

## 선주낙어구를 이용한 갈치 어획의 수직분포와 일주변화

김문관\* · 박수현 · 강형철 · 오태철 · 박용석 · 안영일<sup>1</sup> · 김석종<sup>2</sup>  
제주특별자치도 해양수산연구원, <sup>1</sup>강원도립대학교, <sup>2</sup>제주대학교

### Diel variation in vertical distribution of hairtails caught by vertical longlines

Mun-Kwan KIM\* Su-Hyeon PARK, Hyeong-Cheol KANG, Tae-Cheol OH,  
Yong-Seok PARK, Young-II AN<sup>1</sup> and Suk-Jong KIM<sup>2</sup>

*Ocean and Fisheries Researches Institute, Jeju Special Self-Governing Province, Jeju 63629, Korea*

<sup>1</sup>*Dept. of Maritime Police and Technology, Gangwon State University, Gangneung 25425, Korea*

<sup>2</sup>*Faculty of Ocean Science, Jeju National University, Jeju 63243, Korea*

To improve the efficiency of hairtail trolling, it is important to gain an accurate understanding of the distribution of fish based on their diurnal vertical migration patterns. This study evaluated the vertical distribution of hairtails through catch efficiency tests using vertical longlines. Five replicate tests of the efficiency were carried out on the eastern coast of Jeju Island from August to September 2016, from 11:00 AM to 03:00 PM in the daytime and 11:00 PM to 03:00 AM in the nighttime. The fishing gear was composed of 20 hooks per line set, numbered in order from the first hook near the surface to the last hook on the seabed. The depth of the first hook was 18 m, and that of the last hook was 86 m. Pacific saury was used as the baits. In total, 10 sets of fishing gear were used per trip. After fishing, we counted the hairtails at each numbered hook, which were summed up both by number and in aggregate. A total of 232 hairtails were caught using 2,000 hooks: 193 individuals at daytime and 39 at nighttime. The hook rate was 11.5% : 9.6% at daytime; 2.0% at nighttime. For both daytime and nighttime catches, there were variations in the hook rates at each numbered hook. In the daytime, a maximum of 28.5% catches occurred at hook number 18, followed by 21.4% at number 20, and 10.7% at number 17, accounting for 60.6% of the daytime hook rates. In the nighttime, a maximum of 23.0% catches occurred at hook number 1, followed by 15.3% at hook number 4 and 9, accounting for 53.6% of the nighttime hook rate. Based on the above results, hairtails are usually distributed in deeper region in daytime, whereas they occur near the surface in nighttime. Therefore, it is necessary to position trolling lines according to diurnal vertical distribution layers of hairtails for fishing efficiency.

Keywords : Hairtail, Diel variation, Vertical distribution, Vertical longline

\*Corresponding author: kmk6788@korea.kr, Tel: +82-64-710-8481, Fax: +82-64-710-8489

