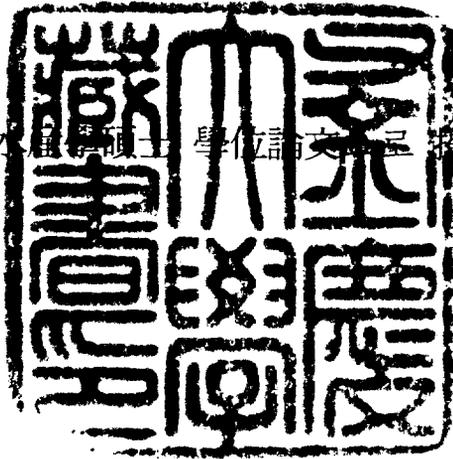


水産學碩士 學位論文

북태평양 중층 트롤의 예망력에
따른 적정 어구규모

指導教授 李 春 雨

이 論文을 水産學碩士 學位論文 으로 提出함



2002年 2月

釜慶大學校 産業大學院

漁業生產學科

金 聲 憲

이 論文을 金聲憲의 水産學碩士學位論文으로 認准함

2001年 12月 日

主 審 理 學 博 士 梁 龍 林



委 員 水産學博士 李 珠 熙



委 員 水産學博士 李 春 雨



目 次

Abstract

緒論	5
材料 및 方法	7
1. 조업선의 예망력 산정	7
2. 중층 트롤 그물의 항력	8
3. 전개판의 양력 및 항력의 계산	10
4. 북태평양 조업선의 현황	11
5. 선형 회귀 분석	14
結果 및 考察	17
1. 어구구성의 역학적 분석	17
2. 각 요소별 역학적 비교	19
1) 어선의 제동마력과 그물의 저항	19
2) 어선의 예망력과 그물의 저항	20
3) 어선의 제동마력과 전개판의 항력	21
4) 어선의 예망력과 전개판의 항력	22
5) 그물의 항력과 전개판의 전개력	23
3. 어구의 최적화와 적정규모의 고찰	25
要約	27
謝辭	29
參考文獻	30

Optimum Fishing Gear Size According to
Towing Force of
Midwater Trawl in the North Pacific

Seong-Heon Kim

*Department of Fishing Production, Graduate school of
Industry, Pukyong National University*

Abstract

In trawl fishing, the calculation of fishing gear with reasonable scale suitable to the size of the fishing vessel is an important factor in fishery efficiency. The North Pacific trawl fishing is done in the mid-water, and it is also the mature fishing ground where fishing has been done for a long time by the same fishing method, so the calculation of fishing gear with reasonable scale is possible by the statistics method.

Among the field data about the fishing vessel and fishing gear of the North Pacific trawl fishing, the correlation of towing force(F_n), resistance of net(R_n) and area of otter board

is analyzed statistically. This study is focused on suggesting the practical data in order to be helpful for calculating fishing gear with reasonable scale.

The result is as follows;

1) This research shows that the resistance of net(R_n) is about 78% of towing force(F_n) and that drag force of otter board(D_o) is 8% of F_n

2) The correlation between Brake Horse Power(B.H.P) and R_n is as follows;

$$R_n = 5.460BHP - 4078.6$$

3) The correlation between F_n and R_n is as follows;

$$R_n = 0.913F_n - 2779.7$$

4) The correlation between B.H.P and D_o is as follows;

$$D_o = 0.387BHP + 323.65$$

5) The correlation between F_n and D_o is as follows;

$$D_o = 0.065F_n + 406.36$$

6) The correlation between Rn and lift force of otter board(Lo) is as follows;

$$Lo = 0.235Rn + 2521.4$$

7) In case of taking towing force, B.H.P as independent fluent, in spite of considering the difference of a common towing force according to propeller type, a coefficient of determination shows larger than when take B.H.P as independent fluent.

緒 論

최근의 어업은 어족 자원의 고갈, 환경 보호, 배타적 경제수역의 정착 등으로 어장의 공간적 시간적 축소, 어구어법의 규제가 더욱 강화되고 있다. 특히 산업화, 대형화된 트롤어업은 경제성확보를 위해 대상 어장과 어종을 수시로 변경해가며 주어진 어획 할당량에 맞추어 어획물의 질과 비용을 고려한 적정조업으로 전환해 가고 있다.

적정조업이란 여러가지 관점에서 접근할 수 있으나, 현재 트롤어업에 있어서는 어법이나 어선의 규모에 맞는 적정 어구의 구성이 주요한 과제로 논의되고 있으며 적정어구 규모를 산출하기 위한 연구가 어업현장에서도 중요한 연구과제로 되어 있다.

이와 관련된 연구를 살펴보면, 저층트롤에 대해서는 6매식 어구의 설계기술에 대한 小山¹⁾의 실험적인 접근이 있고, 보다 구체적인 설계 및 구성법에 대한 李²⁾의 연구, 수치적인 계산법에 대한 張과 徐³⁾의 연구 및 최근 金과 高⁴⁾의 유체역학적인 해석 등이 있다. 그러나 북태평양에서 사용되고 있는 어구는 중층트롤 어구로서, 저층트롤 어구에 비해서 그물코의 크기가 크고 어구의 규모가 대형이면서 구조도 저층트롤 그물과 크게 다르므로 저층트롤의 연구결과를 중층트롤 어구에 그대로 적용하는 데에는 한계가 있다.

한편 최근에는 중층트롤 어구에 대해서도 활발한 연구가 진행되고 있는데, 어구설계기술 및 제어기술에 대한 李^{5,6)}의 연구, 어구설계도구로서의 활용을 전제로 어구구조를 시뮬레이션한 연구^{7,8)} 등이 있으나, 저층트롤과 같이 업계에서 보편적으로 수용할 수 있는 어구설계

기술은 아직 정립되어 있다고 볼 수 없다.

그러나, 현재 북태평양의 중층트롤어업은 시행착오적이기는 하지만, 장기간 누적된 자료를 통해 각 선박별 어구의 구성이 나름대로 최적화 되었다고 볼 수 있으므로 이를 근거로 통계적인 어구의 규모를 분석함으로써 현장의 기술자가 사용할 수 있는 실용적인 어구설계기준을 도출할 수 있을 것으로 본다.

