

자원량 추정을 위한 어체의 반사강도에 관한 연구 - 동해남부해역의 엘통이 (*Maurolicus muelleri*) 의 분포특성 및 반사강도 측정

윤갑동 · 신형호* · 황강석**
부경대학교, *여수대학교, **국립수산진흥원
(1999년 10월 11일 접수)

Target strength of fishes for estimating biomass - Distribution characteristics and target strength measurement of micronektonic fish, *Maurolicus muelleri* in the East Sea

Gab Dong Yoon, Hyong-Ho Shin* and Kang-Seok Hwang**

Pukyong National University and, *Yosu National University,
**National Fisheries Research and Development Institute

(Received October 11, 1999)

Abstract

The in situ target strengths of, *Maurolicus muelleri* were measured by the split beam echo sounder system at the frequency of 38kHz.

Target strengths were measured during the night time in order to obtain the pure separated echoes from the scattered individual. And also it was to establish reasonable threshold due to taking the signals like as the planktons and etc.

Since *Maurolicus muelleri* is a typical micronektonic fish, they mainly consisted of deep scattering layers(DSLs), and had a vertical migration periodically during daytime and at night.

We found that the *Maurolicus muelleri* occupied about 99% of total catch. Total length ranged from 4.5 to 5.7cm with a mean of 5.2cm and a standard deviation of 0.22cm.

The target strengths of *Maurolicus muelleri* ranged from -60.4 to -52.7dB and -59.2 to -52.5dB in the water layer of 10~30m and 30~50m depth, respectively. Mean target strength was -57.1dB/fish and -28.5dB/kg. The target strength had the relation with the total length of the fish as, $TS = 20\log L - 71.4$.

서 언

최근 어탐기술의 비약적인 발전에 힘입어 어업

생물의 공간적인 분포나 어업자원의 평가 등과 같은 각종 어업정보를 현장에서 직접 정량적으로 측정하는 것이 가능하게 되었다. 어업 생물의 공간

* 이 논문은 1997년도 한국학술진흥재단 학계간 연구지원사업 연구비에 의해 연구되었음

분포 특성은 대상어종의 생태학적 습성과 해양환경 특성 등에 따라 현저한 변화를 나타낸다.

엘통이(*Mauroliticus muelleri*)는 발광물질을 갖고 있는 소형 어류로서 우리나라 동해안에 널리 분포하고 있는 종이다. 5~15°C의 수온대에 서식하는 냉수성 어종으로 심해산란층(Deep Scattering Layer, DSL)을 이루는 주요 어군이다.

동해안의 엘통이에 관한 연구로는 Okiyama (1971)의 초기생활사를 비롯하여 최근 음향학적 방법에 의한 분포특성, 분포밀도 및 어종판별 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(Hamano 1993, Noda & Morikaki 1996, Ohshimo 1998).

엘통이는 식용으로는 직접 이용되지 않으나 오징어, 갈치, 고등어 등의 먹이생물로서 중요한 어류이다. 이들 먹이생물자원의 양적 수준이나 분포양상은 이들을 먹이생물로 하는 자원의 어황변동에 직접적인 영향이 있을 것으로 여겨진다.

본 연구는 엘통이의 분포특성과 우리나라 동해 남부해역 군집구조에서 2차생산자 영양단계에 있는 엘통이자원의 정량적 밀도를 알기 위한 전초단계로서 반사강도(target strength, *TS*)의 측정과 음향학적인 방법에 의한 엘통이의 분포특성을 구하였다.

재료 및 방법

1. 실험장치

엘통이 *TS* 측정을 위한 계측시스템은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 송수신기(SIMRAD EK-500),

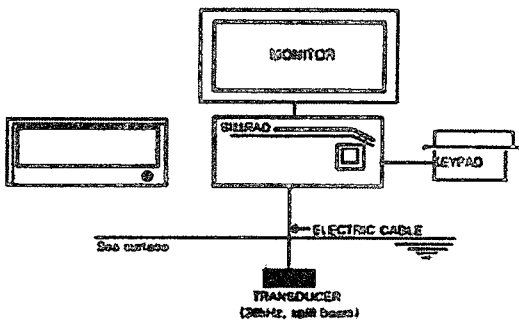


Fig. 1. Description of scientific echo sounder system used for this study.