## 서론

수산동물의 행동에는 주야를 주기로 해서 나타나는 일주행동을 볼 수 있고, 이 밖에도 달의 주기를 갖고 반복되는 태음주기, 계절마다 나타나는 계절주기 등이 있고, 수온, 조도변화 등 여러 가지 요인들이 복잡하게 작용해서 일주행동이 결정되어진다고 한다 (Inoue, 1978). 대부분의 어구 어법에서는 어획 대상생물의 활동의 일주성을 특히 고려하고 있고, 그 결과 표층성 어류는 선망, 자망, 정치망, 부연승, 외출낙시 등으로, 저층성 어류는 트롤, 저인망, 저자망, 저연승, 외출낙시 등으로 조업하고 있다. 일주행동 특히 유영층의 변화에 관한 연구가 지금까지 활발하게 진행되어 왔다 (Inoue, 1978). 주야를 주기로 해서 나타나는 일주행동의 연구사례로서, 청어는 주간에 해저근처에서 농밀한 군을 이루고, 야간이 되면 표층으로 상승하여 어군이 분산된다고 알려져 있으며 (Woodhead, 1966), 멸치의 경우 유영층이 아침과 저녁에는 저층이고, 주간에는 표층이라고 한다 (Junji, 1966). 트롤에 의한 어획량의 월별 시각별 변화로부터 가자미, 대구 등의 주야별 행동을 추정하였다 (Woodhead, 1966). 또한 연안저연승어업의 조업시각과 어획과의 관계를 명확하게 검토할 목적으로 같은 어장에서 하루 중 시각을 바꾸면서 반복적으로 조업을 행하고 조획의 일주변화를 조사하였으며 (Arimoto et al., 1983), 저층 선주낙을 이용하여 해저로부터 낙시바늘의 위치와 어획과의 관계를 조획의 수직분포로써 검토했다 (Arimoto and Iwasaki, 1983). 그리고 조업시각이 어획에 미치는 영향에 관해서도 검토했다 (Saito, 1976; Arimoto, 1983). 한편, 갈치의 분포·이동에 관한 연구는 주로 어획 통계자료의 해석과 표식방류에 의해서 수행되어 왔다 (Keisuke and Hideo, 1971; Hwang and Hong, 1985; Masahiro, 1991). Masahiro (1991)는 갈치의 분포·이동에 관해서 발육단계별로 구분해서 조사·분석하였고, 이 중에서도 성어의 일주기적인 수직분포 이동에 관해서 조사·분석하였다. 이와 같이 갈치의 일주행동을 이용하는 갈치어업은 연승, 저인망, 끝낙시, 채낙기, 정치망, 자망으로 조업되고 있고, 갈치어군의 일주변화에 잘 대응하여 조업한다면 어획향상에 크게 도움이 될 것으로 사료되나, 아직도 단편적인 연구결과가 대부분이고, 체계적이고 과학적인 연구 결과는 부족한 실정에 있다.

본 연구에서는 지금까지 어업인들의 경험과 연구결과에 의해서 얻어진 갈치의 일주행동을 고려해서 선주낙을 이용하여 주·야간 시험조업하고, 그 결과를 갈치 끝낙시 어구어법 기술개발에 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

시험조업은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 2016년 8월부터 9월 사이에 제주 동부 연안 (33°25.40' N, 127°08' E; 33°20' N, 127°02' E)에서 수심 약 110~130 m에서 실시하였다. 시험조업에 사용한 어구는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 선주낙 구조로 되어 있고, 그 제원은 Table 1에 나타난 바와 같이 모릿줄이 모노필라멘트의 106호로 그 길이는 110 m이다. 아릿줄은 모노필라멘트 17호로 그 길이는 3.6 m이고, 아릿줄과 아릿줄의 간격은 4.0 m이다. 또한 모릿줄과 아릿줄 사이에 도래를 장착하여 아릿줄이 꼬이거나 서로 엉키는 것을 방지하였다. 어구는 낙시바늘 (2/0호)의 재질이 철로 되어 있으며, 1세트당 낙시 20개로 구성되었고, 총 10세트로 구성되었다. 20개의 낙시에 각각 번호를 붙였는데 수면에서 가까운 순서대로 1번낙시로 시작하여 20번낙시까지 번호를 붙이고, 각 낙시번호별로 조획된 마리수를 조사하였다. 시험조업은 주·야간 각각 5회씩 총 10회를 실시하였고, 주간조업은 오전11시부터 오후 3시까지, 야간조업은 저녁 11시부터 새벽 3시까지 실시하였다. 미끼는 콩치를 이용하였다. 시험조업 순서는 어장에 도착해서 첫 번째 어구가 투승되고, 0.2마일 간격으로 10번째 어구가 투승되었으며, 투승시간은 약 30분 정도 소요되었다. 양승은 투승이 끝나고 기다림 없이 바로 시작하였다.

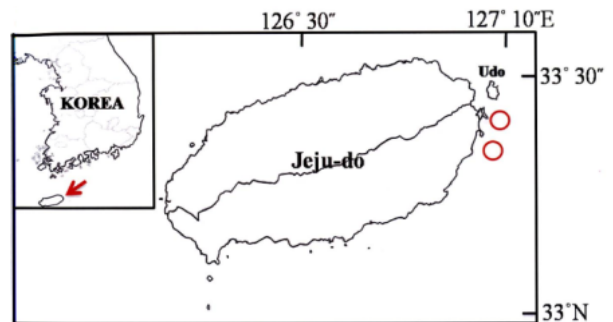


Fig. 1. Location of the fishing grounds off the coast of Jeju island.

