

기선권현망어업의 어구개량과 자동화조업시스템 개발 - II  
수중광 및 예망유속과 멸치의 도피반응 행동 분석

김용해 · 장충식 · 안영수 · 김형석\*

경상대학교, 해양산업연구소, \*부경대학교  
(2001년 4월 9일 접수)

**Improving of the Fishing Gear and Development of  
the Automatic Operation System  
in the Anchovy Boat Seine- II  
Analysis of escaping behaviour of anchovy in relation  
to underwater light and towing flow velocity**

**Yong-Hae KIM, Choong-Sik JANG, Young-Su AN and Hyung-Seok KIM\***

Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Pukyong National University\*

(Received April 9, 2001)

**Abstract**

Escape behaviour of the anchovy (*Engralius japonica*, total length 4~7cm) at the inside wing net and bag net in the anchovy boat seine was observed by underwater video camera in order to clarify the relationship between visual stimulus of the gear or relative water flow inside gear and reacting behaviour. The vertical attenuation coefficient of underwater illuminance in the offshore of Keoje island and Tongyoung was ranged from 0.24 to 1.03 and it could be affect visual range and visual contrast of the fishing gear. The relative water flow at the joint part between inside wing and bagnet while towing was 1.5 times higher than at the middle part of inside wing or fore part of bag net, but it was estimated under than maximum swimming speed of 4~7cm anchovy. The mean escaping number of anchovy from end part of inside wing of 30cm mesh to out side for a minute within visual range of video camera was 455 and anchovy swimming forward from bag net through flapper was 308. These results revealed anchovy could escape as voluntary response in spite of higher visual stimulus or higher water flow.

서 언  
기선권현망 어업이 일본에서 우리 나라에 도입

된 이후 어법의 변천에 따라 어선의 규모와 형태  
그리고 어선의 수에도 많은 변천을 가져 왔으나,  
어구는 조업수심의 변화와 망선의 예망마력의 증

가에 따라 어구의 규모만 점차 커졌을 뿐 그 형태에는 거의 변화가 없는 실정이다. 현재 기선권현망에서 사용되고 있는 어구의 구조는 1970년대의 것과 유사하면서도 전체 규모는 약 두배 정도 커져서 어로작업의 과중한 인력소요의 문제점으로 대두되고 있는 등 양망작업의 자동기계화 (Jang *et al.*, 2000)가 절실하게 요구되고 있다.

한국연안에서 어획되는 멸치어획고는 연간 13~20M/T이며, 멸치는 연안성, 난해성, 표,중층성 어족으로 4~10월에 걸쳐 우리 나라 전 해역에 산란한다. 특히, 권현망 어업의 대상이 되는 크기는 1~10cm 정도 크기의 치자어이며, 주 어장은 한국 남해안을 중심으로 한 해역이다(An *et al.*, 1997). 멸치의 유영능력에 관해서는 Hunter (1972)와 Webb and Corolla (1981) 등이 조사했으며, 어탐에 의한 멸치의 군집밀도 (Lee *et al.*, 1995)와 대망목에 의한 멸치의 구집행동 (Kawamura and Tabata, 1990, Lee *et al.*, 1996) 등을 관찰, 보고하였다.

우리나라에서도 멸치기선권현망 어구와 어로기계에 관한 연구 (Lee *et al.*, 1979) 등으로 어선의 대형화와 어법의 발달과 함께 어장이 육안에서 점차 멀어지고 조업수심도 깊어지게 되었다. 그러나, 어장의 해양 광학적 성질과 예망 어구주변의 상대유속 등에 대한 조사와 주간 조업시 예망어구에서 가장 중요한 자극이라고 보아지는 시각자극과 유수 자극 등의 요인들에 따른 자루그물내의 멸치의 반응행동과 도피행동 등에 관한 조사는 거의 없는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 어구개량 및 조업자동화를 위하여 현재 보편적으로 사용중인 어구와 이것을 1/2로 축소 제작한 시험 어구로써 권현

