연승어구에 대한 옥돔의 행동과 낚시형상 설계

이 춘 우 · 박 성 욱*
부산수산대학교 · *국립수산진흥원
(1995년 6월 15일 접수)

Behaviour Studies of Red Tile Fish, *Branchiostegus Japonicus* to a Longline Gear for Hook Design

Chun - Woo LEE and Seong - Wook PARK*
National Fisheries University of Pusan, *National Fisheries Research & Development Agency
(Received June 15, 1995)

Abstract

The responses of red tile fish, *Branchiostegus Japonicus* to a longline gear were examined in an experimental tank using two video cameras, in order to know hooking mechanism and improve longline hook.

In attraction stage, the fish swim to upstream direction slowly just above the bottom toward the baited hook. The majority of the fish then biting the bait incompletely, after the biting, the fish made a backward swimming with low intense, and the bait was usually spitting out when snood was stretched. In most case, hooking took place at the moment the fish made jerk or rush after the bait swallowed. The behaviour sequence closely related to hooking are chewing and jerking or chewing and rushing. According to the field experiments, the tested hooks of long shank show very low catching efficiency compared to the traditional hook with short shank, and the hooked position of the traditional hooks were oesophagus or stomach but the tested hooks were mouth in the most cases. For catching efficiency, desirable hook shape were inferenced inner-curved point and short shank because its ease to swallow. The shape and demensions of a porposed hook were determined in consideration of mechanized gear handling and hooking performance.

머 리 말

어구의 어획성능을 향상시키기 위해서는 대상어의 어획기구를 파악하고, 어획과정이 고려된 어구가 설계되어야 한다. 최근 동물 행동학의 연구방법이 체계적으로 확립되고 물고기의 행동을 관찰할 수 있는 기기가 발달함에 따라 어획과정을 구체적으로 구명할 수 있게 되었다. 연승어구에 있어서도 조획과정중의 물고기 행동을 직접 관찰하여 조획기구를 구명함으로서 물고기가 어떻게 낚시에 걸리는지를 알 수 있게 되었고, 또한 물고기 마다 행동이 다른 것을 고려하여 어종별로 조획이 잘되

※ 이 논문은 1994년도 과학기술처 특정연구개발사업의 연구비 지원에 의한 연구결과의 일부임.

는 낚시 형상 들도 제안되고 있다. Fernö[1]와 Huse[2]는 수조에서 연승어구에 대한 대구의 행동을 관찰함으로서 조획은 대부분 Rush와 Jerk 행동 중에 일어난다고 보고하였으며, Huse[3]는 Rush에서 조획이 잘 되는 낚시 형상을 고안했고, Fernö[4]는 수중 텔레비젼을 이용하여 실제 어장에서 대구의 행동이 계절 및 조류의 세기에 따라 변화하는 것을 연구하였다.

한편 옥돔연승은 제주도를 중심으로 성행하여 고급 수산물을 생산하고 있는 중요한 어구어법이나, 조업방법을 수동식에 의존하고 있어서 조업의 기계화가 긴요한 어업이다. 그러나, 현재 사용하고 있는 어구는 수동식 작업을 전제로 발전되어 왔기 때문에 어구의 규격과 형상이 복잡하고 지역에 따라서도 어구가 달라서 기계화 기술의 개발 및 적용이 어려운 실정이다[5]. 또한 현재 사용하고 있는 어구는 조획기구를 고려하여 어구가 설계 되었다기보다는 과거로 부터의 경험을 토대로 정착되어온 어구이기 때문에 대상어의 조획기구를 고려하였을 때 적절한 어구 인가를 검토할 필요도 있다. 따라서, 조획과정 중의 옥돔의 행동을 분석하여 조획기구를 구명하고, 이것을 토대로 현재 다양한 규격으로 사용되고 있는 어구를 기계화가 가능한 형으로 표준화하여야 기계화 조업이 실현될 수 있다.

