

## 낙지통발어업의 어획성능지수 산정

안희춘 · 이경훈\* · 박성욱 · 박창두<sup>1</sup> · 신종근

국립수산과학원 수산공학팀 · <sup>1</sup>서해수산연구소 자원관리조성팀

### Assessment of fishing power of common octopus (*Octopus minor*) trap fishery

Heui-Chun AN, Kyoung-Hoon LEE\*, Seong-Wook PARK, Chang-Doo PARK<sup>1</sup>  
and Jong-Keun SHIN

*Fisheries Engineering team, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619 – 902, Korea*

<sup>1</sup>*Fisheries resources management and enhancement team, West Sea Fisheries Research Institute,  
NFRDI, Incheon 400 – 420, Korea*

Fishing power, which means performance of fishing vessel or catchability of fishing gear, can explain using by fishing power index(FPI) to compare fishery efficiency among uniformity types of fishery that work during the fixed period in specific fishing ground. This research analyzed on their fishing power and catchability using comparing each sampled vessels of coastal trap fishery for common octopus. The results showed that they were no difference in amount of used trap and immersed time etc. in CPUE among sampled vessels, and had no correlation of catch production due to vessel's tonnage. Most vessel's FPI estimates but 3 vessels were higher than the averaged, and showed similar fishing power in general. And then, CPUE and FPI showed that 4 to 5 tonnage vessels would be superior to another, 4 tonnage vessels had also good catchability. Therefore, we estimated that 4 tonnage vessels had the most efficiency work for coastal trap fishery for common octopus.

Key words : Fishing power index, CPUE, Catchability, Trap fishery, Common octopus

#### 서 론

최근 수산자원은 남획과 해양환경의 오염에 따른 생태계변화 등의 다양한 변동요인으로 감

소현상을 보이고 있는데, 어획능력의 급격한 증대도 주요한 요인 중의 하나이다. 수산자원을 보호하고 관리하기 위하여 어획량을 제한하는

\*Corresponding author: author:khlee71@nfrdi.re.kr, Tel: 82-51-720-2574, Fax: 82-51-720-2586

TAC(total allowable catch)제도와 대상자원에 대한 생물학적 허용어획량(ABC: acceptable biological catch)을 이용하고 있다. 또한, 자원량 추정이 어려운 어종의 자원 회복과 관리를 위해서 어획노력량의 감소와 해역별 어획노력량을 규제하는 TAE(total allowable effort)제도를 도입하여 어업자간의 협의에 의한 노력도 시도되고 있다(Lee, 2003).

어업자원의 회복을 위해서는 어선에 대해 현 자원상태와 기술수준에 있어서 일정 어기동안에 어획할 수 있는 최대 어획량인 어획능력(fishing capacity)을 적정수준 이하로 줄이는 것을 요구하고 있으므로, 정성적 및 정량적인 기법으로 특정 업종에 대한 어획능력을 추정하고 있으며(FAO, 1998; FAO, 2000; Kim, 2006), 복수어구에 의한 단일어종자원을 고려한 일반선형모델(general linear model)에 의한 방법으로 어획노력량을 산정하고 있다(Seo and Zhang, 2001).

또한, 어선에 탑재된 각종 전자기기나 어로기계의 성능뿐만 아니라, 어업인의 기술 등을 고려한 어선의 성능이나 어구의 어획능력을 의미하는 어획성능(fishing power)은 어획성능지수(fishing power index)를 이용하여 설명할 수 있다(Tokai, 1999).

본 연구에서는, 해양수산부 수산자원회복사업의 일환으로 2005년 자원회복 대상어종으로 선정된 낙지를 대상으로 하는 연안어업 가운데 주요어업인 통발어업의 톤급별 표본어선을 선정하여 각 어선별 어획성능지수를 산정하였으며, 어선별 어획능력(catchability)을 비교, 분석하였다.

### 재료 및 방법

우리나라 연안에서 분포하고 있는 낙지는 1993년도에 14,000톤가량이 생산되었으나, 최근 생산량이 급격히 감소하여 수산자원회복사업의 2005년도 자원회복 대상 어종으로 선정되었다. 또한, Fig. 1과 같이 최근 6년간 연간 생산량이

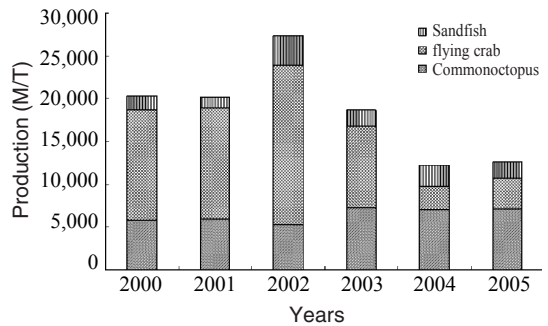


Fig. 1. Production of main target species for stock recovery from 2000 to 2005.