컬러 모니터 및 38 kHz split beam 송수신파기(ES38B), 기록용 color printer(HP Paintjet)로 구성하였다.

Fig. 2에서와 같이 split-beam 송수파기는 4개의 진동자로 구성되어 있다. 4개의 진동자는 동시에 음파를 발생시키고 각 진동자는 그 표적에 대한 위상각의 차이에 따라 각 진동자로부터 시간차를 알 수 있게 한다. 반사음 신호는 각 진동자마다 독립적으로 증폭되어 표적의 방향을 알 수 있다. 전후방향각은 전후방 진동자의 전기위상차(AP+AS신호에 대한 FP+FS신호), 좌우각은 좌우방 진동자의 위상차(FP+AP신호에 대한 FS+AS신호)에 의해 결정된다(Ehrenberg 1983).

2. 현장 측정

엘통이의 반사강도 측정과 어체표본 자료수집은 동해 남부연안에서 실시하였고 그 조사해역은 Fig 3.과 같다. 조사해역에서 주간에 과학어탐기로 발견한 엘통이 어군을 중층트롤 어획으로 종을 확인한후 일몰시까지 조사선을 정선시켰다가 어군이 거의 분산되어 개체간 분산거리가 75cm 이상으로 되었을 때 주파수 38kHz, 펄스 길이 1ms 어탐기로 개체를 대상으로 *TS*를 측정하였다.

3. 어체의 체장과 평균반사강도와의 관계

본 조사에서 어군을 구성하는 어류의 *TS*는 분산과 평균을 가지는 통계치이며, 평균을 중심으로 넓게 분포한다. 개체어의 평균반사강도(*TS_i*)는 평균산란단면적을 σ_{ts} 할 때

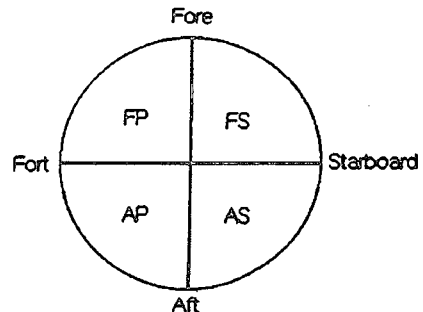


Fig. 2. Diagram of the split beam transducer, showing the location of segments described in the text.

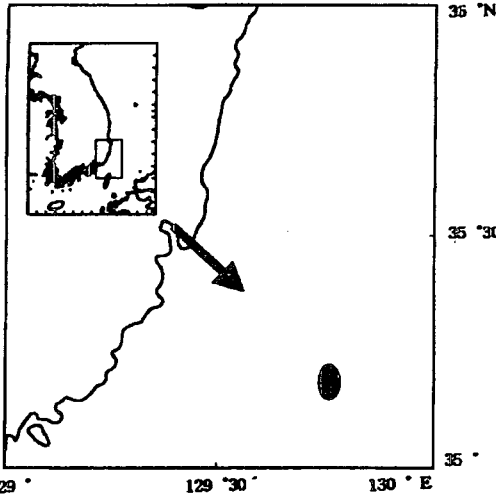


Fig. 3. Location of the measurement of the in situ target strength of *Maurolicus muelleri* in the East Sea.

$$TS_i = 10 \log(\sigma/4\pi) \text{ (dB/fish)} \quad (1)$$

이고, 어체 kg당에 대한 반사강도(TS_k)는

$$TS_k = TS_i - 10 \log n \text{ (dB/kg)} \quad (2)$$

이다, 여기서 n 는 1kg에 해당하는 개체수이다. 따라서, 본 연구에서는 엘통이에 대한 평균 in situ TS 와 측정어군으로부터 어획한 엘통이의 평균체장(L)으로부터 A의 값을 다음 식에 의해 구하였다.

$$TS = 20 \log L + A \quad (3)$$

III. 결과 및 고찰

조사지점에서 과학 어군탐지기에 탐색된 엘통이 어군은 수심 30~60m의 수층으로 바닥층 어군과는 뚜렷이 낮은 분포를 보였다(Fig. 4). 조사해역의 수온은 10~15°C로서 비교적 냉수층에 분포하는 어종으로 확인되었다. 일반적으로 엘통이의 생활영역은 동해 아한대이남의 수역이다. 엘통이의 계절적 분포변화는 분포량이 높은 가을에는 37°E 이북으로 이동하고 봄에는 대륙붕역으로 이동한다(Noda and Morikaki, 1996).