본 연구에서는 현장시험을 통하여 형상이 다른 낚시의 조획성능을 재래식 낚시와 비교하고, 수조에서 옥돔의 연승어구에 대한 반응행동과 조획과정의 행동연쇄를 분석하여 조획기구를 구명하고, 기계화 조업이 가능하면서도 재래식 낚시와 비교하여 조획성능은 차이가 없을 것으로 판단되는 낚시를 제안하였다.

재료 및 방법

1. 낚시 형상에 따른 조획성능 시험

낚시의 형상과 크기에 따라 조획성능이 어떻게 달라지는지를 알아보기 위한 해상시험을 1993년 7월 20일부터 30일까지 제주도 성산포 근해 옥돔 연승어장에서 두 종류의 낚시를 사용하여 실시하였다.

Table1. Dimensions of the hook used in experiment

Type of hook	Shank (mm)	Width (mm)	Diameter (mm)
A*	15.0	12.0	1.2
B**	29.8	15.6	1.4

* Traditional circle hook
** Traditional J - hook

시험 어구는 재래식 옥돔 연승어구와,아릿줄과 모릿줄은 재래식 어구를 그대로 사용하고 낚시는 재래식 낚시 보다 채가 길고 폭이 커서 기계화 조업이 용이할 것으로 판단되는 낚시를 매어서 구성한 것의 2종류 어구이다. 이들 어구의 모릿줄은 혼합사로 직경 3*mm*이고, 아릿줄은 길이 70*cm*, 간격은 120*cm*이다. 미끼는 염장 오징어를 사용하였고, 시험방법은 2 종류의 어구를 한광주리씩 교대로 투승하여 조획성능을 비교 하였다. 시험에 사용된 낚시의 규격은 Table 1에 나타내었다.

2. 연승어구에 대한 행동실험

시험에 사용한 옥돔은 1994년 1월에 제주도 성산포 연안에서 연승어선에 의해 조획된 활어로 개체의 체중이 200~800g의것 55마리이다. 이것을 국립수산진흥원 남해수산연구소 남제주 배양장의 사육수조에서 2주 순치시킨 후 시험하였다. 사육수조의 크기는 가로, 세로 8*m*인 사각수조이며, 수조의 수심은 1.2*m*이고, 수온은 13.0℃를 유지하였다. 시험에 사용된 어구는 길이 1.5*m*인 모릿줄 중앙에 2축 도래를 연결하고, 길이 55*cm*인 아릿줄을 매고 그 끝에 낚시를 달았다.

어구에 대한 행동실험은 08시부터 18시까지 주간에 7일씩 2차례에 걸쳐서 실시하였고, 1차시험 종료 후 3주일이 경과된 다음에 2차시험을 실시하였다. 이 실험에서 어군행동의 관찰은 Fig. 1과 같이 수조에 넣어진 시험어구를 관찰할 수 있도록 수조 상부와 수중에 각각 1대씩의 비디오 카메라를 설치하여 옥돔의 행동을 녹화 하였고, 해석에는 주로 상부 카메라 영상을 사용 하였다. 상부 카메라와 낚시 사이의 거리는 1.9*m*이다. 시험에 사용된 낚시는 재래식 낚시이고, 미끼는 오징어,꽁치, 멸치 등이고, 한번 투입된 미끼는 매 10분마다 교환해 주었다.

실험어가 미끼를 물고 낚시에 걸리는 행동 패턴은 미끼를 먹을려고 접근하는 행동(Approach), 입질(Taste), 미끼를 무는 행동(Bait 또는 Incomplete Bite) 등이 있고, 미끼를 문 후의 행동으로는 씹는 행동 (Chewing), 머리를 옆으로 흔드는 행동(Jerk 또는 Jerk series), 미끼를 물고 느리게 뒤로 유영하는 행동 (Backward swimming), 느리게 앞으로 유영하는 행동(Pulling),앞으로 돌진하는 행동(Rush), 미끼를 배 뱉는 행동(Spitting out)으로 분류되며, 행동연쇄는 아니나 행동의 결과로서 나타나는 조획(Hooking)과 미끼 탈락(Bait stolen)으로 분류된다[2,6]. 이러한 분류를 Table 2에 나타내었다.

