

# 24m 미만 어선의 경제적 기관마력 추정방법에 관한 연구

김주남 · 박제웅\*<sup>†</sup> · 김도정\* · 정우철\*\*

선박검사기술협회 · \*조선대학교 · \*\*인하공업전문대학

## A Study of Estimating the Most Economic Engine Horsepower for Fishing Vessels Shorter than 24m

Ju-Nam KIM, Je-Woong PARK\*<sup>†</sup>, Do-Jung KIM\* and Uh-Cheul JEONG\*\*

Korean Society of Ship Inspection & Tecnology, Chosun University\*,  
Inha Technical College\*\*

### Abstract

The existing fisheries managers ignored the fishery environment changes, have built competitively vessels of efficiency superiority with related corporations, and have captured indiscriminately fisheries resources. The economical engine horsepower selection model for fishing vessels shorter than 24m is developed. Also, the economical engine horsepower selection model system is verified by the existing vessels, and the optimum vessel scale and engine horsepower classified by the type of fishery and scale are proposed.

Key words : NPV(순현재가치), CBR(수익성지수), optimization(최적화), dynamic programming(동적계획법), economical engine horsepower(경제적 기관마력)

### 서 론

어업은 수산자원의 고갈 및 급속한 주변환경의 변화로 미래의 불확실한 상황을 예측하면서 투자하기에는 어려운 분야이므로 가능한 한 미래수익을 정확하게 예측해야 함은 물론이거니와 어민의 궁극적인 목표인 이익의 극대화를 가져올 수 있는 계획과 실행이 필요하다.

특히 수산업의 경우에는 투자비용에 대한 외부의 존도가 크기 때문에 초기투자를 결정하기 전에 충분한 사전검토를 통하여 사업의 타당성, 즉 어업 투자에 대한 경제성 평가를 심도 있게 수행해야만 할 것이다. 이 같은 사실은 많은 어민들이 투자를 확신을 갖지 못하며, 증장기 어업시장동향에 대해 일종의 두려움을 가지고 있다는 것과 같은 의미라고 볼 수 있다. 그러나 어업의 투자가 경영전략에 따라 다

양하게 또한 여러 가지 요인을 계기로 해서 실시된다 하더라도 어업의 경영안전과 존속을 위한 수익성의 획득은 무시할 수 없음을 알 수 있다.

이 같은 사실은 많은 어업경영인들이 장래 장기에 미치는 투자안 평가에 확신을 갖지 못하며 또 이와 같은 평가절차가 반드시 유효한 것이라고 보고 있지 않음은 물론 증장기 시장동향에 대해 일종의 막연한 기대감을 가지고 있다는 것과 같은 의미라고 볼 수 있다. 그러나 어업의 투자가 경영전략에 따라 다양하게 또한 여러 가지 요인을 계기로 해서 실시된다 하더라도 어업의 경영안전과 존속을 위한 수익성의 획득은 무시할 수 없음을 알 수 있다.

앞으로 고유가 시기가 도래할 수 있는 세계 에너지 시황하에서 연근해 어업의 어장의 장거리화에 따른 고출력 기관마력으로 인한 유류비의 증가를 억제하고, 비경제적인 재래 연안어선을 경제적이고

<sup>†</sup>Corresponding author : jwpark@chosun.ac.kr

조업성이 향상된 어선으로 대체되도록 하며, 어선건조 이전부터 경제성을 검증할 수 있는 시스템을 개발하여 어민의 투자효율성 제고 및 소득증대를 위한 연구의 필요성<sup>(1)</sup>이 절실히 요구되고 있다.

본 연구에서는 24m 미만 연안 어선의 선형·주기관, 주기관추진기, 주기관어로서시스템의 불균형으로 인한 비경제적인 요인을 최소화하고, 경제적 기관마력 도출을 위하여 다음과 같은 연구를 수행하였다.

첫째, 국내외 연근해 어업에 대한 통계자료 및 관련문헌 등을 통하여 업종별 적정어획강도 및 업종별 어선선형치수 및 기관마력의 경제지수 등 기초자료조사를 행하고 그 경제성을 분석하였다.

