

멸치초망 어업의 조업자동화 시스템 개발 (I)
- 쳃대 조작용 유압 권양기 개발 -

박성욱 · 배봉성 · 서두옥*
국립수산진흥원 · 제주대학교*
(2000년 6월 13일 접수)

**Development of the Automatic Fishing System for
the Anchovy Scoop nets (I)**
- The hydraulic winder device for the boom control -

Seong-Wook PARK, Bong-Seong BAE and Du-Ok SEO*

National Fisheries Research and Development Institute,

*Cheju National University

(Received June 13, 2000)

Abstract

Anchovy, *Engraulis japonica* scoop nets are used in the coastal of Southern and Cheju of Korea. Especially in the Cheju, the fishing gear of scoop nets consists of upper boom, lower boom, pressing stick and bag net. They are operated by fishing boats of 6 to 10 ton class and 8 persons on board. The booms are controlled by side drum, and the net and pressing stick are hauled by only human power in operating. Therefore this fishery needs to large labor and heavy human power and has much risk.

Three kinds of hydraulic winding device which controls two booms was designed and manufactured to reduce heavy labor force of scoop nets, and trial in the sea was carried out to test their performances using the commercial fishing boats of 6 ton class. The proper capacity of hydraulic pump and motor were determined by model test of boom 1/5 scale. The results obtained are as follows ;

1. Tension of boom which is being drawn was the strongest and 187.5kgf when the boom's end is in the depth of 4m under the water.
2. The hydraulic motor of the fittest kind of winder has the least leakage per time than the other kinds.
3. In the best type of several winder devices, when the pressure difference was fixed 130kgf/cm² for the safe fishery, the winding velocity of boom line was 2m/sec, is faster 0.48m/sec than traditional fishing method and this winder can catch the anchovy of 1.6 tonnage.
4. As a result, the crew were decreased from 8 to 6 and the problem of heavy human power and risk on fishing operation were solved by using the this winder.

서 론

제주 연안에서 조업하고 있는 초망어업은 야간에 멸치어군을 수상 집어등으로 표층까지 유집하여 어획하기 때문에 주광성이 약한 다른 어류는 거의 혼획되지 않는 특징을 갖고 있으며, 큰 챗대 1개, 작은 챗대 1개, 콧대 1개를 사용하여 조업선의 우현에서 어구를 투·양망하고 있다. 투망은 2개의 챗대와 1개의 콧대를 이용하여 멸치가 자루그물 속으로 들어가기 용이하도록 그물입구를 사각형이 되도록 인력으로 벌려 주고, 양망은 선대의 좌, 우현에 있는 사이드 드럼을 이용하여 큰 챗대와 작은 챗대를 반 기계적으로 들어올리며, 콧대와 그물은 순수 인력으로 들어올린다. 그리고 신속하게 투망하기 위하여 우현측에 2개의 챗대를 수면 상 3~4m 높이에 매단 채 2~3노트로 항해하면서 어군을 집어한다. 이와 같이 초망어업은 어선의 우현측에서만 집중적으로 조업이 이루어지기 때문에 이에 사용되는 어선은 연안 어선 중에는 비교적 큰 7톤급이 주류를 이루며, 적당 8명 이상의 선원이 승선하여 조업하고 있다.

한편, 우리나라의 수산업은 도시산업의 고도화, 어촌 생활환경의 상대적 낙후, 3D업종이라는 사회적 인식 등으로 어업인구는 매년 4~5%씩 감소하고 있어서 해마다 선원을 구하기가 점점 어려워지고 있다. 또한 인력 의존형 조업형태에서 기인되는 낮은 노동 생산성, 열악한 노동조건 등으로 숙련된 선원의 이탈과 그로 인해 미숙한 선원의 상대적 증가는 노동력의 질적 저하를 초래할 뿐만 아니라 안전사고를 일으키는 주요 원인이 되고 있다.

초망어업에 있어서도 이와 같은 문제점을 내포하고 있기 때문에 조업인력난을 해소하고, 조업경비를 절감시켜 침체일로에 있는 초망어업을 활성화시키기 위하여 소수의 인력으로 작업이 가능한 자동화 시스템 개발이 절실히 요구되고 있다.

