

전어 선망 어구 및 조업 시스템 개발(I)

—어구의 수중 형상 및 전어 어군의 대망 행동—

장덕종 · 신형호 · 김동수 · 김진건*

여수대학교 · *부경대학교
(2002년 5월 2일 접수)

Improvement of Net Structure and Operating System in Purse Seine Fishery for Gizzard-shad, *Konosirus Punctatus*(I)

—Underwater Geometry and Behaviour of Fish School to the Net—

Deg-Jong, CHANG, Hyong-Ho, SHIN, Dong-Soo, KIM and Jin-Kun, KIM*

Yosu National University, *Pukyong National University
(Received May 2, 2002)

Abstract

In order to development the construction and dimension of fishing gear for gizzard shad coastal purse seine, first of all investigated to the sinking speed and underwater geometry of net, behaviour of fish school to the net during the fishing operation in the field.

The results obtained are summarized as follows:

1. Average sinking speed of net was 13cm/sec in bunt, 9.0cm/sec and 9.5cm/sec in 170m and 280m of center, 4.9cm/sec in end wing side, therefore was fastest in start of shooting and decreased gradually during the shooting process.
2. The most of leadline was reached in bottom from the shooting immediately to hauling time and the mean depth of timber bar used equipment for the escaping prevention of fish school was within the 2.7m.
3. The fish school of gizzard shad was appeared higher density and remained to the most time in bottom than the surface and repeated to vertical movement, and its tendency to distinct in rapid time of tide current.
4. Behaviour of fish school in the net was showed to the vertical movement by sinking and rising immediately with the shooting of net and then divide with the two shape to follow round the wall of net and no patterns straightly movement in the net, and tendency easily caught in fish school of the wall of net.
5. Escaping of fish school in the gap of wing side was to busy after that seting the timber bar, therefore its function for escaping prevention of fish school was very lowed.
6. Escaping behaviour of fish school was differenced with the depth of fishing ground, the above 20m escaped to busy through the below in ledline because the sinking speed of fish school is fast than the net.

서 론

전어, *Konosirus punctatus*는 우리 나라 남해 연안에서 주로 어획되는 어종으로서 연안 자망이나 정치망을 포함한 각종 낙망류 등에서도 일부 어획되지만, 석조망이나 양조망과 같이 어군을 그물로 둘러쳐서 어획하는 연안 선망 어구에 의해서 가장 많이 어획되고 있다(國立水産振興院, 1997).

그러므로 전어 선망 어업은 수산업법에 의한 석조망과 양조망으로 전어를 어획하는 어업인데, 이 어업의 주 어장이라고 할 수 있는 남해 연안에서 여기에 따라 멸치나 갈치와 같은 전어 이외의 어종을 어획 대상으로 하기도 하지만 전어가 연안에 많이 내유하는 5~6개월 동안은 전어만을 주 어획 대상으로 한다. 전어 선망 어업의 동향을 보면, 어장과 전어 자원량이 한정되어 있는데도 불구하고 어구 규모는 매년 증대되고, 조업 방법은 과거의 형태에서 전혀 변함이 없이 전적으로 인력에 의존하고 있는 실정이다.

따라서 어구·어법을 개선해 나가는 것이 시급하다고 볼 수 있다.

그런데 선망 어구에 대한 연구는 Iitaka(1971)의 어업 형태별 대상 어종에 따른 어획성능, Inoue(1954)와 Iitaka(1955) 및 Ishii et al.(1961), Shou.(1980), Park(1986) 등의 정어리와 고등어 및 다랑어 건착망에 대한 연구로 줍줄 조임시 줍줄의 장력 변화와 어구 형상 변화 등이 있고, Konagaya(1970)와 Kim(1995)은 그물감의 밀도와 그물코가 다른 그물감으로 구성된 건착망 어구의 침강속도 차이 등 대다수의 연구가 모형실을 통해서 이루어져 왔다. 또한 어구에 대한 어군의 행동에 관한 연구는 Shimozaki et al.(1975)이 가다랭이 및 다랑어 선망 조업에서 어군의 유영속도와 유영층, 어군과 망선의 위치관계를 해석하였으며, Park et al.(1997)이 한국 근해 고등어 선망 어구와 유럽식 선망어구에 대한 틸라피아 어종의 대망 행동을 수조에서 조사하였다.