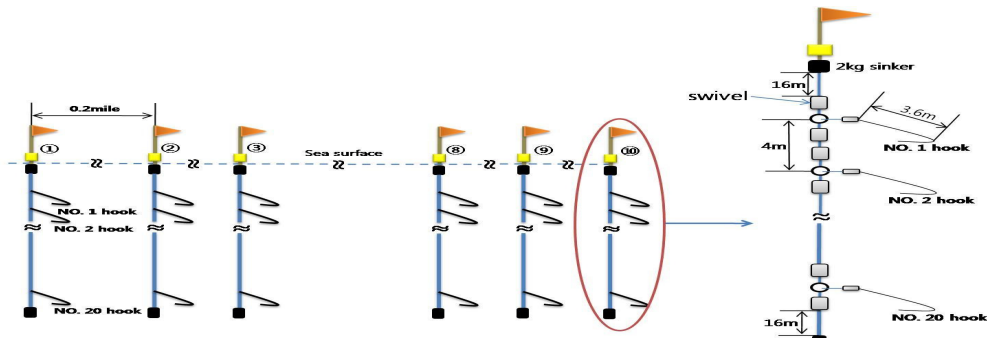


Fig. 2. Arrangement of the vertical longline gear.

첫번째 어구가 있는 지점으로 돌아와서 시작되었고, 10번째 어구가 양승되기까지 약 3시간 정도 소요되었다. 또한 선주낙 어구의 낚시수심대를 파악하기 위해서 수심계 (DST milli-TD, Star-Oddi)를 모릿줄의 1번낚시 (16 m)와 20번 낚시 (92 m) 지점에 장착하였다. 갈치의 수직분포는 밀집할 때와 분산할 때가 있을 것인데, 현장에서 끝낚시어구를 운용할 때 수평보다는 경사를 이루면서 하는 것이 어획에 효과적일 것으로 가정한다면 본 어구의 낚시 수심을 근거로 어획수층은 표층, 중층 및 저층으로 구분할 수 있다. 그래서 낚시번호 1~7번 (16~40 m)을 표층, 8~13번 (44~64 m)을 중층, 14~20번 (68~92 m)을 저층으로 구분하였다.

통계검정을 위한 자료분석은 IBM SPSS Statistics 23 프로그램을 사용하였으며, 어획율이 정규성을 따르지 않는 것으로 나타나 비모수 검정을 실시하였다. 주-야간에 따른 평균 어획율의 차이를 보기 위해 Mann-Whitney U test를 실시하였고, 주간과 야간에 수층별 (표층, 중층, 저층) 어획율의 차이를 보기 위해 Mann-Whitney U test 또는 Kruskal-Willis test를 실시하였다. 두 요인 (야간,

Table 1. Specification of experimented vertical longline

|                    | Material     | Diameter(mm) |
|--------------------|--------------|--------------|
| Branch line        | Monofilament | 1.55         |
| Leader (Hook line) | Monofilament | 0.70         |
| Hook               | Iron         | 14.9         |

수층)의 상호효과를 검증하기 위해서는 2-way ANOVA를 실시하였다.

### 결과 및 고찰

주-야간 전 조업에서 총 낚시 수 2,000개 (20개낚시/세트 × 10세트 × 10회) 중에서 조획된 마리 수는 232마리 (주간 193마리, 야간 39마리), 조획율은 11.6% (주간 9.6%, 야간 2%)이었다. 조획된 어종은 Table 2에 나타난 바와 같이 5종이었고, 고등어가 185마리, 갈치가 41마리, 삼치, 만새기, 복어가 각각 2마리였다. 어획된 갈치 41마리에 관해서만 전장, 체중을 측정하여 Fig. 3에 나타내었다. 전장은 70~80 cm 범위에서 11마리로 가장 많았고, 평균 전장은 74.9 cm (SD: 8 cm)였다. 또한 체중은 100~120 g 범위에서 12마리로 가장 많았고, 평균 체중은 200.6 g (SD: 95 g)이었다.