지금까지 해양환경과 어획량에 대하여 멸치를 대상으로 한 연구는 어업별로 여러 가지 연구(Sohn and Kim, 1983 ; Sohn et al., 1984 ; Sohn, 1988 ; Park and Lee, 1991 ; Seo and Kim, 1999)가 있으나 초망어업의 조업 자동화 장치에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 인력소비형 초망어업을 생력화시키기 위한 시스템 연구의 일환으로 2개의 챗대를 자동 조작할 수 있는 유압 권양기 3종을 설계 제작하여 초망어업에 적합한 유압 권양기를 구명하였는데, 그 결과에 대하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 모형 챗대 제작 및 권양력 측정

초망어업에 있어서 자루그물의 투·양망은 주로 작은 챗대(Upper boom)와 큰 챗대(Lower boom)로 이루어지고, 이들 챗대의 끝에는 PP $\phi 18mm$ 의 줄이 각각 메어져 있다. 투망시 작은 챗대의 바깥 끝은 우현 정횡방향으로 수면에 접하게 하고, 큰 챗대의 바깥 끝은 선수와 30° , 수심과 60° 각도로 수중에 벌어지도록 한다. 따라서 수중에 투하된 2개의 챗대를 각각의 챗대줄로 당겨 올리는데 작용하는 장력은 작은 챗대보다 큰 챗대가 크다.

따라서 본 연구에서는 양망시 장력이 크게 작용하는 큰 챗대를 대상으로 모형 챗대를 제작하여

Table 1. Dimensions of the prototype and the model boom

Item	Prototype boom		Model boom	
	Material	Size	Material	Size
Mast	Carbon steel	$\phi 139.8mm, 8m$	Carbon steel	$\phi 34.0mm, 1.6m$
Lower boom	Carbon steel	$\phi 89.1mm, 11.25m$ weight 8.49kgf/m	Carbon steel	$\phi 10.5mm, 2.25m$ weight 1.25kgf/m
Prop	Carbon steel	$\phi 139.8mm, 1.5m$	Carbon steel	$\phi 34.0mm, 0.3m$
Net	Nylon	50kgf	Nylon	1.47kgf
Block	Steel	110mm \times 2pcs	Steel	18.4mm \times 2pcs
Rope	PP	$\phi 18.0mm$	PP	$\phi 3.0mm$

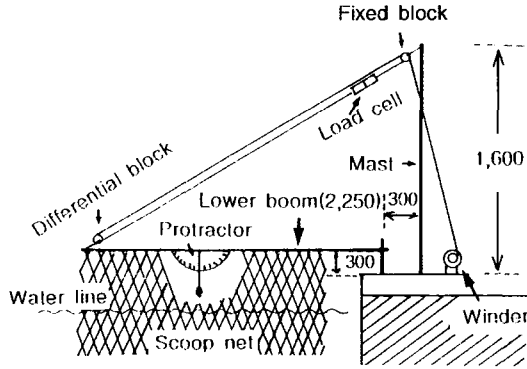


Fig. 1. Model boom system for tension test(unit in mm).

챗대줄에 걸리는 장력을 측정하였다. 모형 챗대는 우리나라 제주 연안에서 6~7톤급 어선들이 사용하고 있는 챗대를 기준으로 실물의 1/5 크기로 제작하였다. 실물 챗대와 모형 챗대의 자재 및 규격은 Table 1에 나타내었고, 모형 챗대의 구성도를 Fig. 1에 나타내었다.

실물 챗대의 중량과 그물의 중량을 각각 B_P, N_P , 모형의 경우를 각각 B_M, N_M 이라 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_P : N_P = B_M : N_M \quad (1)$$

여기서 N_M 을 구하면 1.47kgf이고 따라서 모형 챗대에 1.47kgf의 그물을 실물처럼 부착하였다.

권양 장력의 측정은 Fig. 1과 같이 챗대줄에 로드셀을 부착하고 증폭기를 통하여 PC 속의 AD변환기에 데이터가 입력되도록 하였다. 측정범위는 지지대의 정형 하방 30°에서 상방 50°까지 측정하였으며, 줄은 마스터의 하부에 장치된 권양기로 감았다. 권양속도는 실제 조업과 마찬가지로 1회 시험에 10초가 되도록 하였고, 실험은 10회 실시하였다. 10회의 실험에서 얻어진 각 시간별 값을 평균하여 시간별 순간장력을 구하였다. 또한, 각 도기를 모형 챗대에 부착하여 모형 챗대가 권양될 때 그 측면에서 비디오로 촬영하여 시간에 따른 챗대의 권양 각도를 구하였다.