이와 같이 다수의 연구가 보고되고 있으나, 이들 연구는 대부분 근해 이상의 해역에서 조업중인 대형 선망 어구를 대상으로 한 것이며, 연안의 천해 수역에서 어구의 하단부가 항상 저질에 닿은 채 조업을 수행하는 전어 선망 어구에 대한 연구는 찾아볼 수 없는 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 현행 전어 선망의 어구·어법 및 조업 시스템의 개발을 위한 연구로

써 어구의 수중 형상 및 전어 어군의 대망 행동을 조사하였다.

재료 및 방법

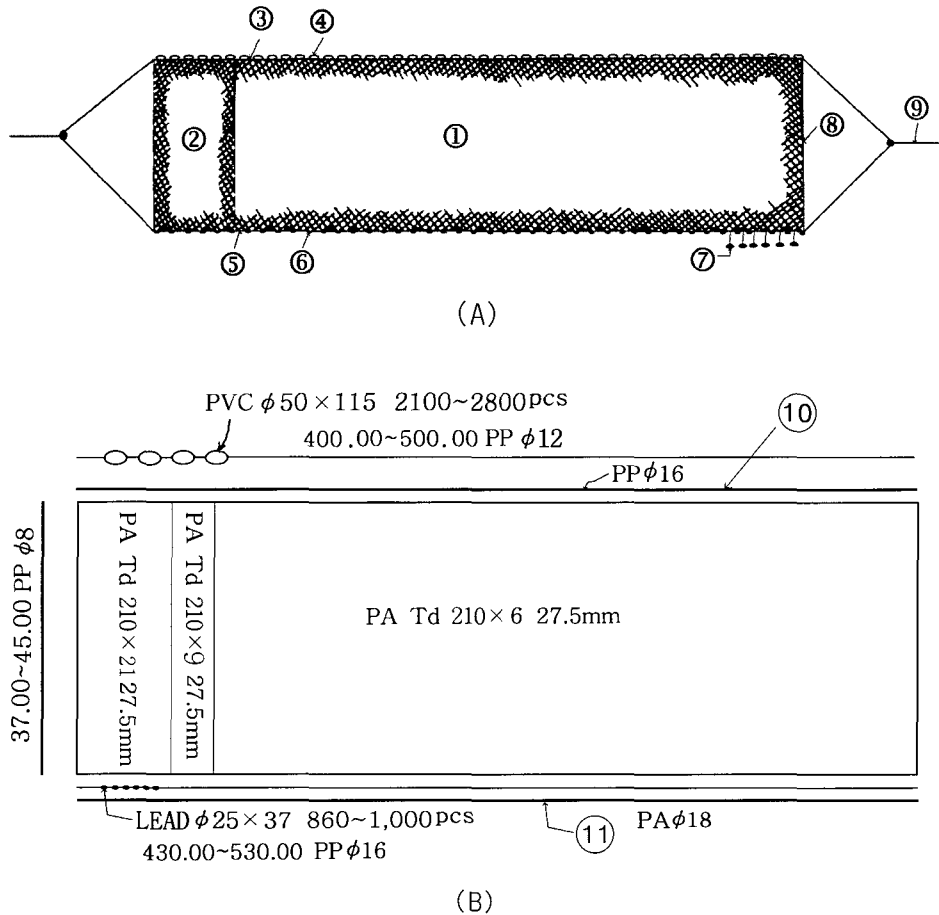
본 조사는 2000년 7월 25일~7월 30일과 동년 8월 10일~8월 12일에 걸쳐 시험선인 덕성호에 편승하여 여수 연안 해역인 가막만 주변에서 6일 동안 총 9회 조업중에 실시되었으며, 조사 기간 동안의 조업시간과 어획량 및 조업 어장의 수심 등은 Table 1과 같다.