망조업 중 멸치의 대망행동에 크게 영향을 주는 요인 (Wardle, 1993)으로서 수중광 및 어구주변의 유속을 측정하였다. 아울러 어구에 대한 멸치의 반응행동과 도피에 대해 관찰, 측정하고 비교, 분석하여, 정량화된 주 자극요인들에 대한 멸치의 행동반응을 모델링 및 시뮬레이션하고, 권현망 어구의 개량을 위한 기본자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구의 조사는 전보 (Jang *et al.*, 2000)와 같이 1999년 5월 29일부터 6월 30일까지 거제 동부 연안의 실리도에서 칠천도, 가조도를 거쳐 통영연안의 비진도, 사랑도 연안의 멸치어장을 중심으로 총 63회의 시험조업 중에 실시되었다. 그중 9개 관측점에서 해수의 수중광 계측, 어구주변의 유속 측정 및 권현망내의 멸치의 대망행동을 관찰하였으며, 현장 관측 일시에 따른 관측점 위치는 Table 1과 같다.

본 시험조업에 사용한 권현망선단은 거제도 신광수산 소속의 어탐선과 망선 17, 18신광호로서, 그 체원은 3척이 거의 동일하여 전장 17.3m, 선폭 3.9m, 깊이 1.8m, 총톤수 18.0ton, 주기관은 350ps, 1500rpm 이다.

본 조사에서 사용한 어구는 전보 (Jang *et al.*, 2000)에서 사용한 1/2크기의 시험어구와 사용재료(줄, 망지, 뜰 등의 규격)와 성형물은 동일하면서 각부 망지의 가로 및 세로 콧수를 2배로 하고, 아울러 각부 줄길어도 시험어구의 2배정도가 되는 현재 신광호에서 사용중인 원형 권현망어구이다.

**Table 1. Location and depth of the observation points for underwater light and relative water flow in the anchovy fisheries**

Position N.O	Date & hour(KST)	Latitude & Longitude	Depth(m)
1	99.05.29, 07 : 45	N 34 : 44 : 56 E 128 : 27 : 47	32
2	99.05.29, 11 : 33	N 34 : 48 : 00 E 128 : 17 : 40	18
3	99.05.29, 13 : 28	N 34 : 47 : 92 E 128 : 12 : 85	23
4	99.05.29, 15 : 10	N 34 : 49 : 46 E 128 : 12 : 05	15
5	99.05.29, 17 : 25	N 34 : 51 : 51 E 128 : 10 : 28	19
6	99.06.13, 12 : 56	N 35 : 05 : 30 E 128 : 37 : 86	10
7	99.06.13, 16 : 07	N 35 : 00 : 79 E 128 : 34 : 38	20
8	99.06.13, 19 : 17	N 34 : 58 : 34 E 128 : 35 : 70	24
9	99.06.14, 09 : 15	N 34 : 56 : 15 E 128 : 35 : 02	22

기선권현망 조업어장에서 수중박기를 측정하는데 사용한 수중조도계는 Topcon사의 IM-5(감도 0.01 lux)를 스텐프레임으로 센서를 상방으로 고정시키고 수밀시켜 수면직하부터 5m 간격으로 해저까지 내리고 올리면서 2번 반복 측정하였다.

권현망 자루입구의 유속은 Marsh-McBirney사의 201D 휴대용 유속계의 센서를 어탐선의 선수에서 수심 3m 정도로 현수시켜 계속 측정하였고, 권현망 측면 유속은 Alec Electronics사의 ACM 100-D 유속계의 센서를 다이버가 Fig. 1에서 표시한 것과 같이 수비중간, 수비와 자루 연결부분, 자루그물 측면의측 등 3부분에 각각 이동하면서 측정하였다.