본 연구에서는 북태평양 트롤어업에 사용되는 선박별 정격출력, 그물 도면, 전개판 형태 및 규격으로부터 선박의 제동마력과 예망력, 그물의 항력, 전개판의 양력 및 항력을 계산하여 통계적 방법으로 상관관계를 분석하였고, 어구규모 산출에 있어서 실무에 적용 가능한 자료를 제공하고자 하였다.

材料 및 方法

1. 조업선의 예망력 산정

예망력은 일반적으로 선체를 추진하는데 필요한 힘, 즉 유효마력을 제외한 순수하게 어구와 같은 다른 저항 물체를 끌 수 있는 힘을 의미한다. 이와 같이 선체 이외의 물체를 끄는 데 요하는 힘을 예항력, 또는 예망력(towing force)²⁾이라고 하며 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} T_n &= SHP \times \eta_o - T_s \\ &= T_a - T_s \end{aligned} \quad \text{----- (1)}$$

여기서 T_n 은 예망력, SHP는 축마력(shaft horse power), η_o 는 추진기 효율(propeller efficiency), T_s 는 유효추력(efficiency thrust), T_a 는 유용추력(available thrust)이다.

식(1)은 예망력과 유효마력과의 관계를 나타낸 식이다. 하지만, 이러한 방법은 실제로 계산하기에 상당히 힘들어 다소 정확도가 떨어지더라도 어선의 상용예망효율을 이용하여 추산하는 방법이 주로 이용된다. 李²⁾는 한국의 트롤어선의 예망력을 다음 식으로 표현하였다.

$$T_N = k (P_o \times D)^{\frac{2}{3}} \text{ ----- (2)}$$

여기서 P_o 는 기관의 출력 D , 추진기의 직경, k 는 정지 추력계수 인데, 어선의 통계자료로부터 k 는 38정도이다.

예망력은 식(2)에 의해서도 추산할 수 있으나, 본 고에서는 북태평양 어장에서 사용되고 있는 비슷한 선형의 어선에 한정되므로 상용예망효율 k_o (예망마력의 정격출력 P_o 에 대한 비)를 고려하여 예망마력 P_N 을 구하였고, 예망력(T_N)은 식(4)로 부터 구하였다.

$$P_N = k_o P_o \text{ ----- (3)}$$

$$T_N = \frac{75P_N}{v} \text{ ----- (4)}$$

여기서 v 는 예망속도이다.

북태평양어장의 조업선 대부분이 일본에서 도입되었으며 당시의 어구구성과 비슷하게 사용하고 있기 때문에 Taito seiko사의 자료⁹⁾를 이용하여 추진기의 형태에 따라 4knots로 예망시 상용예망효율은 고정피치의 경우 0.14, 가변피치일 경우 0.16으로 계산하였다.

2. 중층 트롤 그물의 항력

중층 트롤 그물의 항력을 계산하는 방법에는 다양한 계산방법이 연

구되어 왔다. 한국의 저층 트롤그물에서는 주로 小山¹⁾가 발표한 방법을 많이 이용하였지만, 중층 트롤그물에 적용하기에는 많은 무리가 있어 본 연구에서는 Fridman의 유체역학적인 저항식¹⁰⁾을 이용한 어구의 저항은 식(5)와 같다.

$$R_N = \frac{1}{2} C_d \rho s v^2 \text{ ----- (5)}$$

여기서, $R_N(\text{kgf})$ 은 그물의 저항, C_d 는 그물의 저항계수, ρ 는 해수밀도($102\text{kgf/s}^2\text{m}^4$), $s(\text{m}^2)$ 는 그물의 투영면적이다.

그물의 투영면적(s)는 다음식으로 계산할 수 있다.

$$s = \frac{wn + nn}{2} \times dn \times 2ml \times td \text{ ----- (6)}$$

식(6)에서 wn 은 윗변 가로코수, nn 은 아랫변 가로코수, dn 은 세로코수, ml 은 망목의 뻗친 길이이며, td 는 망사의 직경이다.

그물의 저항에 영향을 주는 요소는 그물을 구성하는 전체 망사의 투영면적이므로 그물의 저항을 알기 위해서는 그물 전체의 투영면적을 알아야 한다. 본 연구에서는 북태평양 트롤선의 어구설계도를 입수하여 각각을 부분별로 분석하여 식(6)을 이용하여 부분별 투영면적을 구한 후, 각 부분을 합하여 전체의 투영면적으로 하였다.

식(5)의 저항계수(C_d)는 李⁶⁾의 실험에서 제시된 저항계수를 사용

하여 식(7)로 나타내었다.

$$C_d = 0.7 \times v^{(-0.8749)} \text{ ----- (7)}$$

예망속도는 북태평양어장에서 일반적으로 알려진 예망속도인 4knots를 기준으로 하여 약 2%로 하고 계산하였다.

3. 전개판의 양력 및 항력의 계산

전개판의 양력(F_L)과 항력(F_D)은 식(8)과 식(9)로 나타내었다.

$$F_L = \frac{C_L}{2} \rho s v^2 \text{ ----- (8)}$$

$$F_D = \frac{C_D}{2} \rho s v^2 \text{ ----- (9)}$$

식(8)과 식(9)에서 C_D 는 항력계수, C_L 은 양력계수, ρ 는 해수의 밀도 ($102 \text{ kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$), s 는 전개판의 단면적, v 는 예망속도이다.

북태평양 어장에서 사용되는 전개판은 복판단순만곡형으로 대부분 국내의 B사 제품이 사용되고 있으며 제공받은 전개판의 최대전개력 계수는 영각 26° 에서 1.53였으며 이때 항력계수는 0.43이었다.

4. 북태평양 조업선의 현황

조업중인 어선의 제동마력, 추진기 타입, 그물과 전개판의 제원은

Table 1과 같다.

Table 1. Trawl fishing vesssles on the North Pacific.