Table 1. Fishing time and catch by the purse seine for gizzard-shad investigated from July and August, 2000

Month	Day	No. of Operation	Fishing Time	Catch (kg)	Fishing Ground	Depth (m)
Jul.	25	1	12:30~14:30	400	Yosu Gamakman	12
	26	1	17:00~19:00	2,000	"	12
	28	1	08:00~11:30	100	"	12.5
Aug.		2	13:00~15:00	40	"	
	10	1	14:00~16:30	10	"	10
		2	17:00~19:30	350	"	
	12	1	09:00~11:30	1,050	Yosu Yojaman	8

본 실험에 사용한 어구는 현행 전어 선망 어업에 종사하고 있는 전남 여수시 화양면 감도리 소재 덕성호(4.98ton, 200Hp)의 어구로서 뜰줄 400m 이고, 발줄 430m, 쇠줄 45m인 규모이다(Fig. 1).

한편 조업시 투망에 따른 그물의 침강속도와 조업 진행에 따른 어구 하단부 심도 변화는 그물을 투망 시작부와 종료부 및 중앙부로 나누어 Fig. 2와 같이 어구의 하단부인 발줄에 자기식 수심 로그(Minilog/TD, Vemco)를 부착하여 0.5초마다 수심을 측정하였다. 또한 어장에서 어군의 유영 행동과 서식 수층 및 어구 내에서의 행동과 탈출 특성 등은 어로작업을 수행하는 반대쪽인 좌현에 어군탐지기(DSF-3000LA, Sam young Co.)와 180° 스캐닝 소너(PC/VIEW, Interphase Co.)를 고정하여 측정하였다. 이 때 어군탐지기의 어군 영상과 소너 영상은 PC에 자동 저장하여 분석하였다(PC VIEW 2.0). 또한 조업 중 그물감에



- ① Body net, ② Bunt, ③ Float line, ④ Float, ⑤ Lead line, ⑥ Lead, ⑦ Sinker(stone),
- ⑧ Selvage line, ⑨ Hauling line, ⑩ Float hauling line, ⑪ Lead hauling line

Fig. 1. The net of purse seine for gizzard-shad.

(A) : Type of ent (B) : Design of net

같은 어군 행동과 어구의 양 옆 부분에서의 어군의 탈출 행동은 수중 비디오 카메라(Sony, TRV24)로 촬영한 후 화상 분석 소프트웨어(Hoontech co)를 이용, PC에 저장하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 어구의 침강 속도 및 조업과정에 따른 심도 변화

Fig. 2는 투망 후 어구 하단부 발출이 최고 수심에 도달할 때까지 어구 각부의 침강 속도를 보여주는데, 어구의 위치에 따라 침강하는 깊이와 속도가 차이를 보이고 있다. 투망 시작부인 어포부의 경우 해저까지 도달하는 침강속도가 평균 13cm/sec이고, 어포부에서 길이 방향으로 170m 부분과 280m 부분은 각각 9.0cm/sec와 9.5cm/sec이며, 투망 종료부는 4.9cm/sec였다.

이와 같이 어구의 침강 속도는 투망 시작부에서 가장 빠르고 투망이 진행됨에 따라 점차 느려지다가 종료부에서 현저히 감소하였다. 그 이유는

선박의 진행 속력과 투망 속도와와의 차이에서 오는 영향이라고 할 수 있다. 즉, 투망 시작부인 어포부의 경우는 선박의 항주 속력이 최대에 도달하지 않은 상태에서 일정 속도로 어구가 투하되기 때문에 별다른 간섭없이 곧바로 침강할 수 있다.