둘째, 연근해어업어선의 경제적 기관마력 도출을 위하여 최적기관마력 경제성 평가기법 및 선형저항 분석모델을 포함한 경제적 기관마력추정 모형을 제시하였다.

셋째, 도출된 경제적 기관마력의 현장 실선시험을 통하여 그 경제성을 검증하고 확증하였다.

넷째, 업종별·규모별 경제적 기관마력 데이터베이스(D/B) 구축 프로그램을 개발하고 기관마력 정보를 데이터베이스화하여 이를 어선건조시 현장에서 적극 활용할 수 있도록 하였다.

### 경제성 평가기법 모형

어선 대한 경제성 평가기준(economic criteria)에는 여러 종류가 있으나 어선의 경우에는 조업경비의 감소 측면보다는 어획고의 증가가 수익성에 직접적인 영향을 주고 있으므로 이와같은 요인을 가장 적합하게 반영할 수 있는 평가기준 택해야 할 것이다. 이러한 점을 감안하여 본고에서는 어선의 경제성 평가기준으로 NPV를 기초로 한 수익성지수(CBR :Cost Benefit Ratio)<sup>(2)</sup>를 사용하였다.

$$NPV = [ \sum_{t=1}^n A_t (1+r)^{-t} ] - C_0$$

- 여기서,  $A_t$  : t년도의 현금흐름(유입-지출)
- $C_0$  : 초기투자 비용
- $n$  : 어선의 사용년수
- $r$  : 할인율

윗 식에서 t년도의 어획류의 ton당 가격을 P, t년도의 연간어획고를  $Q_t$ , t년도의 연간의 총 조업경비를  $C_{ct}$ 라 하면 위 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$NPV = [ \sum_{t=1}^n (P \times Q_t - C_{ct}) \times (1+r)^{-t} ] - C_0$$

그런데 NPV에 의한 경제성 평가는  $NPV \geq 0$ 일 때 NPV 값이 제일 큰 투자 안을 선택하는 것이며 투자에 대한 효율성을 판단할 수가 없기 때문에 이를 보완하기 위한 것이 바로 CBR법<sup>(3)</sup>이다. 여기서 적용한 CBR은 현금유입의 현가를 총 투자액의 현가로 나눈 값인데  $CBR \geq 1$ 일때 투자 가치가 있고 그 값이 크면 클수록 유리한 투자가 되는 것이다. CBR법은 수익대비 최적비용법으로서 NPV법의 결점을 보완하기 위해 미래의 투자까지를 현재가치로 환산하여 단위투자에 대한 수익을 평가함으로써 수산업의 효율성을 판단할 수 있다.

### 경제성 기관마력추정 모형제시

어떤 대상의 문제를 최적화 기법으로 풀고자 할 때에는 그 문제에 적합한 정식화, 즉 알고리즘을 구성하여야 할 것이다. 최적화의 일반적인 구성은 독립변수(independent variable), 목적함수(objective function) 및 제약조건(constraint)으로 되며 종속변수(dependent variable)는 최적화 수행과정에서 계산하게 될 것이다. 따라서 본 연구에서 접근하고자 하는 마력추정에 대한 최적화 문제를 수식으로 나타내면 다음과 같다. 최적화 문제로서 제약조건식을 우선 어선설계에 타당하게 설정하고 앞에서 언급한 경제성 측정법중에서 수익성 지수법(CBR)의 미를 나타내는 목적함수를 J라 정한다. 그리고 이 목적함수를 최대화하는 속력을 구하기 위해 초기속력  $V_0$ 와 상대속력  $v_n$  ( $n = 1 \sim N$ )를 최적화 기법의 하나인 동적계획법에 의해 구한다.<sup>(4)</sup> 부연하여 설명하면 먼저  $V_0$ 를 일정하다고 할 때  $v_n$  ( $n = 1 \sim N$ )을 최적계산에서 구하고, 다음에  $V_0$ 를 실용범위에서 변화시켜 동일한 최적계산을 반복하게 되며, 즉  $v_n$  ( $n = 1 \sim N$ )의 최적계산에는 동적계획법(DP:dynamic programming)<sup>(4)</sup>을 사용하였다.