Vessle name	Break Hores Power (HP)	Propeller Type	Net Size		Trawl doors	
			H.R(m)	N.L(m)	type	area(m ²)
ManJeok No.3	2000	CPP	47.6	94.5	VRS	1.94×3.50
ManJeok No.7	2350	CPP	49.4	105.5	VRS	2.04×3.56
KumKangSan	2700	CPP	49.4	105.5	VRS	2.02×3.54
HanIl	2700	CPP	47.6	94.5	VRS	2.04×3.56
307Golden Dragon	3000	CPP	53.2	128.9	VRS	2.30×4.10
ORyong No.505	3200	CPP	51.6	118.5	VRS	2.35×4.10
HanJin	3200	CPP	53.2	128.9	VRS	2.20×4.20
ORyong No.503	3300	FPP	51.6	118.5	VRS	2.25×4.20
YuYang	3500	FPP	53.2	128.9	VRS	2.30×4.10
HwaRang No.98	3800	CPP	51.6	118.5	VRS	2.36×4.25
OYang No.70	3800	FPP	53.2	128.9	VRS	2.30×4.35
InSung	3800	FPP	69.2	156.3	VRS	2.46×4.28
ORyong No.501	3800	FPP	51.6	118.5	VRS	2.30×4.30
Cheog Yang	3800	FPP	69.2	156.3	VRS	2.46×4.28
InSung Master	4400	CPP	73.2	171.1	MA	2.80×4.40
JoonSung Ho	4500	CPP	64.2	135.6	VRS	2.45×4.28
DaeSung Ho	4500	FPP	69.2	156.2	VRS	2.70×4.70
OYang No.2	4500	FPP	64.2	135.6	VRS	2.65×4.58
Orchid	4500	FPP	73.2	171.1	VRS	2.75×4.80
Lawrence	4550	CPP	73.2	171.1	VRS	2.75×4.80
Citrus	4550	CPP	73.2	171.1	VRS	2.75×4.80
DooAa Ho	4900	CPP	73.2	171.1	VRS	2.75×4.80
DongSan	5100	FPP	80.1	176.4	VRS	2.85×4.90
Oriental Angel	5700	CPP	84.2	181.0	VRS	3.01×5.12
NamBuk Ho	5700	FPP	84.2	181.0	VRS	3.01×5.12
OYang	5800	FPP	84.2	181.0	VRS	3.01×5.12
JoonSung No.3	6000	CPP	73.2	171.1	VRS	2.75×4.80
Oriental Discoverer	6000	CPP	73.2	171.1	VRS	2.90×5.00
ShinAn	6000	FPP	84.2	181.0	VRS	3.01×5.12

C.P.P: Controllable pitch propeller F.P.P: Fixed pitch propeller
H.R : The length of head rope. N.L : The length of body net.
VRS :Vertical cambered trawldoor filled with pumice stone.
MA :Vertical cambered trawldoor filled with pumice stone and floats.

Table 1에서는 제동마력에서 상용예망효율을 적용하여 예망력을 산출하기 위해 가변피치추진기와 고정피치추진기를 채용한 선박으로 구분하여 조사하였다. 그물의 크기를 나타내기 위해 대표적인 치수로 발줄의 길이와 몸통그물의 길이를 사용하여 나타내었다. 발줄과 뜰줄의 길이는 동일하게 사용하고 있었다.

전개판의 타입은 대부분은 VRS사용하고 있었다. VRS는 B사의 복판 만곡형 전개판으로 내부에 부력재가 충전되어 있으며 양 끝단이 뒤로 경사가 된 모델이며, MA는 전형적인 복판 만곡형 전개판으로 내부에 float와 부력재가 충전되어 있는 모델이다. 두 모델의 만곡률은 13%였으며 중형비는 1.75~1.90으로 조사되었다.

조업선의 예망력 계산에서 98화랑호, 준성호, 3준성, O/D(오리엔트 디스커버리)는 유럽식 스타일의 선박으로 주기관 출력의 15%정도를 타용도(트롤윈치 및 냉동기 등)로 사용하기 때문에 타 일본식 트롤선과는 제동마력은 동일하더라도 예망력에서 차이가 나게되지만, 동일하게 계산하였다.

그물의 항력은 현재 조업선에서 사용되는 그물의 도면을 조업선에서 직접 송부받아 식(5), (6), (7)을 사용하여 계산하였으며, 전개판의 제원은 B사에서 각 선박별 제원을 제공받아 전개력 및 항력을 식(8), (9)을 사용하여 계산하였다.

북태평양 조업선에서 사용하는 그물 도면의 한 예를 Fig. 1에 나타내었다. 그물의 형태는 중층 로프트롤로써 대부분의 그물이 규모의 차이는 있었으나 구조는 거의 유사하였다.

