

## 트롤어선의 예망속도 향상을 위한 추진기 구조개선

홍진근 · 강일권<sup>1</sup> · 김형석<sup>1</sup> · 정성재<sup>2\*</sup>

동원산업 (주) 부산지사, <sup>1</sup>부경대학교 해양생산시스템관리학부, <sup>2</sup>국립수산과학원 시스템공학과

### **Redesigning nozzle propeller of trawl vessel for improving towing speed**

**Jin-Keun HONG, Il-Kwon KANG, Hyung-Seok KIM and Seong-Jae JEONG<sup>2\*</sup>**

*Dongwon Industries Co., Ltd., Wonyang Plaza 3rd Fl., Amnam-Dong, Seo-Gu, Busan 602-833, Korea*

*<sup>1</sup>Department of Marine Production System Engineering, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

*<sup>2</sup>Fisheries System Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute,  
Busan 619-705, Korea*

Fishing efficiency of a trawl vessel can be enhanced by increasing the swept area per unit time, which can be attained either by increasing the mouth size of the net, or by increasing the towing speed. To improve fishing and fuel efficiency of trawl vessels targeting fishes of greater mobility, in which the towing speed is more critical in determining fishing efficiency, we conducted a series of model tests to evaluate the performance of the newly-designed nozzle propeller before installing it in a trawl vessel to verify its towing speed and fuel efficiency in the sea. By conducting further model tests in the experimental basin, we redesigned the propeller of stern trawler to improve the resistance and propulsion performance. Through actual fishing operations, we evaluated the improvement in fuel and fishing efficiency by installing the new nozzle propeller. The trawling speed increased by 0.6kts at the same engine power (RPM), while the engine margin increased by more than 20%. The increased towing speed by installing the redesigned propeller is expected to enhance fishing performance through increasing the number of hauling- and casting operations per unit times, while shortening the towing duration. Analysis of the Catch-Per-Unit-Effort (CPUE) data indicated that the mean CPUE of trawl fishery increased from 3.04kg/m in year 2007 to 6.15kg/m in year 2008, confirming enhanced fishing efficiency by adopting the redesigned propeller.

Keywords: Trawler, Nozzle propeller, Fishing efficiency, CPUE

\*Corresponding author: denkmal@nfrdi.go.kr, Tel: 82-51-720-2591, Fax: 82-51-720-2586

## 서론

유엔해양법협약에서 200해리 배타적경제수역 (Exclusive Economic Zone, EEZ)제도가 1982년 도입되고, 1994년 11월 발효됨으로서 200해리 내 어업자원에 대한 관할권이 명문화되었다. EEZ 선포로 인해 우리나라는 원양어장 축소뿐만 아니라 연근해어장까지 축소되어 수산업의 대내외적인 환경은 매우 어려워지게 되었다. 또한 FAO는 책임 있는 어업규범을 강화하고, WTO/DDA에서는 정부보조금 및 관세인하와 철폐가 논의되고 있다 (Jeong, 2005). 게다가 2008년 중반까지의 급격한 유류인상으로 어선어업의 존립기반마저 뒤흔드는 상황이 벌어지기도 했다. 이러한 심각한 문제가 발생하자 어선어업의 어려운 실상을 타파하고자 하는 노력이 수산업계를 중심으로 이루어졌다.

트롤어업에서 어획생산성을 높이는 방법으로는 그물을 크게 하거나 예망속도를 높여 시간당 소해면적을 크게 하는 방법이 있으며 예망속도에 따라 어획량이 좌우되므로 어획생산성을 높이기 위해서는 예망속도의 증가가 필수적이다. 예망속도를 높이는 방법으로는 그물을 개선하거나 주기관의 성능을 향상시키거나, 또는 추진기 (propeller)의 구조를 바꾸는 등의 방법이 있을 수 있다. 그물 개선은 이제까지 충분히 이루어져 왔고, 주기관을 바꾸는 것은 많은 비용이 수반되기 때문에 거의 불가능하다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 트롤어업의 예망속도 향상을 위하여 코르트노즐 프로펠러 (kort nozzle propeller)의 성능에 주목하고, 선미트롤선에 장착된 기존 프로펠러의 시운전 자료를 토대로 하여, 새로운 노즐프로펠러를 설계·제작하고 노즐프로펠러 장착에 따른 예망 및 항해 시의 선속을 구하여 서로 비교하였다. 코르트노즐 프로펠러는 1934년 Kort에 의해 처음으로 소개된 이후, 50년대와 60년대에 활발하게 연구되었다 (Manen and Oosterveld, 1966; Wessinger and Maass, 1968). 그리고 노즐 단면의 형상과 양력

으로 인한 추력증가에 대한 체계적인 실험은 NSMB (Netherlands Ship Model Basin)를 중심으로 수행되었다 (Oosterveld, 1973). 또한, 실선조업시의 예망속도 증가에 따른 유류소모량의 변동과 조업현장에서 얻어진 어획량 자료를 바탕으로 노즐프로펠러 장착 이전과 이후의 어획생산성을 비교·분석하여 그 결과를 바탕으로 어려운 여건 속에서 조업하고 있는 선미식 트롤어선의 추진기 구조를 변경함으로써 추진효율을 증진시켜 유류절감 효과를 얻고, 어획생산성 향상에 기여하고자 하는 데 그 목적이 있다.