1/2로 축소된 권현망내의 멸치 대망행동관찰은 Fig. 1에서 표시한 것과 같이 수비와 자루 연결부분, 자루앞, 깔때기부분에서 수중비디오 카메라를 고정시키고 6인치 휴대용 모니터와 LG VTR LV-R33을 사용하여 녹화하였다. 사용한 수중 비디오 카메라의 종류는 Kowa Corp사의 구형 카메라(화각 : 수평 72°, 수직 50°)를 어탐선 선수에서 깔때기 앞부분 앞창으로 비디오카메라를 수직방향으로 현수시켜 하방으로 촬영하였다. CCD 비디오카메라를 수밀, 제작한 소형 원기동 카메라(화각 : 수평 40°, 수직 33°)를 오비기의 끝부분, 자루와의 연결부에 예망방향으로 망지에 평행하게 스

쿠버다이버가 고정시켰다. Deep Power & Light사의 Multi-Seacam 1050 원통형 카메라(화각 : 수평 77°, 수직 59°)는 스쿠버다이버가 들고 이동하면서 수비부분과 자루부분의 멸치를 관찰, 촬영하였다. 멸치의 행동을 분석하는 방법은 촬영한 비디오 테이프를 Samsung SV-300WD, VTR과 Samwoo사의 DM-210G 모니터를 사용하여 일시정지 상태로 1분당 모니터 화면상에 지나가는 멸치의 개체수를 계측하였다.

### 결과 및 고찰

본 시험조업에서 어획된 멸치 중 매 조업당 무작위로 추출된 40마의 평균전장은 4~7cm 범위였으며, 평균전장 B.L(cm)에 따른 평균체중 W(g)의 관계는 Fig. 2와 같고 관계식은 다음과 같다.

$$W = 0.01657 B.L^{2.367}$$

(자료수 : 45, 상관계수 : 0.964)

우리나라 남해안 멸치 어장의 9개 관측점에서 조사기간 중에 계측된 수중광의 수중조도 L(lux)와 수심 d(m)의 관계는 다음과 같이 지수 곡선식으로 나타낼 수 있다.

$$L = L_0 \exp^{-cd}$$

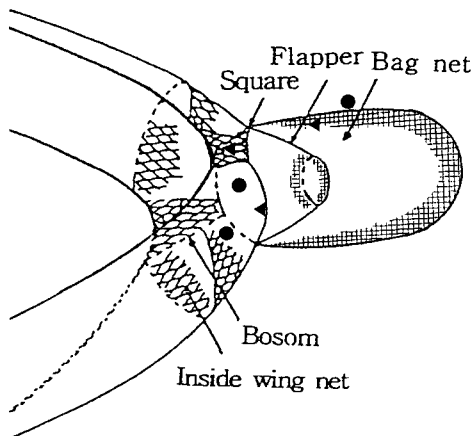


Fig. 1. Measuring points in the anchovy boat seine for water velocity meter(●) and video camera(▲).

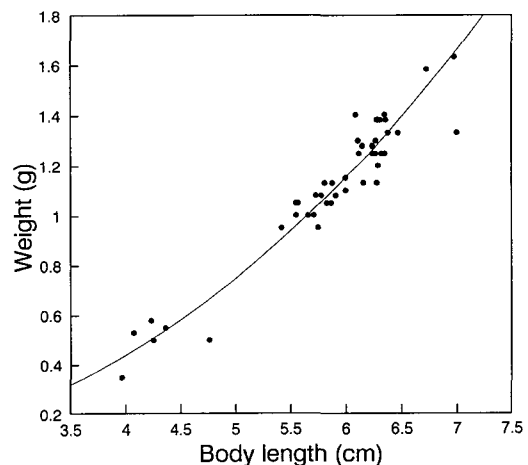


Fig. 2. The relationship between body length and weight of the anchovy, *Engraulis japonicus* caught during 45 experimental fishing.

**Table 2. The vertical attenuation coefficient  $c$  in the equation  $L=L_0 \exp^{-cd}$  for underwater light where  $L$  is illuminance ( $lux$ ),  $L_0$  illuminance intercept and  $d$  depth ( $m$ )**