그러나 선박의 진행 속력이 증가하여 어구를 투하하는 속도보다 빨라지면 어구의 하단부가 점차 긴장되어 어구의 침강 속도가 투망 종료부로 갈수록 늦어진다고 할 수 있다.

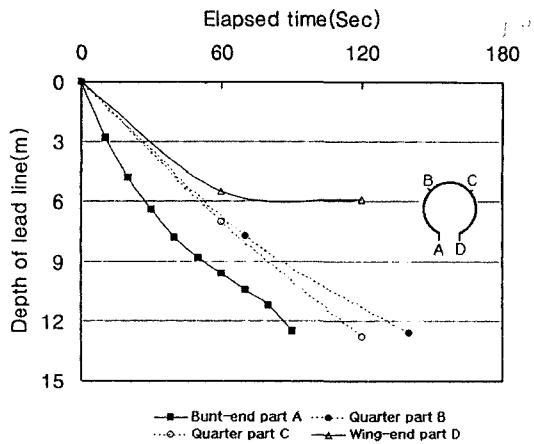


Fig. 2. Sinking depth of the lead line by the elapsed time.

Fig. 3은 투망이 시작되어 어구 하단부인 발줄을 완전히 인양할 때까지 조업 진행에 따른 발줄의 심도 변화를 나타낸 것이다. 즉 투망 소요시간 1분 30초와 발줄 인양시간 24분 동안 발줄의 수심 변화를 경과하는 시간에 따라 보여준다.

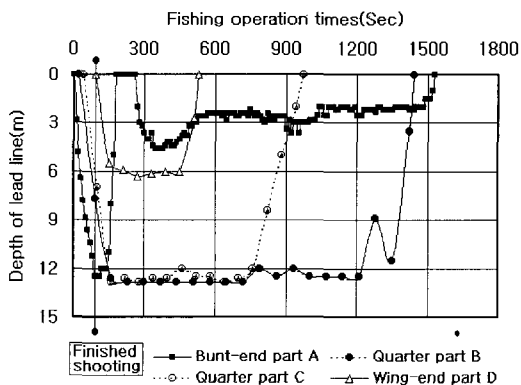


Fig. 3. Sinking movement of lead line during the fishing operation.

이것에서 보면, 투망 완료 후 어구의 최고 침강 수심은 투망 종료부인 어구 끝단에서만 침강 수심이 6m로 나타나고 다른 모든 부분에서 발줄이 수심 12.5m인 해저에 닿아 있음을 알 수 있다.

한편 투망 시작부인 어포부 끝 발줄은 투망 완료 후 가장 먼저 인양되고 약 2분 정도의 시간차를 두고 다시 수중에 투하되는데, 모든 발줄의 인양이 완료되는 시간 내내 평균 수심 2.7m를 유지하고 있는 것을 볼 수 있다. 또한 발줄의 인양은 투망 종료부에서 시작되어 점차 투망 시작부인 어포부 쪽으로 진행되는데, 모든 발줄을 인양하기까지는 약 20분의 시간이 소요됨을 보여 준다.

이와 같이 다른 부분에 비해 투망 종료부에서 침강 수심이 낮게 나타난 것은 발줄 인양 작업을 위해 투망시 발줄의 고삐줄을 충분히 내어주지 않고, 투망 완료와 동시에 고삐줄을 선박에 고정시키기 때문에 어구가 충분히 침강하지 못한다고 볼 수 있다.

또한 어포부 끝 발줄의 수심 변화는 현행 조업 방법상 발줄을 인양하는 도중에 그물에 갇힌 어군이 탈출하는 것을 방지하기 위하여 발줄이 떠오르지 않게 하는데, 그 길이가 약 15m, 직경이 12cm인 목봉을 사용한다. 그러나 목봉을 사용하여도 발줄의 수심은 2~3m 미만에 불과하므로 어민들이 의도하는 것보다 실제 깊이는 훨씬 낮음을 알 수 있었다.