## 재료 및 방법

예망마력에 관련되는 요소로는 기관의 정격출력, 선속, 선체저항과 추진기 효율이다. 정격출력과 선체저항을 개선시키는 방법은 많은 비용을 수반하기 때문에 현실적으로 어려우므로 본 연구에서 고찰하고자 하는 것은 추진기 효율이다. 예망마력은 선체저항이 일정하다면 유효마력으로 산출할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이론에 대한 산식을 이용하여 추진기 단독효율을 구하고, 선미트롤선 동산호에 장착될 새로운 노즐프로펠러의 성능을 추정하여 실선에 적용하는 설계를 수행하였다. 동산호는 길이 (L.B.P) 103.75m, 폭 (B) 16m, 깊이 (D) 10m, 4,462G/T의 배수량과 5,000ps 엔진을 가진 남방양 크릴과 정어리를 조업하는 트롤어선이다. 전장 (L.O.A)은 112.3m이며, 흘수 (draft)는 6.05m이다. 동산호의 선체 제원을 나타내는 주요치수를 Table 1에 나

Table 1. Principal dimensions of trawler Dong-San

L.O.A.	112.3m
L.B.P.	103.75m
B (molded)	16.0m
D (molded)	10.0m
Draft (D.L.W.L.)	6.05m
G/T	4,462ton
Main engine	5000ps × 230RPM
Design load draft (ext.)	6.066m
Displacement at D.L.W.L	7471.695ton
Lightship weight	3246.923ton
Deadweight at D.L.W.L	4224.772ton

타내었다.

### 추진기의 설계

선체가 전진할 때 그 표면에 가까운 부분의 물에 진행방향과 같은 방향의 속도성분이 발생하는데 이를 반류(wake)라 하며 그 영향으로 물에 대한 프로펠러의 전진속도는 배의 속도 보다 낮아진다. 그리고 선체가 예인되는 경우에는 선미쪽에 압력이 높은 구역이 발생하여 전진방향의 합력성분이 나타나기 때문에 전체적인 저항은 줄어들게 된다. 또한, 선체가 자체 프로펠러로 추진되는 경우에는 프로펠러를 지나가는 물을 가속하기 때문에 그 구역 일부에서 압력이 떨어지며 이에 따라 전진방향의 합력성분도 감소하고 그로인해 저항과 추력도 증가하게 된다 (Lewis, 1988). 예망마력은 (1)식처럼 유효마력으로 산출할 수 있다.

$$EHP = SHP \cdot \eta_0 \quad (1)$$

SHP는 축마력,  $\eta_0$ 는 추진기 단독효율을 나타내며, 그리고 배의 전진속도  $V_s$ , 추진기 전진속도  $V_p$ , 반류 속도를  $V_w$ 로 했을 때 반류계수는 (2)과 (3)식으로 표현할 수 있다.

$$V_w = V_s - V_p \quad (2)$$

$$w = \frac{V_w}{V_s} = \frac{V_s - V_p}{V_s}, V_p = V_s(1 - w) \quad (3)$$

전진비 (advanced ratio)  $J$ 는 실각률을  $S$ , 프로펠라 피치 (pitch)  $p$ , 기관회전수 (RPM)  $n$ 에서 (4)식처럼 나타낼 수 있다.

$$1 - S = \frac{V_p}{np} \quad (4)$$

추진기의 단독효율은 선체를 추진시키는데 요구되는 추력을  $T$ , 선체저항을  $R$ 로 나타낼 때, 추력의 감소 (5)식처럼 나타낼 수 있다.

$$R_T = (1 - t)T \quad (5)$$

(5)식의 추력감소계수  $t$ 는 여러 조건에 따라 다를 수가 있으며, 일반적으로 1축 단독 항주 시에는 (6)식처럼 나타내며  $C_b$  방형비척계수이다 (Lewis, 1988).

$$t = \frac{1}{2} C_b - 0.15 \quad (6)$$

전달마력  $P$ , 토크계수  $K_Q$ , 추력계수  $K_T$ 의 관계에서 추진기 직경이  $D$  일 때 단독효율 및 전진비는 (7)과 (8)식처럼 나타 낼 수 있다.

$$\eta_0 = \frac{T \cdot V_p}{P}$$

$$\eta_0 = \frac{K_T \cdot J}{2\pi \cdot K_Q} \quad (7)$$

$$J = \frac{V_p}{nD} \quad (8)$$

관계식에서  $w$ 의 값이 크게 되는 경우  $V_p$  값이 작아지며 따라서 추진기의 특성값  $J$ 가 작아지면 토크계수  $K_Q$ 의 값이 커지게 되어 있다.  $K_Q$ 의 값은 엔진 토크 (torque) 로 나타내어지므로  $K_Q$ 의 값이 커지는 것은 엔진에 부하가 걸리게 됨을 알 수 있었다.