본 논문에서는 이들 행동의 지속시간은 무시하고 각 행동이 나타나는 순서만을 주목하여 행동연쇄를 해석한다. 행동연쇄를 해석하는 데는 관측치를 토대로 기대치를 구하여 통계적 검정을 함으로서 서로 인접한 행동연쇄 간에 나타날 수 있는 빈도가 높은 행동과 낮은 행동을 추정하는 방법을 사용한다. 이 때 기대치 계산은 자기추이가 없는 경우에는 분할표에 의한 계산보다 다소 복잡한 반복계산을 거쳐야 한다[7] 보통 10회 정도 반복하면 충분하다. 이와 같이 구한 기대치를 사용하여, 관찰치가 기대치보다 통계적으로 유의하게 많은가 또는 적은가를 검정 하는데는 χ^2에 의한 1항 검정법을 사용하였다.

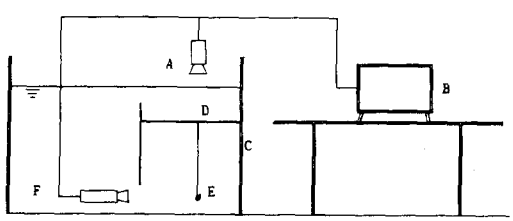

Fig. 1. Schematic diagram of a experimental tank.

A : Video camera B : T. V. monitor
C : Tank wall D : Main line
E : Baited hook F : Under water video comera

결 과

1. 낚시형상에 따른 조획성능

제주도 성산포 연안에서 재래식 옥돔 낚시인 A형 낚시와 낚시 채가 긴 B형 낚시에 의해 조획된 옥돔의 조획 부위별 조획미수와 조획율을 Table 3에 나타내었다. 재래식의 A형낚시의 조획율은 1.4% 이나 채가 긴 B형 낚시의 조획율은 0.4%로 A형 낚시의 약 1/3에 불과하였다.

낚시형상에 따른 옥돔의 조획 부위를 살펴보면, 채가 짧은 A형 낚시에서는 80%가 낚시를 깊숙히 삼킨 반면 채가 긴 B형낚시에서는 68%가 아가미 주변에 걸려서 조획되었다.

2. 연승어구에 대한 옥돔의 행동

Fig. 2는 미끼를 끼운 낚시에 대한 옥돔 행동의 흐름을 나타낸 것이다. 원 안의 숫자는 해당 행동의 관찰 회수를, 화살표의 방향은 행동의 흐름을, 화살표의 굵기는 그 행동이 나타난 회수에 비례시켜 굵게 나타낸 것이다. 미끼에 접근한 후 대부분의 옥돔은 미끼를 무는 행동을 보이나 불완전하게 무는 행동 (IB)이 많았으며, 미끼를 문 후에는 뒤로

Table 2. Classified behavior patterns towards a baited hook

Approach	swimming toward the bait while looking at it
Taste	touching the bait with trailing barbel or lips
Incomplete Bite	takes in only part of the bait or does not close its mouth completely around the baited hook
Bite	sucking the baited hook and closes its mouth
Backward swimming	backward swimming with the baited hook in its mouth
Chewing	chews on the baited hook
Pulling	swimming slowly with the baited hook in its mouth
Jerk	a rapid lateral movement of the head with the bait in the mouth
Jerk Series	several rapid lateral movement of the head with the bait in the mouth
Rush	swimming rapidly forward with the bait in the mouth
Spitting out	the bait spit out of the mouth
Bait Stolen	the bait separated from the snood or hook regardless of whether the bait was swallowed or not
Hooking	the hook retained in the mouth at least 20 seconds with the hook point penetrating the mouth cavity

