

## 중층 트롤 그물의 저항 분포 해석

박진영·이춘우  
부경대학교  
(1999년 7월 3일 접수)

### Analysis of Resistance Distribution of the Midwater Trawl Net

Jin-Young Park and Chun Woo Lee  
Pukyong National University  
(Received July 3, 1999)

#### Abstract

Quality and distribution of the *TEA*(Total Enclosed Area), *TSA*(Twine Surface Area), solidity ratio and resistance according to the partial nets of the midwater trawl net were examined through experiment at the sea to standardize a design of the midwater trawl net.

The results can be summarized as follows ;

1. The *TEA*, *TSA* and resistance of the trawl net were increased definitely according to increasing the scale of the trawl net, and this is the most important factor to design the trawl net.
2. As the result of analysis of the distributions of the partial *TEA*, *TSA*, solidity ratio and resistance of trawl, the *TSA* of the starting part of the bag net was smaller than the others. Because *TEA* for rear end of the wing net is decreased suddenly, we can judge that the trawl net was towed irregularly.
3. The resistance distribution of the partial net was increased suddenly from central part of the bag net and was showed large value in the codend.
4. The resistance of the net from the position one of three to bag net and codend charged 75% at all resistance of net.

#### 서론

트롤어업은 대형 어선어업 중에서도 대표적인 업종의 하나로서 어업 생산에서 차지하는 비중이 대단히 크다. 최근 어구·어법적인 측면에서는 중층 트롤이 급속히 보급되고 있으나, 어구의 설계 및 그 운용 적인 측면에서 아직 개선해야할 점이 많이 있다.

중층 트롤 어구는 저층 트롤 어구와 비교하여 어구의 규모와 구성 방법 등에 많은 차이가 있고, 그물의 형상도 다르나, 지금까지의 어구설계와 제작은 국외에서 개발된 설계도를 참고로 하여 몇몇 저층트롤 기술자에 의해서 경험적으로 제작되고 있을 뿐, 현재 사용되는 어구의 적정성이나 어구 형상 등이 정량적으로 분석된 연구는 많지 않다

1,2,3,4)

따라서, 트롤 어구의 설계과정에서 어구의 물리적 특성<sup>5,6,7)</sup>과 기하학적 형상<sup>8,9,10)</sup>을 미리 파악할 수 있고, 어선의 규모에 맞는 성능이 우수한 어구를 제작할 수 있는 어구설계기술의 개발이 필요하다<sup>11,12)</sup>.

한편, 어선의 마력에 따라 어구 규모를 결정함에 있어서 가장 중요하게 고려해야 할 요소 중의 하나가 트롤 그물의 저항이다<sup>13,14,15)</sup>. 트롤그물의 저항은 예망속도, 망사의 표면적 및 공극률 등에 크게 지배를 받으며, 그물의 각 부분별 저항 분포는 예망시 그물의 형상에 큰 영향을 주는 요소이다<sup>16,17,18,19)</sup>.

본 연구에서는 현재 업계에서 널리 사용 중인 중층 트롤 어구를 이용한 해상실험을 통하여 그물의 저항을 측정하고, 각 마력별 그물 설계도를 분석하여 그물의 형상과 저항을 요소별로 수치화 함으로서 중층 트롤 그물의 합리적인 설계를 위한 지침을 제시 하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 해상실험

중층 트롤 그물의 저항 및 저항계수를 측정하기 위한 해상실험은 1997년 10월 1일부터 1997년 10월 3일까지 동해상(36° 04' N. 130° 27' E~36° 21' N. 130° 44' E)에서 실시하였고, 실험에 사용된 예망선은 부경대학교 실습선 가야호를 사용하여 실시하였으며, 가야호의 제원은 Table 1과 같다.

Table 1. Principal particulars of stern trawler, T.S. KAYA

| Item               | Dimension  |
|--------------------|--|
| Length(L.O.A.)     | 81.70 m  |
| Length(L.B.P.)     | 72.50 m  |
| Breadth(M.L.D.)    | 13.20 m  |
| Depth(M.L.D.)      | 8.00 m   |
| Full load draft    | 5.25 m   |
| Gross Ton.         | 1,737 ton  |
| Int. Ton.          | 2,136 ton  |
| Displ. Ton.        | 2,910 ton  |
| Main Eng.          | Two-stroke diesel engine × 1 set<br>(2,976 Ps × 250 rpm) |
| Propeller          | C.P.P 4-blades × 2.95 m × 1 set                          |
| Trawl winch system | Rapp Hydema PTS-3000                                     |

이때, 사용한 어구는 현재 업계에서 널리 사용하고 있는 2200마력급 어선의 중층 트롤 그물을 주문 제작하여 사용하였고, 그 설계도는 Fig. 1과 같다.

끝줄의 길이는 250 m 로 일정하게 유지하면서 예망 속도를 3 kts 에서 4.5 kts 까지 변화시키면서 29회 실시하였고, 한번 속도를 변경시킨 후 30분 정도를 계속 예망하여 어구가 충분히 안정 되도록 한 후에 새로운 속도 변경을 실시하였다.

예망 속도와 어구의 저항은 예망 상태가 안정되었을 때, 예망 속도는 도플러 로그로부터 출력되는 아날로그량을 A/D 변환하여 얻었고, 어구의 저항은 트롤윈치를 제어하는 제어기로부터 출력되는 좌우 끝줄의 장력을 컴퓨터에 입력되게 하여 얻었다.

### 2. 그물 설계도 분석

중층 트롤 그물의 설계도 분석은 어선규모 2200마력급부터 5700마력급까지 현재 업계에서 널리 사용중인 중층 트롤 그물 설계도를 자료로 하였다. 이들 설계도로부터 그물을 구성하는 각 부분의 망사가 차지하는 표면적(Twine Surface Area, TSA), 망지의 총면적(Total Enclosed Area by netting, TEA), 공극률 및 그물의 저항 등을 구하여 그물의 저항 분포 특성을 분석하였다. 본 분석에 사용된 그물 설계도의 개략적인 제원은 Table 2와 같다.

### 3. 실험 방법

#### 1) 저항계수 추정

그물의 저항은 해상실험에서 얻어진 어구의 전체 저항에서 전개판, 끝줄 및 후릿줄의 저항을 제외한 값으로 하였고, 이 저항 값으로부터 그물의 저항계수를 추산하였다.

현재 사용되는 중층 트롤 어구는 규모가 달라져도 사용되는 어구재로나 완성된 어구의 형태가 유사하므로 본 연구에서 실제 실험되지 않은 다른 어구에 대한 그물의 저항과 저항계수도 가야호의 해상 실험 결과에서 구해진 예망 속도에 따른 저항계수와 유사하다고 가정하였다.

흐름 속에 놓여 있는 그물의 저항은 Fridman의 유체역학적인 저항 식을 이용하면 다음과 같다<sup>16)</sup>.

S.B.R.  $\phi$  22 m/m  
S.R: N.D.B.R.  $\phi$  32 m/m

LL: N.D.B.R.  $\phi$  32m/m  $\Delta$   $\phi$  34m/m

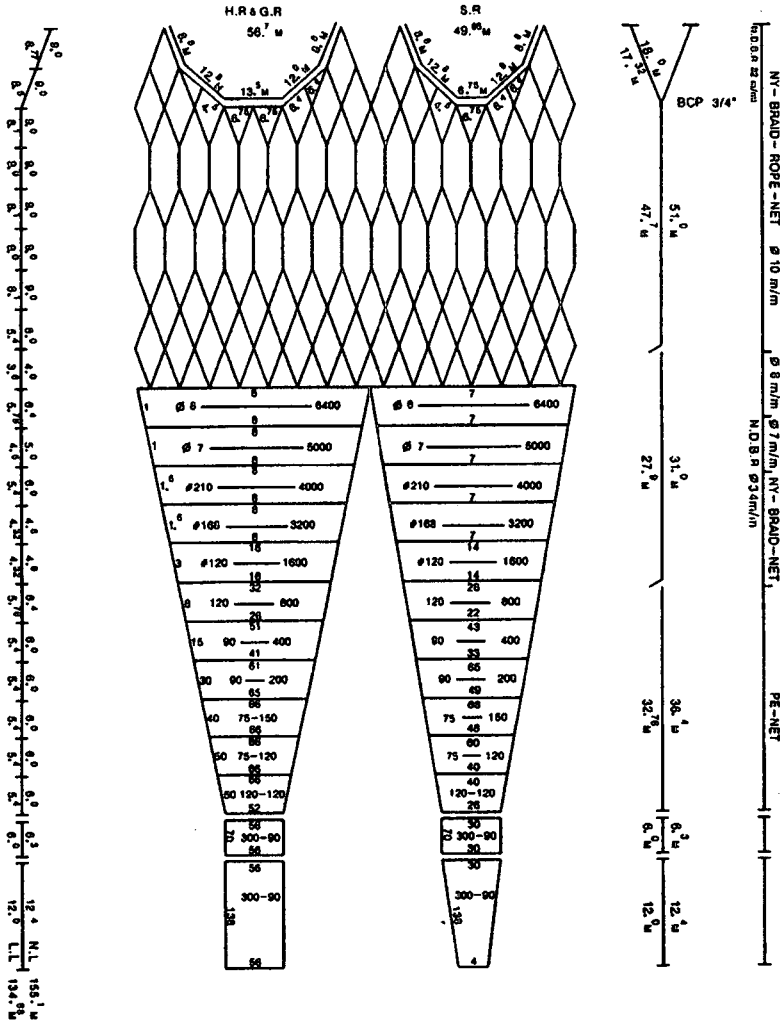


Fig. 1. Developed drawing of the midwater trawl net.