2. 권양기의 구성

초망어선에 사용되고 있는 큰 챗대와 작은 챗대

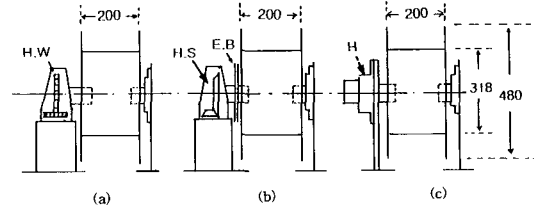


Fig. 2. Schematic diagram of the winder(unit in mm).

- H : Hydraulic motor
- H.W : Hydraulic motor and worm gear
- H.S : Hydraulic motor and Spiral bevel gear
- E.B : Electro magnetic brake.

의 끝에는 각각의 챗대줄이 매어져 있다. 이 챗대줄은 마스트를 통해 선내의 좌, 우현 사이드 드럼으로 조작된다. 그리고 어군을 집어할 때에는 사이드 드럼에 챗대줄을 견고하게 묶어 둔다.

따라서 본 연구에서는 챗대줄을 자동 조작하기 위하여 사이드 드럼 대신 Fig. 2와 같이 권양기 3종을 고안하였으며, 이들 권양기의 드럼은 챗대줄에 걸리는 장력에 의해 스스로 역회전하지 못하도록 구성하였다.

Fig. 2, a형 권양기에는 유압모터의 출력축에 1 : 10의 워م 감속기를 내장하고 드럼을 부착하였으며, b형에는 1 : 3의 스파이럴 베벨감속기와 DC 24V용 전자브레이크를 부착하였다. 그리고 c형에는 감속기를 사용하지 않고, 유압의 누수량이 적은 유압모터에 드럼을 부착하였다. 권양기의 드럼 크기는 동일하게 제작하였으며, 각각 2대씩 설계 제작하여 기관실의 상갑판에 설치하여 한 개는 작은 챗대를, 다른 한 개는 큰 챗대를 조작하도록 하였다.

기존의 초망어선에는 자루그물이 연결된 챗대를 두 양망하기 위하여 Fig. 3과 같이 선내의 중앙에 마스트(높이 8.0m)와 마스트로부터 우현 정형방향으로 1.5m 떨어진 곳에 챗대의 안쪽 끝을 지지하는 지지대(높이 1.0m)가 갑판에 설치되어 있다. 큰 챗대(길이 11.25m)와 작은 챗대(길이 11.0m)의 안쪽 끝은 선내의 우현 현측에 있는 지지대 위에서 모든 방향으로 자유롭게 움직일 수 있도록 되어 있으며, 바깥쪽 끝은 마스트의 상부에서 나간 챗대줄에 의해 매달려져 있다. 챗대줄

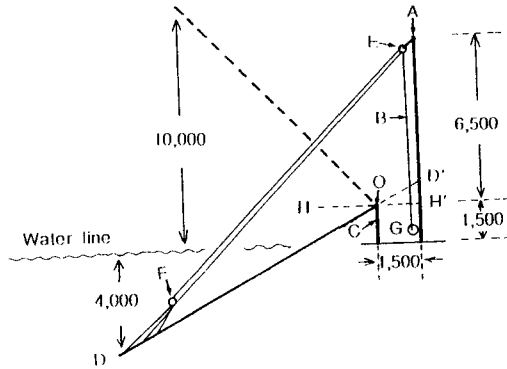


Fig. 3. Schematic diagram of the lower boom(unit in mm).