또한 어구의 하단부인 발줄을 인양하는 작업은 발줄과 인양줄을 차례로 분리하면서 인양줄을 감아 올리기 때문에 작업이 연속적으로 이루어지지 못하고 모든 발줄을 인양하는데 상당한 시간이 소요됨을 알 수 있었다.

2. 어군의 군집 특성 및 대망 행동

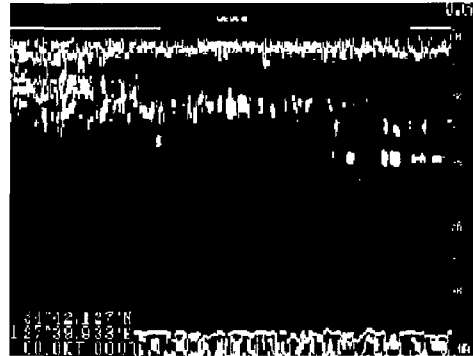
전어는 유영층이 표층과 저층으로 확연히 구분되어 군을 이루어 서식하는 특징이 있다. 이 중 눈으로 쉽게 확인할 수 있는 표층 어군은 평소 수면 근방에서 매우 활발하게 움직이다가 주변의 자극에 대해서 민감하게 반응함으로 어군탐지기의 영상에 군으로 표시되지 않을 정도로 빠르게 흩어지면서 곧바로 침하 하였다가 다시 부상하면서 군으로 모이는 행동을 반복하였다.

또한 저층 어군은 군집하여 해저에 붙어 있는 상태인데, 표층에서의 활발한 움직임과는 대조적으로 오랜 동안 움직임이 거의 없고 군집형태도 표층 어군에 비해 훨씬 농밀한 형태를 띠고 있다(Fig. 5).

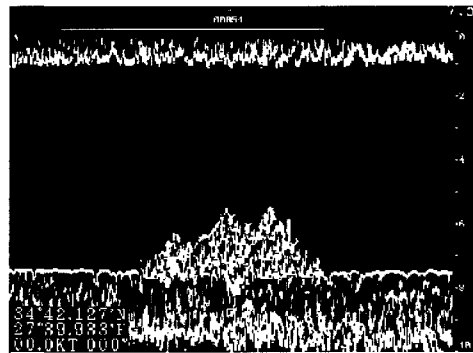
특히 하루 중 대부분의 시간을 해저에 머물다 조류가 약해지는 시점에 표면으로 부상하여 유영하다가 다시 조류 흐름이 빨라지면 침하하는 연직운동을 반복하는 특징을 보이는데, 야간보다는 주간에 더욱 확실한 연직운동을 하고 표층에서 머무는 시간도 짧았으며, 이러한 현상은 조류의 흐름이 약한 조금 때보다는 조석 차가 큰 사리 때(7~9몰)에 더욱 뚜렷하게 나타났다.

한편 Yokoda(1953)는 건작망 어업에서 정어리 및 전갱이류에 대한 유영층을 어군탐지기로 조사한 결과, 정어리의 경우 서식 수층이 낮아 수심이 깊어짐에 따라 기록되는 어군수가 급격히 감소하였으나 전갱이류는 성장하면서 섭이 활동을 위해 암초나 해저 가까이 분포하기 때문에 그 경향이 현저하지 않다고 하였는데, 전어의 경우도 먼바다에서 연안으로 회유한 후 해저의 개혹을 섭이하면서 성어로 성장하므로 연안에 머무는 동안은 주로 해저에서 서식한다고 할 수 있다(國立水産振興院(2000)).

또한 Inoue(1961)는 멸치에 대한 1,170가지 어군탐지기 기록에서 어군의 유영 수심은 어군의 어체의 크기나 기상 상태, 수온 등에 따라 달라진다고 하였다. 특히 해면의 흐름이 조용한 아침과 저녁 무렵에 어군의 유영 수심이 가장 얇게 나타났다고 하였으며, 이러한 결과는 표층 어군인 전어 선망 어업에서도 비슷한 경향을 나타내는데, 하루 중 조류 흐름이 약해지는 시기에 어군이 가장 많이 탐색되고 조업도 대부분 이 시간에 이루어지기 때문에 조류가 전어의 유영 수층에 영향을 미치는 것으로 추측된다.