5,000 – 7,000톤 수준을 보이고 있으며 다른 자원 회복 대상 어종에 비하여 자원량의 큰 변동은 없으나, 최근 수입 낙지의 증가 및 낙지통발어업에 큰 비중을 차지하고 있는 미끼공급에 따른 다양한 문제와 더불어 어획투입강도가 점차 높아지고 있는 실정이다.

본 연구에서는 낙지통발어업이 주요어업으로 행해지고 있는 전라남도 득량만 주변해역에서 동일 어기에 조업하고 있는 연안낙지통발어업의 표본어선을 톤급별로 선정하여 조업현황과 어획량자료를 조사하였으며, 투입된 어구에 의해 산정된 단위노력당어획량(CPUE)을 기준으로 어획성능지수를 산정하여 톤급별 어획성능을 비교하였다.

어획성능은 일반적으로 대상어종을 어획하는 능력을 의미하지만, 명확한 정의 없이 특정선박을 기준으로 하여 단순히 어획량이나 CPUE를 비교하기도 한다. 그러나, 같은 어구나 같은 어선이라도 조사해역이나 시기에 따라 대상어종의 자원량이 다르기 때문에, 이와 같은 어획량이나 CPUE만을 단순히 비교하는 것은 의미가 없다. 따라서, 동일한 시기 및 해역에서 조업한 어선이나 업종간의 상대적인 어획능률을 수치화하는 방법으로 Table 1과 같이 상대적인 비교가 가능한 어획성능지수를 산정하는 방법이 있다(Mastuda, 1991).

동일어기에 동일어종을 대상으로 같은 어구

를 사용하는 복수의 어선이 조업한 경우, 제  $i$ 일에 조업한 어선  $j$ 의 어획량을  $y_{ji}$ 라고 하면, 어선  $j$ 의 성능은  $a_j$ 가 되며, 성능  $\approx 1$ 를 가진 표준어선  $x$ 의 제  $i$ 일 어획량을  $x_i$ 라고 하면  $y_{ji}$ 는  $x_i$ 에 비례하여 그 계수를 성능지수  $a_j$ 로 나타낼 수 있다. 따라서, 편차의 제곱( $y_{ji} - a_j x_i$ )을 표본어선별 일정 어기에 연산하여 최소값으로 각 어선에 대한 어획성능지수  $a_j$ 를 결정할 수 있다.

$$\text{즉, } \frac{\partial}{\partial a_j} \sum_i \sum_j (y_{ji} - a_j x_i)^2 = 0 \text{로부터,}$$

$$x_i = \frac{\sum_j a_j y_{ji}}{\sum_j a_j^2} \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (1)$$

또한,  $\frac{\partial}{\partial x_i} \sum_i \sum_j (y_{ji} - a_j x_i)^2 = 0$ 로부터,

$$a_j = \frac{\sum_i y_{ji} x_i}{\sum_i x_i^2} \quad (j = 1, 2, \dots, p) \quad (2)$$

를 계산하고, 이것을  $(p+n)$ 개의 방정식을 연립시켜,  $x_i$ 와  $a_j$ 를 산정할 수 있다.

여기서, Mastuda(1991)의 어획성능지수 산정 방법은 톤급별 인망횟수가 일정한 예인어업을 대상으로 추정되어 각 어선별 조업일수를 기간별로 나누고 조업이 불가능한 일수에 대해서는 조업일수의 평균값에 의해 추정되었으나, 본 연구에서 대상으로 하는 낙지통발어업은 대상선박별 하루 조업에 사용되는 통발 개수의 차이가 있기 때문에 단순히 어획량을 가지고 비교하는 것은 의미가 없다고 판단하여, 일별 조업의 CPUE값, 표본어선당 1일 어획량(g)을 양망 통발 개수(trap)로 나눈 값(g/1trap)을 어획성능산정의