예망출력  $p$ , 정격출력  $p_0$ 라고 했을 때 예망력  $T_G$ 는 (9)식처럼 쓸 수 있으며  $R_s$ 는 선체의 저항,  $k$ 는 비례상수 각각 나타낸다.

$$T_G = p \cdot \eta_0 \cdot \frac{75}{V_s} - R_s = k \cdot p_0 \cdot \eta_0 \cdot \frac{75}{V_s} - R_s \quad (9)$$

$T_G$ 를 크게 하기 위한 조건으로서는  $p_0$ 와  $\eta_0$ 를 크게 하고,  $V_s$ 와  $R_s$ 를 적게 해야 한다. 그러나  $p_0$ 를 크게 하면, 정격출력증가를 위해 엔진이 커지게 되고 연료소비가 늘어난다.  $V_s$ 를 낮추면 예망속도가 낮아지며,  $R_s$ 를 적게 하려면 선체가 날씬해져서 복원성 문제가 발생하게 된다. 하지만 예망과 같은 저속에서는  $R_s$ 가 크게 문제가 되지 않는다. 따라서  $p_0$ ,  $V_s$  및  $R_s$ 이 일정할 때 결국 변화를 줄 수 있는 값은 추진기 효율  $\eta_0$ 이며, 이것을

키우는 방법을 적용하였다. 또한 유효마력 (EHP)은 유용마력 (AHP)으로 표시될 수 있으며 다음과 같다.

$$AHP (EHP) = SHP \cdot \eta_0 \quad (10)$$

기존 추진기의 시운전 보고서와 계산방법을 비교한 결과는 Table 2의 좌단에 나타내었으며, 추진기의 부하 값이 2900ps과 3560ps로 큰 차이를 보였다. 반류계수와 추력감소계수는 기존선의 프로펠러 설계자료에서 사용하였으며, 노후된 동산호의 주기관 성능을 고려하여 Table 2에서 보인 것처럼 새롭게 설계된 프로펠러에서는 반류계수 0.276을 0.322, 추력감소계수 0.184을 0.257로 바꿔 시뮬레이션 한 것을 보였으며 이때 엔진이 받는 부하는 비슷하게 나타났다.

위 결과에서 그물의 저항, 대수 속도 및 바람의 영향으로 인해 약 5%의 여유를 고려한다면 Table 2에서 새롭게 설계된 자료에 나타난 엔진

의 부하 5% 차이는 문제가 되지 않는다. 신조선과는 달리 선박의 노후화로 인하여 추진성능 개선이 필요한 동산호의 제원을 고려해 볼 때 나타나는 속력저하와 과부하로 인한 예망속도의 한계는 반류계수나 추력감소계수와 같은 자항계수와 실선이 보여주는 추진성능의 차이에서 기인되므로 실선의 자항계수를 다시 추정하여 프로펠러 설계에 반영하였다 (Jeong et al., 2008).

### 코르트노즐 프로펠러

코르트노즐 프로펠러는 저속에서 조업하는 트롤어선의 경우는 높은 추력을 얻을 수 있어 예망력 증대에 기여하므로 동일한 마력을 사용할 경우 선속을 높일 수 있어 유리하지만 15kts 이상 고속에서는 노즐이 선체의 부가저항으로 작용하므로 상대적으로 효율이 낮은 것으로 보고되고 있다 (Carlton, 1994). 기존에 장착된 추진기를 코르트노즐 프로펠러로 교체하여 설치하기

**Table 2. Propulsive performance of calculations and test results**

Designation	Calculated values	Full-scale test values	Adjusted values	Full-scale test values
Speed (kts)	4.4	4.3 / 4.5	4.451	4.3 / 4.5
RPM	190	190 / 200	200	190 / 200
Load of main engine	2900PS (58%)	abt 3560PS (71.2%)	3325PS (66.5%)	abt. 3560PS (71.2%)
Rack position		45.57 (71.2%)		45.57 (71.2%)
Exh' temp		340.6 (80%)		340.6 (80%)
Gov. Position		8.0		8.0
Max. Pressure		65.14 (50% UNDER)		65.14 (50% UNDER)
Remark	Conventional propeller $w=0.276, t=0.184$		Newly designed propeller $w=0.322, t=0.257$	

**Table 3. Result of study for propulsive performance with nozzle propeller**

Designation	Calculation with new values	Nozzle propeller	Compared with full-scale ship	Full-scale test values
Speed (kts)	4.451	5.50	1.049 kts increased	4.3 / 4.5
RPM	200	200	200	190 / 200
Load of Propeller	3325PS (66.5%)	2971PS (59.4%)	354PS (7.1%) decreased	abt. 3560PS (71.2%)
Load of main engine	3287.6PS (65.8%)	3287.6PS (65.8%)		
remarks	+37.5PS (+0.75%)	-316.6PS (-6.3%)		

위해서 기존선의 실선 시운전 시 얻은 계측자료를 비교분석하는 이론적인 설계과정을 수행하였다.

