

문어흘림낚시용 친환경 붓돌의 색 효과

안 영 일

강원도립대학 해양경찰과

Color effect of the environment-friendly sinker for octopus drift-line

Young-II AN*

Dept. of marine police and Technology, Gangwon Provincial College, Gangneung 210-804, Korea

The choice behavior of the octopus in response to the environment-friendly colored sinker for octopus drift-line and the sinker's fishing effect were studied under experimental conditions in the water tank and the field. The colors of the sinkers used for the experiment are white, black, yellow and green. Artificial baits are attached to the sinkers in order to attract the octopuses in the experiment. In the water tank experiment, two sinkers of two different colors are placed in a compartmentalized corner of the rectangular tank, and a CCD camera records the choice behaviors of the octopuses to the colored sinkers. In the field experiment, the catch investigation of octopus for each colored sinker was conducted 14 times in total by using 2(A, B) commercial fishing boats at the coast of Gangneung within 30m of depth in 2006. The number of colored sinkers per operation was a total of 24-40 pieces with the same number of sinkers individually for four colors. As a result, it was found that the octopus selected white the most followed by black and yellow in their choice of colored sinkers in the water tank experiment, and green was the lowest in their choice. Even in the field experiment, the sinkers of white and black showed a higher catch of octopus than the sinkers of yellow and green.

Key words : Octopus Drift-line, Environment-friendly Sinker, Color effect

서 론

수산동물은 시각에 의존해서 행동하는 경우가 많다(Okamoto, et al., 2001). 어구에 대한 어류의 접근이나 회피는 시각이나 청각에 의존하는 경우가 많으며 먹이에 대한 접근은 후각에 주로

의존한다. 시각에는 형태시각, 운동시각 및 색채시각이 있는데, 문어나 오징어는 무척추동물 중에서 가장 우수한 시력을 갖고 있으며(Inoue, 1978), 색채시각에 기인하여 주변 환경에 맞추어 체색무늬가 변화하는 것을 보고 일반적으로

*Corresponding author: yian@gangwon.ac.kr, Tel: 82-33-660-8201, Fax: 82-33-660-8205

색각을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 문어의 색각에 대하여 많은 행동실험이 있었지만 색각의 유무를 판단하기는 어렵다(Carter, 1948). Hamasaki(1968)와 Munz and Johnson (1978)은 두족류가 색을 구별 못하는 색맹이라 하였고, Roffe(1975)는 색각이 조금 있다고 하였고, 문어류 중에도 *Octopus aegina*는 색각을 가지고 있을 것이라고 Kawamura et al.(2001)가 처음으로 보고하였다. Okamoto et al.(2001)은 문어가 배경색과 상관없이 어두운색을 좋아 한다고 보고하였다. 그렇지만, 동해안의 어획대상인 문어(*Paroctopus dofleini*)가 색맹여부와 관계없이 문어는 망막중의 시세포가 대단히 고밀도이며 (Claybourne, 2004), 물체의 명도 차이를 인식할 수 있기 때문에(Messenger et al., 1973; Messenger, 1977; Roffe, 1975) 동해안의 얕은 수심에서 조업하는 문어홀름낚시의 어획효율을 높이기 위하여 붓들의 색깔에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 수년간 강원도 각 시군에 의해 보급되어 사용 중인 문어홀름낚시용 친환경 붓들의 색 효과에 대하여 수조실험과 현장조사를 통하여 비교 검토하였다.

재료 및 방법

수조실험

실험어

본 실험에 사용한 재료는 강릉시 연안에서 어

획한 문어(*Paroctopus dofleini*) 400 - 1,060g이며, 이들을 2개의 순환식 원형여과수조($\phi 195 \times 70\text{Hcm}$, $\phi 150 \times 70\text{Hcm}$)에서 20일 이상 적응시킨 다음 실험에 사용하였다. 실험은 강원도립대학 어군행동학 실험실에서 행하였다.