Table 2. Principal particulars of midwater trawl gears used in analysis

| ps   | Net        | L.L<br>(m) | Head Rope<br>(m) | Side Rope<br>(m) | Buoyancy<br>(kg) | Sinking Force<br>(kgf) |
|------|------------|------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|
| 2200 | Super mesh | 143.7      | 56.7             | 49.9             | 683.0            | 3441.0                 |
| 2500 | "          | 132.9      | 56.7             | 49.9             | 546.0            | 3363.7                 |
| 2700 | "          | 154.9      | 65.6             | 59.2             | 956.5            | 3611.6                 |
| 3000 | "          | 146.3      | 66.2             | 44.8             | 855.2            | 3534.5                 |
| 3500 | "          | 164.5      | 80.5             | 59.1             | 1024.0           | 4888.8                 |
| 3800 | "          | 165.2      | 80.5             | 59.1             | 1024.0           | 4888.8                 |
| 4500 | "          | 173.7      | 71.3             | 56.3             | 1195.0           | 5971.2                 |
| 5000 | "          | 195.6      | 108.3            | 100.8            | 1264.0           | 6152.4                 |
| 5700 | "          | 197.1      | 81.4             | 55.8             | 1336.4           | 7130.4                 |

$$R_N = \frac{1}{2} C_d \rho S v^2 \quad (1)$$

여기서,  $R_N(kgf)$ 은 그물의 저항,  $C_d$ 는 저항계수,  $\rho$ 는 해수밀도( $105 \text{ kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$ ),  $S(\text{m}^2)$ 는 망사 총표면적,  $v(\text{m/s})$ 는 예망 속도이다.

저항계수는 식(1)을 변형한 다음 식으로부터 구할 수 있다.

$$C_d = \frac{2 R_N}{\rho S v^2} \quad (2)$$

### 2) 망지 및 망사의 표면적과 공극률

그물의 저항에 영향을 주는 요소는 망사의 표면적이므로 그물의 각 부분별 저항 분포를 분석하기 위해 망목의 크기를 기준으로 그물을 21~24부분으로 나누어 각 부분별 망사 표면적을 구하였다.

먼저, 망지의 총면적을 TEA이라고 하면,

$$\begin{aligned} TEA &= \left( \frac{Wn + Nn}{2} \times ml \times r_1 \right) \times (Dn \times ml \times r_2) \\ &= r_1 \times r_2 \frac{Wn + Nn}{2} \times Dn \times ml^2 \end{aligned} \quad (3)$$

이며, 여기서  $Wn$ 은 윗변 가로 코수,  $Nn$ 은 아랫변 가로 코수,  $Dn$ 은 세로 코수,  $ml$ 은 망목의 뿔친길이,  $r_1$ 은 가로 성형률,  $r_2$ 는 세로 성형률이다.

그리고, 망사의 총표면적 TSA를 구하면,

$$TSA = \frac{Wn + Nn}{2} Dn \times 2ml \times Td \quad (4)$$

이며, 여기서  $Td$ 는 망사의 직경이다. 그런데, (3)식에서

$$\frac{Wn + Nn}{2} \times Dn = \frac{TEA}{ml^2 \times r_1 \times r_2} \quad (5)$$

이므로, 이것을 (4)식에 대입하면

$$\begin{aligned} TSA &= \frac{TEA}{ml^2 \times r_1 \times r_2} \times 2ml \times Td \\ &= \frac{2Td \times TEA}{ml \times r_1 \times r_2} \end{aligned} \quad (6)$$

이다.

여기서  $L = \frac{ml}{2}$ 이고, 매듭의 영향을 고려하여 매듭

계수비를 1.1이라<sup>18)</sup> 하면

$$TSA = \frac{Td \times TEA}{L} \times \frac{1.1}{r_1 \times r_2} \quad (7)$$

이다.

또, 망지의 세로 성형률  $r_2 = \sqrt{1 - r_1^2}$ 이므로 (5)식은

$$TSA = \frac{Td \times TEA}{L} \times \frac{1.1}{r_1 \sqrt{1 - r_1^2}} \quad (8)$$

이다.

망지 면적에서 망사의 면적이 차지하는 비율을 공극률  $Sr$ 이라 하면

$$Sr = \frac{TSA}{TEA} \quad (9)$$

이다.

위에서 구한 망사의 표면적과 실험으로부터 추정된 저항계수를 그물의 저항식에 대입하여 각 부분별 저항을 구하고, 그물의 저항 분포 특성을 분석하였으며, 그물 각 부분별 망지 및 망사의 표면적, 공극률과 그물의 저항과의 관계를 비교·분석하였다.

### 3) 부분별 저항분포 추정

그물의 저항분포는 그물의 각 부분을 3등분하여, 로프로 구성된 날개그물(Wing net)부분을 1~10, 자루그물(bag net)부분을 11~22, 끝자루그물(Codend)부분을 23~24 부분으로 분할하여 각 분할된 부분에 대하여 망사의 표면적, 망지면적, 공극률 및 저항을 구하여 분석하였다. 임의의 한 부분에 걸리는 저항은 그 뒷부분의 모든 저항이 합해져서 작용되므로, 어느 한 부분의 망지가 담당해야 할 저항은 자루그물에서부터 해당 부분까지의 저항을 적분한 값으로 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 1. 그물의 저항계수

해상실험에서 얻어진 예망 속도에 따른 어구 전체의 저항을 선속에 따라 나타내면 Fig. 2와 같다.

어구의 저항은 식(1)에 의하면 유속의 제곱에 비례하나, 본 실험 결과로부터는 유속의 제곱에 비례하는지 유속에 비례하는지는 명확히 판단하기 어렵다. 이것은 예망 속도 범위가 1.5~2.3 m/s로 비교적 좁기 때문인 것으로 판단되며, 본 연구에서는 저항이 유속의 제곱에 비례하는 것으로 간주하고 저항계수를 추산하였다. 저항계수는 Fig. 2에서 그물만의 저항을 구한 후 식(2)로부터 구할 수 있는데, 예망 속도에 따라 표시하면 Fig. 3과 같다.

저항계수는 예망 속도가 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 나타내고 있고, 이것을 최소 자승법으로 예망 속도에 대한 저항계수의 실험식을 구하면, 다음과 같다.

$$C_d = 0.7 \times v^{-0.8749} \quad (10)$$

저항계수는 물체의 크기와 형상 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있고, 예망 속도가 증가함에 따라 처음에는 크게 감소하나 나중에는 완만히 감소

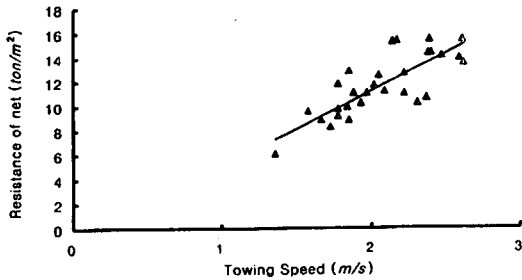


Fig. 2. The Resistance of the 2200 ps trawl net according to the towing speed.

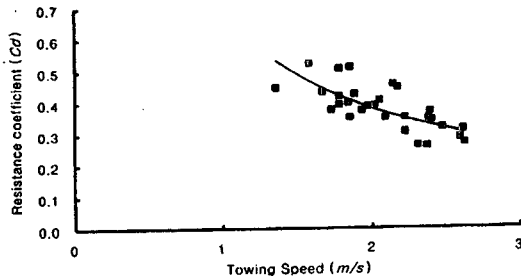


Fig. 3. The resistance coefficient of the 2200 ps trawl net according to the towing speed.

하는 경향을 나타내는 것으로 알려져 있다. 저항계수는 흔히 레이놀드수의 함수로 표현할 수 있으나, 그물의 경우에는 레이놀드수에 포함된 대표길이를 어느 것으로 할 것인가가 문제가 된다. 따라서, 본 연구에서는 저항계수를 단순히 속도에 비례하는 것으로 하여 위에서 구해진 식(10)을 사용하여 그물의 부분별 저항과 전체 저항을 계산하였다.