Table 2. Species composition and amount of catch by the vertical longline

| English name      | Scientific name         | Number |
|-------------------|-------------------------|--------|
| Hairtail          | Trichiurus lepturus     | 41     |
| Chub mackerel     | Scomber japonicas       | 185    |
| Japanese mackerel | Scomberomorus niphonius | 2      |
| Dolphin fish      | Coryphaena hippurus     | 2      |
| Porcupine fish    | Diodon holocanthus      | 2      |

선주낙 어구수심의 측정 결과는 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 15.95 m (SD: 0.05 m)와 86.97 m (SD: 0.06 m)이었다. 이것은 어구의 형상이 표층쪽에서는 변화가 없었고, 저층에서는 5 m 정도가 짧아졌는데, 중층에서 유속의 영향으로 어구의 흘림이 있었다는 것을 알 수 있다.

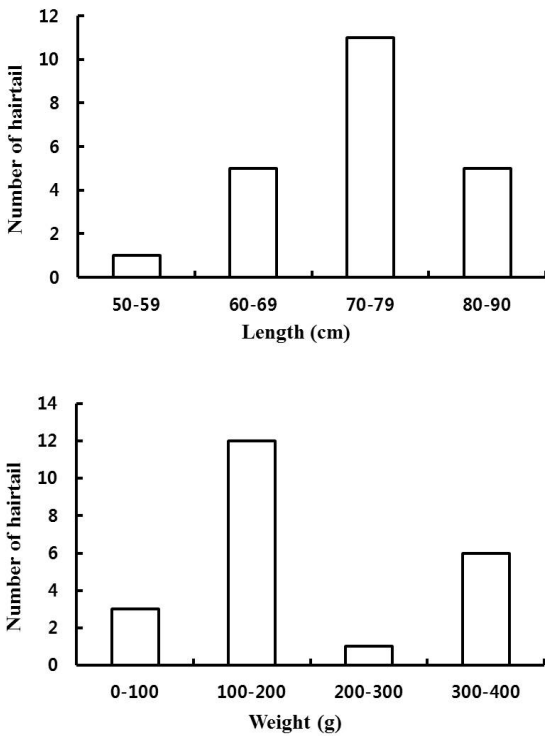


Fig. 3. Length-frequency distribution and weight-frequency distribution of hairtail.

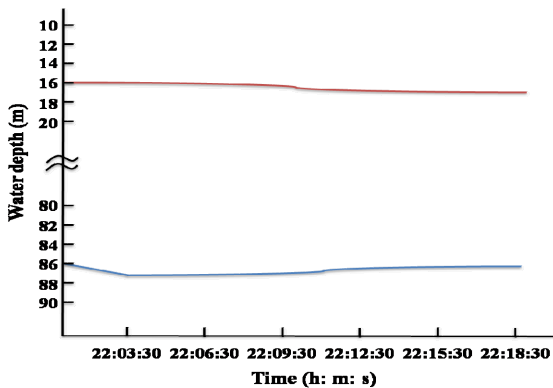


Fig. 4. Water depth record of the first and last hook as time passed.

주·야간 낚시 번호별로 누적조획 마리수는 Fig. 5에 나타내었다. 주간 조업에서는 20개의 낚시바늘의 각각에서 조획 마리수에 차이가 있었고, 조획율이 가장 높은 낚시 번호는 18번 (28.5%), 그 다음이 20번 (21.4%), 17번 (10.7%) 순이었고, 이들의 합계는 60.6%였다. 따라서 주간에는 주로 저층에 많이 서식한다고 생각된다. 야간 조업에서는 각 낚시바늘에 따른 조획율의 차이가 있었고, 조획율이 가장 높은 낚시 번호는 1번 (23.0%), 그 다음으로 4번 (15.3%), 9번 (15.3%) 순이었고, 이들의 합계는 53.6%로 나타나 야간은 표층과 중층에 많이 서식한다고 생각된다. 이것은 주광성 어종인 오징어와 같이 빛과 먹이의 영향인 것으로 판단되고, 야간에는 갈치의 행동습성이 분산 분포하는 경향에 따라서 이를 효율적으로 어획하기 위해서는 집어등 조업이 필요하여 갈치 끝낚시 전용 LED집어등을 개발하게 되었다 (Kim et al., 2016).

