



연승어업에서 참돔의 섭식행동을 응용한 어획시스템의 성능 분석

강경범* · 구명성** · 김종범*** · 안장영* · 최찬문* · 이창현* · 김병엽* · 김석종†
(*제주대학교 · **국립수산과학원 · ***한국어촌어항협회)

The Analysis of a Fishing System that Employs a Red Seabream Feeding Behavior in the Long Line Fishery

Kyoung Bum KANG* · Myung-Sung KOO** · Jong Beom KIM*** · Jang-Young AHN* · Chan Moon CHOI*
· Chang Heon LEE* · Byoung Youb KIM* · Suk Jong KIM†
(*Jeju National University · **National institute of Fisheries Science ·
***Korea Fisheries Infrastructure Promotion Association)

Abstract

In this study, we designed a fishing system to reproduce the underwater movement of the living Sword tip squid (*Loligo edulis*) used as bait in the red seabream long line fishery, and conducted the experiment of the fishing operation in 2 ways, i.e., a pole and line fishing method (fishermen) and a bait control fishing system used at fishing sites. Based on the catches in fishing operation, the experiment was conducted over a six times (2014 & 2015), and then 107 fishes were caught by the line fishing method while 57 fishes were caught by the bait control fishing system. The fishermen method actively controlled the speed of gear movement upward and downward while checking the reaction of red seabreams to the bite in the process which a jerk was transmitted to single line hook fishing gear manually. The bait control fishing system is a passive method which fishermen visually check only the movements at the end of fishing pole, enabled differentiation of bite reactions of red seabream during fishing operation. Thus, the difference between fishermen method and the bait control fishing system was found to about 53.3% in the catches. We confirmed the possibility of a site fishing operation based on the bait control fishing system designed newly as a result of this study. Improvement is in several areas for commercialization at the site. This fishing system is expected to be able to find wide-ranging applications as a new labor-saving method for the fishing red seabreams if it is applied to the fishing sites after aforesaid process.

Key words : Red seabream, Feeding behavior, Long line, Bait control fishing system, Squid bait

I. 서론

연승어업은 오래 전부터 전 세계적으로 사용되고 있는 전통적인 어업으로 현재까지 폭 넓게 사

용되고 있다. 연승어구의 구성은 대상어종과 사용하는 해역의 해양환경에 따라 다양하지만 기본적으로 모릿줄에 일정한 간격으로 다수의 아릿줄을 매달고 아릿줄의 끝에 낚싯바늘을 묶어 수중

† Corresponding Author : 064-754-3411, ksukjong@jejunu.ac.kr

* 이 논문은 2016학년도 제주대학교 교원성과 지원사업에 의해 연구되었습니다.

에 설치하여 어획하는 어구이다.

Park(1979)은 연승어구의 어획강도는 다른 어구에 비하여 비교적 낮고, 대상어를 선택적으로 어획할 수 있어 수산자원을 합리적으로 이용할 수 있다고 하였다. 이것은 우리나라의 어업별 1일당 어획량자료의 비교로 확인된다. 2015년도의 출어 1일당의 트롤어업의 어획량은 8,749 kg이고, 선망어업은 26,203 kg, 채낚기어업은 745 kg, 자망어업은 900 kg이었다. 이에 비하여 연승어업의 1일당 어획량은 377 kg으로 다른 어업에 비하여 어획강도가 낮다는 것을 알 수 있다(KMI, 2016).

연승어업의 조업시스템은 대상 어류에 시각 자극을 주어 어획을 하는 어법으로 타 어업에 비하여 조업 시 연료소비가 적은 장점을 가지고 있을 뿐만 아니라, 대상으로 하는 어종 및 크기를 선택적으로 어획할 수 있는 어업이다.

제주특별자치도(이하, 제주도)의 연안 해역에서 조업하는 참돔 연승어업은 연안으로부터 1마일 이내에 인공어초가 설치된 수심 8~32 m의 어장에 서식하는 참돔을 주 어획대상으로 하고 있다. 참돔이 섭식행동을 하는 시간은 일출부터 정오까지이고, 오후부터 아침까지는 거의 미끼를 섭식하지 않는다. 또한, 수온이 18°C 이상일 때에는 활발하게 섭식하지만 12°C 이하일 때에는 전혀 섭식을 하지 않는다고 보고하고 있다(Sudo et al., 1987).

제주도 연안 해역 주변의 사각어초 어장의 14 개소에서 관찰한 어류 분포의 연구에서는 고수온기(2008년 8월~9월, 인공어초 주변의 평균수온 21.4±1.5°C, 수심 8.0~31.3 m) 때 인공어초가 설치된 어장에서 확인된 전체 어류 중 참돔은 9.0%를 차지하였으나, 인공어초가 설치되지 않은 주변 어장에서 확인된 어류 중 참돔은 8.0%를 차지하는 것으로 나타났다. 저수온기(2009년 3월~4월, 인공어초 주변의 평균수온 15.5±0.4°C, 수심 8.8~29.7 m)에 인공어초가 설치된 어장에서는 참돔이 확인되지 않았으나, 인공어초가 설치되지 않은 주변 어장에서 확인된 어류 중 참돔은 5.0%

를 차지하는 것으로 나타나 제주도에 연승 참돔이 서식하고 있다고 판단된다(Lee et al., 2012).