ROPE TRAWL NET

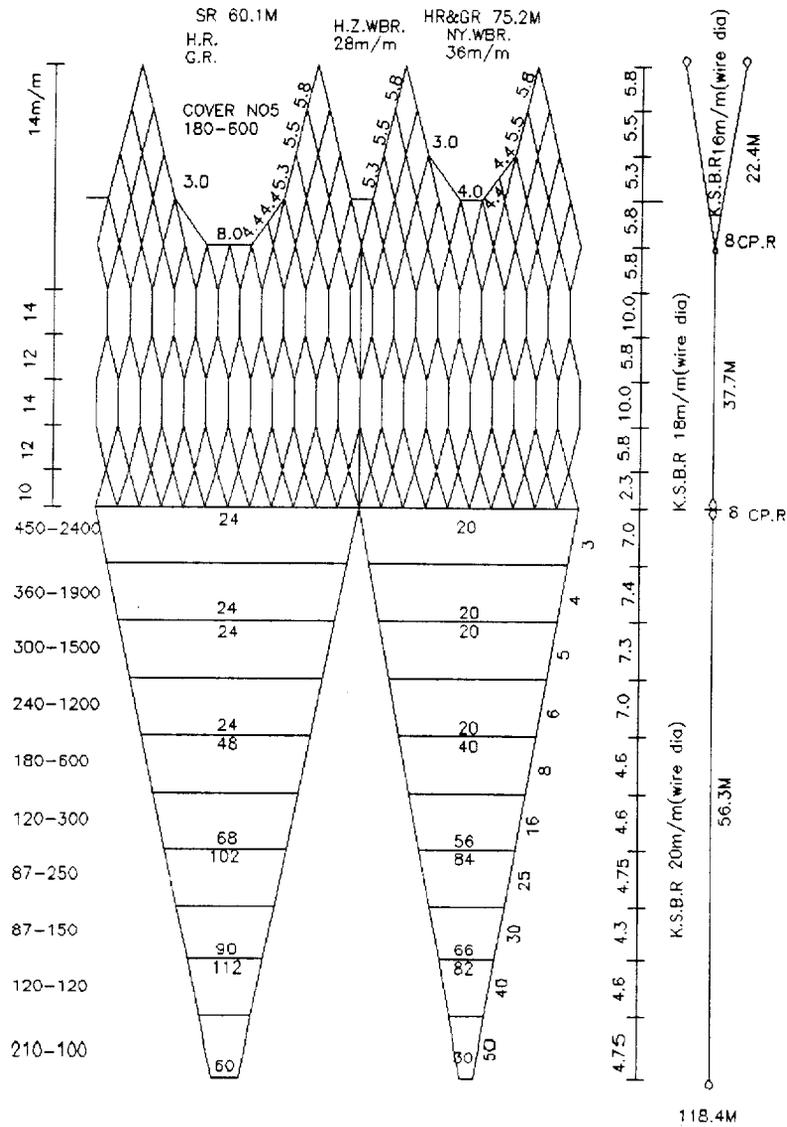


Fig. 1. Example of midwater trawl net(2700HP).

5. 선형회귀분석

본 연구에서는 종속변수(dependent variable)를 y 로 표기하고, 독립변수(independent variable)를 x 로 하였다.

상관분석은 일반적인 피어슨 상관분석법을 이용하였다.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{-----} \quad (10)$$

여기서 r 은 상관계수, x_i, y_i 는 두 집단의 i 번째 쌍, \bar{x}, \bar{y} 는 두 집단의 표본평균이다.

상관계수 r 은 단지 변수들의 선형적으로 관련되어 있는지를 나타내는 척도일 뿐임으로 통계적 유의성 검정은 상관관계에 대하여 F 분포를 이용해서 검정하였다. 유의수준은 일반적으로 사용되는 유의수준 5%를 정하였으며, 검정통계량 F는 식(11)와 같다.

$$F = \frac{r^2}{1-r^2}(n-2) \quad \text{-----} \quad (11)$$

여기서 F는 검정통계량, n 은 표본수, r 는 표본상관계수이다.

높은 상관관계가 있음이 입증되고 변수들이 선형적으로 관련되어 있음이 확인되면 선형회귀분석을 실시하였다.

회귀분석은 하나의 종속변수와 여러 개의 독립변수들 간의 통계적

함수관계를 분석하여 모형화 하는데 이용되고 있다.

본 연구에서는 종속변수와 한 개의 독립변수사이의 함수관계를 분석하는 단순선형회귀(simple linear regression)로 분석하였다.

독립변수 x 가 변화함에 따라 종속변수 y 가 어떠한 함수형태를 가지고 변화하는지를 대략적으로 알아보기 위해서는 두 변수의 관측치 들을 우선 산점도(scatter plot)를 그려보고, 대략적인 함수 관계를 파악하여 두 변수와의 관계가 상관관계가 있음을 확인한 후, 1차 선형 회귀모형을 적용하였으며, 최소자승법(least squares method)에 의한 추정절차에 따라 추정회귀직선을 구하여 1차 선형 방정식으로 상관관계를 나타내었다.

일단 최소자승법에 의하여 회귀직선을 추정한 후 관측점들이 추정된 회귀직선 주위에 어떻게 분포되어 있으며, 추정된 회귀직선이 관측점들의 관계를 얼마나 잘 설명해 주느냐 여부를 알아보기 위한 방법에는 추정된 회귀직선 주위에 흩어져 있는 정도를 나타내는 추정치의 표준오차로 측정하는 방법과, 추정된 회귀직선이 종속변수의 변동을 얼마나 잘 설명하여 주는가를 결정계수로 측정하는 방법이 있다.

추정치의 표준오차는 잔차의 표준편차를 말하며 추정치의 표준오차가 작을수록 추정된 회귀직선이 독립변수와 종속변수와의 통계적 관계를 적절하게 설명할 수 있으므로 가정된 회귀모형은 신뢰성이 있다고 할 수 있다.

결정계수(R^2)는 식(12)와 같이 나타낼 수 있다.

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad \text{-----} \quad (12)$$

식(12)에서 R^2 는 결정계수, SST는 총변동 혹은 총제곱합 (total sum of squares), SSE는 잔차제곱합 (error sum of squares)이다.

결정계수의 값이 1에 가까우면 두 변수간의 회귀관계가 매우 높으며 추정된 회귀직선이 종속변수의 변동을 대부분 설명하여 주는 경우라고 할 수 있다. 반면에 0에 가까우면 두 변수간의 회귀관계가 매우 약하며 독립변수의 정보가 종속변수의 변동을 설명하는데 거의 영향이 없음을 나타낸다.

R^2 의 크기에 따른 상관관계는 다음과 같다고 할 수 있다.

$0.7 \leq R^2 \leq 1$: 회귀분석식을 이용하여 예측

$R^2 = 1$: 모든 관찰값이 회귀직선상에 존재

$R^2 = 0$: 예측 능력이 없다.

結果 및 考察

1. 어구구성의 역학적 분석

북태평양 트롤어업의 조업선별 정격마력, 예망력, 그물저항, 전개판의 양력 및 저항의 계산치는 Table 2와 같다.

