

誘導燈에 대한 방어의 反應

梁 龍 林

釜慶大學校

(1999년 10월 7일 접수)

Response of Amberjacks, *Seriola quinqueradiata* to the Attracting lamp

Yong-Rhim YANG

Pukyong National University

(Received October 7, 1999)

Abstract

The author examined the response of Amberjacks, *Seriola quinqueradiata* [TEMMINCI et SCHLEGEL] to the surface attracting lamps (0.5 W, 0.8 W, 1 W) line in the experimental water tank (550 L × 58 W × 73 H cm).

The attracting rate was investigated in accordance with the intervals of lighting and putting out hour (1, 5 minute) when each of the attracting lamps was gradually switched off after they were switched on all at once.

The results are as follows :

1. Total distribution rate of fish in the illuminated section was 92.4 % (mean 18.5 %) in case of 1 minute interval, and 95.8 % (mean 19.2 %) in case of 5 minutes interval.
2. Mean distribution rate of fish at the illuminated section :
 - ① Distribution rate at interval of 1 minute were 19.0 % in 1 W, 18.4 % in 0.5 W, and 18.0 % in 0.8 W respectively.
 - ② Distribution rate at interval of 5 minutes were 19.5 % in 1 W, 19.2 % in 0.5 W, and 18.8 % in 0.8 W respectively.
3. Attracting rates of the last section showed very much increasing as illuminating time elapsed, but there was a little difference of attracting rates according to interval and lighting source.
4. Attracting rate of fish in only last section switched on :
 - ① Attracting rate at interval in case of 1 minute were 97.0 % in 1 W, 86.0 % in 0.8 W and 74.0 % in 0.5 W respectively.
 - ② Attracting rate at interval in case of 5 minutes were 97.3 % in 1 W, 90.0 % in 0.5 W and 88.0 % in 0.8 W respectively.

緒 論

集魚燈를 이용하는 어업에서 人工光源을 효율적으로 개발하기 위하여 각 漁法에 따른 光源의 선택, 光力의 조정 및 點燈方法에 대한 보다 구체적인 조사가 어구별, 어종별, 어장별로 진행되고 있음을 Fridman (1973)이 밝힌 바 있다.

人工光源이 어류의 행동을 제어한다는 것을 Kuroki and chuman (1953)이 잉어를, Takahashi (1978)는 방어를 대상으로 한 조사에서 밝힌 바 있다. 또, 人工光源에 대한 어류의 誘導에 대해서는 Sasaki (1950), Inoue (1963), Kilma (1971), Nikonorov (1971), Wickham (1973), Ben-Yami (1976) 등이 어장에서 주로 쾡치, 전갱이, 고등어, 정어리, 멸치 등을 대상으로 조사한 바 있으나, 어획효과를 정량적으로 파악하기에는 어려운 점들이 많았다.

한편, 실험실내에서는 어류의 視覺運動反應에 대하여 Kawamoto and Kobayashi (1952)는 삼치와 돌돔을, Arimoto *et. al* (1979a, b)은 무지개송어를 대상으로 조사한 바 있고, 어류의 走光性的 측면에서는 Oka (1951)가 송사리, 붕어, 미꾸라지, 새우 등을, Kawamoto and Niki (1952)는 벵에돔과 송사리를 조사한 바 있다.

水上誘導燈列을 이용한 어류의 誘導에 대해서는 An and Yang (1987, 1992)이 말쥐치, 볼락과 감성돔에 대하여, Yang (1992, 1996)이 쥐치, 우럭볼락에 대하여, 水中誘導燈列을 이용한 어류의 誘導에 대해서는 Yang (1998)이 우럭볼락에 대하여 보고한 것을 제외하고는 거의 없는 실정이다.

본 연구는 실험실내에서 水上誘導燈列에 대한 방어의 행동양상을 誘導燈의 종류 및 消燈週期에 따라 구분 조사하여 각 點燈區間에서의 魚類分布와 최종유도구간에서의 誘導(照明)時間에 따른 誘導率의 변화 등을 조사 분석하여, 光(誘導燈)을 이용하는 漁業 및 飼育管理分野의 기초자료를 제공하는데 기여하고자한다.