일반적으로 낚시어구를 사용할 때에는 낚싯대를 상하방향으로 어획에 적절하게 운동시켜서, 낚시의 미끼를 살아있는 상태와 유사하게 어획대상 어종에 자극을 주어 어획효과를 높이고 있으나, 연승어구의 경우 낚싯바늘을 직접 움직이는 것은 불가능하기 때문에 미끼로 끼워져 있는 살아있는 창오징어(*Loligo edulis*)가 낚싯대의 상하운동에 따라 활어상태와 유사한 운동 및 자극을 통하여 참돔을 유인하고 있다고 추측된다.

제주도에서 참돔을 대상으로 하는 연승어업에서는 투승 후부터 참돔이 섭식행동을 행하는 시간대까지 견딜 수 있는 유영능력이 있는 살아있는 창오징어를 미끼로 사용하는 경우에는 참돔이 어획되지만 유영능력이 없는 창오징어를 미끼로 사용하는 경우에는 참돔 어획효율이 현저히 떨어진다.

이러한 이유에서, 참돔을 주 어획대상으로 하는 제주도의 연승어업에 종사하는 대부분의 어업인들은 고가에도 불구하고 유영능력이 있는 활어의 창오징어를 미끼로 사용하고 있으나, 고가의 미끼 경비 부담에 따라 살아있는 창오징어의 수중운동을 재현할 수 있는 어획시스템의 개발 필요성을 강하게 요구하고 있는 실정이다.

낚시 어구에 관한 연구로는 살오징어를 대상으로 수중에서의 인조 미끼낚시의 운동과 어구 특성(Fuwa et al., 1996 & 1999) 및 낚시 어구를 자동화하기 위한 연구로 자동 예승 낚시 어구의 개발에 관하여 연구(Part et al., 1982) 등이 있다. 또한 채낚기 어구를 자동화하기 위하여 연속식 자동 어구의 모형실험에 관한 연구(Oh et al., 2001) 및 자동식 채낚기 어구의 모형실험에 관한 연구(Seo et al., 2000) 등이 있다. 그러나 참돔의 미끼에 대한 섭식행동을 적극적으로 유발하기 위한 조업시스템을 개발하기 위한 연구는 없었다. 따라서 이 연구에서는 참돔 연승의 미끼에 대한 섭식행동을 적극적으로 유발하기 위한 조업시스템

개발을 목적으로 일련의 연구를 실시하면서, 이 연구에서는 참돔 연승어업에서 미끼로 사용하는 살아있는 창오징어의 수중 운동을 재현하는 어획 시스템을 구상하고 해상에서 현장실험을 실시하여 실용화 가능성을 검토하였는데, 그 결과를 보고하고자 한다.

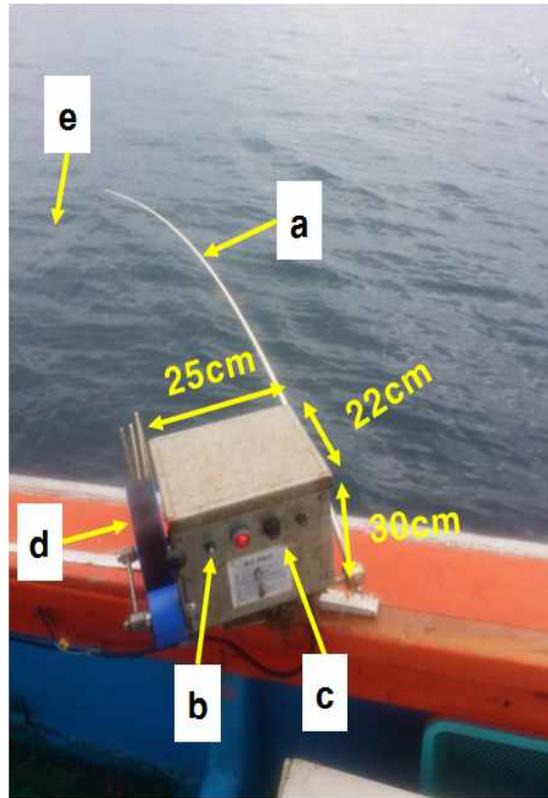
II. 재료 및 방법

1. 어획시스템의 구상

제주도의 참돔 연승어구는 길이 50 m의 모릿줄에 70 cm 길이 13가닥의 아릿줄을 매단 구조이다. 이 어구의 아릿줄에 매달린 살아있는 창오징어는 아릿줄의 길이로 한정된 범위에서 주기적인 상하운동을 하는 것으로 참돔의 섭식행동을 유발하고 있다. 이러한 참돔 연승어구에서 아릿줄의 낚싯바늘에 꿰인 창오징어(미끼)를 강제적으로 상하운동을 일으키는 어획시스템(이하“미끼 제어 어획시스템”라 한다)을 개발하는 것을 고안하고 제작([Fig. 1])하였는데, 이를 [Fig. 2]와 같이 선상에서 연승어구를 강제적으로 상하 운동을 시키는 소형의 기계를 설치하였다. 미끼제어 어획시스템은 제주도 소재의 동신정밀기계사와 공동으로 개발한 제품으로 스테인리스제의 케이스(L : 25 × W : 22 × H : 30 cm)에 모터 및 모터드라이버가 내장되어 있다. 모터의 구동은 24V의 모터구동용 배터리를 이용하였고, 어선이 어장에 도착하면 주 엔진은 정지하고 배터리만으로 어획 시스템을 구동하였다. 이 장치의 측면 부에는 미끼를 상하운동을 시키는 목적으로 장착한 틀에 낚싯대의 끝부분을 고정하여 그 끝에 외줄낚시 어구를 연결하였다.