## 2. 어구규모에 따른 그물의 저항

식(3)과 식(8)을 이용하여 각 그물의 망지 총면적(*TEA*)과 망사 총표면적(*TSA*)을 구하여 어구의 규모별로 나타내면 Fig. 4와 Fig. 5와 같다. 또한,

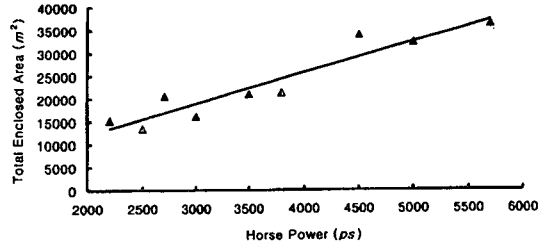


Fig. 4. The Total Enclosed Area by a net according to the trawl gear scale.

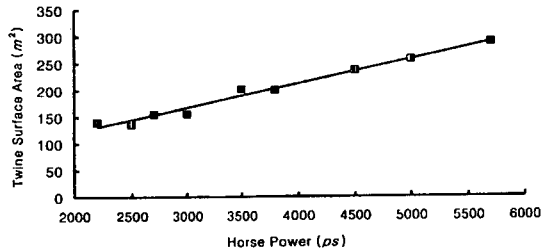


Fig. 5. The calculated Twine Surface Area by a net according to the trawl gear scale.

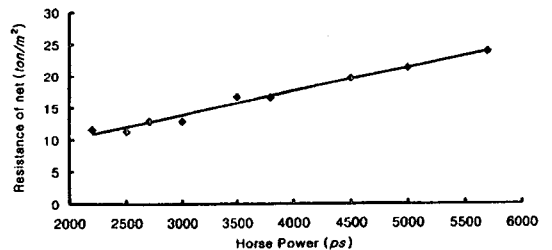


Fig. 6. The resistance of the trawl net according to the trawl gear scale.

TSA와 저항계수를 이용하여 예망 속도가 2 m/s일 때 각 어구 규모별 그물의 저항을 추정하면 Fig. 6과 같다.

그림에서 TEA와 TSA는 어구 규모에 비례하여 직선적으로 일정하게 커지는 것을 알 수 있다. 여기서, 어구의 규모에 따른 설계기준의 한 요소를 추정할 수 있는데, 현재 업계에서 사용되는 어구는 어선의 마력에 따라 TEA 및 TSA가 비교적 일정하게 커지는 것을 나타내었다. 그러므로, 어구 설계시 TEA, TSA를 설계기준으로 적용한다면, 어선의 규모에 맞는 TEA 및 TSA를 추정할 수 있으므로 보다 어선의 규모에 적합한 어구의 규모가 추정될 수 있을 것이다.

### 3. 어구 규모별 설계도 분석

설계도가 Fig. 1과 같은 2200 마력급의 중층 트롤 그물에 대해서 각 부분별 망사표면적, 망지면적, 공극률, 저항 및 망사표면적에 대한 저항의 분포를 분석해보면 Fig. 7과 같다.

(a)는 그물 각 부분별 단위길이에 대한 TSA를 나타내고 있는데, 자루그물의 시작 부분인 약 84 m 부터 88 m 부분까지 TSA가 가장 작게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그리고, 날개그물의 앞끝에서 뒤끝까지의 TSA는 35.20 m<sup>2</sup>, 자루그물의 앞끝에서 뒤끝까지의 TSA는 66.15 m<sup>2</sup>, 끝자루그물의 앞끝에서 뒤끝까지의 TSA는 38.50 m<sup>2</sup>로 자루그물과 끝자루그물의 것이 날개그물의 것보다 더 크다는 것을 알 수 있다.

(b)는 그물 각 부분별 단위길이에 대한 TEA를 나타내고 있는데, TEA는 날개그물 59 m 부터 자루그물에 시작되는 70 m 부분까지 급격하게 감소하는 경향을 볼 수 있다. 그리고, 날개그물의 앞끝에서 뒤끝까지의 TEA는 13000.1 m<sup>2</sup>, 자루그물의 앞끝에서 뒤끝까지의 TEA는 2135.6 m<sup>2</sup>, 끝자루그물의 앞끝에서 뒤끝까지의 TEA는 68.3 m<sup>2</sup> 로서 날개그물의 것이 자루그물과 끝자루그물의 것보다 더 크다는 것을 알 수 있다.

(c)는 공극률을 나타내고 있는데, 공극률은 자루그물의 92 m 부분에서 끝자루그물쪽으로 갈수록 증가하는 것을 볼 수 있다.

(d)는 예망속도가 4 kts 일때, 단위길이에 대한

그물의 저항을 나타내고 있으며, 날개그물의 앞끝에서 뒤끝까지의 저항은 2.9톤, 자루그물의 앞끝에서 뒤끝까지의 저항은 5.5톤, 끝자루그물의 앞끝에서 뒤끝까지의 저항은 3.2톤으로서 자루그물과 끝자루그물의 것이 날개그물의 것보다 더 크다는 것을 알 수 있다. 저항은 TSA에 비례하므로 부분별 저항의 변화 경향은 TSA 변화 경향과 유사하다.

(e)는 자루그물로부터 적분한 그물의 저항을 각 부분별 단위길이에 대한 TSA로 나눈 값을 나타내는 것으로 어느 특정 부분의 망사가 담당해야 할 힘의 크기를 나타내는 것으로 볼 수 있다. 이 그림에서 보면 자루그물의 약 88 m 부분에서 가장 높게 나타나고 있는데 이것은 이 부분에서 망사가 담당해야 할 힘이 가장 크다는 것을 의미하므로, 강도가 약한 재료일 경우 파단의 위험이 있음을 알 수 있다.

이상의 분석으로부터 이 그물은 TEA가 날개그물에서 급격히 감소되는 현상과 자루그물 88 m 부분의 망지에 하중이 편중되는 것을 완화 시켜 줄 수 있는 설계 개선이 필요하다고 판단된다.

3000 마력급의 그물 설계도는 Fig. 8과 같고, 앞에서와 같은 방법으로 분석한 결과를 Fig. 9에 나타내었다.

TSA는, 자루그물의 시작 부분인 약 84 m 부터 91 m 부분까지 TSA가 가장 작게 나타나는 것을 볼 수 있다. 각 부분별 TSA는 날개그물에서 42.1 m<sup>2</sup>, 자루그물 75.1 m<sup>2</sup>, 끝자루그물 38.5 m<sup>2</sup> 였다.

TEA는, 날개그물 53 m 부터 자루그물 75 m 부분까지 급격하게 감소하는 경향을 볼 수 있다. 각 부분별 TEA는 날개그물에서 13441.9 m<sup>2</sup>, 자루그물 2551.7 m<sup>2</sup>, 끝자루그물 68.3 m<sup>2</sup> 였다.

공극률은, 자루그물의 101 m 부분에서 끝자루그물 쪽으로 갈수록 증가하는 것을 볼 수 있다.

각 부분별 그물의 저항은, 날개그물에서 3.5톤, 자루그물 6.2톤, 끝자루그물 3.2톤 이였고, TSA분포와 유사하게 자루그물의 79 m 부터 91 m 부분에서 그물의 저항이 가장 작게 나타나는 것을 볼 수 있다.