앞에서 제시된 최적화 기법을 활용하여 장기적인 어선의 경제성 평가는 보는 견해에 따라 달리할 수 있겠으나, 조업지역의 장거리화 등을 고려하여 볼 때 어선의 최적속력을 어떻게 결정하는가 하는 인자를 최우선으로 고려하여 다단시스템 최적화에 접근하고자 한다. 종래에는 어선의 최적 계획속력이나 기관의 출력, 인건비 등은 외적요인이 일정하다고 보고 결정하는 경우가 많으나 앞으로는 이러한 요

인들이 크게 변동하게 될 것이고 이에 대한 분석으로 여기서는 속력의 변화에 따른 어선 경제적인 마력추정 모델을 제시하고자 한다. 즉 어선의 속력을 각각의 년 분기마다 변화시키는 것을 전제로 한 초기설계의 문제를 취급하고자 한다.

설계의 기초로서 일정기간에 어선의 총수익(J)의 현가를 고려하여 이것이 최대가 되도록 어선의 속력 및 마력을 결정하는 것으로, 본 연구에서는 총수익의 모형을 다음과 같이 제시하였다.<sup>4)</sup>

$$J(V_0, v_1, v_2, \dots, v_N) = \sum_{n=1}^N [(A-B-F_n(V_0, v_n))R_n - E_n(x_n) - D](1+i)^{-n} - C$$

단,  $V_0$ 는 초기의 선박속도,  $v_1, v_2, \dots, v_N$ 은 매년마다 속력이 변한다고 가정하고, 그것을  $V_1, V_2, \dots, V_N$ 이라고 할 때,

$$v_1 = V_1/V_0, v_2 = V_2/V_0, \dots, v_N = V_N/V_0$$

로 표현된다.

여기서,

A:1회 출어당 어획수입

B:1회 출어당 출어경비

F(V,v) : 1항 출어당 해당의 연료비(매년 어선속력으로 변화)로 다음식으로 주어진다.

$$F_n(V_0, v_n) = f_n \zeta V_0^3 v_n^3 \alpha(v_n) (L/V_0 v_n)$$

여기서,  $f_n$  : n년도의 연료가격 (원/kg)

$\zeta$  : 상수(단위 출력당의 연료소비량)

$\alpha(v_n)$  : 기관의 속력에 대한 연료소비 변화특성

$R_n$  : 연간 조업일수로서,  $R_n = dV_0 v_n / L$

단, d는 연간 조업일수 (일/년), L은 항로의 길이 (km/회)

$E_n(x_n)$  : n년도의 연간유지비로 n년까지 통상 총 운항거리 ( $x_n$ )의 함수로서,

$$E_n(x_n) = (\beta_1 x_n^2 + \beta_2 x_n + \beta_3)W$$

단,  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 는 상수이며,

W : 어선의 크기(톤)

D : 연간 간접고정비

$(1+i)^{-n}$  : 현재계수로 n년도의 이익을 현가로 환산하기 위한 계수,

i : 금리율

C : 초기투자로 어선의 가격으로 정해지는 것으로 생각하여,

$$C = C_h + C_m$$

단,  $C_h$ 는 선체부의 가격,

$C_m$ 은 기관부의 가격으로,

$C_m = K_m V_0^3$ 으로 한다.

$K_m$ 은 상수로,  $C_m$ 이 기관의 출력으로 속도의 3승에 비례하는 것으로 생각한다.

한편 마력추정 최적화 모형에 적용될 마력추정 방법<sup>5)</sup>은 아래와 같다. 즉, 통계적인 방법을 기초로 보간법을 이용한 수정안을 제시하고 이를 프로그램화하였으며, 그 흐름도는 Fig. 1과 같다.

첫째, 어선의 모형에 관한 저항시험자료와 Froude 수 및 선형요소에 관해 다음과 같이 나타내고<sup>5)6)</sup>

$$C_T = f(\text{선형요소}, F_n)$$

둘째, Froude수 영역내의 발생되는 문제를 보간법으로 처리하여 다양한 경우의 마력추정을 가능토록 하였으며

셋째, 기존 방법 및 자료를 보완하는 차원에서 회귀방정식의 계수들을 이용하였다.