Table 2. The calculated result in according to parameters of each trawl vessele on the North Pacific

Vessle name	BHP (HP)	Force of Towing net (kgf)	Resistance of Net (kgf)	Trawldoors		Remarks
				Lift Force (kgf)	Drag Force (kgf)	
ManJeok No.3	2000	12000	7266	4119	1156	
ManJeok No.7	2350	14100	7774	4406	1236	
KumKangSan	2700	16200	7774	4338	1217	
HanIl	2700	16200	7266	4406	1236	
307Golden Dragon	3000	18000	15033	5721	1606	
ORyong No.505	3200	19200	13530	5845	1640	
HanJin	3200	19200	15033	5605	1573	
ORyong No.503	3300	17325	13530	5733	1609	
YuYang	3500	18375	15033	5721	1606	
HwaRang No.98	3800	22800	13530	6085	1708	European
OYang No.70	3800	19950	15033	6069	1703	
InSung	3800	19950	18118	6387	1793	
ORyong No.501	3800	19950	13530	6000	1684	
Cheog Yang	3800	19950	18118	6387	1793	
InSung Master	4400	26400	22917	7666	2151	
JoonSung Ho	4500	27000	22534	6317	1773	European
DaeSung Ho	4500	23625	18118	7698	2161	
OYang No.2	4500	23625	22534	7363	2066	
Orchid	4500	23625	22917	8008	2247	
Lawrence	4550	27300	22917	8008	2247	
Citrus	4550	27300	22917	8008	2247	
DooAa Ho	4900	29400	22917	8008	2247	
DongSan	5100	26775	26930	8711	2445	
Oriental Angel	5700	34200	28696	9349	2624	
NamBuk Ho	5700	29925	28696	9349	2624	
OYang	5800	30450	28696	9349	2624	
JoonSung No.3	6000	36000	22917	8008	2247	European
Oriental Discoverer	6000	36000	22917	9196	2581	European
ShinAn	6000	31500	28696	9349	2624	

비고란의 유립식은 앞서 설명한 것과 같이 주기를 타용도로 병용해 사용하는 어선을 말한다.

일반적으로 그물의 저항과 전개판의 항력을 합한 값은 전체 어구 저항의 80%이상을 차지하게 되므로 실질예망력과 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다.

Table 2에서 제동마력이 4000HP 이하의 배는 예망력에 비하여 어구 저항이 작은 과소저항이 많이 나왔으며 4000HP 이상에서는 어구 저항이 예망력보다 큰 과대저항이 많이 나타났다. 또한, 예망력에 대한 그물과 전개판의 저항을 합한 저항의 비가 0.98, 표준편차는 0.15로 나타났다. 이러한 결과는 기존에 알려진 항력의 배분비에 비하여 상당히 큰 것으로 자료의 오차를 감안하더라도 북태평양 국적선들의 어구규모가 예망력에 비하여 상당히 크기 때문에 적정예망속도를 낼 수 있는 한계에 이르고 있었다. 이러한 결과는 기존의 어구의 설계가 최대한 소해면적을 크게 하기위해 어구를 크게 만드는데 최적화의 의미를 두고 개발되고 있었다.

그물의 저항은 예망력에 약 78%를 차지하고 있으며 전개판의 항력은 약 8%정도로 역학적 배분이 이루어지고 있었다. 또한, 전개판의 전개력과 그물의 항력의 비는 약 0.39정도였다.

일반적으로 저층트롤에서 어구의 전체저항에서 차지하는 전개판의 항력의 약 20%~25%로 알려져 있으나 중층트롤에서는 8%정도로 보는 것이 타당할 것으로 생각되었다.

2. 각 요소별 역학적 비교

Table 1, 2에서 계산된 자료를 이용하여 각각의 인자에 따른 상관관계를 고려하였다.

1) 어선의 제동마력과 그물의 저항

조업선의 제동마력(BHP)과 그물의 저항(R_n)과의 관계는 Fig. 2와 같다.

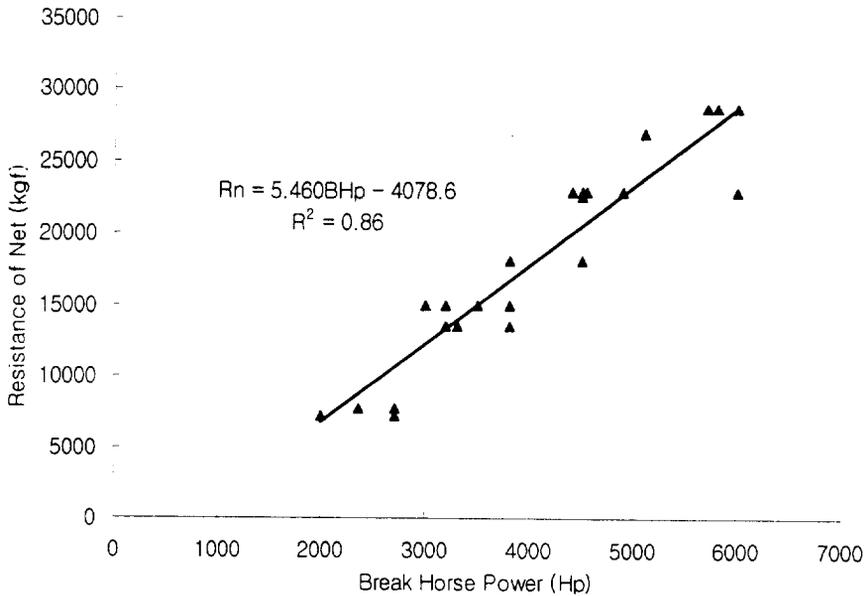


Fig. 2. Relations x,y between BHP and resistance of net according to each trawler.

Fig. 2에서 결정계수(R^2)가 0.86으로 조업선의 제동마력과 그물저항은 밀접한 선형회귀 관계가 있다고 볼 수 있고, 분자자유도 1, 분모자유도 27일 때 양측검정시 유의수준 0.05인 F값은 4.21이다. 통계량 $F=166.3 > F=4.21$ 이므로 통계적으로 유의하다고 할 수 있다.

제동마력(BHP)과 그물저항(R_n)과의 회귀방정식은 다음과 같다.

$$R_n = 5.460BHP - 4078.6 \quad \text{-----} \quad (13)$$

2) 어선의 예망력과 그물의 저항

어선의 예망력과 그물의 저항과의 관계는 Fig. 3과 같다. 예망력의 산출에는 CPP와 FPP를 고려한 상용예망효율만 차이를 두었다.