실선보고서에서 기존프로펠러 장착시 계측된 부하 71.2%는 계산치인 66.5%에 비해 4.7% 높다. 반면 노즐프로펠러 추진기의 부하는 실선추진기의 부하보다 7.1% 낮으면서 선속은 더 증가할 것으로 나타났다. Table 2에서 계산된 기존 추진기는 RPM과 추진기 부하에 여유가 없는 추진기이지만, 노즐프로펠러 추진기는 여유마력을 충분히 가지는 것으로 파악되었다.

**Table 4. Principal dimensions of nozzle propeller**

Designation	Ship
Diameter of ship propeller (mm)	3040
Expanded blade area ratio	0.730
Propeller pitch ratio, mean	0.8783
at tip	0.8783
at 0.7R	0.8783
at root	0.8783
Chord length-diameter ratio (0.7R)	0.3708
Max. blade thickn. -dia. ratio (0.7R)	0.05921
Hub-diameter ratio (aft. Displt. +)	0.1910
Skew angle(deg.)	0
Number of blades	4
Turning direction	R.H.
Material	RA1Bc3
Propeller section type	Kaplan
Propeller nozzle type	19A

실선 계측자료에서 확인한 200RPM 부근의 엔진부하가 이상적일 경우에는 65.8% 또는 71.2%인 것을 감안한다면 새로운 추진기 검토 과정에서 알 수 있듯이 노즐프로펠러 추진기는 주기관에 걸리는 부하보다 6.3% 낮은 추진기 부하로 운용이 가능하다는 것을 Table 3에서 파악할 수 있다. 이러한 검토를 통해 기존의 추진기 보다는 노즐프로펠러 추진기로의 교체가 유리하다는 결론을 내리고 Table 4와 같이 노즐프로펠러 제원을 확정하였다.

**실선시험**

추진기 개조를 통하여 예망선속이 향상될 것으로 판단되어 설계된 프로펠러와 노즐을 2007년 11월 설치하였다 (Fig. 1). 노즐프로펠러 추진기를 장착 후 예망과 항해속력으로 나누어 2008년 1월 초 시운전이 이루어졌으며 풍향, 풍속 등의 환경적인 요인과 선속과 엔진에서 계측되는 주요한 항목들을 모두 기록하였다. 또한 성능향상을 가져오는지에 대한 검증은 위하여 새로운 추진기를 설치하기 이전에 실시한 시운전 기록과 비교분석을 수행하였다. 선박의 특성상 엔진의 출력은 계측할 수 없어 각 RPM 대비 선속을 기록하여 비교하였다.



**Fig. 1. Installation of nozzle propeller and installed propeller.**

어획생산성 시험

유류소모량은 2007년과 2008년 동일한 기간에 사용된 유류량으로 분석했으며, 주기관 소모 유류와 전체사용 유류로 나누어 해석하였다. 조업기간 중 매일 1일에서 31일까지의 소모된 유류를 기록한 조업자료를 이용하여 분석하였다. 어획생산성은 어획량을 이용하여 어분 (bag=20.5kg)과 냉동크릴제품 (box=24kg)으로 나누어서 정량적으로 비교하고 아울러 단위노력당 어획량 (CPUE)도 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

동산호에 노즐프로펠러를 설치한 이후 얻은 실선 시운전결과와 크릴 조업결과로부터 얻은 어획생산성에 대한 결과를 고찰하면 다음과 같다.

실선시험

예망속도

예망시의 RPM을 기준으로 한 시운전은 2008년 1월 5일 8회 실시되었다. 해상상태는 잔잔하였고 엔진 RPM을 190-210로 변화시키며 선속을 측정하였다. 어구는 계산과정에 적용한 것과 동일한 것을 사용하였다. 추진기 개선 이전의 예

망시험은 2007년 8월과 10월 상가 전에 3차례 수행되었다. 이때 나타난 예망선속은 190RPM 일 경우 최대 4.9kts로 나타났다.

기존의 프로펠러 대신 노즐프로펠러로 교체한 후 수행된 시운전은 총 8회 중 3회만 인용하였으며 비교결과를 Table 5에 나타내었다. 시운전에 사용된 RPM은 190-210이다. 노즐프로펠러로 인해 선속은 최대 1.0kts 까지 상승했으며 엔진의 마력여유가 충분한 것으로 확인되었다.