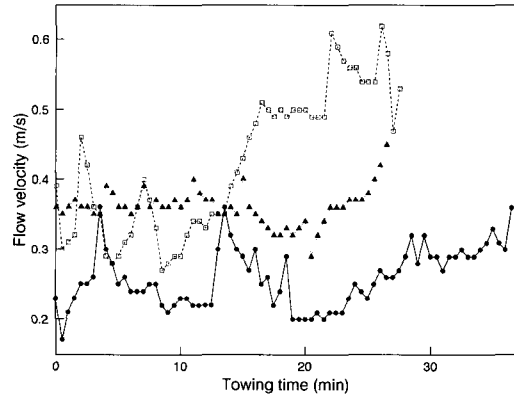
Position N.O	$L_0$	$c$	Number of data	Correlation coefficient
1	4812.80	0.267	7	0.998
2	2406.24	0.240	5	0.751
3	101989.14	0.343	6	0.994
4	8024.94	0.490	5	0.984
5	6904.17	0.372	6	0.938
6	45308.92	1.034	4	0.938
7	11197.53	0.576	7	0.969
8	7520.32	0.368	7	0.993
9	14006.06	0.363	6	0.952

이때  $L_0$ 는 수심  $d=0m$  일 때의 수면조도이고,  $c$ 는 수직 광흡수계수를 나타낸 것으로 각 관측점에서 최소자승법에 의한 계산결과를 Table 2와 같다.

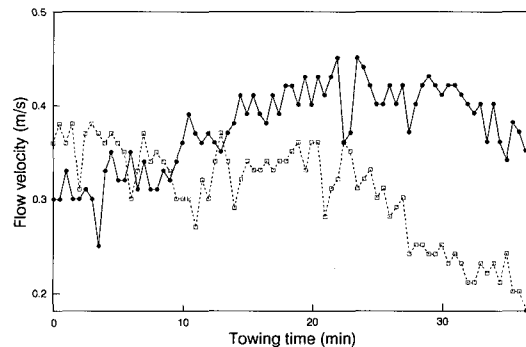
관측점 2의 경우에는 광흡수계수가 0.24로 가장 작아서 깊은 수심까지 수중광이 통과될 수 있는 투명도가 높은 반면, 관측점 6의 경우에는 광흡수계수가 1이상으로 관측점 2의 경우보다 4배 정도나 크게 나타나서 빛이 투과되는 것이 매우 미약한 곳으로 볼 수 있다. 본 관측지점이 진해만 주변해역인 거제 연안과 통영연안으로 국한되기는 하였으나 20년전에 거제도 동부에서 측정된 양 (1980)의 평균 광흡수계수 0.21 보다 대부분 높게 나타나서 그 혼탁의 정도가 심해졌음을 알 수 있다.

미국 연안산 멸치류 (*Engraulis mordax*)의 시각역치 (Hunter and Nicholl, 1985)는 개체 유영 일 때  $10^{-4} lux$ , 군형성시  $6 \times 10^{-3} lux$  정도인 것에서 주로 주간에 조업하는 권현망어업에서 어장수심이 50m 이상에서도 어군을 이를 정도의 수중밝기는 충분한 것으로 보인다. 그러나 본 조사해역의 광흡수계수는 0.2~1.0 정도로 본 멸치어장의 투명도의 범위가 매우 커서 주로 적색과 백색 망지로 구성되는 권현망 어구의 시인도 (Kim and Wardle, 1998) 또한 어장에 따라 차이가 클 것으로 예상된다.

멸치 권현망어구에 유속계를 사용하여 예망시간에 따른 자루입구 중앙부에서 예망 상대유속을 측정된 결과, 원형어구를 가지고 3회 시험조업한 경우의 예는 Fig. 3과 같고, 1/2축소어구를 가지고



**Fig. 3. Relative flow velocity in the mouth of full scale anchovy boat seine. Each curves represent each operations started from 6h 40min (▲), 8h 20min (●) and 18h 55min (□) on June 14, 1999.**



**Fig. 4. Relative flow velocity in the mouth of half-size anchovy boat seine. Each curves represent each operations started from 14h 15min (●) and 15h 55min (□) on June 25, 1999.**

2회 시험조업한 경우의 예는 Fig. 4와 같다. 자루입구 상대유속의 시간별 변화는 당해어장의 조류와 멸치어군의 크기나 이동 상태에 따라 망선간격과 엔진회전수를 조정하는 권현망 어법상의 특성으로 인하여 그 변화가 불규칙하게 나타나는 것으로 보인다.