<A>



(A) : Surface fish school
(B) : Bottom fish school

Fig. 4. Fish school obtained by fish finder.

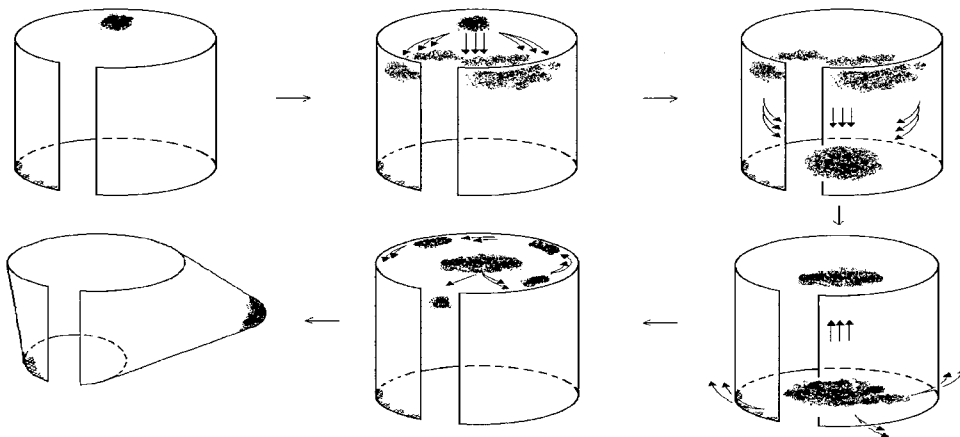


Fig. 5. Behaviour patterns of fish school in the net.

Fig. 5는 어군탐지기와 소너에 탐색된 전어 어군에 대한 영상을 분석하여 투망시 그물에 갇힌 어군의 일반적인 행동패턴을 나타낸 것이다. 보통 투망에 의해 그물이 어군을 둘러싸게 되면 표층에서 수영하던 어군은 곧바로 침하하고 다시 표층으로 상승하는데, 수심이 낮은 해역에서는 빨물을 일으키며 상승하는 등 수직 행동을 반복적으로 보인다.

그 이후 어군이 분산되면서 그물 벽을 타고 돌기 시작하는 어군과 일정한 수영 패턴 없이 포위권내를 직선적으로 움직이는 어군으로 나누어지는데, 그물 벽을 따라 움직이는 어군은 그물감이 조류 하 방향으로 쳐지기 시작하면서 그물감에 갇히게 되고, 일단 쳐진 그물감에 갇히게 되는 어군은 단순히 머리를 그물감으로 향한 채 그물 벽을 통과하려는 행동을 보인다.

결국은 수영력을 상실한 채 양망시간 동안 그물감과 함께 조류에 떠밀리게 되며(Fig. 6), 일정한 수영패턴 없이 직선적으로 움직이는 어군은 어구의 포위권이 좁혀지면서 그물감에 갇히거나 산발적인 행동을 보인다 우연히 어구의 양 끝단으로 탈출하는 경향을 보였다.

또한 어장의 수심에 따라 어구 내에서 어군의 탈출 행동은 차이를 보이는데, 수심이 낮은 어장에서는 표층에서 해저까지 그물이 어군을 차단하게 되므로 어구의 양 끝단 쪽에서만 탈출하고, 수심이 20m 이상 되는 해역에서는 Fig. 7에서 볼 수 있듯이 그물의 침강 속도보다 침하하는 어군의 속도가 빠르기 때문에 그물에 조우한 어군은 어구의 하단부를 통과하게 된다.