본 종은 주간에는 있어서의 군집성을 이루어 분포

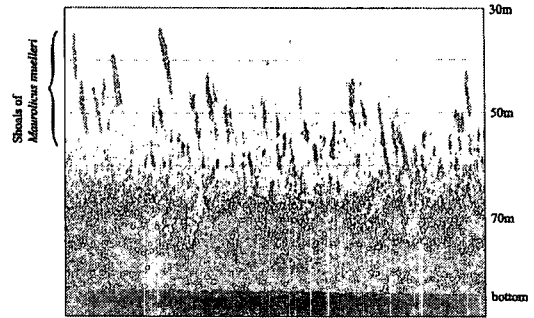


Fig. 4 Shoals of echogram of *Maurolicus muelleri* during daytime in the survey area.

Table 2. Composition of catch in weight and the number of individuals caught by trawls, where TS were measured on May 9, 1999

Species	Catch in weight		No. of individuals	
	kg	%	Indi.	%
<i>Maurolicus muelleri</i>	75.3	98.5	51,931	99.9
<i>Todarodes pacificus</i>	0.95	1.2	2	0.05
<i>Trichiurus lepturus</i>	0.43	0.3	3	0.05
Total	76.38	100.0	51,936	100.0
Position	35° 09' 57E, 129° 35' 58			

하지만 야간에는 중표층으로 모여드는 수직적 이동을 하는 것으로 나타났다(Fig. 4). Okiyama (1971)의 산음복류과 오키섬 부근에서 엘통이는 주간에는 150~200m 대륙붕 연안에 서식하며, 일몰후에는 수심 50m까지 상승한다는 보고와 잘 일치하였다. 이러한 행동생태적으로 볼 때 동해안 전역에서 확인되는 심해산란층의 주구성 어군이 엘통이로 추정되었다.

본 조사지점에서 중층트롤어획으로 채집된 어종의 구성물에서와 같이 오징어 및 갈치만 소량 어획되었고 대부분이 엘통이었다 (Table 2).

트롤어획에 의해 측정된 엘통이의 전장 조성의 범위는 4.5~5.7cm로 나타났으며, 평균전장은 5.2cm, 편차는 0.22cm로 나타났다 (Fig. 5). 엘통이 체중의 범위는 0.9~1.8g이었고 평균체중은 1.4g, 편차는 0.2g이었다. 또한 전장과 체중의 관계식에서 엘통이의 전장은 체중의 2.5621승에 비례하는 지수함수식으로 구해졌다 (Fig. 6).

엘통이는 대단히 군집성이 강한 소형어류이다. 특히 주간에는 어군길이 5~10m의 shoal을 형성

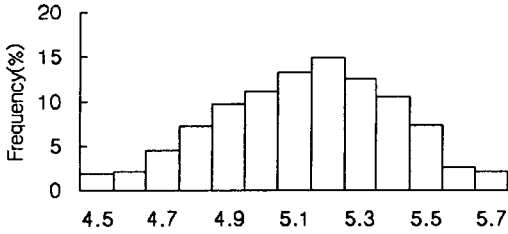


Fig. 5. Frequency distribution of total length of *Mauroecus muelleri* in the survey area.

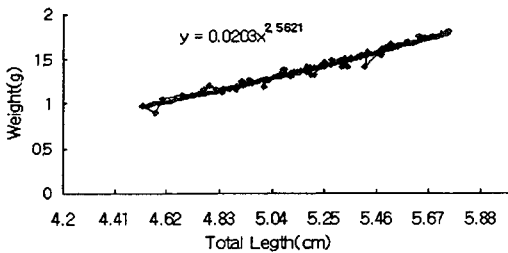


Fig. 6. Between total length and weight of *Mauroecus muelleri* in trawl data.