材料 및 方法

1. 材料(試魚)

본 실험에 사용한 어류는 체장 25~30 cm, 체중 500~700 g인 방어, *Seriola quinqueradiata* [TEMMINCI et SCHLEGEL]로써, 6개의 循環式 濾過飼育水槽에 분산하여 10일 이상 적응시킨 다음 실험에 사용하였으며, 총 마리수는 200마리 이상이었다. 수조의 수질관리를 위하여 S. T. meter (Tsurumi Seiki # 1D)와 D.O. meter (Delta # 1010)를 사용하여 수온, 염분 및 용존산소 등을 조정하였다. 실험시 수온 범위는 16~17°C였다.

1) 實驗水槽

수조는 콘크리이트로 만들었고, 내부에 무광택 회색페인트칠을 한 循環式濾過水槽 (55 L×58 W×73 H cm)로써, 암실내에 설치하였는데 그 개략도는 Fig. 1과 같다. 수조의 길이방향으로 가는 다란 백색페인트선을 그어, 10개의 등간격 (55 cm)으로 나누어 한쪽 끝에서부터 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 구간으로 정하였으며, 0구간과 1구간의 경계에 탈착식 간막이를 설치하였으며, 수심은 60 cm로 유지하였다. 光源은 10개 구간의 중앙에 각각 1개씩 설치하였는데, 適應燈 1개와 誘導燈 9개로 구성되었다. 適應燈은 0구간에, 誘導燈은 1~9구간에 장치하되, 수면상 20 cm되는 곳에 각각 설치하였다.

2) 光刺戟源

光刺戟源은 光調整裝置와 光源으로 구성하였다. 光調整裝置는 10개의 타이머 (National MHPM)로 구성되어 있는데, 각 燈마다 1개의 타이머가 연결되어 適應燈과 誘導燈의 점등시간을 조정하게 되어있다. 適應燈의 점등시간은 20분으로 고정하였으며, 誘導燈의 점등시간은 消燈週期가 1분과 5분으로 구분 조정하여 n번째 誘導燈의 점등시간이 n분과 5n분이 되게 하였다.

光源은 適應燈과 誘導燈의 구별없이 0.5 W, 0.8 W, 1 W의 3종의 전구를 각각 사용하였다. 각 燈은 지향성을 갖고 한 구간에만 직접 조사되도록 PVC 파이프를 씌웠고, 한 구간에서의 밝기 차이를 줄

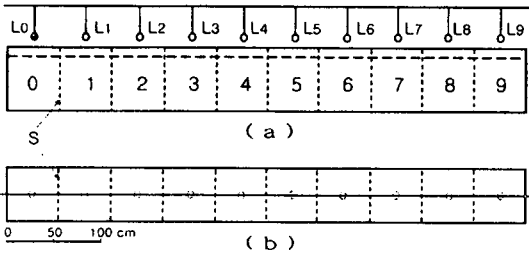


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental tank.

- (a) : side view ; (b) : plane view ;
- L₀ : adaptation lamp ;
- L₁~L₉ : attracting lamp ;
- s : adaptation screen

이기 위하여 아래쪽에 tracing paper로 된 filter를 각각 부착하였다. 이들 光源들은 자동전압조정기와 D.C. Stabilizer (Kingshill #cp84)를 이용하여 전압을 안정시켜 빛의 세기가 각각 일정하게 하였다.

3) 實驗方法

각 실험은 사육수조에서 적용된 방어 5마리를 칸막이로 막혀진 실험수조의 0구간에 옮기고 50분간 暗順應 시킨 후, 適應燈을 점등하여 20분간 明順應 시키는데 適應燈을 점등한 후, 15분이 경과했을 때 칸막이를 제거하고, 그 후 適應燈이 소등됨과 동시에 9개의 誘導燈을 모두 점등하고 1구간부터 1燈씩 순차적으로 소등하면서 誘導燈이 점등된 구간에 대하여 방어 각 개체들의 정체여부를 매 20초 간격으로 消燈週期가 1분일 때 27회 (9분간), 5분일 때 135회 (45분간) 각각 조사한 마리수로써 각 구간별 방어의 分布 및 誘導率을 산출하였다. 이와 같은 실험을 3종의 광원에 대하여 각각 구분 조사하였는데 야간에만 실시하였다. 이때 光에 대한 순응을 피하기 위하여 매 실험마다 다른 개체를 사용하여 5회 이상 조사하였다.