특히 어군이 한번 탈출하면 그 부분에서 집단적으로 탈출하게 되고, 조업이 실패로 이어지기 때문에 일반적으로 수심이 20m 이상 되는 어장에서는 어군을 발견하여도 투망을 포기하는 경우가 빈번하였다.

한편 건착망에 포위된 어군에 대한 행동을 조사한 Kawamura(1974)와 Iitaka(1955)는 그물에 갇힌 정어리 어군과 고등어·전갱이류 어군은 상하 두개의 어군으로 나누어져 각각의 어군이 연직 행동을 보이고, 어군이 장애물과 조우하면 곧바로 침하하여 그물의 아래쪽으로 탈출하는 경우가 가장 빈번하다고 하였다. 전어의 경우도 비슷한 행동을 보여주지만, 어군이 분리되지 않고 전체 어군이 동시에 연직 행동을 하였으며, 조업 어장의 차이 때문에 수심이 깊은 해역에서만 그물의 하방으로 탈출하는 경향을 보였다.

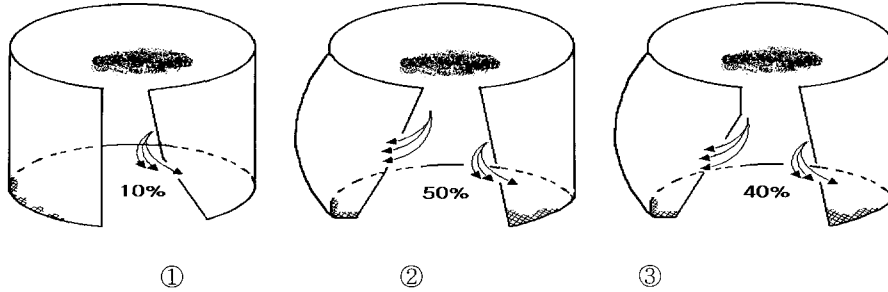


Fig. 6. Behaviour of fish school in the body-net obtained by under water video camera.



Fig. 7. Escaping behaviour of fish school below the lead line obtained by the scanning sonar.

Fig. 8은 어구의 양 옆 개구부에 대한 어군의 탈출 유형을 파악하기 위하여 수중 카메라로 촬영한 후 개구부 전체 탈출량을 100%로 보고 조업과정별로 탈출 비율을 분석하였다. 투망을 완료하고 난 후 어포부의 발줄 끝에 목봉을 부착하고 자 해저에 침강되어 있는 어포부 발줄을 선내로 인양하므로 어구의 하단부가 양쪽 모두 들리는 형태가 되어 탈출이 이루어지는데, 목봉 조작이 쉽지 않기 때문에 이 단계에서 시간이 지체되어 전체 탈출량의 50% 정도를 차지하였다. 또한 발줄 인양은 목봉에 부착된 반대쪽 발줄을 끌어 당겨서 진행하는데, 수중에 투하된 목봉이 불과 2~3m 깊이에서 어포부 끝의 발줄을 붙잡고 있기 때문에 인양 작업 내내 목봉 하방에서 어군의 탈출이 이루어지며, 인양 작업이 진행될수록 포위면적



① Escaping of first ② Escaping of quadratic ③ Escaping of cubic
 Fig. 8. Analysis of the escaping behaviour of fish school in the wing side.

이 줄어들고 발줄을 당기는 힘이 목봉으로 전달 되므로 목봉이 부상하면서 어군이 탈출하는 경우가 더욱 빈번하였다.

으며, 그물 벽을 돌기 시작하는 어군과 일정한 유영 패턴 없이 포위권내를 직선적으로 움직이는 어군으로 구분되었고, 그물 벽을 타고 도는 어군은 쉽게 그물감에 갇히는 경향이였다.