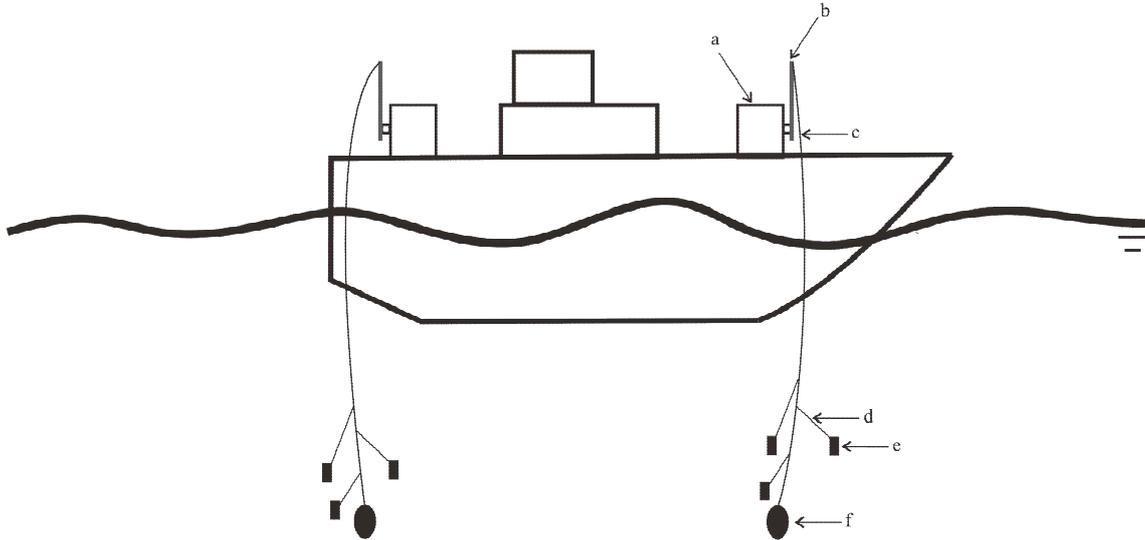
2. 조업실험

조업실험은 2014년 9월 1일, 6일 및 7일(총 3회)과 2015년 9월 5일, 7일 및 14일(총 3회)에 제주도 제주시 도두동 선적의 참돔 연승어선 동아호

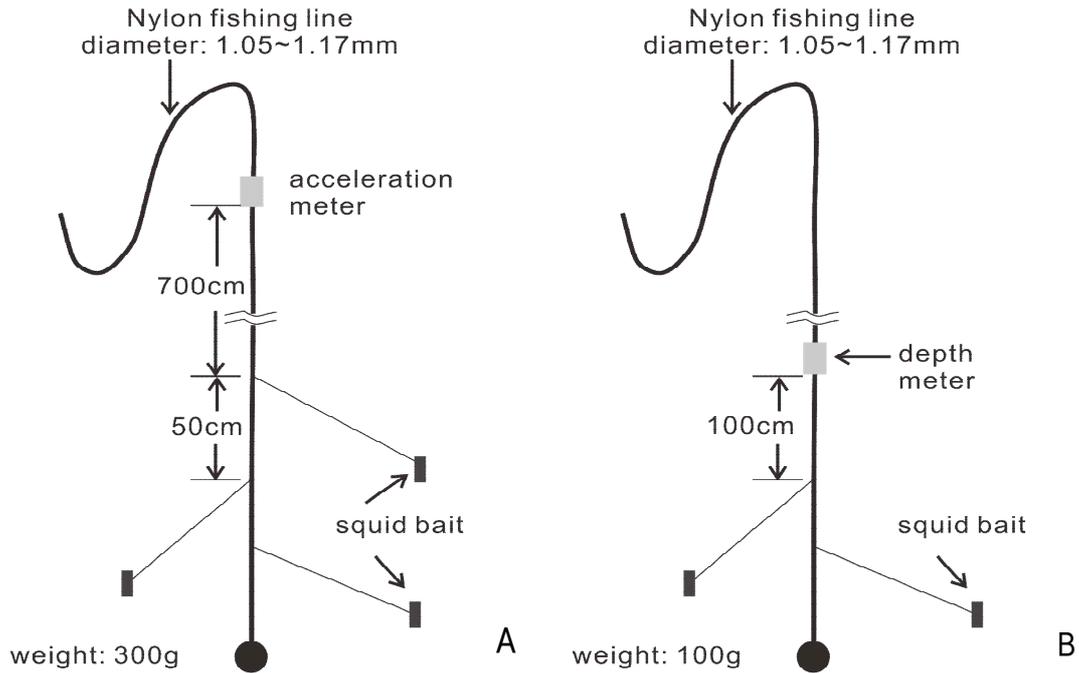


[Fig. 1] Photograph of the bait control fishing system used for the experiment operation. a. Fishing pole b. Power supply c. Cruise control lever, d. Roller, e. Fishing line