항해상태

노즐프로펠러 특성상 항해 시에는 노즐이 저항의 부가요소로 작용하므로 선속이 오히려 감소될 수 있다고 보고되고 있다 (Lewis, 1988). 이러한 현상은 선박의 항해속도가 15kts 이상일 경우에 나타나는데 대상선의 항해속도는 15kts 이하이므로 선속감소가 없을 것으로 추정하였다. 항해시의 시운전도 기존의 프로펠러를 장착하고 상가이전에 실시하였다. 2006년 2월 17일에는 맞바람을 받으며 파고 5-6m의 상태에서 황천항해를 한 것으로 나타나 비교대상으로 적절하지 않은 결과로 보인다.

추진기 교체 전과 노즐 프로펠러로 교체 후의 시운전 결과는 Table 6에 비교하여 나타내었다.

Table 5. Comparison of conventional and nozzle propeller by trawling condition

Condition	Item \ Date	Aug 8. 2007	Aug 20. 2007	Oct 18. 2007	Remark
Conventional propeller	Time	03:30	05:00	01:00	
	Engine RPM	187	193	188	
	Ship Speed (kts)	4.9	4.9	4.5	
With nozzle propeller	Time	08:30	10:00	11:00	
	Engine RPM	190	200	210	Test date:
	Ship Speed (kts)	5.1	5.3	5.5	Jan 5. 2008

Table 6. Comparison of conventional and nozzle propeller by service condition

Condition	Item \ Date	Feb 17. 2006	Nov 9. 2007	Remark	
Conventional propeller	Time	09:00	12:00	Feb 17. 2008.	
	Engine RPM	200	190	extreme	
	Ship Speed (kts)	7.8	11.4	sea condition	
With nozzle propeller	Time	19:00	20:00	21:00	Test date:
	Engine RPM	190	200	200	Jan 4. 2008
	Ship Speed (kts)	12.0	12.9	12.9	

동일한 RPM의 경우 노즐 프로펠러를 장착하였을 때의 선속이 0.5kts 이상 최대 1.5kts 까지 향상된 것을 확인 할 수 있었다.

어획생산성 시험

유류소모량

유류소모량은 조업의 횟수 (조업강도), 묘박의 유무, 항해와 해황 등에 지배되기 때문에 정확한 비교는 곤란하다. Fig. 2에 2007년과 2008년 3월의 주기관 유류소모량을 나타내었고, Fig. 3에는 3월의 전체유류량 사용량을 전년도와 비교하였다. 전체유류 소모량은 동산호에 설치되어 있는 주요 생산설비를 구동시키는 장치와 보조기기까지 포함하고 있으므로 어획을 위한 유류소모량을 합산하기 곤란하므로 분리하여 표시하였다. 주기관의 연도별 혼합유 (Mix.)와 M.G.O. (Marine Gas Oil) 를 비교한 Fig. 2에서는 전년도 대비 주기관의 유류소모량이 크게 감소

했다는 것을 확인할 수 있다. 주기관이 소모한 유류는 전년도 대비 7.8% 줄어들었으나, 전체 유류소모량은 오히려 9.4% 증가하였다. 주기관의 유류소모량은 조업과 항해에 주로 사용되므로 코르트노즐 프로펠러로 인한 동일선속 대비 RPM감소로 인한 유류절감 효과가 높은 것으로 파악되었으며, 전체 유류소모량은 피쉬밀 (F/M)의 생산에 필요한 혼합유와 보조기기들의 가동에 따른 유류소모량이 늘어난 결과로 인해 증가된 것으로 확인되었다. Table 7은 3월에서 6월까지 주기관의 유류소모량 및 전년도 대비 증감량을 나타내었다.

어획생산성 비교

가. 어분 생산량

2007년과 2008년 3월과 4월의 어분 생산량을 일일 생산량으로 표시하여 Fig. 4에 보였다. 어분은 20.5kg이 1bag으로 포장되며, 일일 생산량

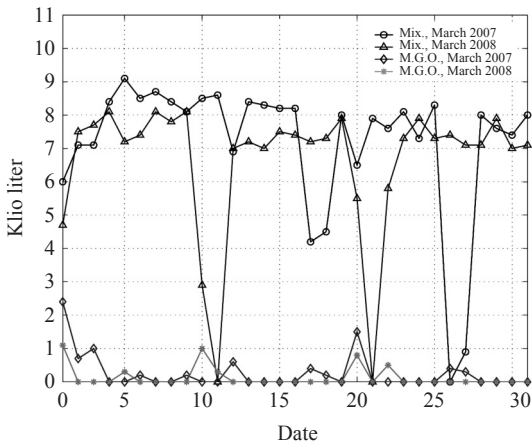


Fig. 2. Comparison of fuel consumption in March (main engine).