일반적인 통계해석 이론에서

N개의 독립변수  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 으로부터 변수 y는

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

와 같이 표시되고, 함수  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 는 각각의 독립변수들의 임의의 영역 내에서 M개의 데이터를 이용한 k차의 다항식으로 보고 다음과 같은 다항식으로 표현할 수 있다.

$$Y = a_0 X_0 + a_1 X_1 + \dots + a_n X_n + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + \dots + a_{nn} X_n^2 + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + \dots + a_{1n} X_1 X_n + a_{23} X_2 X_3 + \dots$$

$X_n$ 은  $x_n$ 를 기준으로 통계적 경험식으로 정의된다.

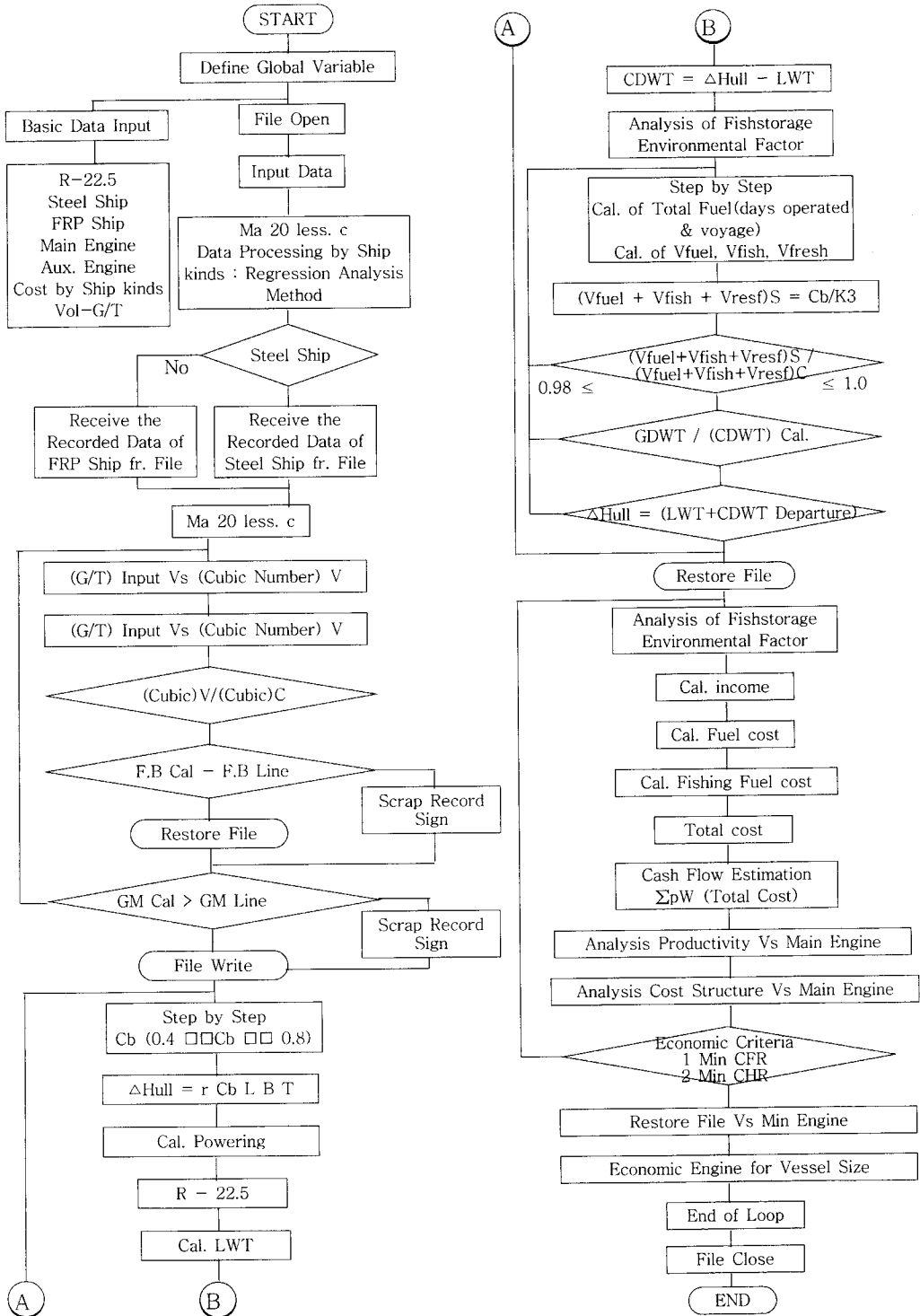


Fig. 1 Economical Engine Horsepower Selection System.