다음에는 원형그물과 2/1축소그물의 수비중간, 수비와 자루연결부분, 자루부분의 평균유속을 Fig. 3과 Fig. 4의 예에서 나타냈던 망구입구의 평균유속과 비교하여 Table 3, 4, 5에 각각 나타내었다.

1/2로 축소된 권현망어구에 대한 멸치의 반응행

동은 수비와 자루연결부분 및 앞창 수직방향으로 수중카메라를 사용하여 촬영하고 시간경과에 따라 모니터에 나타나는 1분당 멸치 도피수를 계수하였다. 그 결과, Fig. 5에서와 같이 수비 뒷쪽 끝 자루연결부분에서 그물 밖으로 빠져나가는 비디오카메라 화각(수평 40°, 수직 33°)내에서 관찰된 1분간 멸치의 평균 도피수는 455미(표본표준편차: 264)였다. 또한 Fig. 6에서와 같이 자루에서 갈때기를 통과하여 앞창부분으로 예인방향과 같이 유영하는 비디오카메라 화각(수평 72°, 수직 50°)내의 1분간 멸치의 평균 도피수는 308미(표본표준편차: 351)이었다.

Fig. 5에서 멸치 도피수는 거의 변화가 없다가 33분 경과 후 약간의 도피수가 늘었으며, Fig. 6에서 경과 시간에 따른 도피수는 균일하지 않고 변화폭이 크며 15분대에 있어서 그 도피수가 최대치

로 나타났다. 이는 멸치의 유영능력과 그물 예망 속도에 따른 변화라기 보다는 전체 멸치 어군 크기와 관찰한 어구의 특정부위에 조우하는 멸치의 개체수에 기인하는 것으로 보인다. 플랑크톤네트를 사용한 경우 전장 7mm이하인 멸치 치차어의

**Table 3. Relative flow velocity at the middle wing in relation to flow of mouth net**

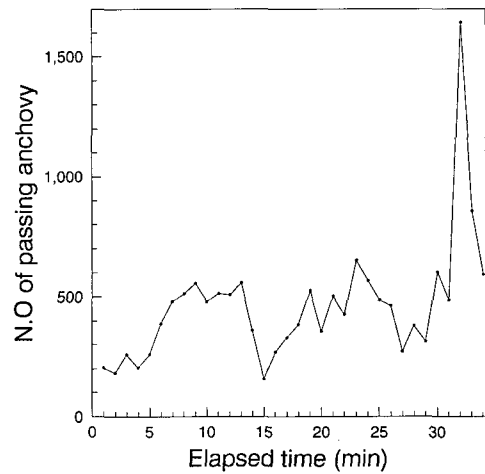
Net type	Item	Mouth(A)	Middle wing(B)	B/A
Full scale	Flow(m/s)	0.36	0.35	0.97
	S.D	0.02	0.02	
	N.O of data	12	12	
Half size	Flow(m/s)	0.41	0.41	1.00
	S.D	0.01	0.03	
	N.O of data	11	11	

**Table 4. Relative flow velocity at the wing end in relation to flow of mouth net**

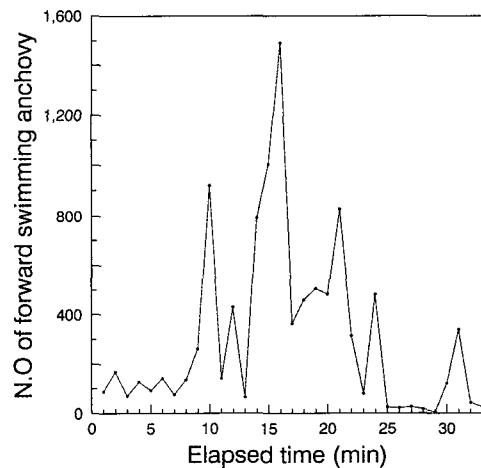
Net type	Item	Mouth(A)	Wing end(C)	C/A
Full scale	Flow(m/s)	0.26	0.38	1.46
	S.D	0.04	0.03	
	N.O of data	20	20	
Half size	Flow(m/s)	0.39	0.57	1.46
	S.D	0.02	0.03	
	N.O of data	21	21	

