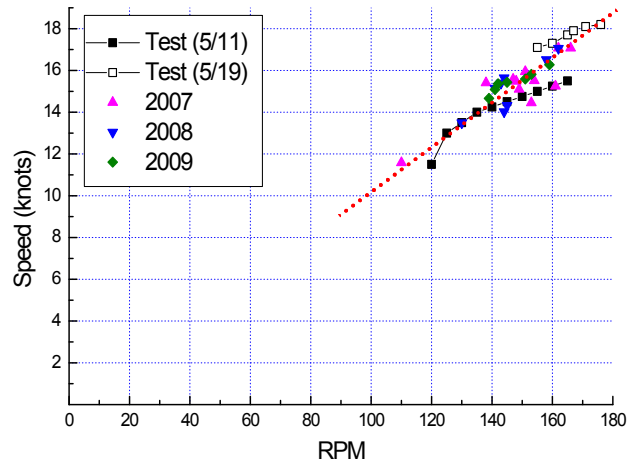


Fig. 8. Ship's speed with main engine RPM.

4) 부하량과 연료소모량

Fig. 9는 주기관의 부하증가에 따른 연료소모량 증가를 나타낸 것으로, 주기관의 출력에 따른 부하량 증가는 연료소모량과 정비례하고 있음을 알 수 있다.

선박에서의 부하(Load)는 주기관의 출력과 바람 및 파랑, 조류 및 해류, 선체 외관의 오손 등이 모두 복합된 것이므로 이러한 요소들을 줄임으로써 연료소모량을 줄일 수 있다.

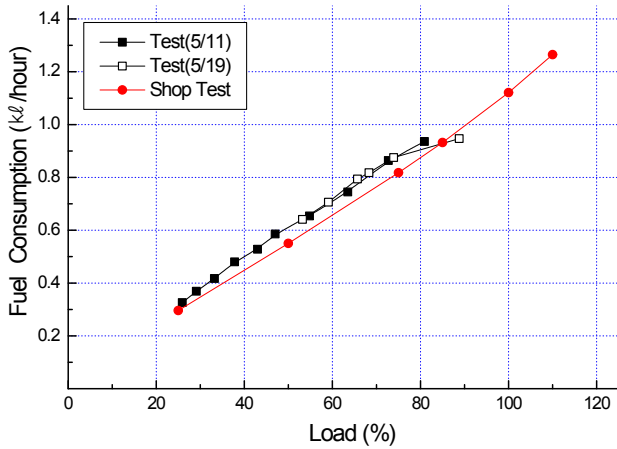


Fig. 9. Fuel consumption with main engine load.

5) RPM과 부하량

Fig. 10은 주기관의 RPM에 따른 부하량 증가를 나타낸 것으로, 5월 11일 실험에서는 150 RPM에서 부하량이 2배 이상 급증하는 것으로 나타났다. 5월 19일에는 160 RPM 이상에서 급증하는 것으로 나타났는데, 이는 순방향의 외력을 받아 주기관 출력에 의한 부하량이 오히려 감소되었기 때문이다.

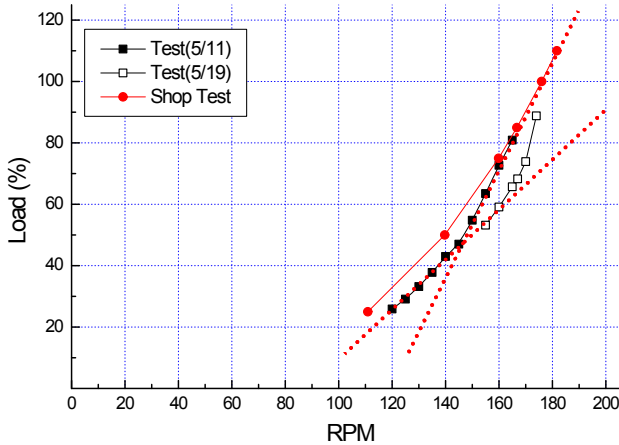


Fig. 10. Main engine load with RPM.

이상의 결과를 바탕으로 대상선박의 연료소모량을 고려한 최적의 속도 및 RPM을 유추해 보면, Table 3의 Test 1과 같은 외력조건하에서는 선박의 속도를 14~15노트, 주기관의 출력을 140~150 RPM으로 유지하는 것이 가장 효율적인 것으로 확인되었다.

하지만, 선박은 운항 중 다양한 외력 조건에 처하게 되므로 이러한 축적된 운항데이터를 활용하여 상황별 최적의 속도 및 RPM의 제시가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

Fig. 11은 Test 1과 같은 외력조건에서의 연료소모량을 바탕으로 대상 선박의 임의 항해거리에 따른 속도 및 RPM별 연료소모량을 나타낸 것이다.