(6.19 ton)를 이용하여 해상실험을 실시하였다. 이 어선은 주로 연승으로 조업을 하지만 해상실험에서는 미끼제어 어획시스템과의 조업성능 비교를 위하여 외줄낚시로 조업을 실시하였다. 참돔의 어획에 사용한 외줄낚시 어구의 모식도를 [Fig. 3]에 나타냈다. 2014년도의 실험에 사용한 미끼제어 어획시스템과 외줄낚시 어구는 어구의 하부 끝단에는 300 g의 납추를 연결하였고, 50 cm의 간격으로 세 가닥의 아릿줄을 매달았다. 2015년도의 실험에 사용한 미끼제어 어획시스템과 외줄낚시 어구는 어구의 하부 끝단에는 100 g의 납추를 연결하였고, 50 cm의 간격으로 두 가닥의 아릿줄을 매달았다.



[Fig. 2] Concept figures of the new fishing system. a: Bait control fishing machine, b: Pole, c: Fishing line, d: Branch line, e: Bait, f: Weight



[Fig. 3] Schematic drawing of the fishing gear used for the sea field tests. A : The fishing gear used for the field tests in 2014 year, B : The fishing gear used for the field tests in 2015 year

납추의 무게는 조류에 따라 전술한 두 가지 (100 g 또는 300 g) 중 한 개를 메달아 사용하였다. 아릿줄에 매단 낚싯바늘은 시판되고 있는 참돔용 13호 이었고, 미끼는 냉동한 창오징어를 직사각형 모양으로 잘라 낚싯바늘 하나에 두 개를 관통시켜서 사용하였다. 참돔의 어획실험은 어선의 좌현에 미끼제어 어획시스템을 설치하고, 우현에서는 어민이 동일한 어구와 미끼를 사용하여 조업을 실시하고 어획성능을 비교하였다.

2014년도 실험에서의 어민의 외줄낚시와 미끼제어 어획시스템으로 낚싯대의 상하운동에 따른 미끼의 수중운동의 계측은 가속도계(UA-004-64, Onset)를 어구의 하부 끝단으로부터 2 m 떨어진 곳에 설치하여 예비실험을 실시하였으나 낚싯줄이 끊어지면서 가속도계가 유실되는 사고가 발생하였기 때문에 본 실험(2014년 8월 29일)에서는 어구의 하부 끝단에서 세 번째 아릿줄의 끝단으로부터 7 m의 지점에 가속도계를 부착하여 0.1초 간격으로 계측하였다. 또한, 2015년도 실험에서는 어구의 하부 끝단에서 두 번째의 아릿줄로부터 1 m 지점에 수심계(DST-milli, Seastar)를 부착하여 1초 간격으로 계측하였다. 그리고, 조업 중의 파도의 변동은 플라스틱제의 방수케이스 내부에 가속도계(Nexp-acc, Nexp)를 부착시킨 후, 어선의 끝단과 방수케이스의 끝단을 로프로 연결하고 방수케이스를 수면 상에 띄워서 계측하였다. 이와 같은 실험 전 과정의 계측은 조업의 개시부터 종

료까지 실시하였다.

조업시간은 기상상황, 월령, 물때 등 해양환경을 고려해서 판단한 어민의 결정에 따랐으며, 2014년 9월 1일은 18시 36분에 출항하여 23시 48분에 입항하였고, 2014년 9월 6일은 05시 11분에 출항하여 11시 34분에 입항하였으며, 2014년 9월 7일은 17시 54분에 출항하여 23시 39분에 입항하였다. 조업을 실시하였던 곳의 수심은 모두 20m 전후였으며, 조업 시의 수온은 2014년 9월 1일이 23.6℃, 2014년 9월 6일이 24.4℃, 2014년 9월 7일이 24.2℃였다. 2015년 9월 5일은 02시 56분에 출항하여 13시 50분에 입항하였다. 2015년 9월 7일은 03시 10분에 출항하여 08시 13분에 입항하였고, 2015년 9월 14일은 03시 13분에 출항하여 09시 50분에 입항하였다. 조업을 하였던 곳의 수심은 세 곳 모두 20~40 m의 범위였다. 조업 시의 수온은 2015년 9월 5일이 26.9℃, 2015년 9월 8일이 27.7℃, 2015년 9월 14일이 27.1℃였다 (<Table 1>).

참돔의 어획에 사용한 미끼의 상하운동 속도는 조절이 가능하나 디지털식이 아닌 레버를 돌리는 형식으로 매회 정확한 속도로 조절하는 것은 불가능하였다. 따라서 이전에 보고한 연구의 결과(Koo et al., 2013a)등을 참고하고, 상하로 움직이는 시간을 측정하여 미끼에 전달하는 운동주기를 8초가 되도록 하였다. 그리고, 미끼에 전달하는 진폭은 파도의 영향과 수심계의 분해능(0.05 m)을

<Table 1> Conditions of the field experiments in 2014 & 2015 years

Date	Departure time	Entry time	Depth (m)	Water temperature (℃)
1 Sep. 2014	18:36	23:48	20	23.6
6 Sep. 2014	05:11	11:34	20	24.4
7 Sep. 2014	17:54	23:39	20	24.2
5 Sep. 2015	02:56	13:50	20~40	26.9
7 Sep. 2015	03:10	08:13	20~40	27.7
14 Sep. 2015	03:13	09:50	20~40	27.1

고려하여 살아있는 창오징어의 대표적인 운동진폭인 0.1 m가 재현되도록 미끼제어 어획시스템의 진폭을 0.5 m로 하였다(Koo et al., 2013b).