(e)는 끝자루그물로부터 적분한 그물의 저항을 각 부분별 단위길이에 대한 TSA로 나눈 값을 나

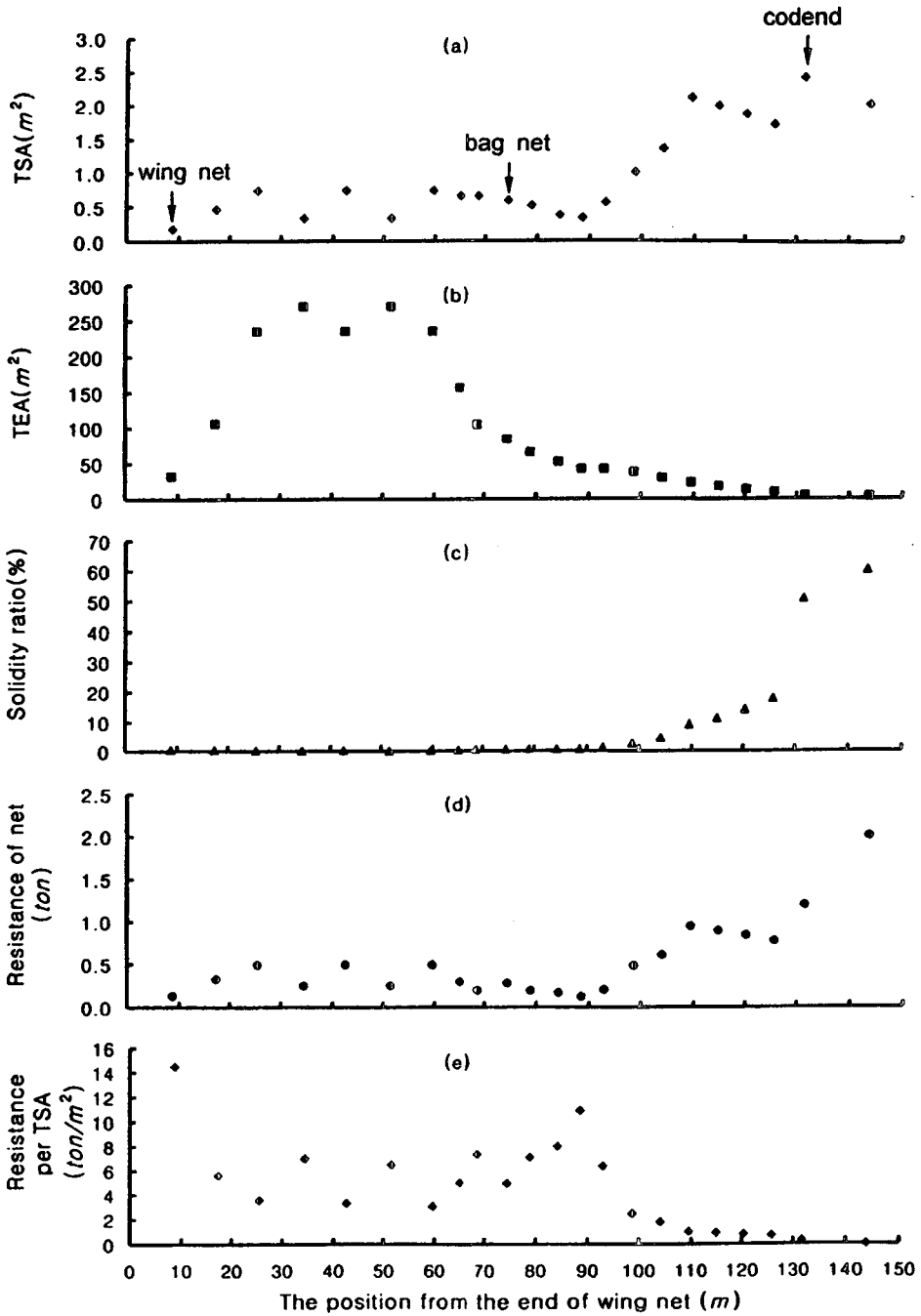


Fig. 7. Partial distribution of the TSA, TEA, Solidity ratio and the Resistance for 2200 ps net.  
 (a) : Twine Surface Area(TSA), (b) : Total Enclosed Area(TEA), (c) : Solidity ratio, (d) : Resistance of net at the towing speed of 4 kts, (e) : Resistance per TSA.

중층 트롤 그물의 저항 분포 해석

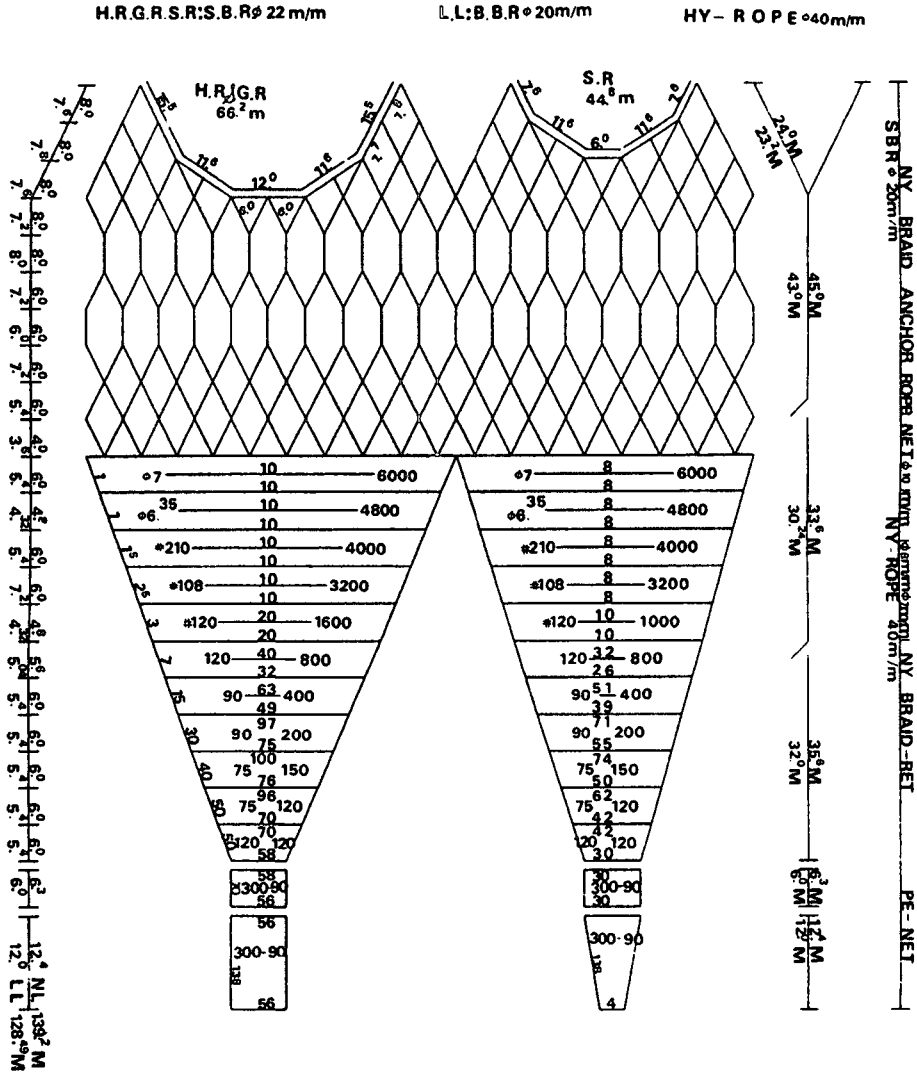


Fig. 8. Developed drawing of the 3000 ps grade net.

타내고 있는데, 이 그물에서는 특별히 문제될 부분은 없는 것으로 판단된다.

이상의 분석으로부터 이 그물은 TEA가 날개그물에서 급격히 감소되는 현상을 완화 해줄 수 있는 설계 개선이 필요하다고 생각된다.

3800 마력급의 그물 설계도는 Fig. 10과 같고, 앞에서와 같은 방법으로 분석한 결과를 Fig. 11에 나타내었다.

TSA는, 자루그물의 시작 부분인 약 103 m 부터 108 m 부분까지 TSA가 가장 작게 나타나는 것을

볼 수 있다. 각 부분별 TSA는 날개그물에서 64.1 m<sup>2</sup>, 자루그물 97 m<sup>2</sup>, 끝자루그물 38.5 m<sup>2</sup> 였다.

TEA는, 날개그물 68 m 부터 자루그물 72 m 부분까지 급격하게 감소하는 경향을 볼 수 있다. 각 부분별 TEA는 날개그물에서 16759 m<sup>2</sup>, 자루그물 4411.2 m<sup>2</sup>, 끝자루그물 68.3 m<sup>2</sup> 였다.

공극률은, 자루그물의 120 m 부분에서 끝자루그물쪽으로 갈수록 증가하는 것을 볼 수 있다.