총 마일을 해당 속력으로 나누면 총 소요시간이 계산되고,

총 소요시간에 계획된 속도별 시간당 연료소모량으로 곱하면 총 연료소모량이 산출된다. 예를 들어 대상선박이 원양항해 시 대략 8,000마일을 항해하는데, 140 RPM(14 kts)을 유지하여 항해를 하게 되면 약 571시간이 소요되고, 여기에 Table 4~6에서 제시되고 있는 해당 RPM에서의 시간당 연료소모량인 0.528 kl를 곱하면 약 300 kl가 소모되며, 150 RPM(15 kts)으로 항해하면 약 533시간이 소요되고, 여기에 해당 RPM에서의 시간당 연료소모량인 0.654 kl를 곱하면 약 350 kl가 소모된다. 따라서 140 RPM으로 항해를 하게 되면 150 RPM으로 항해하는 것보다 약 50 kl의 연료유를 절약할 수 있으며, 160 RPM을 유지할 경우보다는 110 kl의 연료유가 절약됨을 알 수 있다.

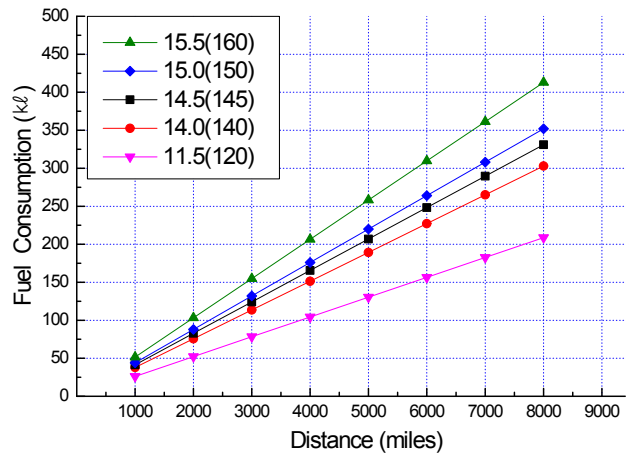


Fig. 11. Estimated fuel consumption with distance.

5. 결론

본 연구에서는 실선계측 결과를 바탕으로 특정한 외력조건에서의 대상선박의 연료소모량을 고려한 최적의 속도 및 RPM을 제안하였다.

- 1) 연료소모량은 주기관의 부하량에 정비례하는 것으로 확인되었으며, 주기관의 부하량은 150 RPM에서 급증하는 것으로 나타났다. 또한, 주기관의 RPM 증가에 따른 연료소모량 계측 결과에서도 150 RPM 이후에 연료소모량이 급증하는 경향을 보였다.
- 2) 선속에 따른 연료소모량 분석에서는 14노트 이후 연료소모량이 급증하였으며, 주기관의 RPM 증가에 따른 선속 계측 결과에서는 140 RPM 이후 선속이 비교적 완만한 증가세를 보였다.
- 3) 특정 외력조건에서 대상선박의 연료소모량을 고려한 최적의 속력은 14~15노트이고, 주기관의 RPM은 140~150 RPM인 것으로 확인되었으며, 선박은 운항 중 다양한 외력 조건에 처하게 되므로 축적된 운항데이터를 활용하여 상황별 최적의 속도 및 RPM의 제시가 추가적으로 요구된다.

본 연구는 특정 운항 선박을 대상으로 실제 해상에서의 선속 대비 연료소모량을 실측하여 최적의 선속 또는 출력을 제안하였다. 이러한 연구 결과는 궁극적으로 선박 경영자 측면에서는 운항비 절감이라는 기대 효과를 유발할 수 있고, 부수적으로는 연료소모량이 적은 고효율 엔진에 대한 국내 기술 개발을 촉진하는 파급효과를 가져올 수 있다.

또한 선속 대비 연료소모량에 대한 추정 방법이 일반화될 경우, 단순한 출력 대비 항행 속력이 아닌 연료소모량이 엔진의 적정 규모를 결정하는 중요한 요소로 활용되는데 기여할 수 있으며, NCR 전후 상태에서 연료소모량을 최소화할 수 있는 엔진 설계 연구에도 응용이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 길병래, 김정렬, 전효중, 조권희, 이돈출(2006), 축계장치와 프로펠러, 대진문화사, pp. 178-186.
- [2] 김정미(2009), 선박에 친환경 입한다, 해양한국, 9월호, pp. 38-41.
- [3] 부산광역시(2010), 항만물류시설, 선박, 컨테이너 수송차량 등에 대한 온실가스 감축방안 연구, pp. 32-34.
- [4] 임남균, 조호진(2008), 선박 전과정평가를 위한 실습선 배기가스 인벤토리 분석, 한국항해항만학회지, 제32권, 제1호, pp. 29-35.
- [5] 임종관(2011), 온실가스 규제가 해운에 미치는 영향, 해양한국, 4월호, pp. 158-160.
- [6] 한원희, 임경선(2010), 육상전력 사용에 따른 정박중인 선박의 CO₂ 배출 및 운항비용 절감에 관한 연구, 해양환경안전학회지, 제16권, 제2호, pp. 229-234.
- [7] TSUJIMOTO, M. and S. NAITO(1998), Evaluation on Ship Performance in Actual Seas - Ship Speed, Fuel Oil Consumption and Main Engine Power, Journal of Kansai Society of Naval Architects, Japan, No. 229, pp. 69-78.

원고접수일 : 2011년 07월 29일

원고수정일 : 2011년 11월 08일 (1차)

2011년 11월 14일 (2차)

게재확정일 : 2012년 02월 23일