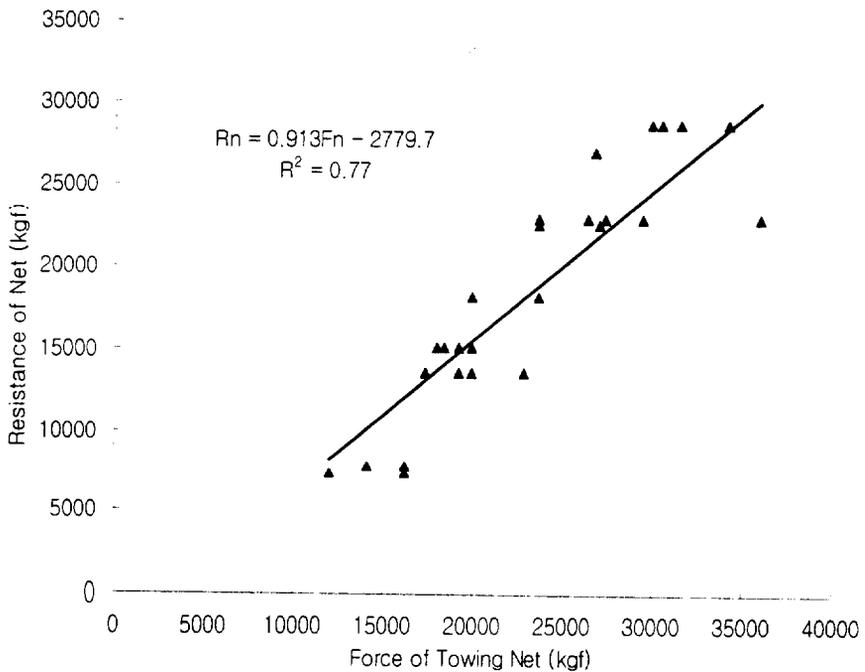


Fig. 3. Relations between force of towing net and resistance of net according to each trawler.

전체 자료의 77%가 그물저항과 예망력의 선형회귀 관계로 설명된다고 할 수 있으며, 통계량 $F=90.12 > F=4.21$ 이므로 $p < 0.05$ 이다. 따라서 두 변수 사이에는 유의한 선형회귀 관계가 있다고 할 수 있다. 예망력(F_n)과 그물저항(R_n)과의 회귀방정식은 식(14)와 같다.

$$R_n = 0.913F_n - 2779.7 \text{ ----- (14)}$$

Fig. 3에서 회귀직선과 상당히 거리를 보이는 대부분의 자료가 유립식 조업선으로 예망력의 산정에 있어서 상용예망효율을 수정할 필요가 있음을 확인하였다. 그러나, 이를 포함하더라도 통계적으로 예망력과 그물의 저항과도 유의한 상관관계가 성립하였다.

또한, 예망력과 그물저항과의 상관관계가 제동마력을 독립변수로 두었을 때 보다 오히려 밀접하지 못함을 확인하였다. 따라서, 제시된 상용예망효율의 적용은 고려해 보아야 할 것으로 판단되었다

3) 어선의 제동마력과 전개판 항력

조업선의 제동마력(BHP)과 전개판의 저항(R_n)의 관계는 Fig. 4과 같다. Fig. 4에서 결정계수(R^2)가 0.92로 전개판의 저항(D_o)변화의 92%가 제동마력(BHP)의 선형회귀 관계로 설명된다고 할 수 있으며, 통계량 $F=166.3 > F=4.21$ 이므로 $p < 0.05$ 이다.

제동마력(BHP)와 전개판의 저항(D_o)의 회귀방정식은 식(15)과 같다.

$$D_o = 0.387BHP + 323.65 \text{ ----- (15)}$$

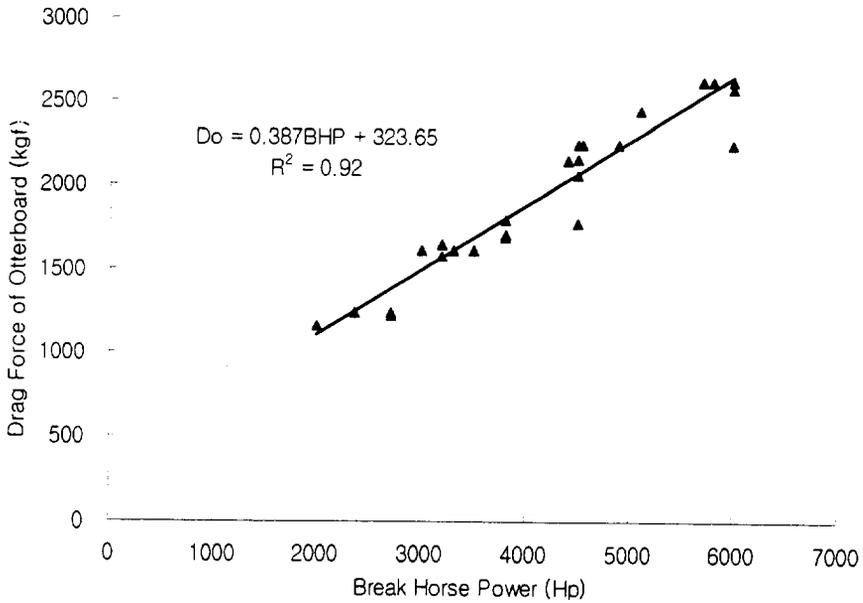


Fig. 4. Relations between BHP and drag force of otterboard according to each trawler.

4) 어선의 예망력과 전개판 항력

조업선의 예망력(F_n)과 전개판의 항력(D_o)과의 관계는 Fig. 5와 같다. 결정계수(R^2)가 0.83으로 전개판의 항력(D_o)의 83%가 제동마력 X의 선형회귀 관계로 설명된다고 할 수 있으며, 통계량 $F=132.14 > F=4.21$ 이므로 $p < 0.05$ 이다.