각 부분별 그물의 저항은, 날개그물에서 5.3톤, 자루그물 8톤, 끝자루그물 3.2톤 이였고, TSA분



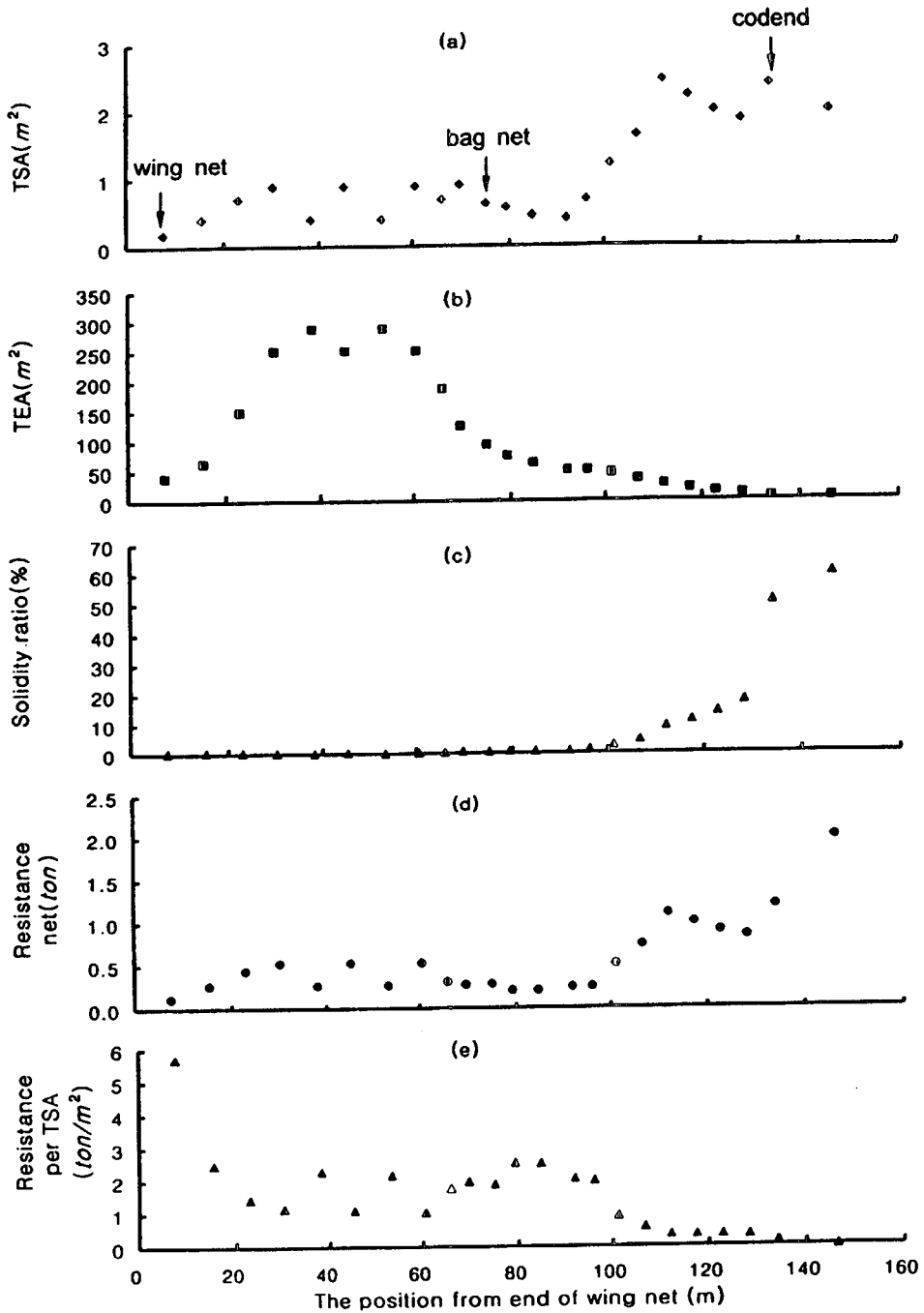


Fig. 9. Partial distribution of the TSA, TEA, Solidity ratio and the Resistance for 3000 ps net.  
 (a) : Twine Surface Area(TSA), (b) : Total Enclosed Area(TEA), (c) : Solidity ratio, (d) : Resistance of net at the towing speed of 4 kts, (e) : Resistance per TSA.

중층 트롤 그물의 저항 분포 해석

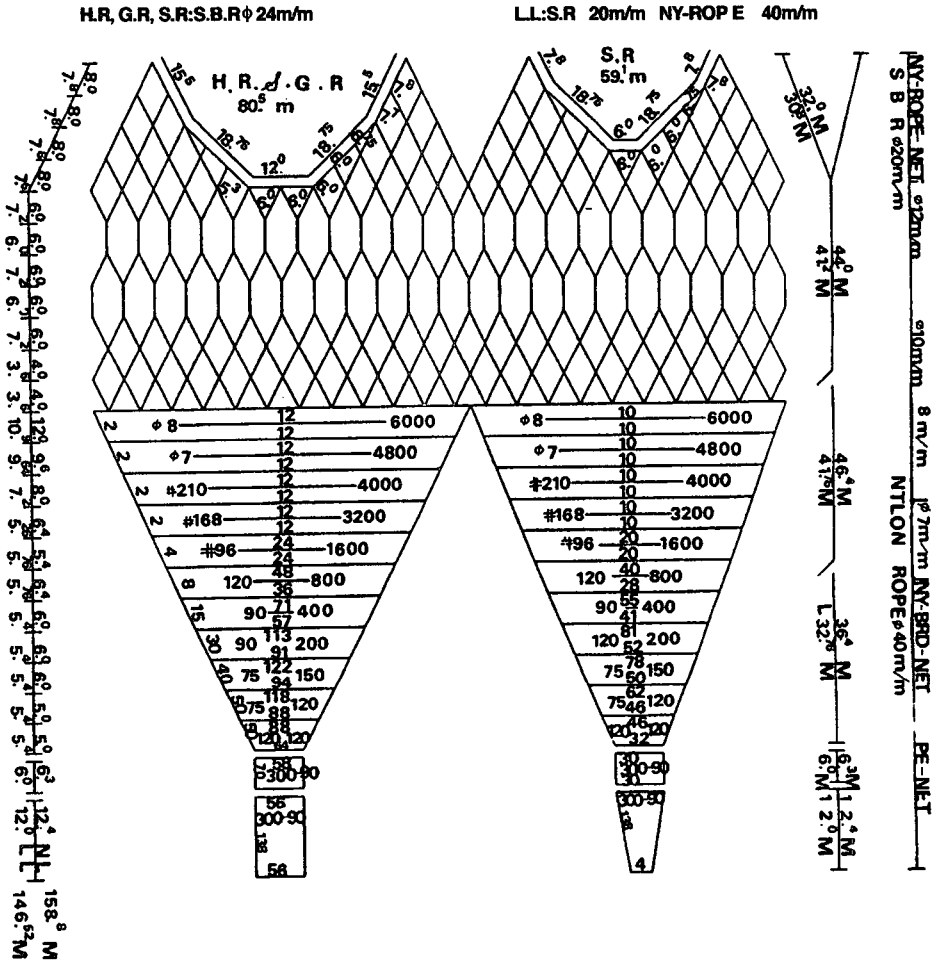


Fig. 10. Developed drawing of the 3800 ps grade net.

포와 유사하게 자루그물의 108 m 부분에서 그물의 저항이 가장 작게 나타나는 것을 볼 수 있다.

끝자루그물로부터 적분한 그물의 저항을 각 부분별 단위길이에 대한 TSA로 나눈 값을 보면, 약 108 m 부분에서 가장 높게 나타나고 있다.

이상의 분석으로부터 이 그물은 TEA가 날개그물에서 급격히 감소되는 현상과 자루그물 108 m 부분의 망지에 하중이 편중되는 것을 완화 시켜줄 수 있는 설계 개선이 필요하다고 판단된다.

4500 마력급의 그물 설계도는 Fig. 12와 같고, 앞서와 같은 방법으로 분석한 결과를 Fig. 13에 나타내었다.

TSA는, 자루그물의 시작 부분인 약 102 m 부터

109 m 부분까지 TSA가 가장 작게 나타나는 것을 볼 수 있다. 각 부분별 TSA는 날개그물에서 69.6 m<sup>2</sup>, 자루그물 127.7 m<sup>2</sup>, 끝자루그물 38.5 m<sup>2</sup> 였다.

TEA는, 날개그물 66 m 부터 자루그물 70 m 부분까지 급격하게 감소하는 경향을 볼 수 있다. 각 부분별 TEA는 날개그물에서 28250.4 m<sup>2</sup>, 자루그물 5539.1 m<sup>2</sup>, 끝자루그물 68.3 m<sup>2</sup> 였다.

공극률은, 자루그물의 123 m 부분에서 끝자루그물쪽으로 갈수록 증가하는 것을 볼 수 있다.

각 부분별 그물의 저항은, 날개그물에서 5.8톤, 자루그물 10.6톤, 끝자루그물 3.2톤 이였고, TSA 분포와 유사하게 자루그물의 109 m 부분에서 그물의 저항이 가장 작게 나타나는 것을 볼 수 있다.