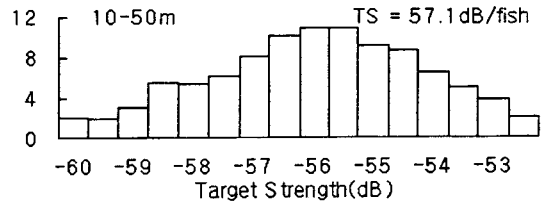
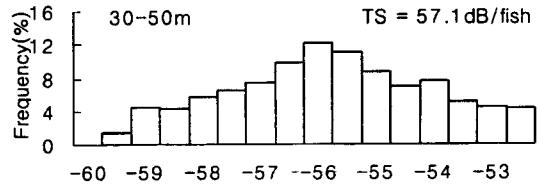
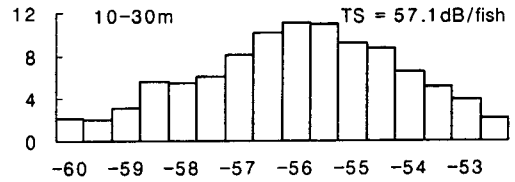


Fig. 8. Target strength distribution of *Mauroecus muelleri* in the survey area.

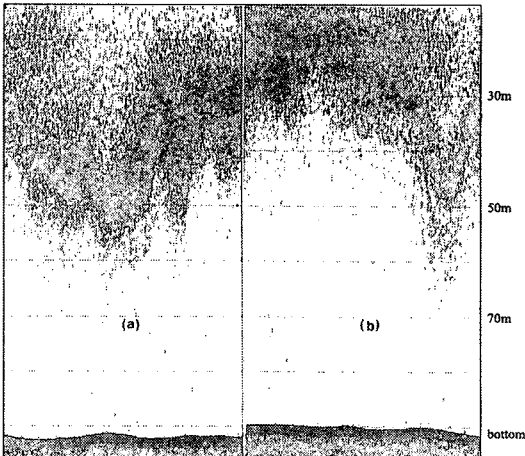


Fig. 7. Scattered shoals of echogram of *Mauroecus muelleri* during nighttime in the survey area.

(a : 99. 5. 9, 22 : 30 b : 99. 5. 10, 04 : 30)

하여 냉수온대를 따라 짧게는 4~5마일 길게는 10마일 이상의 길이로 어군을 형성한다. 따라서 주간엔 현장의 엘통이의 반사강도를 측정하는 것은 매우 힘든 실정이다. 일본의 경우도 채집된 엘통이의 복부를 절개하여 부레를 이용한 개체 반사강도 측정실험을 하였다(Hamano, 1993). 본 연구에

서는 엘통이의 생태적 특성으로 인해 야간에는 중표층으로 수직이동을 할 때 어군이 분산되는 것으로 나타났다(Fig. 7). 주간엔 과학어탐기로 발견한 엘통이 어군을 중층트물어획으로 종을 확인 후 일몰시까지 조사선을 정선시켜 대기하였다. 어군이 거의 분산되어 주파수 38kHz, 펄스길이 1ms 이므로 개체간 분리거리 75cm 이상으로 어탐기에 수신 가능한 개체를 상대로 TS를 측정하였다.

엘통이 총 2,665마리에 대한 TS측정결과 그 반사강도는 수심 10~30m에서는 -60.4~-52.7dB, 30~50m에서는 -59.2~-52.5dB로 나타났고 엘통이 개체당 평균반사강도는 -57.1dB/fish, 1kg당 평균반사강도는 -28.6dB/kg로 구해졌다(Fig. 8).

또한 어체 전장에 대한 TS방정식은 $20\log L - 71.4$ 의 식으로 구해졌다(Table 3).