**Table 1. The sampled vessel's fishing power estimated by daily production**

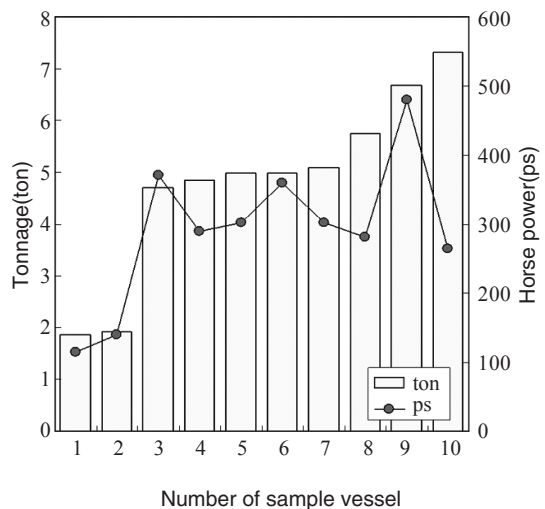
vessel(j)	1	2	3	.....n	Standard vessel (X)
day(i)	1	2	3	.....n	(X)
1	$y_{11}$	$y_{21}$	$y_{31}$	..... $y_{n1}$	$x_1$
2	$y_{12}$	$y_{22}$	$y_{32}$	..... $y_{n2}$	$x_2$
3	$y_{13}$	$y_{23}$	$y_{33}$	..... $y_{n3}$	$x_3$
p	$y_{1p}$	$y_{2p}$	$y_{3p}$	..... $y_{np}$	$x$
Fishing power index(FPI)	$a_1$	$a_2$	$a_3$	..... $a_n$	1

비교값으로 선정하였다. 또한, 표본어선별 조업 일수가 개인적인 사정과 미끼의 공급의 문제에 따라 상당히 불규칙적이었으므로, 기간별 단위로 나누는 것이 불가능하였다. 따라서, 일정기간 동안 최대어획량을 기준으로 어선별 CPUE값을 정렬하여 그 값을 상대적으로 비교하는 방식을 선정하였다. 또한, 톤급별 최적 어획능률을 확인하기 위해 DeLury모형을 변형시킨 Braaten의 변형식을 이용하여 각 표본어선에 대한 어획능률을 추정하였다 (Zhang, 1991).

본 연구에서의 어획성능 산정은 낙지 자원량이 균일하게 분포하고 있는 해역을 가정한다면, 표본어선의 어구사용량에 따른 어획량의 지표인 CPUE값을 이용하여 표본어선이 가지는 고유 어획능력, 어선의 크기, 기관의 성능, 어업인의 능력 등을 포함하는 거시적인 관점에서의 어획성능으로 표현될 수 있다.

### 결과 및 고찰

낙지통발어선은 소극적인 어업으로서 톤급별 어선이 마력에 일치하는 일반적인 인망류 어업이나 자망어업과는 달리, 선박톤수에 큰 영향을 미치지 않는 어업이다. 이는 연안 가까이에서 조업을 하는 어업이고, 톤수가 적음에도 불구하고,



**Fig. 2. 10 vessels sampled in this study.**

거의 1조당 구성되는 통발 갯수가 120 - 150개 정도로 사용하고 있기 때문에, 대형 톤수의 선박이 필요하지 않다. 또한, Fig. 2와 같이 표본어선의 경우에도 2톤 미만의 적은 톤수를 제외한 4톤에서 7톤가량의 선박에는 톤수에 비례하여 마력수가 커지는 상관관계는 나타나지 않는 것을 알 수 있다. 일반적으로, 연안수심이 낮은 해역에서는 2톤 미만의 선박이 조업을 하고, 4톤 이상의 선박이 조업하지 않으므로, 톤수에 따라 조업해역이 분리되어 있으나, 거의 유사한 해역에서 통발 조업을 행하고 있다.