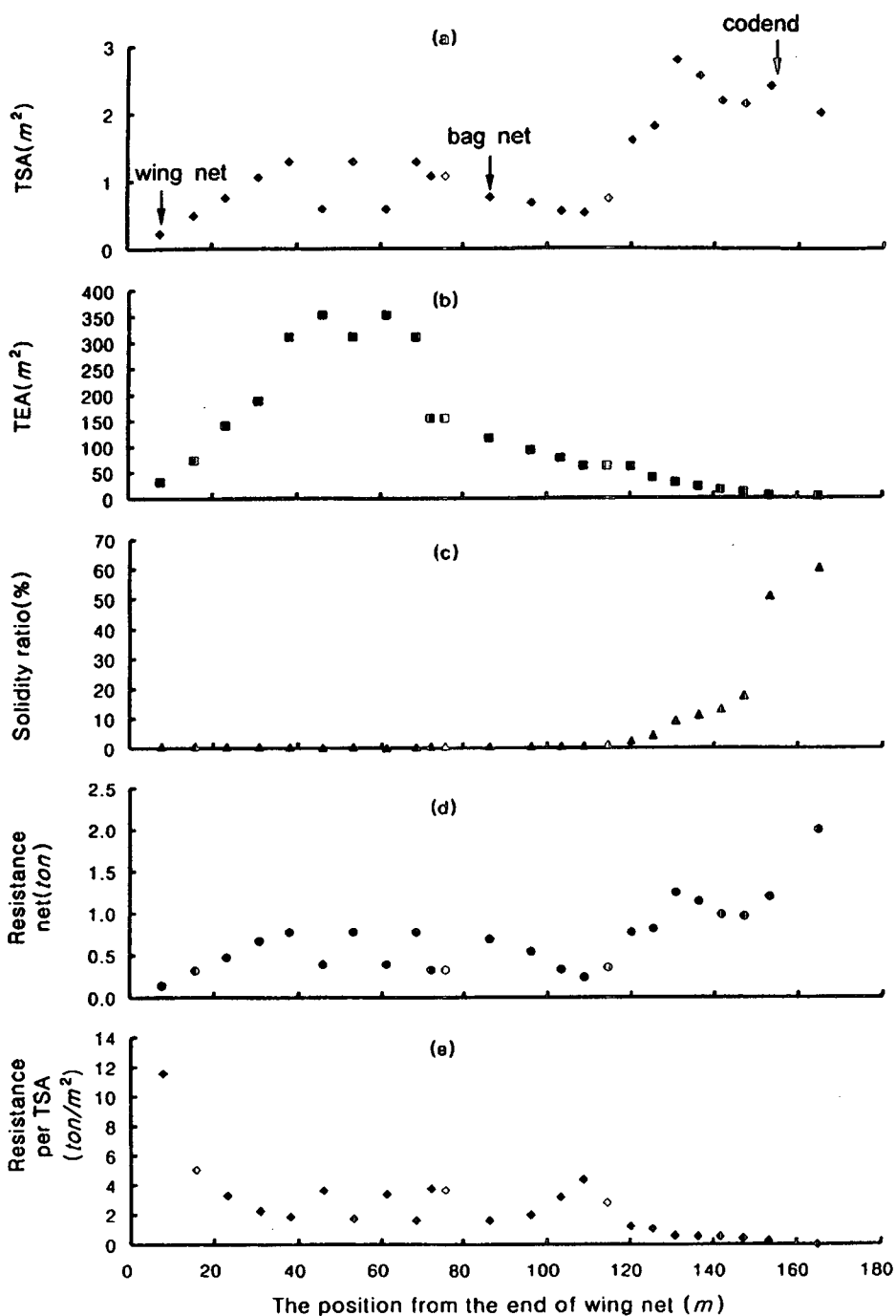


Fig. 11. Partial distribution of the TSA, TEA, Solidity ratio and the Resistance for 3800 ps net.  
 (a) : Twine Surface Area(TSA), (b) : Total Enclosed Area(TEA), (c) : Solidity ratio, (d) : Resistance of net at the towing speed of 4 kts, (e) : Resistance per TSA.

중층 트롤 그물의 저항 분포 해석

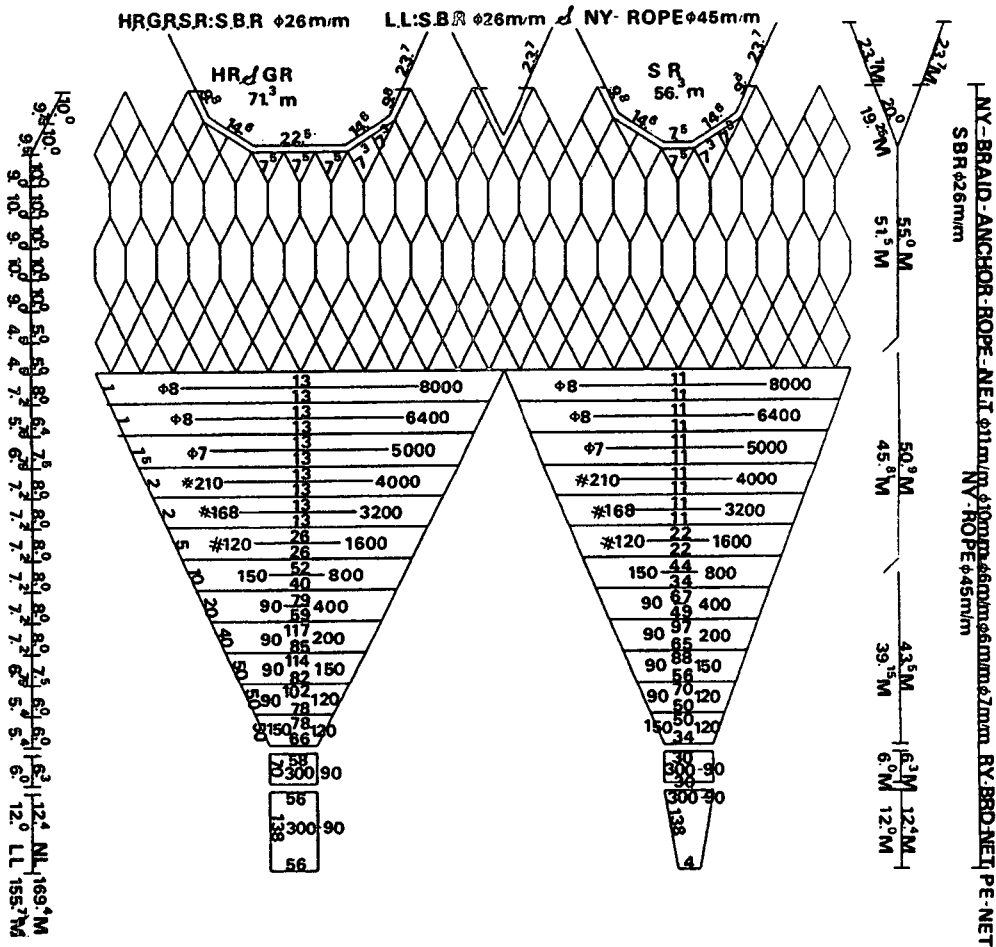


Fig. 12. Developed drawing of the 4500 ps grade net.

끝자루그물로부터 적분한 그물의 저항을 각 부분별 단위길이에 대한 TSA로 나눈 값을 보면, 약 109 m 부분에서 가장 높게 나타나고 있다.

이상의 분석으로부터 이 그물은 TEA가 날개그물에서 급격히 감소되는 현상과 자루그물 109 m 부분의 망지에 하중이 편중되는 것을 완화 시켜줄 수 있는 설계 개선이 필요하다고 판단된다.

5700 마력급의 그물 설계도는 Fig. 14와 같고, 앞에서와 같은 방법으로 분석한 결과를 Fig. 15에 나타내었다.

TSA는, 자루그물의 시작 부분인 약 119 m 부터 127 m 부분까지 TSA가 가장 작게 나타나는 것을 볼 수 있다. 각 부분별 TSA는 날개그물에서 85.94

m<sup>2</sup>, 자루그물 163.42 m<sup>2</sup>, 끝자루그물 38.5 m<sup>2</sup> 였다.

TEA는, 날개그물 76 m 부터 자루그물 80 m 부분까지 급격하게 감소하는 경향을 볼 수 있다. 각 부분별 TEA는 날개그물에서 29012.7 m<sup>2</sup>, 자루그물 7255.42 m<sup>2</sup>, 끝자루그물 68.3 m<sup>2</sup> 였다.

공극률은, 자루그물의 143 m 부분에서 끝자루그물쪽으로 갈수록 증가하는 것을 볼 수 있다.

각 부분별 그물의 저항은, 날개그물에서 7.1톤, 자루그물 13.8톤, 끝자루그물 3.2톤 이였고, TSA 분포와 유사하게 자루그물의 127 m 부분에서 그물의 저항이 가장 작게 나타나는 것을 볼 수 있다.