Table 3. Hooked position for red tile fish by using the different longline hook in the SEONG SAN PO coastal

Type of hook	No. of hook	Catch rate(%)	Hooked position	
			Mouth cavity(%)	Swallow(%)
A	6,290	1.4	17(18.1)	72(80.9)
B	5,460	0.4	15(68.2)	7(31.2)

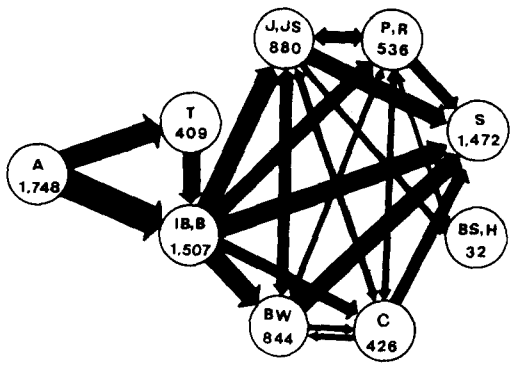

Fig. 2. Behaviour sequence chart to a baited hook. The letters and numbers in the circles are the symbol for the behaviour patterns and their observed frequencies, respectively.

유영하는 행동(BW)과 머리를 옆으로 흔드는 (J 또는 JS)행동이 많이 관찰되었다. 옥돔이 미끼에 대해서 반응을 나타낸 횟수는 많아도 조획까지 된 경우는 매우 드물었다. 한마리로 행동할 때와 두마리 이상이 경쟁할 때의 행동의 차이는 두마리 이상이 경쟁 관계에 있을 경우 접근 단계에서 입질(T) 없이 바로 미끼를 무는 행동이 많이 있고, 유영속도도 빨라져서 보다 공격적으로 되는 것이 관찰되었다.

옥돔은 2~5m 전후 에서 미끼 쪽으로 천천히 접근하고 잠시 정지한 다음 맛을 보고 미끼를 문다. 이때 미끼를 한입으로 완전히 무는 예는 많지 않고, 미끼의 한 부분을 입으로 물고 잠시 뒤로 유영하다가 좌우로 흔들면서 미끼를 삼키고 내뱉는 행동을 반복한다. 미끼를 문 후에 명태나 대구의 경우에서와 같은 Jerk나 Rush 등의 탁월한 행동[1,6]은 거의 없고 완만한 행동을 보이나, 조획은 미끼를 깊이 삼킨 뒤에 Jerk 또는 Rush가 이어질때 많이 관찰되었다. 또한 조획 직후에는 대부분의 옥돔이 격렬한 반응을 보이나 조금 시간이 지나면 행동은 거의 정지되었다.

행동의 흐름을 알 수 있는 추이행렬의 기대치를 통계적으로 계산하여 나타낸 것이 Table 4이다. Table 4에서 각 항의 위의 숫자는 관찰회수, 중간의 숫자는 통계적으로 계산된 기대치, 아래의 숫자는 χ^2치를 나타낸다. 기대치가 5 이상이고, χ^2값이 3.84 이상(1 자유도 5% 유의수준)인 행동연쇄를 사각형으로 표시하였다.

Table 4의 좌열 첫행의 IB 행동 다음에 BW, J, JS 행동이 관찰치가 기대치보다 많으므로 랜덤한 추이 행렬로 부터 기대보다 유의하게 높은 빈도로 나타날 수 있는 행동이고, C, R, S,행동이 관찰치가 기대치보다 적으므로 기대보다 유의하게 낮은 빈도로 나타날 수 있는 행동이다. 즉 IB 행동 다음에는 BW, J, JS 행동이 잘 일어날 수 있고, C, R, S 행동이 잘 일어나지 않는다. 다음의 행동에서 잘 일어날 수 있는 행동 연쇄는 B→C ; BW;P, C→S, BW→J, J→S, JS→BW ; P ; R, P→C, R→JS ; S 등이고, 잘 일어나지 않는 행동연쇄는 B→JS ; S, C→BW ; J ; JS, BW→P ; R, J→JS, JS→C ; J ; S, P→BW, R→BW;P 등이다.