結果 및 考察

1. 初期分布

방어에 光刺戟을 가하지 않았을 때 수조내의 개체분포는 Table 1과 같다.

Table 1과 같이 총 100회 (500마리) 조사했을

Table 1. Distribution rate (%) of *Seriola quinqueradiata* in each section under dark condition

Section										Total
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
5.0	8.0	10.9	11.5	13.0	14.6	10.9	10.4	11.0	4.8	100

때의 개체분포는 중앙구간인 5구간에서 14.6 %로 가장 많이 모였고, 다음이 4구간의 13.0 %, 3구간의 11.5 %의 순이며, 양단구간인 9 구간에 4.8 %로 가장 적게 모였고, 다음이 0간의 5.0 %로 양단구간보다 중앙구간에 다소 많이 모였다. 이것은 방어가 암초사이에 정착하여 서식하지 않고, 회유성이 강한 습성을 가진 어종이기 때문이라고 생각된다.

2. 點燈區間에서의 魚類分布

誘導燈 9개를 모두 점등한 후 1구간부터 순차적으로 1燈씩 소등하는 광조작방법을 이용하여 조사한 誘導燈의 점등구간에서의 방어의 分布는, 消燈週期를 1분으로 하였을 때 Table 2와 같고, 消燈週期를 5분으로 하였을 때 Table 3과 같다.

점등구간에서의 방어의 총분포율은 消燈週期가 1분인 경우 92.4 %, 消燈週期가 5분인 경우 95.8 %로 거의 대부분 점등구간에서 분포하였으며, 소등주기에 따른 차이는 다소 있었다. 이것은 대부분 점등구간에 분포한 위치의 96.9 %, 98.4 % (Yang, 1992) 보다 光 조사영역에 다소 적게 모였으며, 오징어의 56.7 %, 50.4 % (Yang, 1995)와 우럭볼락의 61.6 %, 41.0 % (Yang, 1996), 35.7 %, 50.3 % (Yang, 1998) 보다는 훨씬 많이 모였다.

점등구간에서의 방어의 평균분포율은 消燈週期가 1분일 때의 18.5 %와 5분일 때의 19.2 %로서, 위치의 19.4 % 및 19.7 % (Yang, 1992) 보다 다소 낮았다.

광원별로 보면, 消燈週期가 1분인 경우 19.0 % (1 W), 18.4 % (0.5 W), 18.0 % (0.8 W)의 순으로 나타났고, 消燈週期가 5분인 경우 19.5% (1 W), 19.2 % (0.5 W), 18.8 % (0.8 W)의 순으로 나타났다. 이것은 볼락의 0.8 %, 3.3 %, 8.6 % 및 감성돔의 3.9 %, 5.0 %, 0.8 % (Yang, 1992) 보다 훨씬 높은 평균어류분포율을 보였다.

Table 2. Distribution rate (%) of fish in every illuminated section when the attraction lamps were switched off 1 minute interval in order

Light intensity (W)	Elapsed time (min)	Section									Total Average	attracting rate	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
0.5	1	19.3	11.3	3.3	8.7	15.3	14.0	7.3	4.7	15.3	11.0	99.3	
	2		8.0	13.3	14.7	22.7	16.0	10.0	8.7	6.0	12.4	99.3	
	3			9.3	11.3	25.3	19.3	12.0	10.0	10.0	13.9	97.3	
	4				5.3	1.0	26.0	20.0	18.0	4.7	12.5	75.0	
	5					12.0	19.3	35.3	21.3	11.3	19.9	99.3	
	6						14.0	34.0	42.0	7.3	24.3	97.3	
	7							28.0	45.3	24.0	32.4	97.3	
	8		<i>Seriolaquinqueradiata</i>						57.3	31.3	44.3	88.7	
	9									74.0	74.0	74.0	
0.8	1	6.7	12.0	11.3	14.7	8.7	9.3	7.3	11.3	8.0	9.9	89.3	
	2		4.0	8.7	14.0	17.3	11.3	11.3	13.3	7.3	10.9	87.3	
	3			8.0	12.0	12.0	13.3	12.7	16.0	20.0	13.4	94.0	
	4				4.0	13.3	16.7	21.3	16.7	18.0	15.0	90.0	
	5					10.7	16.7	18.0	18.0	22.7	17.2	86.0	
	6						10.7	26.0	29.3	28.7	23.7	94.7	
	7							20.0	36.7	34.0	30.2	90.7	
	8		<i>Seriolaquinqueradiata</i>						38.7	55.3	47.0	94.0	
	9									86.0	86.0	86.0	
1	1	5.3	16.0	15.3	12.7	17.3	4.0	6.7	3.3	6.0	9.6	86.7	
	2		6.0	13.3	14.0	18.0	14.7	12.0	17.3	3.3	12.3	98.7	
	3			2.0	15.3	21.3	14.0	17.3	17.3	12.0	14.2	99.3	
	4				4.7	12.7	19.3	31.3	18.7	9.3	16.0	96.0	
	5					4.7	18.0	29.3	26.7	16.7	19.1	95.3	
	6						14.0	29.3	27.3	26.7	24.3	97.3	
	7							20.0	42.7	36.0	32.9	98.7	
	8		<i>Seriolaquinqueradiata</i>						46.7	50.7	48.7	97.3	
	9									85.3	85.3	85.3	