**Table 5. Relative flow velocity at the codend in relation to flow of mouth net**

Net type	Item	Mouth(A)	Codend(D)	D/A
Full scale	Flow(m/s)	0.37	0.25	0.68
	S.D	0.01	0.03	
	N.O of data	12	12	
Half size	Flow(m/s)	0.38	0.25	0.66
	S.D	0.01	0.04	
	N.O of data	12	12	



**Fig. 5. The number of escaping anchovy with the time elapsed from the inside wing end within the visual range of video camera (Horizontal 40°, Vertical 33°) in relation to towing time.**



**Fig. 6. The number of escaping anchovy by swimming forward through flapper from bag net within the visual range of video camera (Horizontal 72°, Vertical 50°) in relation to towing time.**

어획률 (Nakamura, 1989)은 멸치 전장에 반비례하고, 예망속도에 비례하는 것으로 조사되었다. 그러나 일본의 파치망을 사용한 Kawamura and Tabata (1990)와 대만의 기선권현망을 가지고 어탐으로 조사한 Lee *et al.* (1996)의 보고에 의하면 전장 35mm이하인 멸치치어의 경우에는 전장이 클수록 구집효과가 크다고 하였다. 이것은 전장이 클수록 시각능력과 유영능력이 증가하고, 따라서 그물을 시인하고 이것에 위협을 느끼고 구집되는 비율이 큰 것으로 보인다. 그러나 본 조사에서 어획된 멸치는 그들이 어획한 멸치 전장보다 훨씬 크며, 또한 기존 조사 방법인 어탐의 분해능에 비추어 볼 때 멸치 개체를 탐지하기는 거의 불가능했을 것이나, 본 조사에서는 수중비디오 카메라를 그물에 고정시키고 멸치개체의 도피 반응을 직접 관찰, 확인하였다. 멸치의 유영속도를 Lee (1975)와 Kim and Wardle (1997)을 참고로 추산하면 전장 4~7cm의 지속적 최대 유영속도는 전장의 10배/초 정도로 어구 주변의 상대 유속 (Kim, 1997) 보다는 훨씬 크므로 권현망의 예망방향을 거슬러 자루그물에서 갈매기를 지나 수비기 쪽으로 도피하는 것이 가능한 것으로 유추할 수 있다. 이때 자루그물에서 부터 멸치들이 거의 열을 지어서 앞으로 유영하는 것이 어탐에서도 확인할 수 있는데 멸치들의 이러한 조직적인 행동은 그야말로 경이로운 것이라 볼 수 있다. 또한 수비에서 멸치들이 그대로 통과하는 경우에는 멸치의 최대유영속도가 상대유속보다도 더 크고, 멸치의 시각능력 (Kim, 1998)으로 보아 그물을 충분히 시인할 수 있을 정도로 그물의 시각적대비가 큰데도, 멸치 개체들이 그대로 통과하는 현상들은 멸치의 적극적인 도피행동으로 보아야 할 것 같다.

## 요 약

1999년 5월 29일부터 6월 30일까지의 남해안에서의 수심에 따른 수중광의 변화와 조업시간의 경과에 따른 예망 상대유속을 측정하고, 권현망어구에 대한 체장 4~7cm정도 되는 멸치들의 도피반응행동을 관찰하고 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 남해안 통영, 거제 부근 멸치어장에서 수심에

대한 수중광의 변화를 자연대수 곡선식으로 나타내면 광흡수계수  $c$ 는 대표적인 관측점에서 주로 0.24~1.03 범위로 나타나서, 멸치의 어구에 대한 시인도가 어장에 따라 클 것으로 보인다.