3. 조업방법

조업은 참돔의 주어장인 인공어초가 설치된 곳에 어선이 도착하면 [Fig. 4]와 같이 선수의 2개의 닻과 선미의 2개의 닻을 내려 어선의 위치를 고정하였다. 이후 아릿줄의 낚싯바늘에 펠 미끼를 준비하였는데, 2014년도의 조업실험에서는 미끼로 사용할 창오징어를 출항 전에 준비하여 사용하였고, 2015년도의 조업실험에서는 인공어초 주변에 도착한 후 미끼로 사용할 창오징어를 외줄낚시 어구로 2시간 정도 어획하였다. 참돔의 어획은 외줄낚시 어구의 아릿줄의 낚싯바늘에 직사각형 모양으로 자른 창오징어 미끼를 끼우고

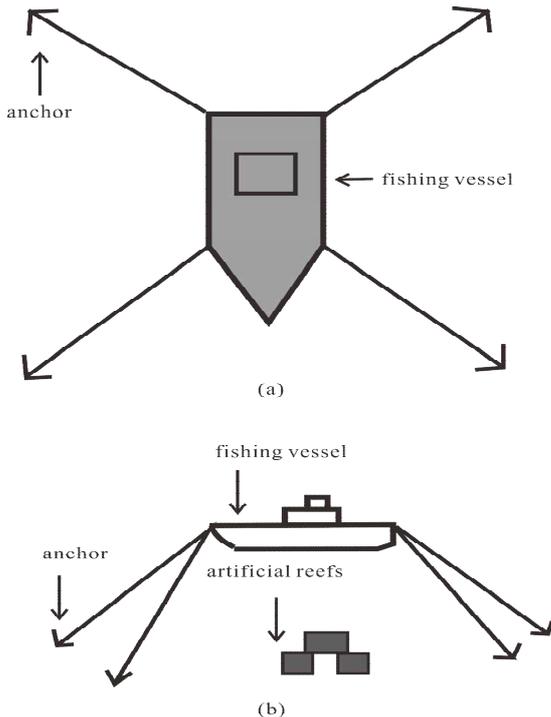
납추가 바닥에 닿을 때까지 내린 다음 낚싯줄을 조금 감아올려서 낚싯줄이 팽팽해진 상태에서 조업을 실시하였다. 이 때, 어민은 맨손으로 낚싯줄을 올리고 내리고를 반복하였고, 미끼제어 어획시스템은 레버를 작동개시의 방향으로 돌려서 미끼가 자동적으로 상하운동이 되도록 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

2014년도의 조업실험에서 어획된 어류의 어종과 체장 및 체중을 실험일별로 <Table 2>에 나타냈다. 2014년 9월 1일은 어민이 참돔 23마리와 잡어 4마리를 어획하였고, 미끼제어 어획시스템이 참돔 1마리와 잡어 2마리를 어획했다. 2014년 9월 6일은 어민이 잡어 1마리를 어획하였고, 미끼제어 어획시스템이 참돔 2마리와 잡어 2마리를 어획했다. 2014년 9월 7일은 어민이 참돔 6마리와 잡어 8마리를 어획하였는데, 미끼제어 어획시스템은 어획이 없었다. 어민에 대한 미끼제어 어획시스템의 어획의 비율은 16.7% 정도였다.

2014년도의 조업실험에서 어획된 최대 크기의 참돔은 어민이 어획한 것으로 체장이 65 cm이었고, 체중은 3,180 g이었다. 이외의 어민이 어획한 참돔의 평균 체장은 29.9 cm±5.8이었고, 평균 체중은 714 g±180이었다. 미끼제어 어획시스템이 어획한 참돔의 평균 체장은 30.0 cm±2이었고, 평균 체중은 730 g±130이었다. 여기에서 미끼제어 어획시스템이 2014년 9월 1일에 참돔(580 g)을 어획했을 때의 5분간의 미끼의 운동기록을 [Fig. 5]에 나타냈다.

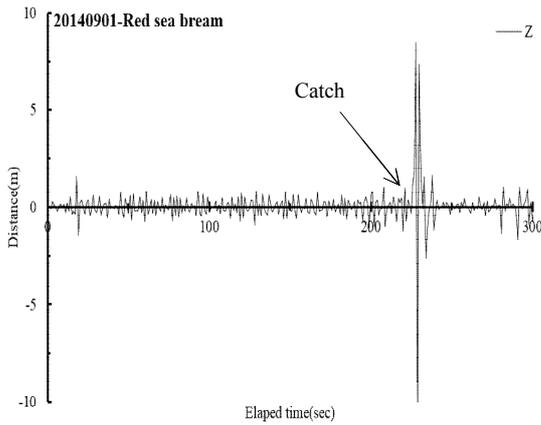
그리고 미끼제어 어획시스템에서 외줄낚시 어구를 빼서 어민이 2014년 9월 7일에 5분간 운동시킨 기록을 [Fig. 6]에 나타냈다. 미끼제어 어획시스템에 의한 미끼의 운동 진폭보다 어민이 움직이는 미끼의 운동 진폭이 큰 특징이 있었고, 어민은 주기와 진폭을 참돔의 반응에 따라 조절하였다.