한편, 주·야간에 따른 어획율의 차이 검정에서는 야간보다 주간의 어획율이 더 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ , Mann-Whitney U test). 주간의 수층에 따른 어획율의 차이 검정에서는 표층, 중층보다 저층의 어획율이 더 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고 ( $p < 0.001$ , Mann-Whitney U test), 야간의 수층에 따른 어획율의 차이 검정에서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다 ( $p > 0.05$ ) (Kruskal-Willis test). 또한 주·야간과 수층에 따른 어획율의 차이를 보기 위해 2-way ANOVA를 실시한 결과, 주·야간이 어획율에 미치는 주효과는 통계적으로 유의한 것으로 나타났으므로 ( $p < 0.01$ ) 주·야간에 따른 어획율의 차이가 있고, 수층이 어획율에 미치는 주효과는 통계적으로 유의한 것으로 나타났고 ( $p < 0.01$ ). 주·야간과 수층 간의 상호작용 효과는 통계적으로 유의한 것으로 나타났고 ( $p < 0.001$ ). Masahiro (1991)는 외출 낚시와 연승에 의한 갈치의 조획시험, 어군탐지기의 반응기록 (Tsuneo, 1960)으로부터 갈치의 일주기적인 성어의 분포 이동을 다음과 같이 추정하였다. 주간은 해저부근에서 농밀한 군을 형성하였고, 일몰과 함께 갈치의 어군은 표층으로부터 중층까지 부상하고, 어군은 분산상태로 되어 가고 이 상태는 야간동안 계속되었다. 일출 전이 되면 어군의 분포수심은 서서히 깊어 가고, 일출 후는 재차 해저부근에서 농밀

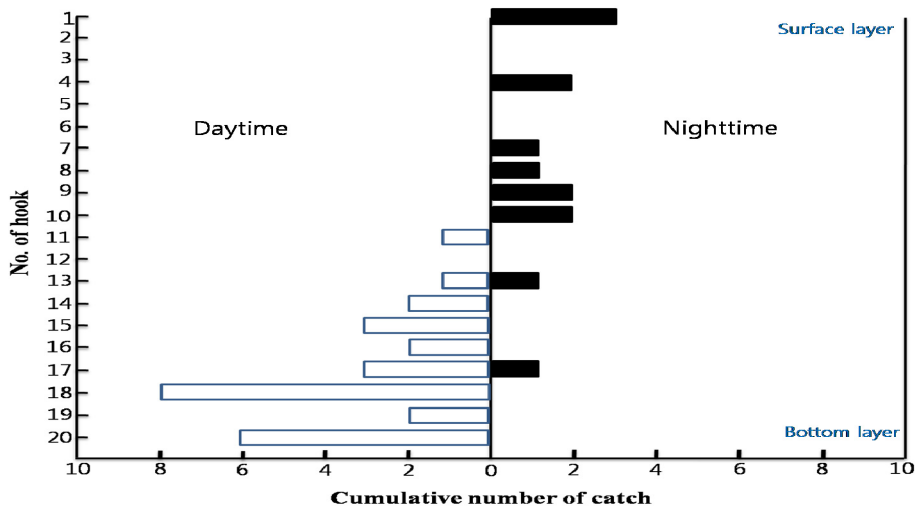


Fig. 5. Cumulative number of hairtail caught for each hook, summing up 5 operations of vertical longline.

한 군을 형성하게 되었다. 이와 같은 결과는 본 연구의 결과와 일치하는 것으로서, 주야 수직적인 일주행동을 하고 있는 것으로 추정할 수 있다. 또한 트롤과 기선저인망의 어구와 어법의 차이로부터 어장에 서식하는 어류의 주야별 수직분포를 조사한 결과에서도 갈치는 야간의 유휴층보다도 주간 유휴층이 깊다고 보고하였다 (Kenji, 1960). 그러나 갈치의 수직분포는 체장, 수온, 계절 등에 따라 영향이 있을 것으로 판단되어 추후 종합적인 연구가 필요하다.