- | | | |
|------------------------|---------------------|------------|
| A : Mast | B : Lower boom line | C : Prop |
| D : Lower boom | E : Fixed block | G : Winder |
| F : Differential block | | |
| H : Horizontal line | | |

은 마스트에 고정된 고정활차에 한쪽 끝을 묶고, 다른쪽 끝으로 챗대에 연결된 동활차를 통과한 다음 마스트의 고정활차를 통해 사이드 드럼으로 감을 수 있도록 되어 있다. 고정활차와 동활차는 각각 1개씩이다. 투망시 큰 챗대의 바깥 끝은 수면 하 4m까지 침하되도록 챗대를 정횡하방 30°, 선수와 30° 각도로 수중에 벌어지도록 하고, 작은 챗대의 바깥 끝은 수면 위에 조금 뜨도록 한다. 양망시에는 각각의 챗대의 바깥 끝이 수면 상 10m 위치에 오도록 챗대를 정횡상방 50°까지 챗대줄을 감아 들인다. 지지대의 상부로부터 수면까지의 연결거리는 1.5m이다.

Fig. 3에서 OD 및 OH의 연장선을 각각 D', H'라고 하면 $\angle AD'D$ 는 120°, DD'의 길이는 12.982m, AD'의 길이는 5.634m가 된다. 따라서 큰 챗대의 바깥 끝이 수면 하 4m에 투하되었을 때의 챗대줄의 길이 AD는 $16.53m ((12.982^2 + 5.634^2 - 2 \times 12.982 \times 5.634 \times \cos 120^\circ)^{1/2})$ 가 된다. 그리고 큰 챗대의 바깥 끝을 수면 상 10m 위치에 끌어올렸을 때의 챗대줄의 길이를 상기와 같은 방법으로 계산하면 8.98m임을 알 수 있다. 따라서 마스트를 통하여 사이드 드럼으로 수면 하 4m에 투하된 챗대를 수면 상 10m까지 끌어올리는데 필요한 챗대줄의 길이는 15.1m $((16.53 - 8.98) \times 2)$ 임을 알 수 있다.

드럼에 감을 수 있는 줄의 길이 $L(mm)$ 은 (2)식으로 나타낼 수 있다.

$$L = \frac{\phi \pi l}{4d_r^2} (D_f^2 - D_o^2) \quad (2)$$

여기서, $l(mm)$ 는 드럼의 속통 길이, $D_f(mm)$ 는 드럼의 플랜지(flange) 직경, $D_o(mm)$ 는 드럼 속통의 직경, $d_r(mm)$ 은 줄의 직경, ϕ 는 줄의 부피밀도(0.906)이다.

한편, 본 연구에서 고안된 권양기는 7톤급 어선의 기관실 갑판 위에 2대가 설치되어야 하고, 또한 줄 분배기(wire leader)가 장착되지 않았기 때문에 드럼의 길이를 가능한 짧게 하는 대신 플랜지의 직경 크기를 조절하는 것이 타당하다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 먼저 드럼의 길이를 200mm로 결정하였고, 드럼 속통의 직경은 유압 모터의 출력 토크와 스테인레스 파이프의 생산 규격을 감안하여 318mm로 하였다. 그리고 (2)식에서 드럼이 회전하면서 PP $\phi 18mm$ 인 챗대줄이 좌우로 왕복하면서 감길 때 줄이 감기지 않는 빈공간이 20% 정도 있어도 플랜지의 밖으로 줄이 이탈되지 않도록 플랜지의 직경을 480mm로 하게 하였다.

권양기를 구동시키는 유압모터의 용량은 챗대줄을 권양하는데 걸리는 장력에 비례한다. 권양기의 드럼 속통의 직경을 $D_o(m)$, 챗대줄을 권양하는데 걸리는 장력을 $W(kgf)$ 라 하면, 권양기의 출력 토크 $T_w(kgf \cdot m)$ 는 (3)식으로 나타낼 수 있다.

$$T_w = \frac{D_o \cdot W}{2} \quad (3)$$

여기서, 동활차 1개, 고정활차 1개를 이용하여 그물이 연결된 큰 챗대줄을 권양하는데 걸리는 장력(W)은 187.5kgf(모형시험 결과)이었다.

한편, 초망어업자들에 의하면 양망당 멀치의 평균 어획량은 100~1,000kgf이고, 수면 하 4m에 투하된 챗대를 수면 상 10m까지 끌어올리는 데에는 약 10초 정도가 소요된다고 한다. 따라서 본 연구에서는 1.5m/sec 이상의 속도로 1톤이상의 어획물을 양망하기 위하여 Table 2, 3과 같은 유압모터를 권양기에 부착하였다.