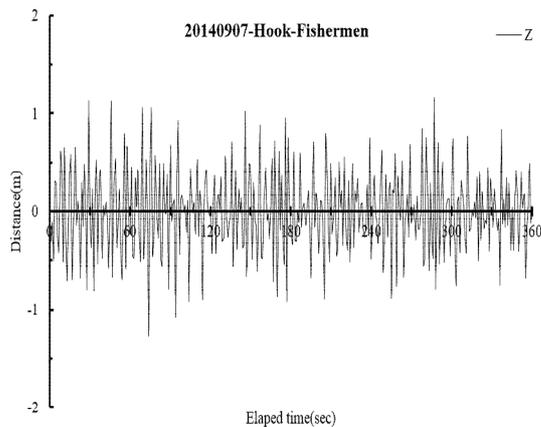
[Fig. 4] Schematic diagrams of the experiment operation. (a): Top view, (b): Side view

<Table 2> Fishing records in the field experiments in 2014 year

Date	Fishermen				Hauling machine				Remark
	Time	Species	Total Length (cm)	Weight (g)	Time	Species	Total Length (cm)	Weight (g)	
1 Sep. 2014	19:25	Red sea bream	25	550					
	19:53	Common conger	70	520					
	19:58	Common conger	82	580					
	20:09	Common conger	80	580					
	20:18	Common conger	75	530					
	20:27	Red sea bream	28	580					
	20:28	Red sea bream	19	390					
	20:32	Red sea bream	35	890					
		Red sea bream	26	550					
	20:36	Red sea bream	33	850					
	20:53	Red sea bream	65	3,180					
	20:57	Red sea bream	25	520					
	21:02	Red sea bream	35	850					
	21:03	Red sea bream	32	820					
	21:12	Red sea bream	32	820					
		Red sea bream	31	810					
	21:14	Red sea bream	33	850					
	21:18	Red sea bream	40	1,020					
	21:24	Red sea bream	29	720					
	21:53	Common conger	85	700					
21:59	Red sea bream	31	730						
22:02	Red sea bream	42	1,050						
22:11	Red sea bream	29	720						
22:18	Red sea bream	18	370						
22:30	Red sea bream	31	740						
23:01	Red sea bream	29	700						
23:09	Red sea bream	26	600						
	Red sea bream	25	510						
	23:15	Red sea bream	32	760					
6 Sep. 2014					06:25	Red sea bream	32	810	
						Red sea bream	30	800	
					07:15	Thread-sail filefish	45	1,120	
	07:34	Bamboo leaf wrasse	35	720					
7 Sep. 2014	19:50	Chicken grunt	51	1,200					
	19:55	Chicken grunt	52	1,190					
	20:25	Red sea bream	45	1,300					
	20:55	Chicken grunt	47	1,390					
	21:12	Chicken grunt	42	990					
	21:15	Chicken grunt	45	1,310					
	21:25	Rockfish	17	200					
	21:29	Red sea bream	32	750					
	21:32	Red sea bream	35	820					
	21:38	Red sea bream	25	590					
	22:08	Red sea bream	36	890					
	22:38	Rockfish	15	190					
		Rockfish	18	220					
	22:44	Red sea bream	37	850					



[Fig. 5] Distance changes the part of bait when the red sea breams were catches.



[Fig. 6] Distance changes the part of bait when the fishermen were controlled by up and down to catch the red sea bream.

2015년도의 조업실험에서 어획된 어류의 어종과 체장 및 체중을 실험일별로 <Table 3>에 나타냈다. 2015년 9월 5일은 어민이 창오징어 23마리, 참돔 1마리, 돌돔 4마리, 불볼락 1마리를 어획하였고, 미끼제어 어획시스템이 창오징어 12마리, 돌돔 3마리, 불볼락 1마리를 어획했다. 2015년 9월 7일은 어민이 창오징어 12마리, 돌돔 3마리, 불볼락 1마리를 어획하였고, 미끼제어 어획시스템이 창오징어 5마리, 돌돔 1마리, 불볼락 1마리

를 어획했다. 2015년 9월 14일은 어민이 창오징어 15마리, 돌돔 3마리, 쥐치 3마리, 능성어 1마리를 어획하였고, 미끼제어 어획시스템이 창오징어 25마리, 돌돔 1마리, 쥐치 1마리를 어획했다. 어민에 대한 미끼제어 어획시스템의 어획의 비율은 76.9% 정도였다.

2015년도의 조업실험에서 어획된 최대 크기의 참돔은 어민이 어획한 것으로 체장이 76 cm이었고, 체중은 4,350 g이었다. 2015년도의 조업실험에서도 2014년도의 조업실험과 마찬가지로 참돔을 주 어획 대상으로 조업을 실시하였으나, 돌돔 및 기타 어종의 어획이 많았다. 총 6회의 조업실험에서 어민은 107마리를 어획하였고, 미끼제어 어획시스템은 57마리를 어획하였는데, 외줄낚시를 사용한 어민과 미끼제어 어획시스템의 어획의 비율은 53.3% 정도의 차이를 보였다.

2014년도와 2015년도의 조업실험에서 계측된 파고는 실험일자에 따라서 다소의 차이가 있었으나, 0.5~3.0 m의 범위였다.