조사 기간동안 표본어선이 조업한 득량만 주변해역을 Fig. 3에 나타내었다. 지난해 동절기가 시작되는 11월부터 득량만 외부해역에서 조업을 하면서, 다음해 4월이 되면 점차적으로 득량만 내부해역으로 조업해역을 옮겨 6월에는 조업을 중단하게 되며, 일반적으로 득량만 내부해역의 조업구역은 득량도를 기점으로 만 내부에 집중되어 대부분의 어선들이 유사한 해역에서 조업을 하게 된다(Park et al., 2006). 따라서, 선정된 표본어선의 조업위치를 기록하였으며, 동일어기에 동일어장에서 분포하고 있는 어종을 대상

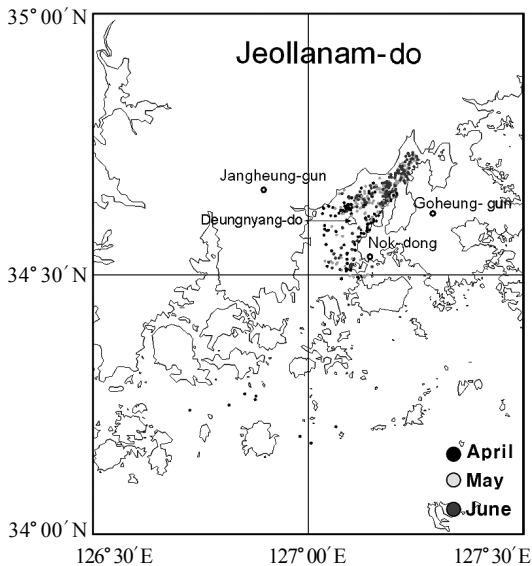


Fig. 3. Survey area from Apr. to Jun. 2006.

으로 조업하는 표본어선을 선정함에 있어서 어획성능지수를 산정하는 기본 조건에 맞도록 설정하였다.

낙지통발어업은 미끼를 투입하여 일정기간동안 침지한 후에 양망작업을 하여 어획하는 조업이며, 개인적인 조업어건에 따라, 최소 3일부터 최대 30일이 넘는 기간동안 통발을 침지시킨다. 일반적으로, 어획된 낙지와 미끼의 상태를 고려하여 7일에서 14일정도의 침지시간을 유지하고 있으며, 본 조사기간에 표본어선에 대한 침지일수를 분석한 결과, Fig. 4와 같이 70%가량이 이 기간에 집중되어 있는 것을 알 수 있다. 그러나, 20일에서 30일가량에서 높은 단위노력당어획량(CPUE)의 수준을 나타내고 있으나, 해당 어업인이 사용하고 있는 전체 통발을 관리하는 측면과 어장확보의 측면에서 사용된 어구로 판단할 때, 적정 침지기간은 1-2주간이 적절한 것을 알 수 있다.

표본어선을 대상으로 어획량과 투입된 어구량 정보를 바탕으로, 단위노력당어획량과 상대적인 어획성능을 나타내는 어획성능지수를 산정하였으며, 각 개별 어선에 대한 어획능률을 산정한 결과는 Fig. 5와 같다.

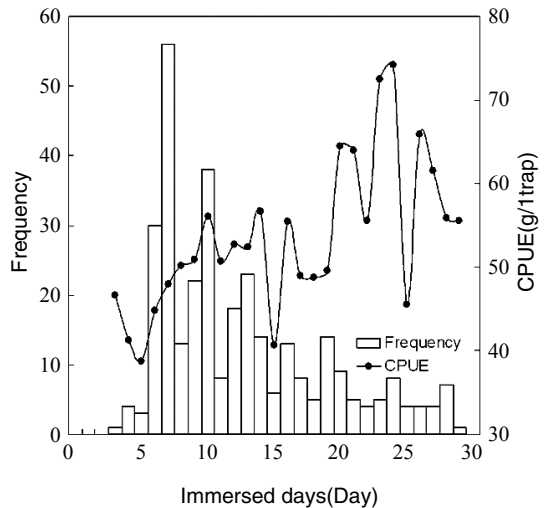


Fig. 4. Frequency and CPUE relatives to immersed days of cylindrical trap for common octopus.