요 약

연안 어장에서 어획하는데 적합한 어구 구조 및 규모를 도출하기 위한 기초 연구로서 현용 전어 선망 어구의 침강 속도와 조업 과정별 수층 형상 변화 및 어구에 대한 어군의 행동 특성 등을 실제 조업 어장에서 조사하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

5. 어군의 탈출은 수심에 따라 차이를 보이는데, 수심이 낮은 어장에서는 표층에서 해저까지 그물이 어군을 차단하게 되므로 어구의 양 끝단 쪽에서 탈출하고, 수심이 20m 이상 되는 해역에서는 그물의 침강 속도보다 침하하는 어군의 속도가 빠르기 때문에 그물에 조우한 어군은 어구의 하단부를 통과하여 탈출하는 경우가 빈번하였다.

1. 그물의 침강 속도는 투망 시작부인 어포부에서 평균 13cm/sec, 중앙부인 170m부분과 280m 부분은 각각 9.0cm/sec와 9.5cm/sec, 투망 종료부에서 4.9cm/sec로 투망이 진행됨에 따라 점차 느려지다가 종료부에서 현저히 감소하였다.

6. 어구의 양 옆 개구부에서 어군은 탈출 방지 장치인 목봉을 설치한 후에도 목봉의 하방으로 계속 탈출하여 목봉의 역할이 미비한 것으로 보아졌다.

2. 어구 하단부인 발줄은 투망 직후부터 인양되는 시점까지 대부분 해저에 닿게되고, 탈출방지장치로 사용중인 목봉이 발줄을 유지하는 수심은 평균 2.7m 이내로 현장에서 어민들이 의도하는 것보다 실제 깊이는 훨씬 낮았다.

참고문헌

3. 전어 어군은 표층보다 저층에서 훨씬 농밀한 군집 형태를 보이고 대부분의 시간을 해저에서 머물다 조류가 약해지면 표층으로 부상하는 연직 운동을 반복하였으며, 조류의 흐름이 빠른 사리 때에 더욱 뚜렷하게 나타났다.

4. 그물에 갇힌 전어 어군은 투망 후 곧바로 침하하였다가 다시 상승하는 수직 행동을 반복하였

1. 國立水産振興院(1997) : 沿岸漁業基本調査報告書.
2. 國立水産振興院(2000) : 水産振興院研究報告 58.
3. 金大安(1999) : 漁具學 總論, 現代出版社.
4. Iitaka, Y.(1954) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-I, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 20(7), 571~575.
5. Inoue, M.(1954) : Model experiments on the sardine ring net, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 19(9), 942~946.
6. Iitaka, Y.(1955) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-II, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 21(1), 6~11.
7. Ishii, K. and Konagaya, T.(1961) : On the

- form and the tension of purse line of a purse seine, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 27(9), 847~849.
8. Shou, C. Y.(1980) : Study on the catching possibility and sinking characters of purse seine, Jour. Taiwan Coll. Mari. Sci. Tech. 15.
9. Konagaya, T.(1970) : Studies on the design of the purse seine-II, Effect of the mesh and the specific gravity of webbing, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 37(1), 8~12.
10. Shimozaki, Y., Ohashi, E., Osawa, Y. and Sasakawa, Y.(1975) : Investigation on the result of fishing condition and efficiency of skipjack tuna purse seine operation in tropical waters-2, Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 81, 101~125.
11. Park, J. S.(1986) : Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island(1), Model experiment on the change of net shape in stagnant water, Bull. Kor. Fish. Tec. Soc., 22(2), 7~15.
12. Yokoda(1953) : A study on the sardine in Hyuganada and Bongo channel, Bull. Sei. Reg. Fish. Res. Lab., 2, 148~150.
13. Iitaka, Y.(1971) : Purse seines designs and construction in relation to fish behavior and fishing condition, Modern Fishing Gear of the World.
14. Park, J. S, Kim, S. J. and Kim, S. G.(1997) : A Study on the behaviour of fish schools in the process of catch of the purse seine fishing method, Bull. Kor. Fish. Tec. Soc., 33(3), 173~182.