- 2) 권현망어구의 원형그물과 1/2축소그물의 자루그물 입구부분의 상대유속을 기준으로 할 때, 수비와 자루연결부분의 유속비는 평균 1.46, 자루부분의 유속비는 평균 0.67로 나타나서, 어구의 부위에 따른 상대유속변화가 멸치의 유영운동과 도피운동에 영향을 줄 것으로 보인다.
- 3) 축소된 권현망어구에 있어서의 멸치의 대망행동을 관찰한 결과 수비와 자루연결부분에서 빠져나가는 1분당 멸치 도피수는 평균 455미 정도였으며, 자루앞에서 예인방향으로 유영하여 갈매기를 빠져나가는 1분당 멸치도피수는 평균 308미 정도로 나타나서, 어구 전체적으로는 상당수의 멸치들이 능동적인 도피행동을 나타내는 것으로 유추할 수 있다.

## 사 사

본 연구는 1999년도 해양수산부 수산특정연구과제 "기선권현망어업의 어구개량과 자동화 조업시스템개발"의 일부분으로 수행되었다. 본 실험에 많은 도움을 주신 신광수산 서명관 사장님과 선원 여러분, 부경대학교 이춘우 교수님, 본 측정과 분석을 도와준 이승호, 김동우, 이정호 군 등에게 감사드립니다.

## 참고문헌

- An, Y.-S., Jang, C.-S. and Lee, J.-H. (1997) : The opening efficiency of anchovy boat seine, Bull. Koren Soc. Fish. Tech. 33(2), 118~132.(in Korean)
- Hunter, J. R. (1972) : Swimming and feeding behavior of larval anchovy, *Engraulis mordax*, Fish. Bull. 70, 821~838.
- Hunter, J. R. and Nicholl, R. (1985) : Visual threshold for schooling in northern anchovy

- Engraulis mordax*, Fish. Bull. 83, 235~242.
- Jang, C.-S., Kim, Y.-H. and An, Y.-S. (2000) : Improving of the fishing gear and development of the automatic operation system in the anchovy boat seine- I . -Underwater geometry of the model net-, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 36(4), 299~308 (in Korean).
- Kawamura, G. and Tabata, K. (1990) : Driving anchovy larvae by large mesh wings of pair midwater trawl, Bull. Japanese Soc. Sci. Fish. 56(7), 1099~1103. (in Japanese)
- Kim, Y.-H. (1997) : Modelling relative water flow and its sensitivity of fish in a towed fishing gear, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 33(3), 226~233.
- Kim, Y.-H. (1998) : Modelling on contrast threshold and minimum resolvable angle of fish vision, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 34(1), 43~51.
- Kim, Y.-H. and Wardle, C.S. (1997) : Modelling of swimming ability limits for marine fish, J. Korean Fish. Soc. 30(6), 929~935.
- Kim, Y.-H. and Wardle, C.S. (1998) : Modelling the visual stimulus of towed fishing gear, Fisheries Research 34, 165~177.
- Lee, B.-G. (1975) : The swimming ability of anchovy, Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ. Busan 8, 1~13.(in Korean)
- Lee, B.-G., Su, Y.-T., Yum, M. and Han, H. (1979) : Study on the anchovy boat seine-Ⅲ, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 15(2), 83~94.(in Korean)
- Lee, K.-T., Lee, M.-A. and Wang, J.-P. (1996) : Behavioural responses of larval anchovy schools herded within large-mesh wings of trawl net, Fisheries Research 28, 57~69.
- Lee, M. A., Lee, K. T. and Wang, J. P. (1995) : Acoustic estimation of biomass and dispelling of larval anchovy herded by large-mesh wings of trawlnet, J. Fish. Soc. Taiwan 22(1), 15~22.
- Nakamura, M. (1989) : An estimation of capture probability on anchovy larvae *Engraulis japonicus* with a 60cm-BONGO net, Nippon Suisan Gakkaishi 55(11), 1893~1898.(in Japanese)
- Wardle, C. S. (1993) : Fish behaviour and fishing gear. In : T. J. Pitcher(Ed), Behaviour of teleost fishes, (2nd Edition), Chapman & Hall. pp. 609~644.
- Webb, P. W. and Corolla, R. T. (1981) : Burst swimming performance of northern anchovy, *Engraulis mordax*, Larvae. Fish. Bull. 79(1), 143~150.
- Yang, Y.-R. (1980) : Optical properties of sea water in the fishing ground of anchovy, J. Korean Fish. Soc. 13(3), 95~101.(in Korean)