2014년도와 2015년도의 조업실험에서 외줄낚시를 사용한 어민과 미끼제어 어획시스템은 어획량에서 큰 차이를 보였다. 어민은 맨손으로 참돔의 입질을 촉각적으로 느끼면서 외줄낚시의 상하운동의 속도를 능동적으로 조절하였는데, 이는 규칙적인 상하운동이 아닌 상승속도와 하강속도가 다른 불규칙적인 낚싯대의 상하운동으로 참돔을 어획하고 있었다. 이 움직임은 이전의 연구(Koo et al., 2013b)에서 확인한 살아있는 창오징어의 상승속도와 하강속도가 다른 결과와 일치하고 있다. 이에 반해 미끼제어 어획시스템은 낚싯대의 끝의 움직임만을 시각적으로 확인하면서 판단할 수밖에 없었으며, 낚싯대의 끝부분이 계속적으로 상하로 움직이고 있어서 참돔의 입질반응인지 구별이 잘 되지 않았다. 이러한 차이가 어획량의 차이로 나타난 원인이라고 판단되며, 이후 미끼제어 어획시스템의 개선에는 이 점에 대하여서도 검토가 필요하다.

<Table 3> Fishing records in the field experiments in 2015 year

Date	Fishermen				Hauling machine				Remark
	Time	Species	Total Length (cm)	Weight (g)	Time	Species	Total Length (cm)	Weight (g)	
5 Sep. 2015	Sword tip squids (Catch 23)				Sword tip squids (Catch 12)				Used as bait
	05:00	Red sea bream	76	4,350	06:52	Rock bream	45	1,550	
	07:02	Rock bream	48	1,600	07:38	Goldeye rockfish	15	150	
	07:18	Rock bream	40	1,350	08:07	Goldeye rockfish	22	300	
	08:04	Goldeye rockfish	13	120	08:18	Rockfish	25	350	
	7 Sep. 2015	Sword tip squids (Catch 12)				Sword tip squids (Catch 5)			
05:28	Goldeye rockfish	17	160	06:21	Rock bream	43	1,450		
05:49	Rock bream	45	1,500	07:20	Rockfish	27	380		
05:49	Rock bream	45	1,500						
06:32	Rock bream	49	1,670						
14 Sep. 2015	Sword tip squids (Catch 15)				Sword tip squids (Catch 25)				Used as bait
06:59	Rock bream	43	1,450	07:56	File fish	45	1,520		
07:03	File fish	37	1,200						
07:05	File fish	15	300						
07:57	Sea bass	35	1,350						
08:19	Rock bream	40	1,300						
08:30	File fish	42	1,350						
08:45	Rock bream	20	350						
				08:58	Rock bream	49	1,620		

조업실험에서는 미끼를 강제적으로 움직임을 주어 제어를 할 경우 파도의 영향을 가장 많이 받을 것이라고 추측하였으나, 실제로는 300 g과 100 g의 낚추를 매달았기 때문에 파도의 영향은 크게 받지 않았다. 반면, 조업현장에서의 표면의 조류는 저층의 조류와 반대방향으로 흘러서 외줄 낚시 어구가 수평방향으로 기울어진 상태로 상하운동을 했는데, 이로 인한 영향이 최초 구상한 미끼의 움직임이 되지 않은 원인의 하나로 여겨진다.

일반적으로 참돔의 섭식행동은 일출부터 정오까지라고 하고 있다. 본 연구에서는 일몰 후(저녁)에 출항하여 조업한 2014년 9월 1일과 9월 6일이 일출 후(아침)에 출항하여 참돔이 섭식하는 시간대에 조업한 2014년 9월 7일보다 참돔의 어획량이 많았다. 어민의 경험적 견해에 따르면, 참돔은 조류의 흐름이 멈추는 하루에 2번 정조인 때가 어획이 많다고 했는데, 이 결과와 일치하고 있다.

참돔을 대상으로 하는 연승어업에 있어서는 새

롭게 구상한 미끼제어 어획시스템에 의한 현장조업의 가능성이 확인되었는데, 현장의 실용화를 위해서는 여러 가지 부분의 개선이 필요하다. 이러한 과정을 거치고 난 후 조업현장에 적용하면 생력화된 새로운 참돔의 어획방법으로써 넓게 활용될 것으로 기대된다.

IV. 결론

이 연구에서는 참돔 연승어업에서 미끼로 사용하는 살아있는 창오징어의 수중 운동을 재현하는 어획시스템을 구상하고, 실험은 현장에서 사용하는 외줄낚시 어획방법(어민)과 미끼제어 어획시스템의 방법으로 조업하는 두 가지 방법으로 실시했다.

2014년도의 조업실험결과, 어획된 최대 크기의 참돔은 어민이 어획한 것으로 체장이 65 cm이었고, 체중은 3,180 g이었다. 이외의 어민이 어획한 참돔의 평균 체장은 29.9 cm \pm 5.8이었고, 평균 체중은 714 g \pm 180이었다. 미끼제어 어획시스템으로 어획한 참돔의 평균 체장은 30.0 cm \pm 2이었고, 평균 체중은 730 g \pm 130으로 나타났다.