장치 및 방법

실험수조(170L \times 60W \times 70H cm)는 Fig. 1과 같이 청색으로 된 PVC로 제작하였고 수질관리와 실험어의 적응 등을 고려하여 원형수조($\phi 195 \times 70\text{Hcm}$)에 넣고 실험수조의 사방에 틈을 만들어 물이 순환되도록 하였다. 수온은 8.2 - 10.2°C, 염분은 32.8 - 33.6‰, 수심은 60cm를 유지하였다. 실험수조는 대기부와 실험부로 되어 있는데, 대기부에는 실험수조의 한쪽 끝부분에 대기구간(40L \times 60W \times 70Hcm)을 만들고 수조 반대쪽으로 청색아크릴판으로 된 칸막이 문이 있어 실험어가 자유로이 실험부로 나올 수 있도록 하였다. 실험부에는 유도로가 있으며, 칸막이 문으로부터 100cm 떨어진 곳에 길이 30cm, 높이 60cm로 된 청색 아크릴판의 칸막이를 수조의 길이방향으로 설치하여 2개의 수로를 만들었다. 유도로는 투명아크릴판을 V자 모양으로 만들어 실험어가 수조의 중앙으로 오도록 하였으며, 유도로의 중간지점의 폭은 20cm이다. 유도로 중간지점에서 수로용 칸막이까지의 거리는 55cm 정도이다. 실험용 붓들은 대기부 반대쪽 수조의 칸막이

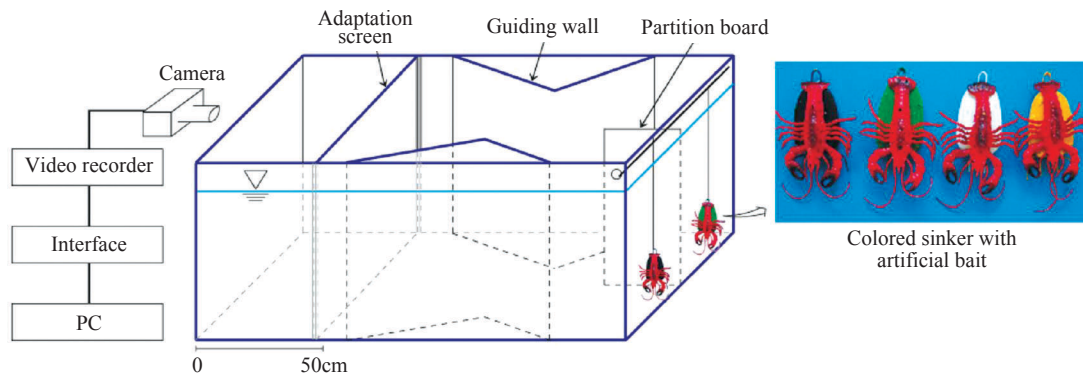


Fig. 1. The apparatus used for recording the choice behaviour of octopus to the colored sinkers with artificial bait.

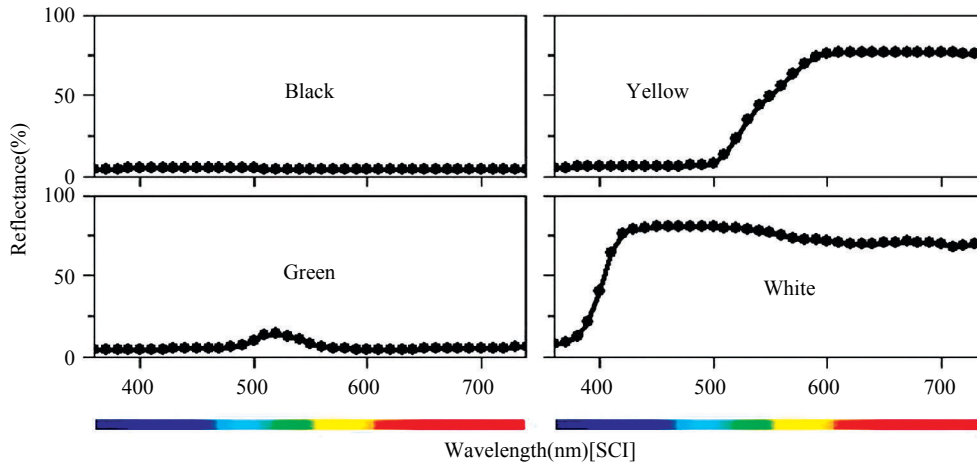


Fig. 2. Reflectance(%) of colored sinker.