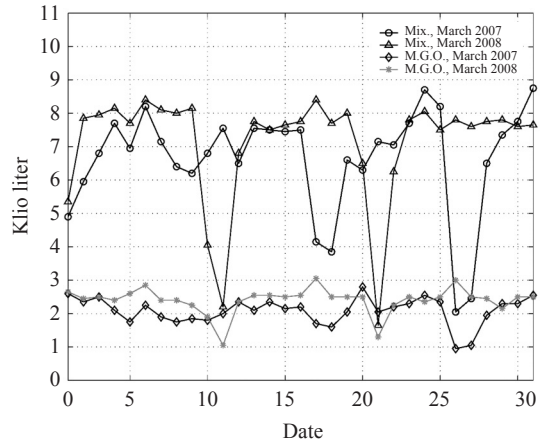


Fig. 3. Comparison of fuel consumption in March (total consumption).

Table 7. Comparison of fuel consumption (main engine)

Month	Year		Variation of fuel consumption	Deviation (%)
	2007	2008		
March	222.8	205.4	-17.4	-7.8
April	201.4	166.6	-35.0	-17.4
May	194.3	179.4	-14.9	-7.7
June	203.4	176.9	-26.5	-13.0

을 모두 더해 날짜별로 ton 단위로 나타내었다. 3월과 4월의 조업결과만 보면 전년도 대비 약 100% 이상의 생산량 증가가 있다는 것을 알 수 있다.

2007년과 2008년 3월부터 6월까지 4개월을 합산한 전체적인 어분생산량은 전년도 대비 36% 이상 증가하였다. Table 8에는 4개월 동안의 어분생산을 생산량 단위인 bag (20.5kg)에서 ton 단위로 환산하여 나타내었다.

나. 냉동크릴 생산량

어획생산성 분석의 두 번째 항목인 냉동크릴 (krill round) 생산량에 대하여 2007년과 2008년

을 비교분석하였다. 냉동크릴 생산량 파악을 위해 2007년과 2008년 4월부터 6월까지 3개월간의 조업으로 얻어진 자료를 Table 9에 나타내었다. 아울러 5월과 6월의 냉동크릴 포장단위인 box (24kg) 생산량을 ton 단위로 환산해 해석한 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

지금까지 동산호 추진기의 구조개선 후에 변화된 유류소모량 및 어분생산량과 냉동크릴 생산량을 조업자료를 이용하여 비교하였다. 이것을 정리하여 각 연도에 해당되는 월별 유류소모량과 어분 및 크릴 생산량을 Table 10에 나타내었다. 2007년과 2008년 3월부터 7월까지의 크릴

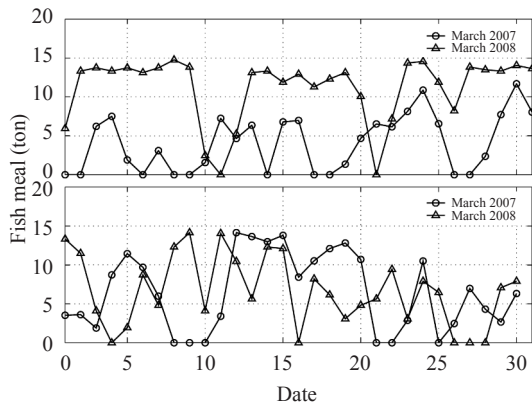


Fig. 4. Comparison of fish meal production in March and April.

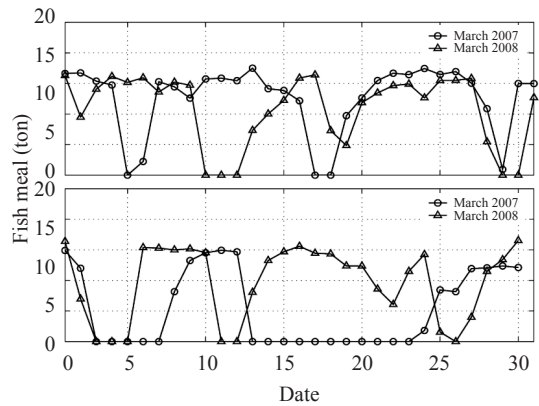


Fig. 5. Comparison of krill round production in May and June.