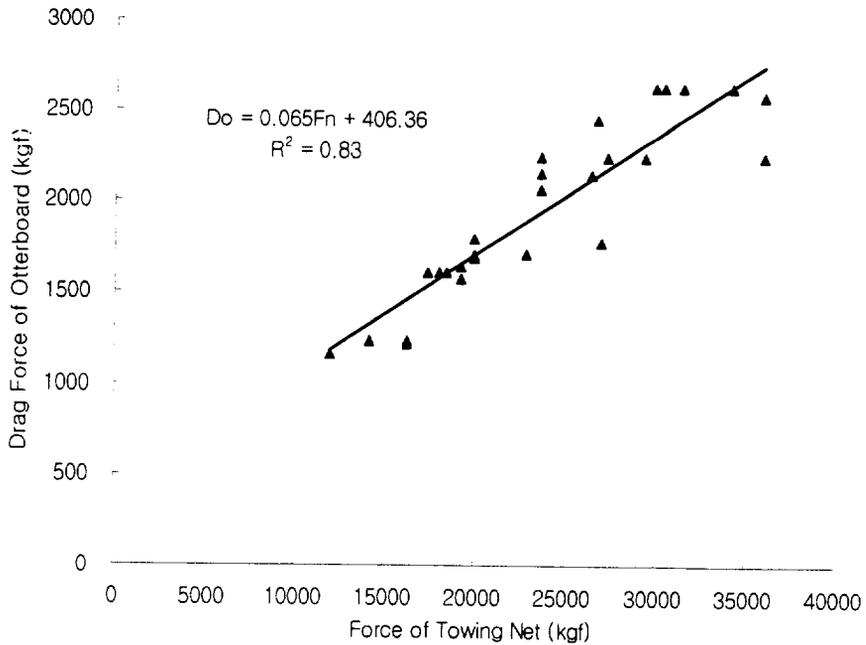


Fig. 5. Relations between force of towing net and drag force of otterboard according to each trawler.

그물의 저항에서 제동마력과 예망력과 같이 제동마력보다 결정계수가 작게 나타나고 있다. 예망력(F_n)과 전개판의 저항(D_o)과의 회귀방정식은 식(16)와 같다.

$$D_o = 0.065F_n + 406.36 \quad \text{-----} \quad (16)$$

5) 그물의 항력과 전개판의 전개력

조업선의 그물의 저항(R_n)과 전개판의 전개력(L_o)과의 관계는 Fig. 6과 같다.

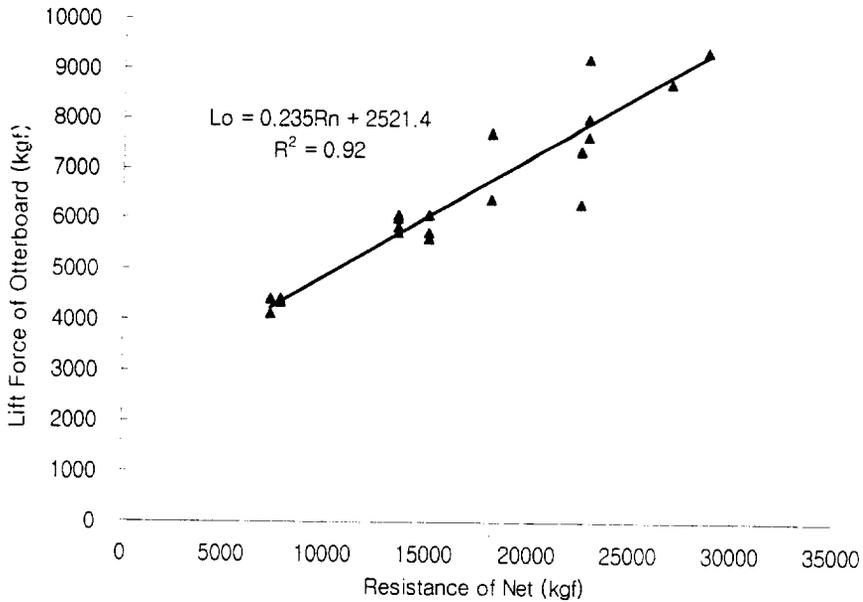


Fig. 6. Relations between resistance of net and lift force of otterboard according to each trawler.

Fig.6에서 결정계수(R^2)가 0.92로 전개판의 전개력 변화의 92%가 그물의 저항과 선형회귀 관계로 설명된다고 할 수 있으며, 통계량 $F=309.79 > F=4.21$ 이므로 $p < 0.05$ 이다. 따라서 두 변수 사이에는 유의한 선형회귀 관계가 있다고 할 수 있다.

전개판의 전개력(Lo)와 그물저항(Rn)과의 회귀방정식은 식(17)과 같다.

$$Lo = 0.235Rn + 2521.4 \quad \text{----- (17)}$$

Fig. 6상에서 O/D(오리엔탈 디스커버리)는 그물의 크기에 비하여 전개력이 상당히 컸다. 따라서, 경제적인 운용을 위해서는 전개판의

면적을 줄이는 것이 필요하다. 또한, 준성호의 경우는 그물의 저항에 비하여 전개력이 부족하므로 효율적인 어획을 위해서는 예망력 범위 내에서 전개판의 면적을 키우는 것이 필요하다고 생각된다.

3. 어구의 최적화와 적정규모의 고찰

북태평양 트롤어업은 조업선의 대부분이 선령의 노후로 인한 신조선이나 대체선 도입이 이루어져야 하지만, 어장환경과 경제적인 문제로 도입이 거의 이루어지지 않고 있어 신기술 도입이나 장비 도입에 걸림돌이 되고 있다. 따라서, 현재의 상황에 맞춰 경제적으로 최적의 어구구성이 더욱 요구되고 있으며, 도입시 제안되거나 연구된 자료는 대부분 저층조업시의 어구규모가 제시되고 있어 노후된 선령과 중층 트롤에 맞는 현실적인 어구규모의 자료정리가 필요하다고 생각된다.

본 연구에서 간략한 근사식을 통하여 분석된 자료를 보면 각 변수가 어구 규모를 결정하는 요인과 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 따라서, 이러한 연구방법으로 특정 어장의 어구의 상관관계를 파악하고 통계적 분석을 통해 상관관계를 좀더 명확히 한다면 실용성 있는 적정어구규모 산출 자료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

또한, 현재 북태평양 트롤조업선의 예망력에 따른 어구의 규모결정에는 사용자의 시행착오 과정에서 나름대로 적정어구라고 판단되는 어구의 규모로 정착된 것이다. 그러나, 어구의 규모를 어선의 예망력과 비교하였을 때 크게 벗어나게 구성된 어구는 없었으며, 따라서, 어구의 규모는 예망력이 허용하는 최대크기의 어구규모로 최적화되어

있다고 생각된다.