로 분리된 벽에 각각 설치하였으며 미끼상하운 동장치(An and Arimoto, 2007)에 의해 위 아래로 분당 33회 움직인다. 붓들의 색깔은 흰색, 검정색, 황색, 녹색의 4가지 색이며(Fig. 1), 각각 붓들(8.0×5.5cm에 체장 10.5cm의 인공가재(An and Arimoto, 2007)를 부착시켰다. 색깔은 락카 페인트(Lucky - silicone Co., Ltd)인 흰색, 검정색, 황색, 녹색을 이용하여 나타내었다. 한편 색 붓들의 반사율은 분광측색계(Konica Minolta, CM - 2600d)로 측정하였다. 공기 중에서 붓들의 반사율은 Fig. 2와 같이 검정색인 경우 거의 반사가 없었고 황색인 경우 약 600nm 이상에서 약 75%, 녹색인 경우 약 500 - 550nm에서 약 20%, 흰색인 경우 약 430nm 이상에서 약 75%였다.

조명장치는 수조 위 170cm에 형광등기구 1개(40W)를 천정으로 향하도록 설치하고 그 위에 흰색아크릴 덮개를 씌워 반사된 빛이 수조에도 달하도록 하였다. 수중조도는 수중조도계(Minolta, T - 10)로 측정하였고 각 붓들이 위치하는 수로 중앙 바닥에서의 평균수중조도는 20.6 - 21.6lx 였다. 수질관리는 해수냉각기, S.T.meter(YSI, 30), 수온계(Tektronix, DTM 920)를 사용하여 수온, 염분 등을 조절하였다.

실험순서는 다음과 같다.

- 수조에 적응된 실험어 1 마리 수조대기부에 넣음.
- 1분 경과 후 상하운동장치로 붓들을 움직이게 한 후 칸막이 문을 개방.
- 실험어는 유도로를 통과하여 수로 양쪽에 있는 서로 다른 색 붓들 중 어느 1 개를 선택.
- 영상카메라(SHC - 721NH, Samsung)는 수면 위 130cm에서 문어행동촬영.
- 촬영된 영상의 기록과 분석은 녹화장치(Kodicom, Diginet - 44216NK - L)로 시행.
- 실험횟수는 색 붓들의 조합별로 각 20회씩 행하였다.

현장실험

붓들의 색깔에 따라 현장에서의 어획성능을 조사하기 위하여 Fig. 3와 같이 수심 13 - 28m의 강릉시연안 해역에서 2006년 5 - 6월중 14일간 어획시험을 실시하였다. 현장조사 선박은 보통 오전 4 - 5시경에 출항하여 10 - 11시경에 입항하는 연승협회 어선 일호호(A, 0.73톤)와 정송호(B, 1.51톤)이다. 1회 조업시 사용된 붓들은 친환경 붓들 150 - 210g의 흰색, 검정색, 황색, 녹색의 4종류 색 붓들이며, 투승하는 수량은 색깔별로

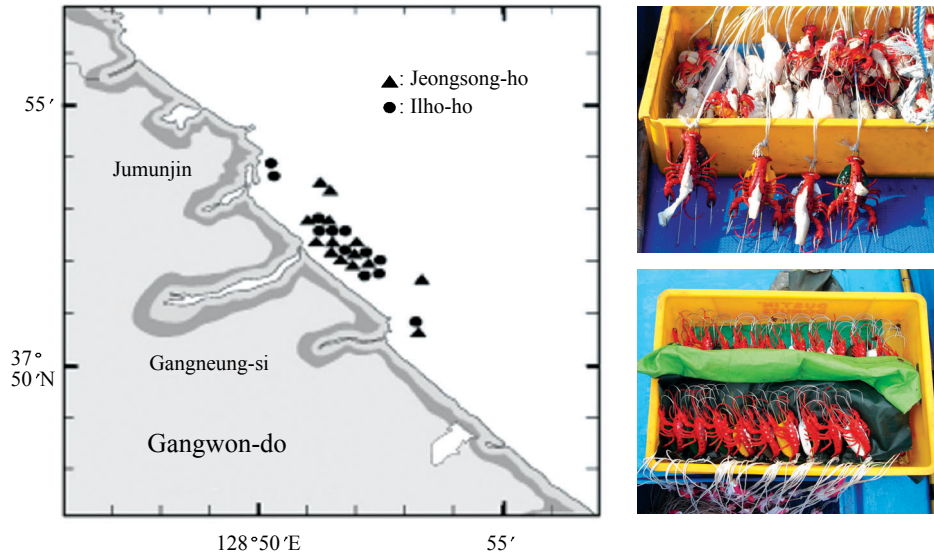


Fig. 3. Fishing position and colored sinker with artificial bait.