## 결과 분석

이상과 같이 연구한 경제적 기관마력 추정에 대한 모형 및 방법에 대한 결과분석을 통하여 본 연구에서 개발한 시스템의 실용성을 검증하였다. 즉, 연근해 업종을 대상으로 기선권현망, 유자망, 연승어업 등 3가지 업종에 대한 대표어선의 주요치수 및 어업경영지수를 기초자료로 하여 개발시스템에 대한 경제적 기관마력을 추정하였다.

### 1. 기선권현망어업

#### 가. 대표어선의 시스템 입력 데이터

경제적 기관마력을 추정을 위한 29톤급 기선권현망어선에 대한 입력데이터는 Fig. 2와 같다.

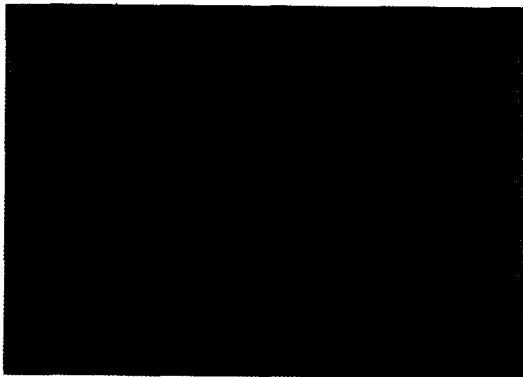


Fig. 2. Input Data of 29ton Class Powered Anchovy Drag Net Fishing Vessel.

#### 나. 시스템 출력 결과치

Fig. 2의 입력데이터를 활용하여 얻은 29톤급 기선권현망어선의 결과치를 Fig. 3에 나타내었다.

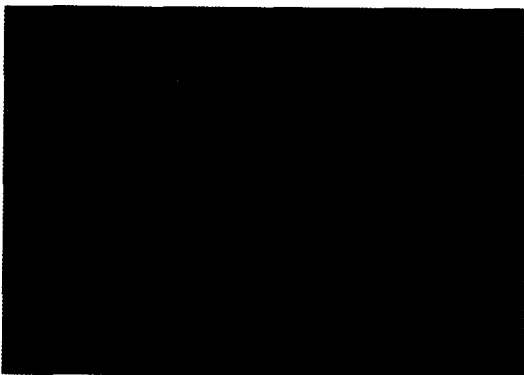


Fig. 3. Results of the System Output.

이와같이 기존어선에 대한 입력데이터를 근거로 하여 본 연구에서 개발한 경제적 마력설정 시스템을 적용한 경제적 마력 및 속력을 추정한 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Results of the Economical Horsepower

분석대상		기선권현망-01
총톤수(톤)		29
기본치수 (L×B×D×Cb)	기존어선	20.35×4.36×2.19×0.61
	경제어선	20.3×4.3×2.2×0.60
항해속력(KN)	기존속력	12.25
경제적 마력 평가치수		19.5
마력(HP)	기존마력	340
	경제적마력	319

### 2. 유자망어업

#### 가. 대표어선의 시스템 입력 데이터

경제적 기관마력을 추정을 위한 17톤급 유자망어선에 대한 입력데이터는 Fig. 4와 같다.



Fig. 4. Input Data of 17ton Class Drift Gill Net Fishing Vessel.

#### 나. 시스템 출력 결과치

17톤급 유자망어선의 시스템에서의 결과치는 Fig. 5와 같으며, 경제적 마력 및 속력을 추정한 결과를 Table 2에 정리하였다.