Hamano (1993)에 의하여 엘통이 부레에 대한 cage 실험에서 얻어진 결과는

Table 3. Results of *Maurolicus muelleri* target strength analysis for 38kHz

Layer (m)	Length (cm)	Weight (g)	σ	SD(σ)	TS(σ) (dB/fish)	TS(σ) (dB/kg)	Sample size	90% confidence interval for TS in dB/fish
10~30	5.2	1.4	0.19×10^{-5}	0.59×10^{-6}	-57.1	-28.6	1,335	(-57.3, -56.7)
30~50	5.2	1.4	0.19×10^{-5}	0.67×10^{-6}	-57.1	-28.6	1,320	(-57.5, -56.5)
10~50	5.2	1.4	0.19×10^{-5}	0.63×10^{-6}	-57.1	-28.6	2,665	(-57.5, -56.3)

$$TS = 17.4 \log L - 69.6$$

이었다. 이때 사용된 주파수는 88kHz였지만 본 연구에서 얻어진 값과는 큰 차이가 없었다. 또한 Hamano (1993)는 엘롱이와 같이 소형어류는 50kHz에서 100kHz까지의 주파수가 적당하다고 하고 있으나 38kHz의 주파수를 사용하더라도 개체분리만 될 경우에는 값의 변동의 차이는 없는 것으로 나타났다.

요 약

우리 나라 동해 남부해역 군집구조에서 2차 생산자 영양단계에 있는 엘롱이 자원의 정량적 밀도를 알기 위한 전초단계로서 Target Strength의 측정과 음향학적인 방법에 의한 엘롱이의 분포특성을 구한 결과는 다음과 같다.

1. 조사해역에서 과학어군탐지기에 탐색된 어군은 수심 30~60m의 수층으로 바닥 층의 어군과는 뚜렷한 분포를 보였고, 조사 해역의 수온은 10~15°C로서 냉수층에 분포하는 어종으로 동해안 전역에 퍼져있는 심해산란층(Deep Scattering Layer)의 주구성어군이 엘롱이로 확인하였다.
2. 트롤어획에 의해 측정된 엘롱이의 전장조성의 범위는 4.5~5.7cm로 나타났고 평균전장은 5.2cm이고, 평균 체중은 1.4g이었다.
3. 엘롱이 반사강도는 수심 10~30m에서는 -60.4~-52.7dB, 30~50m에서는 -59.2~-52.5dB이었고 개체당 평균반사강도는

-57.1dB/fish, 1kg당 평균반사강도는 -28.6dB/kg이었고, 어체전장(L)에 대한 TS 방정식은 다음과 같다.

$$TS = 20 \log L - 71.4$$

참고문헌

Ehrenberg J. E.(1983) : A Review of in situ Target Strength Estimation Technique, FAO Fisheries Report, No. 300, 85~90.

Foote, K. G.(1987) : Fish target strength for use in echo integration surveys, J. Acoust. Soc. Am., 82(3), 981~987.

Hamano, A.(1993) : Studies on the Acoustics Method for Estimating Biomass of Micronektonic Fish, The Journal of Shimonoseki University of Fisheries. 41(3), 85~165.

Lee, D. J.(1992) : Hydroacoustic investigation on the distribution and migration behavior of fish, J. Korea Fish. Tech. Soc 28(4), 337~346. (in Korean).

Noda, K. and Morikaki, S.(1996) : Acoustic Survey of Distribution and Abundance of Micronektonic Fish, *Maurolicus muelleri*, in the southwestern Japan Sea, Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr. 60(1). 1~6.

Ohshimo, S.(1998) : Distribution and Stomach Contents of *Maurolicus muelleri* in the Sea of Japan(East Sea), J. Korean. Soc. Fish. Res., 1(1). 168~175.

Okiyama, M.(1971) : Early Life History of the Gonostomatid fish, *Maurolicus muelleri*, in the Japan Sea, Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (23) : 21~53.

Traynor, J. J. and Wiliamson, N. J. (1983) : Target strength measurements of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and a simulation study of the dual beam method, FAO Fish. Rep., 300, 122~124.

Yoon, G. D., Kim, Z. G. and Choi, Y. M. 1996. Acoustic target strength of the pelagic fish in

the southern waters of Korea, J. Korea Fish. Soc. 29(1), 107~114. (in Korean).

Yoon, G. D and Ha, G. Y. 1998. Acoustic target strength of pelagic fish species to echo integration in Korea waters, J. Korea Fish. Soc. 34(4), 372~377(in Korean).