같으며, 총 24 - 40 개를 사용하였다. 붓돌색깔은 An and Yoon(2008)과 같이 본 연구의 친환경 붓돌의 재료특성상 다양한 색 붓돌로 제작할 수 없으므로, 수조실험과 같이 락카 페인트(Lucky-silicone Co., Ltd)인 흰색, 검정색, 황색, 녹색을 이용하여 나타내었다. 조업횟수는 14 회였으며, 조업 중에 어군탐지기(FCV - 581, Furuno)와 GPS(SGV - 1000, Samyoung)로 수심과 위치 등을 기록하였다.

붓돌에 부착하는 미끼는 모두 인공미끼(An and Arimoto, 2007)이며, 내부에 돼지비계를 넣어 사용하였다. 각 색 붓돌에 어획된 문어는 어창에 각각 분리 보관하고, 입항 후에 어획량은 디지털 체중계(Kern, CH15K20)와 용수철 체중계(경인산업, 0 - 1kg)로 문어의 체중을 측정하였다.

결과 및 고찰

수조실험

색 붓돌에 대한 문어행동반응을 조사하기 위하여 직사각형 수조의 한 쪽 끝단에 칸막이로 분

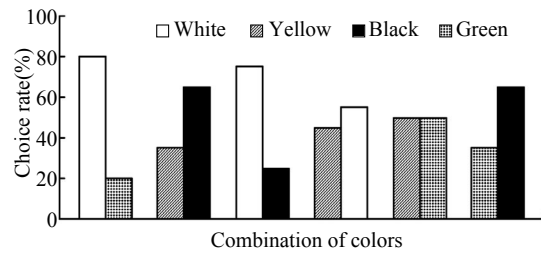


Fig. 4. Choice rate(%) of the octopus in relation to combination of colored sinkers with artificial bait.

리된 벽에서 서로 다른 두가지 색 붓돌로 시각자극을 동시에 실험어에 가했을 때, 문어의 색 선택은 Fig. 4와 같다.

색 붓돌의 6가지 조합에서 실험어는 흰색과 녹색, 흰색과 검정색 및 흰색과 황색의 조합일 때 각각 60%($P > 0.01$), 50%($P > 0.05$), 10%의 선택률 차이로서 흰색을 선택하였다. 검정색과 황색, 검정색과 녹색의 조합인 경우에는 선택률 차이가 각각 30%로 검정색 붓돌을 선택하였다. 황색과 녹색의 조합인 경우에는 선택률 차이가 없었다.

따라서 문어는 본 실험에 사용한 4가지 색 붓돌에서 흰색을 가장 많이 선택하였고 다음이 검

정색, 황색 순이며, 녹색일 경우가 가장 선택률이 낮았다.

것으로 나타났다.

고찰

현장실험

4가지 색 붓들에 대한 강릉시 연안에서의 문어 어획량은 Table 1 과 Fig. 5에 나타내었다. 총 14회 조업에서 어획된 133 마리는 A선박에서 73 마리, B선박에서 60마리를 어획하였다. 문어개체의 체중은 A선박의 경우 0.4 - 11kg이었고, B선박의 경우 0.38 - 2.6kg이었으며, 대부분 2kg 이하로 92.5%를 차지하며 1kg 이하의 개체도 54.1%인 72마리로 어린 문어이었다.

A선박의 색 붓들별 어획마리 수는 흰색이 37마리(50.7%)로 가장 많았고 상대적으로 큰 문어가 어획되었으며, 다음으로 18마리(24.7%)의 검정색, 11마리(15.0%)의 황색 순이며, 녹색이 7마리(9.6%)로 가장 적었다. B선박의 색깔별 어획마리 수는 검정색이 24마리(40.0%)로 가장 많았고, 다음으로 흰색 18마리(30.0%)와 황색 17마리(28.3%)였으며, 녹색이 1마리(1.7%)로 가장 적었다.

Fig. 5에서 두 선박의 색 붓들에 따른 문어의 어획마리 수는 흰색이 55마리(41.4%)로 가장 많았고, 다음으로 42마리(31.6%)의 검정색, 28마리(21.0%)의 황색 순이며, 녹색이 8마리(6.0%)로 가장 적었다.