고 찰

연승어구의 구조는 대상어종에 따라 서로 다른 규격과 형상의 것이 사용되지만 주요 설계파라미터는 낚시형상, 아릿줄의 길이, 아릿줄의 간격과 재질, 모릿줄의 재질, 아릿줄과 모릿줄의 연결 방법 등이다. 특히 낚시의 크기와 형상은 연승어구의 조획성능에 가장 큰 영향을 주는 요소이다. 적합한 낚시의 형상은 대상 어종의 생태와 습성은 물론 대상어의 물리적인 운동 능력 등을 면밀해 분석하고, 아울러 현재 사용하고 있는 낚시 형상을 참고하여 도출할 수 있다.

현장시험에서 채가 짧은 재래식 낚시가 채가 긴 낚시보다 조획성능이 양호하고, 낚시가 꼽혀있는 조획부위가 깊은 것은 수조시험에서도 관찰된 바와 같이 옥돔은 미끼를 문 후에도 행동이 매우 완만하고 신중한 반응을 나타내므로 미끼를 깊숙히 삼켜야만 조획이 될 수 있으나, 낚시의 채가 길어지면 옥돔이 미끼달린 낚시를 삼키기 어렵기 때문으로 생각된다.

Table 4. Transition matrixes of behaviour patterns to a baited hook

	C	BW	J	JS	P	R	S	BS	H
IB	43*	351	129	222	109	13	205	0	0
	114.35	221.15	95.25	142.16	98.49	40.63	351.54	5.76	1.68
	44.52	76.23	11.96	43.43	1.12	18.79	61.09	5.76	1.68
B	68	109	40	40	96	23	47	1	0
	45.22	87.47	37.67	56.62	38.96	16.07	139.04	2.28	0.66
	11.46	5.30	0.14	4.88	83.53	2.99	60.93	0.72	0.66
C	0	20	24	22	39	19	302	0	0
	0	98.38	42.37	63.68	43.81	18.07	156.38	2.56	0.75
	0	62.44	7.96	27.28	0.53	0.05	135.60	2.56	0.75
BW	115	0	118	128	18	21	331	1	0
	98.38	0	81.94	123.16	84.74	34.95	302.44	4.95	1.44
	2.81	0	15.86	0.19	52.56	5.57	2.70	3.15	1.44
J	32	81	0	0	29	19	196	3	1
	42.26	81.73	0	52.91	36.40	15.02	129.93	2.13	0.62
	2.49	0.01	0	52.91	1.51	1.06	33.60	0.36	0.23
JS	46	160	0	0	79	57	168	6	3
	63.89	123.57	53.22	0	55.03	22.70	196.43	3.22	0.94
	5.01	10.74	53.22	0	10.44	51.83	4.11	2.41	4.53
P	111	8	37	68	0	11	130	7	1
	43.81	84.73	36.49	54.85	0	15.56	134.69	2.21	0.64
	103.03	69.49	0.01	3.15	0	1.34	0.16	10.43	0.20
R	11	3	14	37	3	0	87	6	2
	18.07	34.95	15.05	22.62	15.57	0	55.56	0.91	0.27
	2.77	29.21	0.07	9.13	10.14	0	17.79	28.49	11.34

* Upper numbers are observed frequencies, middle numbers are expected frequencies,lower numbers are χ^2 values.