Table 3. Distribution rate (%) of fish in every illuminated section when the attraction lamps were switched off 5 minute interval in order

Light intensity (W)	Elapsed time (min)	Section									Total Average	attracting rate	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
0.5	5	3.5	6.5	14.3	24.0	17.3	15.3	8.9	5.9	3.3	11.0	99.1	
	10		2.7	11.6	19.5	19.2	18.9	16.0	6.5	4.0	12.3	98.4	
	15			2.3	20.5	23.3	19.2	17.5	10.0	3.7	13.8	96.5	
	20				6.3	21.3	28.0	22.8	13.7	5.3	16.2	97.5	
	25					10.1	26.4	31.5	22.5	7.3	19.6	97.9	
	30					10.1	37.5	35.2	14.3	24.3	97.1		
	35							35.1	44.5	18.4	32.7	98.0	
	40		<i>Seriolaquinqueradiata</i>							50.9	41.2	46.1	92.1
	45									85.9	85.9	85.9	
0.8	5	1.6	3.9	7.6	13.1	13.6	12.3	14.1	14.3	15.7	10.7	96.1	
	10		1.1	5.7	7.6	10.1	13.2	15.3	24.1	21.1	12.3	98.3	
	15			0.5	6.1	9.6	15.9	22.3	25.3	17.6	13.9	97.3	
	20				0.8	6.0	12.7	23.3	29.3	24.1	16.0	96.3	
	25					5.3	10.7	28.0	30.9	21.3	19.3	96.3	
	30						5.1	21.9	42.5	26.8	24.1	96.3	
	35							12.0	49.7	29.7	30.5	91.5	
	40		<i>Seriolaquinqueradiata</i>							33.7	57.6	45.7	91.3
	45									83.5	83.5	83.5	
1	5	1.9	6.9	11.3	20.1	18.7	16.7	10.5	5.6	4.7	10.7	96.4	
	10		3.7	9.1	15.5	21.5	19.6	16.4	9.1	5.2	12.5	100	
	15			3.9	15.6	22.1	19.5	21.9	10.9	5.3	14.2	99.2	
	20				5.7	17.3	22.9	24.0	18.3	10.7	16.5	98.9	
	25					5.1	20.4	36.3	25.3	11.9	19.8	98.9	
	30						12.7	35.3	37.2	13.5	24.7	98.7	
	35							23.5	47.6	26.1	32.4	97.3	
	40		<i>Seriolaquinqueradiata</i>							47.7	50.5	49.1	98.3
	45									89.2	89.2	89.2	

점등된 구간의 수에 따른 방어의 평균분포율은 消燈週期和 광원의 세기에 관계없이 점등된 誘導燈의 수가 적어짐에 따라 점진적으로 증가하였고, 특히 최종구간에만 점등되었을 때 급격히 증가하였고, 대체로 점등된 구간의 중앙구간에 많이 모였다.

따라서 방어는 光에 의한 구집 및 유도효과가 있는 어종으로 생각되어, 集魚燈을 이용한 어업, 光을 이용한 양식 및 활어수송에 크게 기여할 것으로 생각된다.

3. 最終區間에서의 誘導率의 變化

誘導燈을 모두 점등하였다가 1燈씩 순차적으로 소등해 갈 때, 水上誘導燈에 대한 최종구간에서의 조명시간에 따른 誘導率의 변화는 誘導燈의 消燈週期가 1분일 때의 변화는 Fig. 2와 같고, 消燈週期가 5분일 때의 변화는 Fig. 3과 같다.