따라서 현장실험에서 흰색 붓들과 검정색 붓들이 황색 붓들과 녹색 붓들보다 어획효과가 큰

붓들은 일반적으로 어구를 침강시키는 목적으로 하기 때문에 색깔을 중요하게 생각하지 않는다. 그러나 문어홀덤낚시조업에서 붓들은 유속에 의해 먹이와 함께 이동하므로 문어에게 시각자극을 높여 줄 필요가 있다. 문어홀덤낚시조업에서 인공미끼를 사용하기 전에는 낚 붓들에 흰색의 돼지미끼를 사용하였고(An and Park, 2006), 일본의 경우 긴 붉은색 플라스틱 붓들에 흰색의 가짜미끼(An and Arimoto, 2007)를 사용하고 있다. 이것은 어업인의 오랜 경험에 의하여 색각이 없거나 거의 없는데(Carter, 1948) 문어에게 색의 콘트라스트를 높여 주므로 어획효과가 좋았던 것으로 생각된다. 또한 흰색이 색의 대비

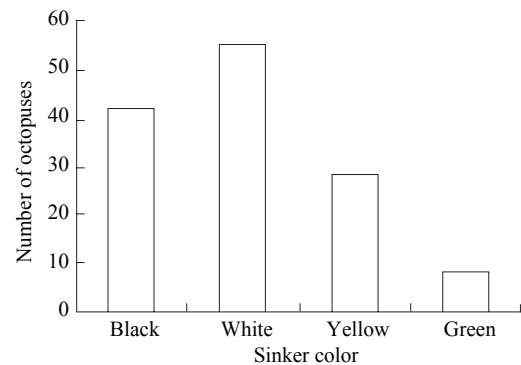


Fig. 5. Catch in number of two fishing boats(A, B), according to the colored sinker with artificial bait.

Table 1. Number of octopuses caught by the colored sinker with artificial bait in the coastal area of Gangneung city

Weight class (kg)	Fishing boat A				Fishing boat B				Total
	Colored sinke				Colored sinker				
	Black	White	Yellow	Green	Black	White	Yellow	Green	
< 1	7	12	5	4	17	13	13	1	72
1 - 2	10	18	6	3	5	5	4	0	51
2 - 3	1	3	0	0	2	0	0	0	6
3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 - 5	0	1	0	0	0	0	0	0	1
5 - 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 - 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 - 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 8	0	3	0	0	0	0	0	0	3
Total	18	37	11	7	24	18	17	1	133

측면에서 콘트라스트가 높아서 수중시정(water visibility)이 크기 때문인 것으로 판단된다(Tudari, 1985). Kawamura(2000)에 의하면 눈에 띄기 쉬운 흰색 가짜미끼에서 전갱이의 어획효과가 높았고 수중시정은 흰색이 붉은색, 청색, 검정색보다 좋았다고 하였다. 본 연구의 수조실험에서도 문어가 붉은 색 인공미끼에 흰색붕들로 조합된 경우를 가장 선호하였으며(Fig. 4), 현장실험에서는 흰색붕들과 검정색 붓들에서 어획량이 높았다(Fig. 5). 검정색 붓들에서 어획량이 높은 것은 조사해역의 해저가 흰색계통인 모래에 의한 영향인 것으로 판단된다. 또한 수조실험과 현장조업에서 녹색에 대한 문어의 선택률이 낮은 것은 수조색의 청색과 현장에서의 해조류가 무성한 시기인 관계로 배경에 대한 붓들의 콘트라스트가 낮아서 다른 색 붓들보다 시각적 효과가 적었기 때문이라 생각된다. 한편, 현장조사에서 사용한 색 붓들은 친환경재료로 제작된 붉은색 붓들에 락카 페인트로 칠한 관계로 조업 후에 색이 탈색되었다. 수조실험과 현장실험에서 흰색 붓들이 어획효과가 높다고 하였지만 비중이 높은 흰색계통의 재료가 없으므로 흰색 또는 이와 유사한 밝은 색의 붓들용 재료개발은 앞으로의 연구과제가 될 것이라 생각된다(Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, 2007).