Table 8. Comparison of fish meal production

(unit: ton)

Month	Year		Variation of production	Deviation (%)
	2007	2008		
March	126.3	346.2	219.9	174.1
April	193.4	199.2	5.8	3.0
May	301.4	213.4	-88.0	-29.2
June	120.8	249.7	128.9	106.8

Table 9. Comparison of krill round production

(unit: ton)

Month	Year		Variation of production	Deviation (%)
	2007	2008		
April	2,942	2,607	-335	-11.4
May	3,915	3,372	-543	-13.9
June	1,593	2,913	1,320	82.8



**Table 10. Summary of fuel consumption and krill production**

Month	Designation	Year		Variation of Product	Percent	Unit Remarks	
		2007	2008				
March	M/E	222.8	205.4	-17.4	-7.8	kilo liter	
	D/E	Mixed fuel	65.4	66.6	1.2	1.8	kilo liter
		M.G.O.	119.4	142.6	23.2	19.4	kilo liter
	A/B	Mixed fuel	69.3	80.2	10.9	15.7	kilo liter
	Sum of fuel consumption		540.7	591.8	51.1	9.5	kilo liter M/B, F/M included
	F/M	Production	126.3	346.2	219.9	174.1	ton
April	M/E	201.4	166.6	-34.8	-17.3	kilo liter	
	D/E	Mixed fuel	61.1	59.7	-1.4	-2.3	kilo liter
		M.G.O.	123.7	129.3	5.6	4.5	kilo liter
	A/B	Mixed fuel	62.0	75.7	13.7	22.1	kilo liter
	Sum of fuel consumption		514.9	495.7	-19.2	-3.7	kilo liter M/B, F/M included
	F/M	Production	197.4	199.2	5.8	3.0	ton
Krill round		2,942	2,607	-335	-11.4	ton	
May	M/E	194.3	179.4	-14.9	-7.7	kilo liter	
	D/E	Mixed fuel	66.5	67.7	1.2	1.8	kilo liter
		M.G.O.	130.6	128.8	-1.8	-1.4	kilo liter
	A/B	Mixed fuel	62.5	77.0	14.5	23.2	kilo liter
	Sum of fuel consumption		547.4	520.0	-27.4	-5.0	kilo liter M/B, F/M included
	F/M	Production	301.4	213.4	-88	-29.2	ton
Krill round		3,915	2,913	1,320	-13.9	ton	
June	M/E	203.4	176.9	-26.5	-13.0	repair 5days assumed 7.7kl./day	
	D/E	Mixed fuel	39.0	6.4	-32.6	-83.6	kilo liter
		M.G.O.	97.3	172.4	75.1	77.2	kilo liter
	A/B	Mixed fuel	36.5	73.5	37	101.4	kilo liter
	Sum of fuel consumption		469.9	503.2	33.3	7.1	kilo liter M/B, F/M included
	F/M	Production	120.8	249.7	128.9	106.8	ton
Krill round		1,593	2,913	1,320	82.8	ton	
Remarks	- M/E: Main Engine - D/E: Diesel Engine (Generator) - A/B: Auxiliarily Boiler			- F/M: Fish meal - M/B: Main Boiler - M.G.O.: Marine Gas Oil			

시즌에서 얻은 조업일수는 115일로 동일하며 조업률은 77%이다. 이 기간 동안의 전체적인 유류 소모량은 전년도 대비 약 13.2%가 감소하였으며, 냉동크릴 생산량은 소폭 감소하였으나, 어분 생산량은 전년도 대비 36%가 증가한 것으로 파악

되었다.

다. 어획생산성

어획생산성 향상을 검정하기 위하여 추진기 개선 전인 2007년과 개선 후인 2008년의 조업자료를 이용하여 비교하였다.

트롤어선에서 어획생산성에 직접적인 영향을 주는 소해면적을 이용한 단위노력당어획량 (Catch-per-Unit-Effort: CPUE)을 추정하여야 하나, 현장조업에서의 소해면적 측정에 어려움이 있으므로 예망폭을 일정하다고 가정하고, 예망 거리를 기준으로 CPUE를 산출하였다. 즉, 예망 거리는 예망시간과 예망속도에 관계되므로 예망거리를 이용하여 CPUE를 산출하였다. 현장 조업에서 얻은 자료에 의하면 2007년 조업 시 예망속도는 2.2-2.9kts 로 계속되었고, 이에 따른 평균예망속도는 2.5kts (1.286m/s) 로 환산 후 평균값으로 사용하였으며, 2008년에는 추진기 교체로 인해 예망속도의 증가로 인해 선속은 2.4-3.6kts로 계속되어 평균 2.9kts (1.492m/s)의 예망속도를 보였다.

$$CPUE = \frac{\text{어획량 (kg)}}{\text{예망시간 (hour)} \times \text{예망속도 (m/hour)}} \quad (9)$$

CPUE는 (9)식에 의해 계산하였고, 2007년과 2008년의 조업현황과 함께 Table 11와 Table 12에 나타내었다. Table 11와 Table 12에서 알 수 있듯이 2007년과 2008년 3월부터 7월까지의 크릴시즌에서 얻은 조업일수는 115일로서 동일하며, 이것은 일반적인 트롤어선의 조업률 77%를 충족시키고 있다. CPUE 해석결과에 따르면 추진기 교체로 인한 예망속도의 증가로 인해 양투망 횟수가 크게 증가했을 뿐 아니라, 평균예망선속이 2.5kts에서 2.9kts로 약 0.4kts 증가한 것을 알 수 있으며, 총 어획량도 증가하였다. CPUE의 평균은 2007년 3.04kg/m에서 2008년 6.15kg/m로 약 2배 가까이 증가한 것으로 분석되었다. 따라서 추진기 교체의 원래 목표였던 예망선속 증대와 이를 바탕으로 한 어획생산성 향상을 달성한 것으로 판단할 수 있다.