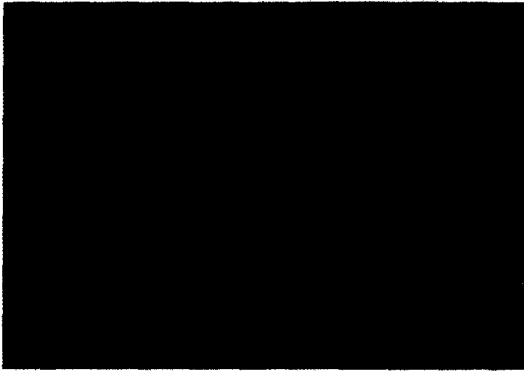


Fig. 5. Results of the System Output.



6(b) 8 ton Class

Table 2. Results of the Economical Horsepower

분석대상		자망어선-01
총톤수(톤)		17
기본치수 (L×B×D×Cb)	기존어선	16.32×4.0×1.65×0.67
	경제어선	16.3×4.0×1.65×0.67
항해속력(KN)	기존속력	10.0
경제적 마력 평가지수		20.9
마력(HP)	기존마력	315
	경제적마력	297



6(c) 39 ton Class

Fig. 6. Input Data of Longline Fishing Vessels.  
(5ton, 8ton, 39ton Class)

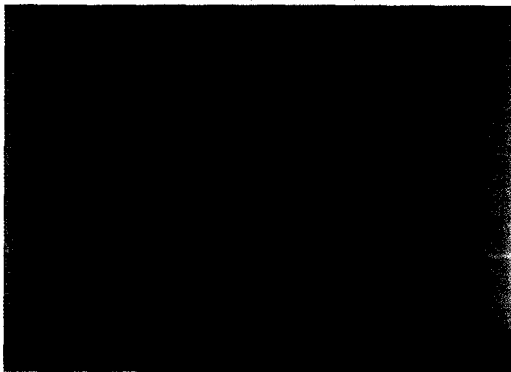
### 3. 연승어선

#### 가. 대표어선의 시스템 입력 데이터

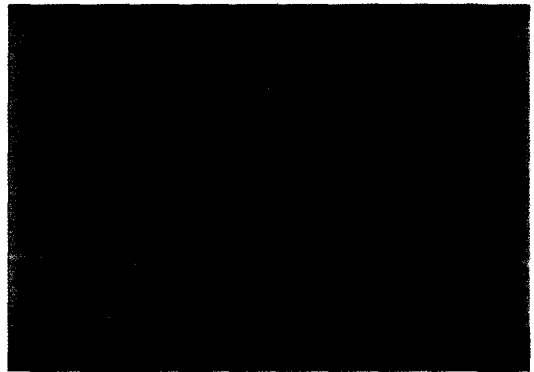
연승어선에 대한 경제적 기관마력을 추정을 위해 5톤급, 8톤급, 39톤급 등에 대한 계산을 수행하였으며, 입력데이터는 Fig. 6과 같다.

#### 나. 시스템 출력 결과

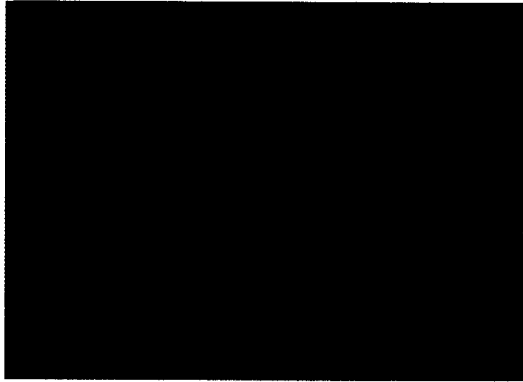
연승어선의 경제적 마력 및 속력을 추정한 결과를 Fig.7과 Table 3에 정리하였다.



6(a) 5 ton Class



7(a) 5 ton Class



7(b) 8 ton Class



7(c) 39 ton Class

Fig. 7. Results of the System Output.