결 론

문어홀림낚시용 친환경 색 붓들에 대한 문어의 선택행동과 어획효과를 수조실험과 현장조업을 통하여 조사하였다. 먼저 수조실험에서 흰색, 검정색, 황색, 녹색의 4가지의 붓들을 2개씩 6개 조합하여 실험어가 선택하도록 하였다. 그 결과, 실험어의 색 붓들 선택은 흰색을 가장 많이 선택하였고 다음이 검정색, 황색 순이며, 녹색일 경우가 가장 선택률이 낮았다. 한편, 현장조업에서는 2척의 어선을 이용하여 흰색, 검정색, 황색, 녹색의 4가지의 붓들을 같은 수량으로 동시에 총 24 - 40개를 투승하여 어획한 결과, 흰

색 붓들과 검정색 붓들이 황색 붓들과 녹색 붓들보다 높은 어획효과를 나타냈다. 따라서 문어는 콘트라스트가 높아 눈에 쉽게 떨어 것이라고 생각되는 흰색붕들을 더 선택함을 알 수 있었다. 앞으로 문어홀림낚시의 친환경 붓들의 색깔은 흰색을 고려하여 제작하면 어획효과에 기여할 것으로 판단되며, 이를 위한 친환경 흰색 재료개발이 필요하다.

사 사

본 연구는 해양수산부 수산특정연구(MNF 12005018 - 2 - 1 - SB010)와 강릉시의 연구용역으로 수행되었으며, 본 연구 수행에 도움을 주신 강릉시 연승어업인연합회 이충남 회장님과 강원도 문어연승어업인에게 감사드리며, 실험 및 자료정리를 도와 준 강원도립대학 해양산업과의 최현호, 김선영 학생 및 장웅정 연구원에게 고마움을 표하는 바입니다.

참고문헌

- An, Y.I. and J.Y. Park, 2006. Octopus fisheries in the coastal waters of Gangneung- II. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 42, 78 - 85.
- An, Y.I. and T. Arimoto, 2007. Development of artificial bait for octopus drift line. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 43, 291 - 300.
- An, Y.I. and S.O. Yoon, 2008. Development and the characteristics of environmental-friendly sinker for octopus drift line. J. Kor. Soc. Fish. Tec., 44, 184 - 193.
- Carter, G.S., 1948. Colour and colour vision in animals. Nature, 162, 600 - 6001.
- Claybourne, A., 2004. The secret world of octopuses. Raintree, Chicago, pp. 16 - 17.
- Hamasaki, D.I., 1968. The ERG-determined spectral sensitivity of the octopus. Vision Res. 8, 1013 - 1021.
- Inoue, M., 1978. Fish behaviour and Fishing method. Kouseisha-kouseikaku, Tokyo, pp. 63 - 100.
- Kawamura, G., K. Nobutoki, K. Anraku, Y. Tanaka and

- M. Okamoto, 2001. Color discrimination conditioning in two octopus *Octopus aegina* and *O. vulgaris*. Nippon Suisan Gakkaishi, 67, 35 - 39.
- Kawamura, G., 2000. Competition for wisdom with the fish. Seizando-shoten Publishing Co., LTD., Tokyo, pp. 73 - 82.
- Messenger, J.B., A.P. Wilson and A. Hedge, 1973. Some evidence for color-blindness in octopus. J. Exp. Biol. 59, 77 - 94.
- Messenger, J.B., 1977. Evidence that octopus is color blind. J. Exp. Biol., 70, 49 - 55.
- Ministry of Maritime Affairs and Fisheries(MOMAF), 2007. Development and practical use of sinker to octopus drift line and gill net for environmental-friendly fishery. Report of MOMAF, pp. 125 - 130.
- Munz, W.R.A, and M.S. Johnson, 1978. Rhodopsins of oceanic decapods. Vision Res., 8, 601 - 602.
- Okamoto, M., K. Anraku, G. Kawamura and Y. Tanaka, 2001. Selectivity of color of shelter by *Octopus vulgaris* and *O. aegina* under different background colors. Nippon Suisan Gakkaishi, 67, 672 - 677.
- Roffe, T., 1975. Spectral perception in octopus-A behavioral study. Vision Res., 15, 353 - 356.
- Tudari, Y., 1985. Marine environmental optics. Sugimori, Y. and W. Sakamoto, ed. Tokai university press, Tokyo, pp. 158 - 163.
-
- 2009년 6월 19일 접수
2009년 8월 9일 1차 수정
2009년 8월 13일 수리