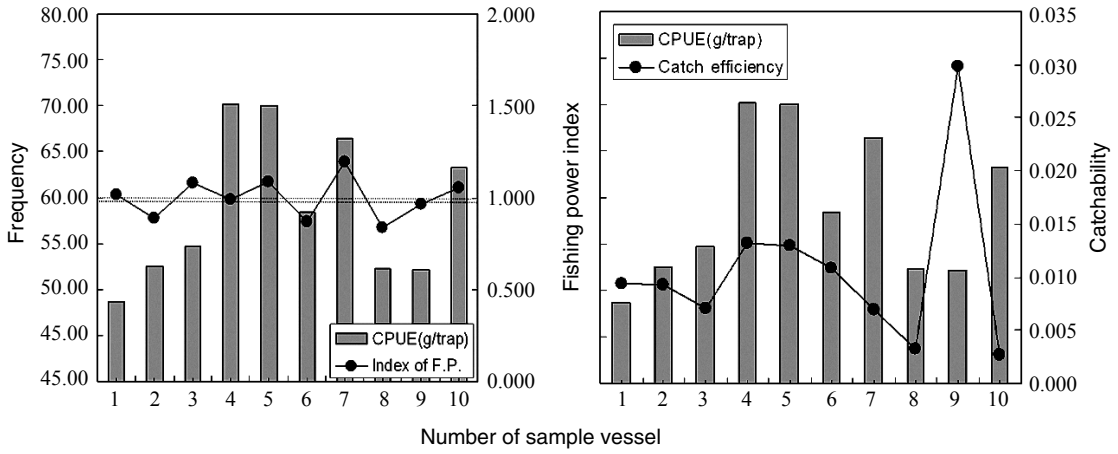


Fig. 5. Fishing power index and catchability in relation to CPUE for each vessels.

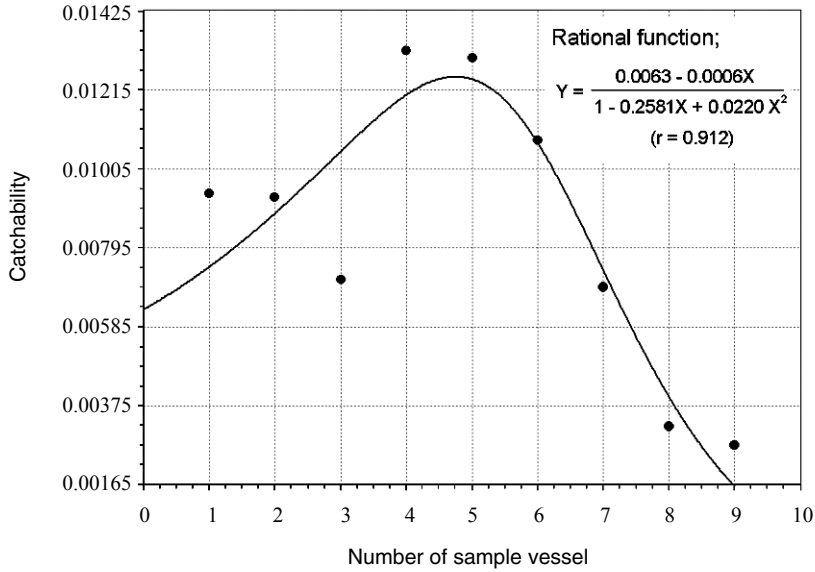


Fig. 6. Optimized vessels for common octopus trap fishery.

낙지통발어업의 톤급별 표본어선 CPUE는 어선 4, 5, 7, 10이 평균값(약 60g/trap)보다 비교적 높은 값을 나타내었으나, 어획성능을 고려할 때, 어선 2, 6, 8의 3척을 제외하고 평균 어획성능지수와 비슷하거나 높은 추정치를 나타내고 있으므로, 전반적인 표본어선에 대한 어획성능은 유사하다는 것을 알 수 있다. 또한, 어선별 어획능률은 4톤가량의 어선에서 높은 것으로 추정되었

으나, 표본어선 9(6.67톤)에 유난히 높은 어획능률을 나타내고 있다.

Fig. 5에서 나타난 표본어선 9는 어획성능지수와 CPUE값과 비교해 볼 때, 다른 선박에 비해 어획성능은 상대적 비교로 인해 유사하게 나타났으나, CPUE를 고려할 때 비교적 낮은 어획능력을 나타내고 있었다. 또한, 개별적인 어선의 어획능률은 CPUE를 고려한 다른 선박의 추정

치와는 달리, 상대적으로 높은 추정치를 나타내었으며, 이를 토대로 각 표본어선에 대한 최적 표본어선의 추정 상관계수(0.23)가 낮게 나타났다. 따라서, 최적 어획능률에 대한 어선별 자료 분석에서 표본어선 9는 데이터의 신뢰도가 부족하여 제외하였으며, 이 결과를 바탕으로 톤급별 최적 어획능률을 Fig. 6과 같이 나타내었다.