끝자루그물로부터 적분한 그물의 저항을 각 부

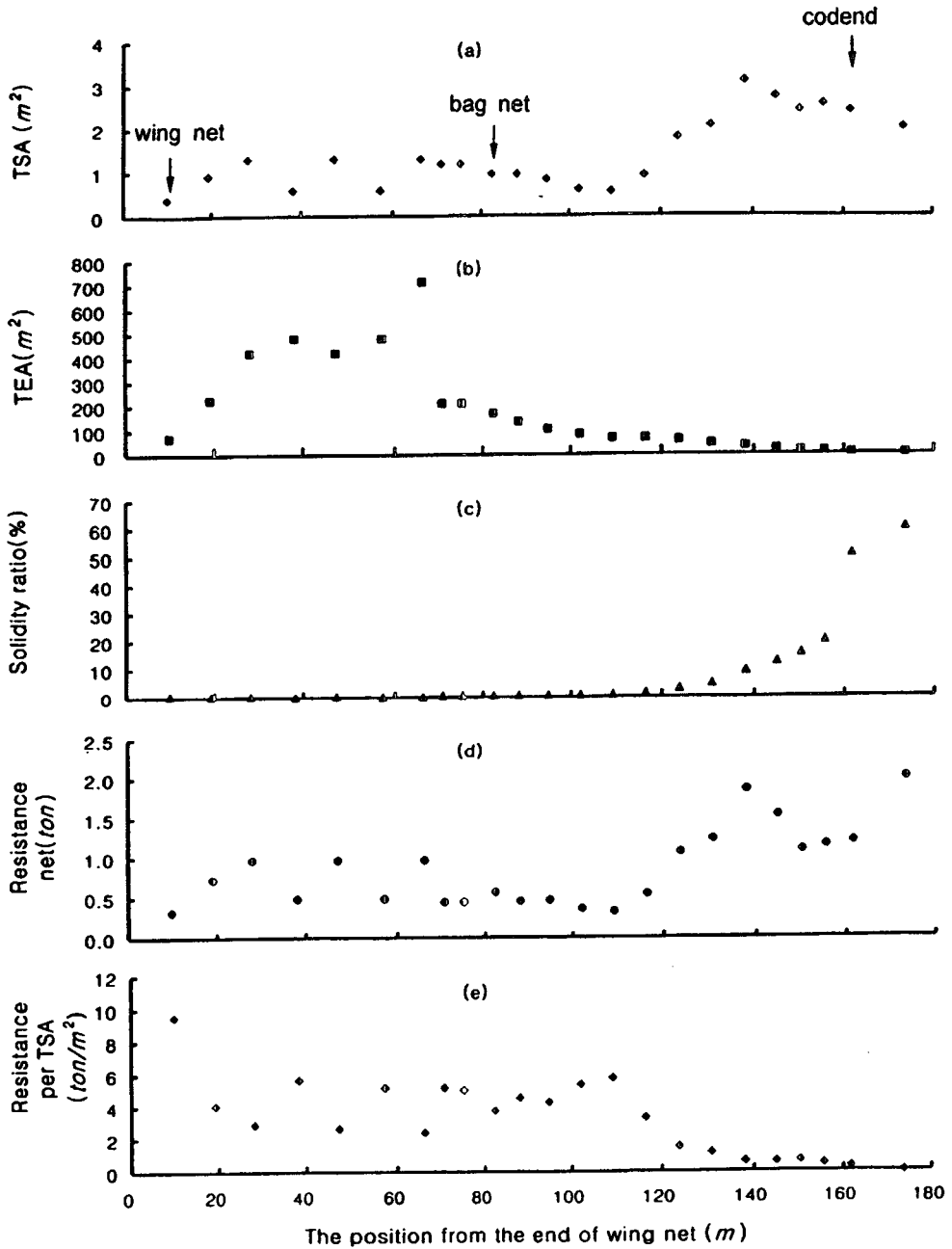


Fig. 13. Partial distribution of the TSA, TEA, Solidity ratio and the Resistance for 4500 ps net.  
 (a) : Twine Surface Area(TSA), (b) : Total Enclosed Area(TEA), (c) : Solidity ratio, (d) : Resistance of net at the towing speed of 4 kts, (e) : Resistance per TSA.

중층 트롤 그물의 저항분포 해석

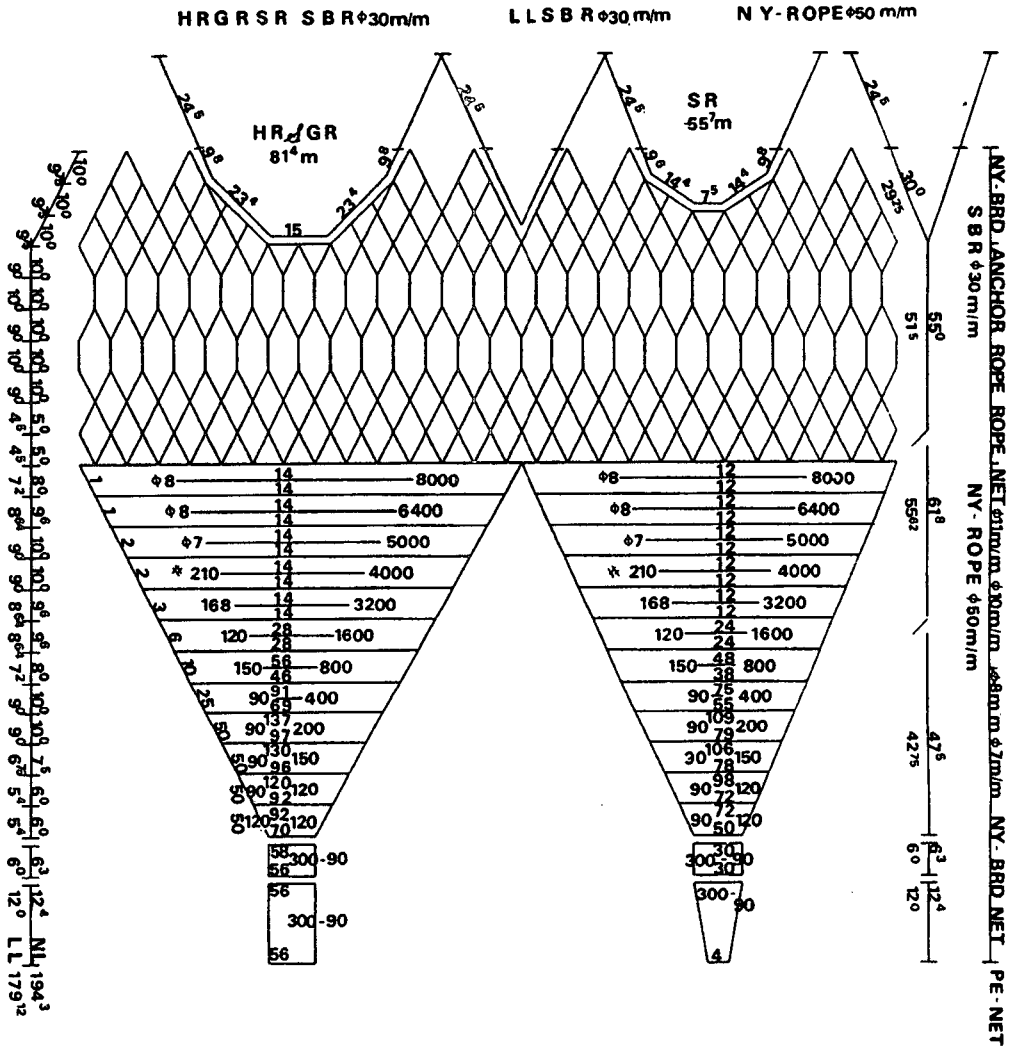


Fig. 14. Developed drawing of the 5700 ps grade net.

분별 단위길이에 대한 TSA로 나눈 값을 보면, 약 127 m 부분에서 가장 높게 나타나고 있다.

이상의 분석으로부터 이 그물은 TEA가 날개 그물에서 급격히 감소되는 현상과 자루그물 127 m 부분의 망지에 하중이 편중되는 것을 완화 시켜줄 수 있는 설계 개선이 필요하다고 판단된다.

4. 중층 트롤 그물의 부분별 TEA와 저항 분포해석

트롤 어구의 어획성능은 예망시 그물 형상이 얼마나 이상적으로 전개되었는가에 달려있다. 앞에

서 분석된 부분별 TSA, TEA, 공극률 및 저항 중에서 TEA는 어구형상에 가장 중요한 요소이고, TSA는 어구저항에 관련된 요소이므로 이들 두 요소가 어구설계시 중점적으로 고려되어야 할 요소로 판단된다. 그러므로, 그물의 설계단계에서 어선의 규모 즉, 마력이 결정되면 TSA와 TEA가 결정되는데, 합리적인 어구설계라 함은 대상어종의 어군행동을 고려하여 주어진 TSA와 TEA를 가장 적절히 배치하여 최적 규모의 어구를 구성하는 것으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 어구의 각 부분별 TSA와 TEA