## 결 론

동산호의 추진기의 구조개선을 통해 예망과

**Table 11. CPUE analysis for year 2007**

Month	No. of catch days	No. of trawling	Trawling time (hour)	Avg. trawling speed (kts)	Total catch (ton)	CPUE (kg/m)
March	27	342	267	2.5	3,656	2.96
April	26	320	218	2.5	3,796	3.76
May	27	335	222	2.5	4,938	4.80
June	14	158	146	2.5	1,221	1.81
July	21	222	232	2.5	2,025	1.89
Sum	115	1377	1085	-	15,636	-
Average	23	275	217	2.5	3,127	3.04

**Table 12. CPUE analysis for year 2008**

Month	No. of catch days	No. of trawling	Trawling time (hour)	Avg. trawling speed (kts)	Total catch (ton)	CPUE (kg/m)
March	29	417	188	2.9	6,667	6.60
April	27	340	148	2.9	4,332	5.45
May	29	375	145	2.9	5,431	9.97
June	25	307	182	2.9	5,585	5.71
July	5	87	37	2.9	1,192	6.00
Sum	115	1526	700	-	23,207	-
Average	23	305	140	2.9	4,641	6.15

항해선속을 증대시키고 어획생산성 향상을 위한 연구를 수행하였다. 프로펠러 설계를 위해 기존의 프로펠러의 실선 시운전 자료를 분석하고, 반류와 추력감소 계수를 수정하여 노후한 엔진에 과부하를 유발하지 않으며, 예망과 항해선속을 높일 수 있는 노즐 프로펠러를 설계 후 장착하였다. 프로펠러 구조변경 후 동산호에 적용 결과는 다음과 같다. 구조 변경전의 예망선속은 190RPM 일 경우 최대 4.9kts였으나, 프로펠러 교체 후의 선속은 0.6kts 이상 상승하여 5.5kts를 보였으며, 주 기관도 20% 이상의 여유마력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 항해 시에도 변경 전 프로펠러와 차이가 없는 선속을 낼 수 있었다. 조업자료를 통해 분석한 결과로는 유류절감과 예망선속 증대에 따른 어획생산성 향상이라는 두 가지 효과를 얻을 수 있었기에 예망속도 증가로 양·투망 횟수가 크게 증가했을 뿐 아니라 1회당 예망속도가 빨라져 평균 CPUE는 2007년 3.04에서 2008년 6.15로 증가한 것으로 분석되었다. 따라서 추진기 교체의 중요한 목표였던 어획생산성 향상을 충분히 달성한 것으로 판단된다. 트롤어선의 추진기 개선을 통해 절감된 유류비와 향상된 어획생산성은 유류비가 조업경비의 많은 부분을 차지하는 연근해 트롤어선에 적용될 수 있으며 향후 이에 대한 연구가 필요한 것으로 여겨진다.

## 참고문헌

- Carlton, J.S., 1994. Marine propellers and propulsion. Butterworth Heinemann, pp. 15 – 17.
- Jeong, S.J., J.K. Hong, J. D. Choi and S.H. Kim, 2008. A Study on the design of nozzle propeller for trawler, J. of Kor. Soc. Fish. Tech., 44(3), 239 – 249
- Jeong, G.C., 2005. Transition and present issues of artificial reef projects in Korea, URIP. of fisheries and oceanography, Graduate School, Pukyong National University. pp. 3 – 4.
- Kort, L., 1934. Der neue Duesenschrauben-Antrieb. Werft-Reederei-Hafen, Jahrgang 15. Heft 4, pp. 41 – 43.
- Lewis, E.V., 1988. Principles of naval architecture second revision, Vol. II Resistance, Propulsion and vibration, pp. 213 – 225.
- Manen, J.D. and M.W.C. Oosterveld, 1966. Analysis of ducted propeller design, Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, Vol. 74, pp. 522 – 562.
- Oosterveld, M.W.C., 1973. Ducted propeller characteristics, Paper No. 4., Proceedings RINA Symposium on Ducted Propellers, Teddington, England, pp. 35 – 68.
- Weissing, J. and D. Maass, 1968. Theory of the ducted propeller, A review. 7th Symposium on Naval Hydrodynamics, ONR. pp. 1209 – 1264.

2010년 4월 14일 접수

2010년 9월 24일 1차 수정

2010년 10월 18일 2차 수정

2010년 10월 18일 수리