수조시험에서 옥돔의 행동을 각 단계 별로 분석해 보면, 미끼의 일부분만을 불완전하게 무는 IB 다음에는 뒤로 유영하는 행동 BW 가 가장 많이 일어날 수 있는 행동이고 그 다음이 J, JS의 행동으로, 이것은 옥돔의 어구에 대한 반응 행동의 신중함과 소극성을 나타내는 부분으로 볼 수 있다. 미끼를 완전히 무는 B 다음에는 느린 전진운동 P 가 많이 일어나서 비교적 적극성이 엿보이는 행동을 나타내나 강한 적극성을 나타내는 R 이나 J 행동은 기대보다 많이 나타나지 않는다. 미끼를 씹는 행동 C 다음에는 미끼를 뱉는 행동 S 가 가장 잘 일어날 수 있는 행동으로 이것은 미끼를 씹다가 낚시나 아릿줄 등의 이물감이 느껴지면 뱉아내는 행동을 반복하는 경우가 많기 때문이다.

옥돔이 미끼를 공격하여 조획까지 된 경우는 많지 않으나, 대부분의 경우 조획의 직접적인 원인 행동이 된것은 J나 R 종류의 행동이였다. 그러나 이들 행동 이전에 미끼를 충분히 씹어서 삼킨 후에 이들 행동이 이어질때 조획이 되는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 조획과 가장 밀접하게 관련된 행동연쇄는 C→J,JS 의 행동 또는 C→R, P의 행동이다. 그러나 이들 행동연쇄를 Table 4에서 보면 기대되는 빈도 보다 드물게 일어나는 행동 이거나 (J,JS 행동) 지극히 일반적인 빈도로서 일어나는 행동(R.P행동)에 불과하다. 따라서 옥돔의 경우에는 조획이 확율적으로 그다지 높지 않음을 나타내는 예이다. 그러나 명태나 대구 등에 있어서는 미끼를 불완전하게 일부만을 무는 예는 드물고, 미끼를 문 후에도 R나 J와 같은 강한 도피 행동이 바로 나타나며 대부분은 이때 조획이 된다[2,6].

해상시험과 수조시험 결과를 종합하여 보면 옥돔의 경우 조획과 가장 밀접한 행동은 미끼를 문 후에 씹어서 삼키는 과정이고 미끼를 깊이 삼키면 삼킬수록 조확될 확율은 높아진다고 볼 수 있다.

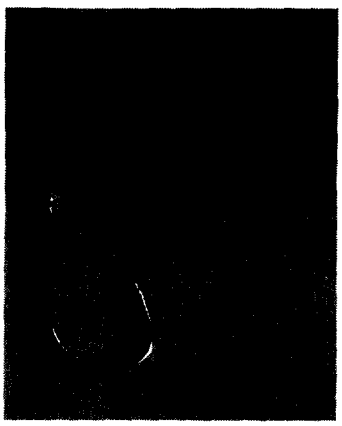

Fig. 3. Exterior view of a proposed hook.

Table 5. Specification of a proposed hook

Shank (mm)	Width (mm)	Diameter (mm)	Ring (mm)	Weight (g)
16.3	11.4	1.1	3.7	0.4

따라서 옥돔 연승용 낚시는 옥돔이 삼키기 쉬우면서도 기계화가 가능한 형으로 낚시의 크기와 형상이 도출되어야 한다.

삼키기 쉬운 낚시의 형상은 물고기가 미끼를 씹을때 낚시의 끝이나 꼭지 등에서 예리한 돌출 부분이 감지되지 않는 구조이다. 이것은 물고기가 미끼를 씹어 삼키는 과정에서 예리한 돌출부분을 감지하면 미끼를 즉시 뱉어 버리기 때문이다[1]. 이러한 조건을 만족하는 낚시 형상은 채가 가능한 짧고, 낚시 끝이 안쪽으로 굽고, 꼭지가 링으로 된 형태의 낚시이다. 그러나 조획성능만을 지나치게 강조하면 낚시의 채가 짧아지고 낚시 끝이 지나치게 안으로 굽어져서 기계화된 조업에서 자동 미끼끼움과 자동 양승시 기계적인 낚시 분리가 어려운 결점이 있다. 따라서 낚시의 설계에는 조획성능과 조업의 기계화를 동시에 고려하여 일정 길이 이상의 낚시채를 유지하며, 낚시 끝의 적절한 굽은 정도를 선택해야 한다.