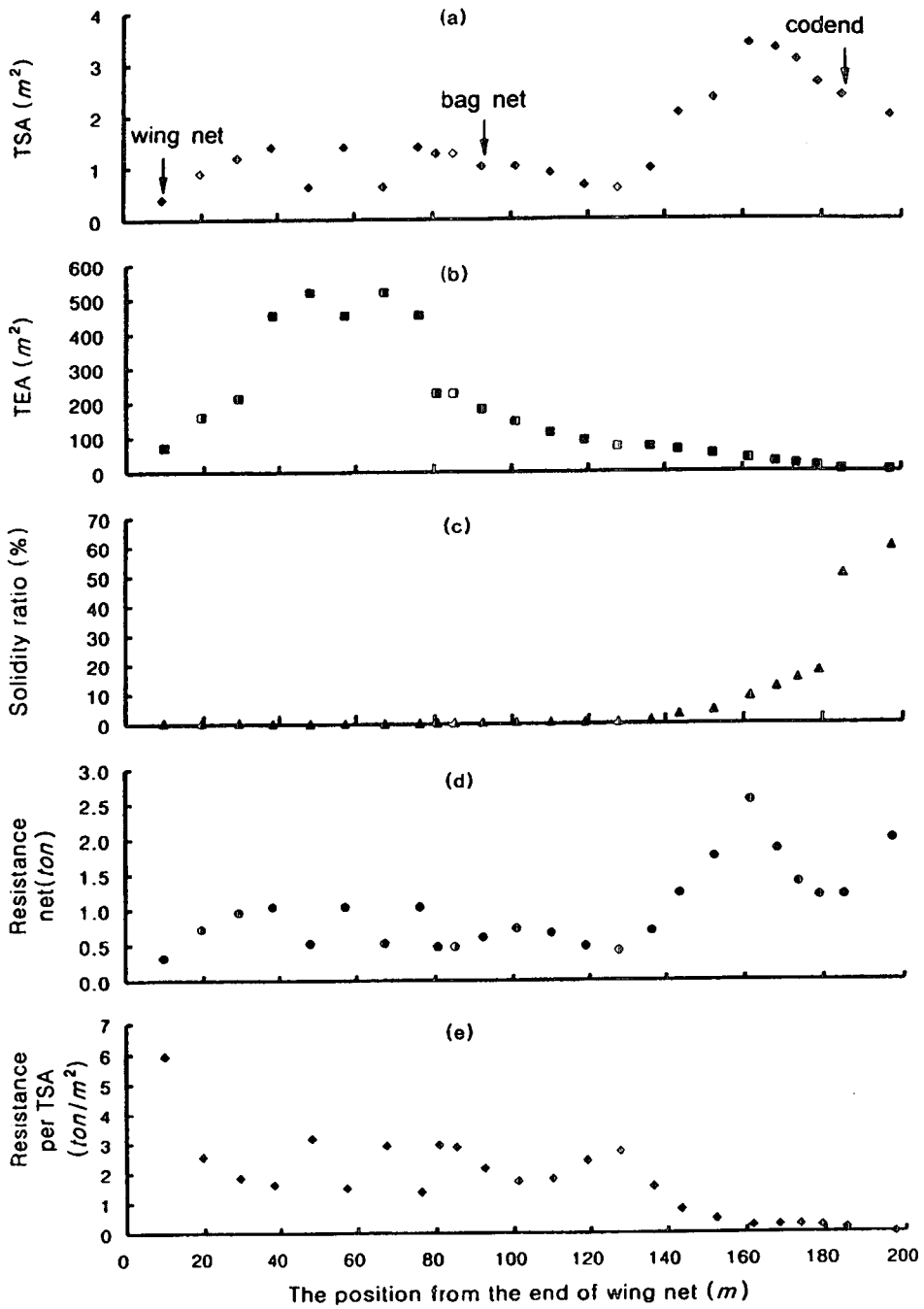


Fig. 15. Partial distribution of the TSA, TEA, Solidity ratio and the Resistance for 5700 ps net. (a) : Twine Surface Area(TSA), (b) : Total Enclosed Area(TEA), (c) : Solidity ratio, (d) : Resistance of net at the towing speed of 4 kts, (e) : Resistance per TSA.

및 공극률, 망지의 저항 분포를 분석하여 그물의 유체역학적 특성에 가장 적합한 TSA 및 TEA의 배치 방법을 제시하고자 하였다. 어구 규모가 달라져도 Fig. 7,9,11,13,15에서 보면 TSA, TEA 및 저항분포 형태가 거의 유사하게 나타나고 있는 것을 볼 수 있다.

그물 각 부분별 단위길이에 대한 TSA를 보면 자루그물의 시작 부분인 약 75 m 부터 95 m 부분에서 TSA가 상당히 작은 부분이 공통적으로 있었다. 저항은 끝자루 부분에서 많이 걸리므로 이 부분은 망사가 담당해야 할 힘이 큰 곳이다. 이 부분은 어구의 예망시 파단이 일어날 가능성이 가장 큰 곳으로 판단할 수 있고, 실제 어구 제조업자와 현장 기술자들에 의하면 이 부분에서 파단이 자주 발생하고 있다고 하였다. 따라서, 이 부분에는 두꺼운 실의 망지를 사용하거나 고강력 망사로 재료를 교체하는 것이 바람직 할 것이다.

또한, TEA의 분포는 날개그물의 끝부분에서 TEA가 급격하게 줄어드는 것은 그물의 둘레가 급격히 줄어드는 것을 의미하므로 이 부분에서는 물 빠짐 현상이 심하게 나타나고 그물의 모양도 비정상적인 현상을 이룰 것으로 예상할 수 있다. 망목이 작은 예망 어구에서는 이러한 부분에 고기가 많이 낚히는 것이 잘 알려져 있는 사실이나, 중층 트롤 그물에서는 이 부분의 망목이 5~8 m 정도에 이르므로 고기가 낚히는 현상은 예상하기 어려우나, 상당수의 고기는 이곳으로 빠져나갈 것으로 판단된다. 따라서, 이러한 급격한 형상변화를 완화 시켜줄 수 있는 설계 개선이 필요하며, 한 방법 으로서는 대형 망목의 날개그물 중간 부분에서부터 점진적으로 망지 면적을 줄여가도록 설계하는 것이다.

## 요 약

본 연구에서는 현재 업계에서 널리 사용 중인 어구 규모별 중층 트롤 그물의 설계도를 자료로 하여 그물 각 부분별 망지의 총표면적(Total Enclosed Area by netting, TEA), 망사의 표면적(Twine Surface Area, TSA), 공극률 등을 계산하고, 해상실험을 통하여 어구의 실험을 통하여 그

물의 저항계수를 추정하고, 각 부분별 그물의 저항 분포와 총저항 등을 분석하여 합리적인 어구 설계를 제시하고자 하였다.

본 실험에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다 ;

1. 망지 총면적과 망사 표면적, 그물의 저항 등은 어구의 규모가 커짐에 따라 일정하게 증가하였으며, 어선의 규모에 따른 어구 설계시 가장 고려해야 할 요소로 판단되었다.
2. 그물의 각 부분별 망사 표면적, 망지 총면적, 공극률, 저항 분포를 분석한 결과 자루그물의 1/3 지점에서 TSA가 상대적으로 작게 나타나 망지 파단의 위험이 많음을 알 수 있었다.
3. TEA는 날개 끝 부분에서 급격히 작아져서 그물형상에 바람직하지 못한 영향을 줄 것으로 판단되었다.
4. 어구의 각 부분별 그물의 저항은 자루그물 앞 끝의 1/3 부분부터 급격히 증가하여 끝자루그물에서 상당히 큰 값을 나타내었고, 이 부분의 저항이 그물 전체 저항의 75%를 차지하였다.

## 참고문헌

- 1) 李秉錡(1977) : 現代트로울漁法, 太和出版社, 146~172.
- 2) 李秉錡·金鎮乾·崔宗和·張鎬營(1986) : 韓國近海에 있어서의 中層 트로울의 研究-Ⅱ, 韓國漁業技術學會誌 22(4), 41~48.
- 3) 李秉錡·金鎮乾·崔宗和·張鎬營(1987) : 韓國近海에 있어서의 中層 트로울의 研究-Ⅲ, 韓國漁業技術學會誌 23(1), 6~10.
- 4) 李春雨(1997) : 中層 트롤 漁具의 運動 特性 計測과 水深制御, 水産大學校·釜慶大學校學術交流懇談會 講演論文集(1), 26~32.
- 5) 松田 校·胡 夫祥 佐 要(1991) : 中層트롤 시스템의 靜的特性에 關する 海上實驗, 日水誌, 57(4), 661~666.
- 6) 芮英姬·李秉錡(1993) : 로프 트롤 그물의 基本性能에 關한 模型實驗, 韓國漁業技術學會誌 29(3), 200~213.
- 7) David Thomson(1978) : Pair Trawling and Pair Seining, The Technology of Twoboat Fishing, Fishing News Books Ltd, 77~103.



- 8) 小山拭夫(1965) : 大型 トロ-ラ-における數量のトロ-ル漁具についての實驗結果とその考, 東海水産報告, No 43, 13~71.
- 9) Takehiko IMAI : Studies on the Midwater Trawl- I , Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 23(1974), 45~55.
- 10) Takehiko IMAI · Eiichi HIRAKAWA and Shizuo TABATA : Studies on the Midwater Trawl- II , Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ., 25(1976), 117~124.
- 11) 李春雨(1994) : 간략화 된 트롤 시스템의 퍼지제어, 韓國漁業技術30(3), 189~198
- 12) 小山拭夫(1962) : 設計 面より底曳網の流水抵抗を求める 近似式ついて, 東海水産報告, 昭和 37(9).
- 13) 李秉錡(1993) : 近海底引網· 트롤漁法, 太和出版社, 42~58.
- 14) 金大安(1995) : 그물漁具의 流水抵抗과 模型守則 1, 韓國水産學會誌. 28(2), 183~193.
- 15) 金大安(1995) : 그물漁具의 流水抵抗과 模型守則 2, 韓國水産學會誌. 28(2), 194~201.
- 16) 張志元, 徐斗玉(1982) : 漁具工學, 新韓出版社, 47~51.
- 17) 金大安, 高冠瑞(1985) : 漁具學, 敎文出版社, 68~73., 357~367.
- 18) Prof A. L. Fridman : Calculations for fishing gear designs, FAO Fishing Manuals, 19~48.
- 19) N. G. Buxton and J. T. Dealeris : Qualification of water flow and net drag in midwater trawls, Fisheries Research, 16(1993), 165~178.