이와 같은 결과를 종합해 보면, 주·야간에 따라 갈치 유휴층의 변화를 알 수 있었고, 끝낚시 어구의 어획 수층을 갈치의 일주행동을 토대로 잘 맞추어 끈다면 어획성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### 결론

갈치 끝낚시어업에 이용하고자 하여 제주 어장환경에서 갈치의 서식수층 파악을 위해 선주낙에 의해서 주·야간 시험조업한 결과, 주·야간 전 조업의 조획 경향을 보면 총 낚시 수 2,000개 중에서 조획된 마리 수는 232마리 (주간 193마리, 야간 39마리), 조획율은 11.6% (주간 9.6%, 야간 2%)이었다. 조획된 어종은 5종이었고, 그 중에서 갈치에 관해서만 주·야간 낚시 번호별로 조획 마리수를 구하였다. 주간 조업에서는 20개의 낚시바늘의 각각에서 조획 마리수에 차이가 인정되었다. 조획율

이 가장 높은 낚시 번호는 18번 (28.5%), 그 다음이 20번 (21.4%), 17번 (10.7%) 순이었고, 이들의 합계는 60.6%였다. 이와 같이 주간에는 주로 저층에 많이 서식하고 있었다. 야간 조업에서도 각 낚시바늘에 따른 조획율의 차이가 있었다. 조획율이 가장 높은 낚시 번호는 1번 (23.0%), 그 다음으로 4번 (15.3%), 9번 (15.3%)번 순이었고, 이들의 합계는 53.6%였다. 이와 같이 야간은 표·중층에 많이 있었고, 갈치가 어획된 수층은 주·야간에 차이가 인정되었다. 따라서 갈치의 서식 수층에 끝낚시 어구를 잘 맞추어 끈다면 어획성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### 사사

이 논문은 한국해양과학기술진흥원 수산실용화과제 (20150374)의 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다. 시험조업에 많은 도움을 주신 해양수산연구원 조사선 직원 여러분들께도 고마움을 표합니다. 또한 본 논문의 심사에 많은 조언을 해 주신 심사위원님께도 감사의 뜻을 전합니다.

### References

- Arimoto T, Inoue Y and Ogura M. 1983. Diel Variation of Catch in Coastal Set-line. Bull Jpn Soc Sci Fish 49(8), 1175-1181.

- Arimoto T and Iwasaki T. 1983. Vertical Distribution of Catch in Coastal Set-line. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 49(10), 1479-1486.
- Arimoto T. 1983. Catch Variation with Operation Time in Coastal Set-line. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 49(7), 1045-1048.
- Hwang BN and Hong BQ. 1985. On the Seasonal Distribution, Movement and Abundance of Hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne, in the East China and Yellow Sea. *Bull Fish Res Dev Inst Korea* 36, 13-22.
- Inoue M. 1978. Fish behaviour and Fishing method. *Kouseisha-kouseikaku*, Tokyo, 175-187.
- Junji N. 1966. On the Swimming Layer of *Engraulis japonica* Shoals in Bungo Channel and its Adjacent Waters. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 32(3), 237-241. (DOI:<http://doi.org/10.2331/suisan.32.237>)
- Keisuke O and Hideo O. 1971. Distribution and Movements of the Ribbon Fish in the East China Sea as Ascertained by Tagging Experiments in 1969. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 37(2), 75-82. (DOI:<http://doi.org/10.2331/suisan.37.75>)
- Kenji K. 1960. Study on the improvement of the productivity of trawl fishery. *Journal of the Tokyo University of Fisheries*, 4(1), 1-158.
- Kim MK, An YI, Park SH, Oh TC, Kang HC and Park YS. 2016. Behavioral reaction of hairtail (*Trichinus lepturus*) to different colors of LED light. *J Korean Soc Fish Technol* 52(3), 183-190. (DOI:10.3796/KSFT.2013.49.4.385)
- Masahiro M. 1991. Fishery Biology of Ribbon Fish, *Trichiurus lepturus* in Western Wakasa Bay. *Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science Special Report No. 3*, 1-74.
- Saito S. 1976. On the Time of Capture of Tumas by the Lone-line Gear. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 42(9), 975-985.
- Tsuneo A. 1960. Studies on the structure of fish shoals by means of fish finder-I. Echo patches of hair-tail observed at the middle area of the East China Sea, in February 1959. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 26, 1162-1166. (DOI: <http://doi.org/10.2331/suisan.26.1162>)
- Woodhead PMJ. 1966. The Behaviour of fish in relation to light in the sea. *Oceanogr. Mar Biol Ann Rev* 4, 337-403.
- Yamada T. 1970. The Bottom Troll-angling of Ribbon Fish in Tachibana Bay. *Nagasaki university's report* 30, 33-57.
- 
2017. 03. 15 Received  
 2017. 04. 20 Revised  
 2017. 04. 21 Accepted