Table 3. Results of the Economical Horsepower

분석대상		연승-01	연승-02	연승-03
총톤수(톤)		5	8	39
기본치 (L×B× D×Cb)	기존 어선	11.5×2.0× 1.0×0.55	13.2×3.2× 1.2×0.6	21.5×4.8× 2.2×0.693
	경제 어선	11.4×2.0× 1.0×0.55	12.9×3.2× 1.2×0.60	21.4×4.8× 2.2×0.69
항해속력 (KN)	기존 속력	14.5	13.7	10.0
경제적 마력 평가지수		5.4	11.1	9.9
마력 (HP)	기존 마력	270	235	380
	경제적 마력	256	223	355

## 결론

본 연구에서는 경제적 기관마력 도출을 위하여 국내외 연근해 어업에 대한 통계자료 및 관련문헌 등을 통하여 업종별 적정 어획강도 및 업종별 어선 선형치수 및 기관마력의 경제지수 등 기초 자료조사를 행하여 그 경제성을 분석하고, 최적 기관마력 경제성 평가기법 및 선형저항 분석모델을 포함한 경제적 기관마력 설정시스템을 개발과 도출된 기관마력의 현장 실선시험을 통한 경제성 검증에 수행하였다.

업종별·규모별 경제적 기관마력 데이터베이스(D/B) 구축 프로그램과 기관마력 정보의 데이터베이스는 어선 건조시 현장에서 적극 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 후기

이 논문은 2003년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

## 참고문헌

- 1) 김병호(1998) : 연근해어업의 재편 방향에 관한 사고, 수산연구 제12호, 88-94.
- 2) 박제웅 외(2000) : 연근해어업 어선의 경제적 기관마력 설정에 관한 연구, 155-170.
- 3) 박제웅 외(1993) : 어업별 어선경쟁력 분석 및 최적규모에 관한 연구. 한국어업기술학회지 29(1), 11-20.
- 4) 박제웅 외(1994) : 엔지니어링 시스템 설계공학, 335-342.
- 5) 한국어선협회(1992) : 표준어선 개발을 위한 조사연구, 220-267.
- 6) 홍성완 외(1988) : FRP 표준어선 개발에 관한 연구, 과학기술부 연구보고서, 52-58.

2004년 8월 17일 접수

2004년 11월 5일 수리

# 학 회 소 식

## 1. 춘계총회 및 공동학술발표회 개최

- 1) 일시 : 2005년 5월 20일 (금) 예정
- 2) 장소 : 국립수산물과학원  
※ 기타 자세한 사항은 추후 연락드리도록 하겠습니다.

## 2. 논문 투고시 준수사항

본 학회지에 논문을 투고하고자 하시는 분은 논문 작성시에 투고 규정을 준수하시고, 논문 투고시 학회지에 첨부되어 있는 논문투고 신청서를 빠짐없이 기입하여 논문과 함께 제출하여 주시기 바랍니다.

## 3. 사무국 공지 사항

### 가. 학회비 관련

회 장	500,000원	부회장	300,000원	이 사	100,000원
평위원	50,000원	회 원	20,000원	학생회원	10,000원
특별(단체)회원	50,000원				

### 나. 학회 업무 연락처

#### 가) 총무 관련

	이름	전화	휴대전화	E-mail
총무이사	김석종	064-754-3410	011-698-3411	ksukjong@cheju.ac.kr
총무담당	구명성	064-754-3411	016-695-1021	soloms@hotmail.com

#### 나) 편집 관련

	이름	전화	휴대전화	E-mail
편집위원장	강일권	051-620-6111	016-9667-8322	ikkang@pknu.ac.kr
편집이사	고대권	051-620-1582	016-9515-1582	dkkoh@pknu.ac.kr
편집이사	정순범	061-659-3122	011-849-7494	sbjeong@yosu.ac.kr
편집담당	김부영	051-620-6122	011-9510-3402	bbykim@mail1.pknu.ac.kr

### 다. 학회비 등 송금구좌

농협 954-12-213480 (예금주 : 한국어업기술학회 서두옥)

### 라. 사무국 주소

우) 690-756

제주도 제주시 제주대학교로 66번지

제주대학교 해양과학대학 해양산업공학전공 내 한국어업기술학회

### 마. 편집(학회지) 관련 송금구좌

수협 705-03-025580 (예금주 : 강일권)