이상의 결과는 현재 북태평양 트롤어업의 경우, 각종 조업규제로 군집도가 낮은 어군을 쫓아 다수의 투망회수와 장시간의 예망을 통해 어획이 이루어짐에 따라, 적정예망속도에서 최대한 소해면적을 크게 하여 생산량을 높이는 방향으로 어구규모를 키워온 조업구조의 특성에서 기인한다고 할 수 있다. 또한 현장에서 조업하는 인력의 능력 평가가 당어기 어획량에 따라 평가되기 때문에 유류비, 관리비등 소요비용에 대한 경제적인 평가가 잘 이루어지지 않은 것도 어구규모의 차이를 두게된 간접적인 이유라고 할 수 있다.

그러나, 조업선의 주기관 출력을 최대로 하여 사용하게 되면 효율이 떨어진다는 것은 알려진 사실이다. 그러므로, 생산량활당에 따라 한정된 어획량에 비용적 측면을 생각해 볼 때, 적정한 규모의 어구에 대한 새로운 정의가 필요할 것으로 생각된다.

要 約

트롤어업에 있어서 어선의 규모에 맞는 적정 어구규모의 산출은 어획성능에 중요한 요소이다. 북태평양 트롤어업은 전체어선이 중층조업을 하고 있고, 또한 동일한 어법으로 장기간 조업이 진행되고 있는 성숙된 어장이므로 통계적 방법으로도 적정 어구규모의 산정이 가능하다.

북태평양 트롤어업의 어선 및 어구에 대한 현장자료중에서 어선의 예망력과 그물의 항력, 전개판의 면적과의 상관관계를 통계적으로 분석하였고, 적정 어구규모 추산을 위해서 실용적으로 활용할 수 있는 자료를 제공하고자 하였다.

그 결과는 다음과 같다.

1) 그물의 저항(Rn)은 예망력(Fn)의 약 78%로 나타났으며, 전개판의 항력(Do)는 예망력(Fn)의 8%로 나타났다.

2) 제동마력(BHP)와 그물의 저항(Rn)과의 상관관계는 다음식으로 나타낼 수 있었다.

$$Rn = 5.460BHP - 4078.6$$

3) 예망력(Fn)과 그물의 저항(Rn)과의 상관관계는 다음식으로 나타낼 수 있었다.

$$Rn = 0.913Fn - 2779.7$$

4) 제동마력(BHP)과 전개판의 항력(Do)의 상관관계는 다음식으로 나타낼 수 있었다.

$$Do = 0.387BHP + 323.65$$

5) 예망력(Fn)과 전개판의 항력(Do)의 상관관계는 다음식으로 나타낼 수 있었다.

$$Do = 0.065Fn + 406.36$$

6) 그물의 항력(Rn)과 전개판의 전개력(Lo)의 상관관계는 다음식으로 나타낼 수 있었다.

$$Lo = 0.235Rn + 2521.4$$

7) 예망력과 제동마력을 독립변수로 두었을 경우 추진기 타입에 따른 상용예망효율의 차를 적용하였으나, 결정계수는 예망력보다 제동마력을 독립변수로 두었을 경우 더욱 크게 나타났다.

謝 辭

본 논문이 완성되기까지 시종 세심한 지도를 하여 주신 이 춘우 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 그리고, 따끔한 일침으로 조언을 아끼지 않으신 양 용립 교수님, 이 주희 교수님께 감사를 드리며, 항상 관심과 도움을 주신 윤 갑동 교수님, 권 병국 박사님, 김 형석 교수님과 대학원 생활 내내 지도해 주신 많은 은사님과 선후배 여러분께 감사의 말씀을 드립니다. 또한, 자료정리에 도움을 준 해양생산시스템실험실 후배들에게도 고마움을 전합니다.

바쁜 일정 속에서도 항상 배려와 격려를 아끼지 않으신 박 경현 사장님과 김 진화 공장장님 그리고, 백경공업(주)의 많은 식구들, 특히 항상 옆에서 도움을 준 배 재현 대리, 김 만경 계장, 김 동수 주임에게도 감사를 드립니다. 아울러 이러한 연구가 가능하도록 자료협조를 해준 북양의 각 선장님과 항해사님, 선사 관계자님께도 감사의 말씀을 전합니다.

끝으로 어려운 여건 속에서도 끝까지 믿고 슬기롭게 내조해 준 사랑하는 아내에게 깊은 감사와 고마운 마음을 전합니다.

參考文獻

- 1) 小山武夫(1965):트롤船の主機關馬力數とロールウイソチおとび
漁具規模の關係について. 東海水産報. 第47號. PP101~108.
- 2) 李秉錡(1977) : 現代트로울漁法, 太和出版社, PP20~143.
- 3) 張志元·徐斗玉(1982) : 漁具工學, 新韓出版社, PP47~51.
- 4) 金大安·高冠瑞(1985) : 漁具學, 教文出版社, PP63~73.
- 5) Lee C.W. and Lee J.H.(2000) : Modeling of a midwater trawl
system with respect to the vertical movements. Fisheries
Science. Volume 66. PP851~857.
- 6) 이춘우·장충식·김민석·신현욱·김인진(1998) : 중층 트롤
시스템의 계측 및 운동 특성. Bull. Korean Soc. Fish. Tech.
34(3) PP294~301.
- 7) Bessonneau, J.S. and Marichal, D.(1998) : Study of the
Dynamics of Submerged Supple Nets (Applications to
Trawls). Ocean Engng. 25(7): PP563~583.
- 8) Niedzwiedz, G., Hopp, M.(1998) : Rope and net calculations
applied to problems in marine engineering and fisheries
research. Arch. Fish. Mar. Res. 46(2) PP125~138.

- 9) 泰東製網株式會社(1975) : トロル 漁具の知識.
- 10) Fridman, A.L.(1986) : Calculations for fishing gear designs,
FAO, Fishing News Books Ltd., 88~132.