본 연구에서 제안하는 낚시의 규격은 Table 4에, 형상은 Fig, 3에 나타낸 바와 같이 재래식 옥돔 낚시 보다는 채를 약간 길게 하였으나 전체적인 모양이 모나지 않도록 하여 미끼를 문 후 쉽게 삼킬 수 있도록 하였고, 낚시의 끝은 낚시의 꼭지 쪽을 향하도록 하여 물고기가 미끼를 문 후에 어떠한 행동을 하여도 조획이 가능 하면서도 기계적인 미끼끼움이 가능 하도록 하였다. 또한 낚시의 꼭지를 링으로 만들어 미끼를 삼킬때 예리한 돌출 부분이 감지되지 않도록 하였다. 이 낚시는 대부분의 연근해 연승어업에 공통적으로 적용할 수 있고, 조획성능도 재래식 낚시와 동등하거나 그 이상이며, 기계화된 조업도 가능한 형상으로 판단된다.

요 약

옥돔의 조획 기구를 알아내고, 낚시를 개량하기 위해서 수조 중에서 옥돔의 연승어구에 대해 반응행동을 비디오 카메라로 관찰 조사하였다. 옥돔은 물살을 거슬르면서 해저 위를 천천히 유영하며 미끼에 접근하였고, 미끼를 물때에는 불완전하게 무는 경우가 많았으며, 미끼를 문 후에는 천천히 뒤로 유영하면서 아릿줄이 당겨지면 미끼를 내뱉는 등의 완만하고 주의 깊은 행동을 보였다.

대부분의 조획은 미끼를 깊이 삼킨 후에 옥돔이 Rush 또는 Jerk 행동을 할때 되었고, 조획과 관계깊은 행동연쇄는 Chewing→Jerk 또는 Chewing →Rush 였다. 현장시험에서 채가 긴 낚시가 조획성능이 매우 낮았고, 채가 짧은 낚시에서 조획성능도 양호하고 조획된 부위가 깊었던 것을 고려하면 옥돔은 낚시를 깊이 삼켜야만 조획이 가능하므로 조획성능만을 생각하면 낚시의 형상은 낚시 채가 짧으며 끝이 안으로 굽어 있는 형상이 적합하다.

본 연구에서 제안하는 낚시 형은 조획성능을 위한 조건을 만족하면서도 기계화 조업도 가능한 절충형의 구조이다.

참고문헌

1) A. Fernö and I. Huse(1983) : The effect of experience on the behaviour of cod(*Gadus Morhua L.*). Fish. Res., 2. 19-28.

2) I. Huse and A. Fernö(1990) : Fish behaviour studies as an aid to improved longline hook design.Fish.Res..9.287-297.

3) I. Huse(1979) : Fish behaviour studies as an aid to cod and haddock longline hook design. International Council for the Exploration of the Sea. 1 - 7.

4) A. Fernö. P. Solemdal and S. Tilseth(1986) : Field studies on the behaviour of Whiting(*Gadus Merlangus L.*) towards baited hooks. Fisk Dir, SKr. Hav.Unders., 18. 83-95.

5) 과학기술처 (1994) : 연승어업 자동화 장치 개발 (II).1-149.

6) Chun - Woo Lee, S.Igarashi, T. Mikami and N. Yamashita (1989) : Behaviour studies of Walleye pollock to a baited hook for hook design. Nippon suisan Gakkaishi. 55(9). 1553 - 1558.

7) 粕谷英一, 藤田和幸 (1984) : 動物行動學のための統計學. 東海大學出版社, 1-131.