2015년도의 조업실험결과, 어획된 최대 크기의 참돔은 어민이 어획한 것으로 체장이 76 cm이었고, 체중은 4,350 g이었다. 2015년 조업실험에서도 2014년 조업실험과 마찬가지로 참돔을 주 어획 대상으로 조업을 실시하였으나, 돌돔 및 기타 어종의 어획이 많은 결과를 보였다.

총 6회의 조업실험에서의 어획량을 보면, 어민은 107마리를 어획하였고, 미끼제어 어획시스템은 57마리를 어획하였다. 어민은 손으로 외줄낚시 어구에 불규칙적인 상하운동 및 자극을 주어 참돔의 입질 반응을 확인하면서 낚시의 운동 속도를 능동적으로 조절하는 반면, 미끼제어 어획시스템은 시각적으로 낚시대 끝의 움직임만을 확인하는 수동적인 방법으로 조업하는 과정에서 참돔의 입질반응을 구별할 수밖에 없기 때문에

어민과 미끼제어 어획시스템의 어획량은 53.3% 정도의 차이를 보였다.

본 연구는 미끼로 사용하는 살아있는 창오징어의 대표적인 운동을 기계적으로 재현함으로써, 참돔을 어획하는 것을 목표로 하였으나, 구상한 미끼의 움직임은 얻지 못하였다. 원인은 파도와 조류의 흐름 등의 외력의 영향이 있었기 때문이라고 추측된다. 미끼를 위로 제어를 할 때에 파도의 골에 의해서 미끼제어 어획시스템이 아래로 내려가면서 미끼가 수동적으로 내려가는 경우가 있었다. 이와 반대로 미끼를 아래로 제어할 경우에 파도의 마루에 의해서 미끼제어 어획시스템이 위로 밀려올라가면서 미끼가 수동적으로 올라가는 경우가 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 외력에 반응하여 제어가 가능한 피드백 제어시스템을 도입하는 것인데, 미끼제어 어획시스템의 제작과정에서 설문조사를 실시한 결과, 어민들은 복잡한 제어시스템의 도입에 따른 제품가격의 상승, 수리비 등을 우려하는 의견이 많아서 제품가격을 고려한 시스템과 시제품의 형태에 대한 개선이 필요하다고 생각된다.

이 연구의 결과로 새롭게 구상한 미끼제어 어획시스템에 의한 현장조업의 가능성은 확인되었는데, 현장의 실용화를 위해서는 여러 가지 부분의 개선이 필요하다. 이러한 과정을 거치고 난 후 조업현장에 적용하면 생력화된 새로운 참돔의 어획방법으로써 넓게 활용될 것으로 기대된다. 이 연구의 수행에 있어서 조업시스템의 구상 및 제작에 많은 도움을 주신 동신정밀기계의 양정보 대표님께 깊은 감사를 드립니다.

References

- Fuwa S. Ishizaki M. Hashiguchi H. Imai T.(1996). Movement characteristics on jig for oval squid *spioeteuthus lessoniana*. Fisheries engineering, 33(2), 97~103.
- Fuwa S. Ishizaki M. Hashiguchi H. Imai T.(1999).

- Fishing gear characteristics on jig for oval squid *spioeuthus lessoniana*. Fisheries engineering, 35(3), 283~291.
- Koo M. S. Ishizaki M. Kim S. J. and Fuwa S.(2013a). Inducing effect of visual stimulus for moving targets in red sea bream *Pagrus major*. Nippon Suisan Gakkaishi, 79(2), 158~165.
- Koo M. S. Ishizaki M. Kim S. J. Fuwa S. and Miguel V. A.(2013b). Characteristics of periodical movement of live squid(*Todarodes pacificus*) hooked on the branch line of a red sea bream long line. J. Kor. Fish. Tech, 49(3), 227~237.
- Korea maritime institute(2016). <http://www.kmi.re.kr/web/contents/contentsView.do?rbsIdx=224>
- Lee J. B. Oh T. Y. Yeon I. J. Kim B. Y. Shin H. O. Hwang B. K. Lee K. H. Lee Y. W.(2012). Estimation of demersal fish biomass using hydroacoustic and catch data in the marine ranching area (MRA) of Jeju. J Kor Fish Soc, 48, 128~136.
- Oh S. H. Seo I. J. Kim B. Y. Lee C. H. Kim S. J. Seo D. O. and Kim D. G.(2001). The elimination of labor with haritail, *trichiurus lepturus* hand line in the coast of Jeju Island - 2. The model experiment of automatic hand line, Bull Mar Environ Res Inst Jeju Nat Univ, 25, 11~16.
- Park J. S. and Seo D. O.(1982). Design of the automatic trolling gear, Bull Mar Resou Res Inst Jeju Nat Univ, 6, 41~46.
- Park J. Sig.(1979). On the constitution of longline gear in the near sea of Jeju Island. Jeju University, 11, 105~109.
- Seo D. O. Kim S. J. Lee C. H. Kim G. H. and Park Y. S.(2000). The elimination of labor with haritail *trichiurus* hand line in the coast of Jeju Island - 1. The model experiment of continuous hand line, Bull Mar Environ Res Inst Jeju Nat Univ, 24, 37~42.
- Sudo H. Azuma M. and Azeta M.(1987). Diel changes in predator-prey relationship between red sea bream and gammaridean amphipods in Shijiki Bay. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 1567~1575.
-
- Received : 07 February, 2017
 - Revised : 21 February, 2017
 - Accepted : 03 March, 2017