水上誘導燈에 대한 誘導率의 변화는, 消燈週期가 1분일 때는 Fig. 2와 같이 조명시간이 경과함에 따라 誘導率이 증가하였는데, 1 W의 경우가 誘導率이 가장 높았으며 다음이 0.8 W, 0.5 W의 순으로 나타났다. 광원별로는 3광원 모두, 점등 후 6분(6번째 誘導燈이 소등되기 직전)까지는 誘導率이 다소 증가하였으나, 그 이후에는 誘導率이 급격히 증가하여, 최종구간에만 誘導燈이 점등되었을 때의 最終誘導率은 1 W의 경우 97.0 %, 0.8 W의 경우 86.0 %, 0.5 W의 경우 74.0 %의 순으로 나타났으며 평균 85.7 %였다.

消燈週期가 5분일 때는 Fig. 3과 같이 조명시간이 경과함에 따라 誘導率이 증가추세를 나타냈는데, 점등 후 30분경까지에서만 0.8W의 誘導率이 더 높았다.

광원별로는 3광원 모두, 점등 후 30분(6번째 誘導燈이 소등되기 직전)까지는 誘導率이 다소 증가하였고, 그 이후에는 誘導率이 급격히 증가하여, 최종구간에만 誘導燈이 점등되었을 때의 最終誘導率은 1 W의 경우 97.3 %, 0.5 W의 경우 90.0 %, 0.8 W의 경우 88.0 %의 순으로 나타났으며, 평균 91.8 %로 消燈週期가 1분의 경우보다 더 높았다.

따라서 어류를 유도 및 구집하는데 있어서 장시간 점등하는 것은 노력과 에너지의 절약 차원에서

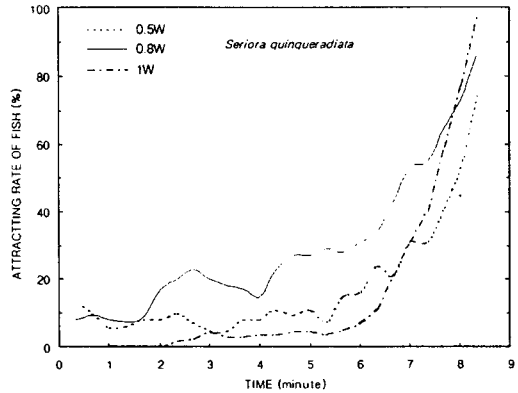


Fig. 2. Variation of attracting rate in the last section to the one minutes interval as illuminating time elapsed.

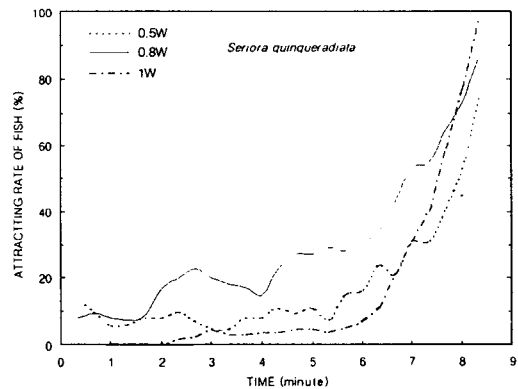


Fig. 3. Variation of attracting rate in the last section to the five minutes interval as illuminating time elapsed.

어종에 따라 고려하여야 할 가치가 있다고 생각된다.

이와 같이 최종구간에서의 조명시간에 따른 誘導率이 증가하는 것은 말쥐치 (An and Yang, 1987)의 경우와 같았고, 불락 및 감성돔 (An and Yang, 1992)의 경우와는 다르게 나타났는데, 이 어종은 集魚燈을 이용한 어업생물로서의 가치가 있다고 생각된다.