개별 표본어선에 대한 어획능률을 추정함에 있어서, 일정해역에 분포하는 낙지의 어획량에 따라 어업인들이 어장을 이동하고, 가입되는 낙지 자원을 고려할 때, 이론모델에서 나타나는 어획량 감소에 따른 조업해역에 분포하는 낙지의 초기 자원량을 추정할 수 있는 경향은 나타나지 않았으나, 각 어선에 대한 어획능률은 가능하다고 판단되므로, 표본어선에 대한 낙지통발어업의 어선톤급별 어획능률을 산정하였으며, 최적 곡선을 피팅한 결과, 유리함수(Rational Function)에 상당히 높은 상관관계( $r=0.91$ )를 나타내었다. 따라서, 낙지통발어업은 선적 통발수가 톤수에 관계없이 일정하게 정해져 있으며, 1회 양승시 미끼의 확인 및 투입에 의해 곧바로 투승으로 연결되는 조업형태이므로, 이 결과를 토대로 조업의 능률적인 측면을 고려할 때, 4톤가량의 어선이 가장 효과적 조업이 이루어진 것으로 판단된다. 그러나, 적용모델에 있어서 가입이 없다는 가정 하에 이루어진다는 것과 표본어선의 조업지점이 어획량에 따라 동일 어장에서 이동하기 때문에 초기 자원량을 추정하기에는 어려움은 있으나, 각 표본어선의 어획능력을 비교하는 방법으로 적절한 것으로 사료된다. 향후 보다 많은 표본어선의 확보를 통해 낙지통발어선의 톤급별 최적어획능력을 산출하는 결과와 비교, 보완할 필요가 있다.

## 결 론

낙지통발어업의 톤급별 표본어선 CPUE는 톤수에 따라 통발의 사용량과 침지시간 등이 큰 차이를 나타내지 않았으므로, 표본어선의 톤수별 어

획량의 상관관계를 나타내지 않았다. 또한, 표본어선의 어획성능지수는 3척을 제외하고 평균 어획성능지수보다 높은 추정치를 나타내고 있었으나, 전반적으로 유사한 어획성능을 나타내고 있었다. 그 결과, 어선별 CPUE값과 어획성능지수는 4톤가량 어선에서 일반적으로 높은 추정치를 나타내었으며, 어획능률도 4톤가량의 어선에서 높은 것으로 보아 표본어선 가운데 4톤 선박이 가장 효과적인 조업의 형태를 유지하고 있는 것으로 추정된다. 향후, 낙지통발어업의 연도별 추가 어획량정보 및 CPUE자료를 바탕으로, 본 연구에서 산출한 어획성능지수와 어획능률에 대한 정도를 향상시킬 예정이며, 톤급별 어획능력 산출치와 비교하여 분석할 예정이다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물과학원(수산자원회복을 위한 어업별 어획성능정량화 연구, RP-2007-FR-027)의 지원에 의해 수행되었으며, 연구에 필요한 자료를 제공해주신 고흥군낙지통발협회 정명섭 부회장님을 비롯한 회원 선주님들께 감사드립니다. 끝으로 본 논문을 보다 완성도 있도록 사례 깊게 검토하여 주신 심사위원님들과 편집위원님께 감사드립니다.

## 참고문헌

- FAO, 1998. Report of FAO technical working group on the management of fishing capacity. FAO Fisheries Report, pp. 57.
- FAO, 2000. Report of the Technical consultation on the measurement of fishing capacity. FAO Fisheries Report, 615, pp. 92.
- Kim, D.H., 2006. Measurement of fishing capacity of offshore fisheries in Korea. Journal of Fisheries Economic, 37(1), 1 - 24.
- Lee, C.W., 2003. Research on quantification of fishing effort and optimized scale settlement of fishing gear, MOMAF, pp. 309.
- Mastuda, K., 1991. Quantification of fishing gear and

- method, Seizando Press., Tokyo, 102 – 123.
- Park, S.W., H.Y. Kim and S.K. Cho, 2006. Entering behavior and fishing efficiency of common octopus, Octopus minor to cylindric trap. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 42(1), 11 – 18.
- Seo, Y.I. and C.I. Zhang, 2001. A Study on the multi-gear and multi-species fisheries assessment models in Korean waters. J. Korean Fish. Soc., 34(4), 359 – 364.
- Tokai, T., 1999. Investigation of fishing power for fisheries resources management, gekkankaiyou, 17, 166 – 177.
- Zhang, C.I., 1991. Fisheries resource ecology, Useng Press., 227 – 233.
- 
- 2007년 7월 18일 접수  
2007년 8월 17일 수리