要 約

誘導燈列로서 集魚된 어류를 목적 장소까지 유도하기 위하여 9개의 誘導燈을 동시에 점등한 후 1燈씩 순차적으로 소등하는 방법으로 방어, *Seriola quinqueradiata* [TEMMINCI et SCHLEGEL]에 光刺戟을 주었을 때의 반응을 3종의 水上誘導燈 (0.5 W, 0.8 W, 1 W)과 2가지 消燈週期 (1분, 5분)로 구분 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 점등구간에서의 방어의 충분포율은 消燈週期가 1분인 경우 92.4 % (평균 18.5 %), 消燈週期가 5분인 경우 95.8 % (평균 19.2 %)로 나타났다.
2. 점등구간에서의 방어의 평균분포율은
 - ① 消燈週期가 1분인 경우 19.0 % (1 W), 18.4 % (0.5 W), 18.0 % (0.8 W)의 순으로 나타났다.
 - ② 消燈週期가 5분인 경우 19.5 % (1 W), 19.2 % (0.5 W), 18.8 % (0.8 W)의 순으로 나타났다.
3. 최종구간에서의 조명시간의 경과에 따른 誘導率의 변화는 消燈週期 및 光源의 종류에 따라 다소 차이는 있었으나, 誘導率이 대단히 증가하였다.
4. 최종구간에만 점등되었을 때의 방어의 最終誘導率은
 - ① 消燈週期가 1분인 경우 97.0 % (1 W), 86.0 % (0.8 W), 74.0 % (0.5 W)의 순으로 나타났다.
 - ② 消燈週期가 5분인 경우 97.3 % (1 W), 90.0 % (0.5 W), 88.0 % (0.8 W)의 순으로 나타났다.

參考文獻

- An, Y. I. and Yang, Y. R. (1987) : Response of file fish to the attracting lamp, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 23, 169~176 (in Korean).
- An Y. I. and Yang, Y. R. (1992) : Response of sting fish and black porgy to the attracting lamp, *ibid*, 28, 1~9 (in Korean).
- Arimoto, T., Shiba, H. and Inoue, M. (1979a) : On the optomotor reaction of fish relevant to fishing method(4), J. Tokyo Univ. Fish. 66, 23~25 (in Japanese).
- Arimoto, T., Shiba, H. and Inoue, M. (1979b) : On the optomotor reaction of fish relevant to fishing method (5), *ibid*, 66, 37~46 (in Japanese).
- Ben-Yami, M. (1976) : Fishing with light. Fishing News Books Ltd., London, 35~100.
- Fridman, A. L. (1973) : Theory and design of commercial fishing gear, Keter Press, Jerusalem, 441~455.
- Inoue, M. (1963) : Fish schools attracted by light stimuli observed in the operation of Hasso-Ami or Eight-Boat-Lift-Net, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 29, 925~927 (in Japanese).
- Kawamoto, N. Y. and Kobayashi, H. (1952) : Influence of various light conditons on the gathering rates of fish, Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie 1, 139~150.
- Kawamoto, N. Y. and Niki, T. (1952) : An experimental study on the effect of leading fish by fish attraction lamps, *ibid*, 1, 175~196.
- Kilma, E. F. (1971) : The automated fishing platform, Modern Fishing Gear of the World 3, 498~501.
- Kuroki, T. and Chuman, M. (1953) : Study on the shunning light for fisheries—I, About the brandished light, beam, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 18, 26~29 (in Japanese).
- Nikonorov, I. V. (1971) : Methods of continuous fishing, Keter press, Jerusalem, 20~43.

- Oka, M. (1951) : An experimental study on attraction of fishes to light, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 16, 223~234 (in Japanese).
- Sasaki, T. (1950) : On the color of the fish attraction lamp, *ibid*, 16, 295~298.
- Takahashi, T. (1978) : The effects of sweeping membranous light on the swimming behaviour of fish, *ibid*, 44, 869~874 (in Japanese).
- Wickham, D. A. (1973) : Attracting and controlling coastal pelagic fish with nightlights, Trans. Amer. Fish. Soc. 4, 816~825.
- Yang, Y. R. (1992) : Response of File fish, *Stenophanolepis Cirrhifer* to the attracting lamp, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 28, 243~251 (in Korean).
- Yang, Y. R. (1995) : Response of Steenstrup, *Todarodes pacificus* to the attracting lamp, Fisheries Research. 9, 25~30 (in Korean).
- Yang, Y. R. (1996) : Response of Armorclad rockfish, *Sebastes hubbsi* to the attraction lamp, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 32, 42~49 (in Korean).
- Yang, Y. R. (1998) : Response of Yoroi-mebaru, *Sebastes hubbsi* to the underwater attracting lamp, *ibid*, Tech. 34, 302~308 (in Korean).