Table 2. Principal particulars of the hydraulic motor used in a, b type winder

Type of winder	Capacity (cm ³ /rev.)	Maximum pressure (kgf/cm ²)	RPM		Output torque(kgf · m)	
			Rated	Maximum	Rated	Maximum
a	51	170	910	980	8	11
b	123	225	550	690	33	40

Table 3. Principal particulars of the hydraulic motor used in c type winder

ΔP	Item	RPM					
		0	25	50	100	200	300
100	T	24.4	34.9	35.7	36.5	36.1	34.5
	Q	0.2	5.2	12.6	25.3	50.7	75.8
	QL	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3
200	T	52.8	71.4	73.9	75.5	73.9	
	Q	0.2	5.2	12.8	25.5	51.0	
	QL	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	
300	T	85.3	107.2	110.9	113.3		
	Q	0.3	5.3	12.9	25.8		
	QL	0.2	0.2	0.2	0.3		
400	T	113.7	143.0	147.9			
	Q	0.4	5.4	13.2			
	QL	0.2	0.2	0.3			

ΔP : Difference in pressure (kgf/cm²) T : Output torque (kgf · m) Q : Input flow (l/min) QL : Leakage (l/min)

3. 해상시험 및 분석방법

해상시험은 '97년 5월, 9월, 11월, '98년 4월, 6월, 11월, '99년 2월, 5월, 11월 등 매년 3항차에 걸쳐 각 5회씩 제주 연안의 멸치어장에서 민간조업선(신일호, 6.01톤)으로 실시하였다. '97년도에는 Fig. 2, a형, '98년도에는 b형, '99년도에는 c형 권양기를 시험하였다. 각 형별 권양기는 시험선의 마스트를 중심으로 좌, 우측의 기관실 상갑판에서 인접하게 2대를 설치하였다. 챗대를 조작하는 줄은 민간 어선과 동일하게 하였다. 주기관의 회전수에 따른 챗대의 권양 속도와 소요압력은 권양기 드럼의 회전속도, 솔레노이드(solenoid)밸브의 압력게이지의 수치 및 주기의 회전수를 비디오 카메라로 동시 녹화하여 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 권양기의 성능

제주 연안에서 6~7톤급 멸치초망 어선에서 사

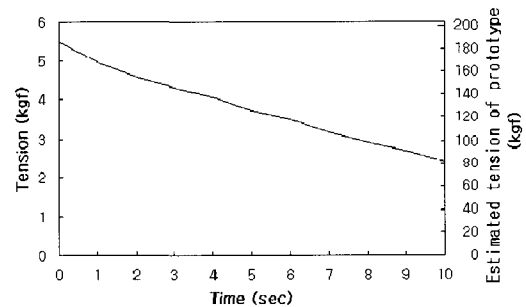


Fig. 4. Tension of model boom by winding time.

용하고 있는 큰 챗대를 실물의 1/5 크기로 제작하여 수조에서 챗대의 끝을 정횡 하방 30°에서 상방 50°까지 10초의 시간으로 챗대줄을 권양할 때 이에 작용하는 장력을 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4에서 가장 큰 장력이 작용할 때는 챗대가 처음 움직이기 시작할 때이었고 이 때의 장력은 5.5kgf이었다. 이를 실물 챗대의 권양장력으로 환산하면 187.5kgf이 된다. 권양장력은 줄을 권양함에 따라 일정하게 작아지는 경향이 나타났으며,

챗대가 수면 상 10m에 있을 때 챗대줄에 작용하는 장력은 80kgf이었다.

그리고 민간조업선으로 조업할 때에도 자루그물은 2개의 챗대에 의해 수면 상 10m까지 끌어올려지나 자루그물 속에 있는 어군은 수면 아래에 모이게 되므로 조업중 챗대에 가장 큰 장력이 미치는 시기는 권양 시작 단계라고 할 수 있다. 이에 따라 권양기에 사용되는 유압모터의 용량은 $187.5kgf + \alpha$ (α 는 양망당 멸치의 어획량) 이상이어야 한다.

한편, 그물과 챗대를 권양기로 권양할 때의 유압모터의 소요 토오크 $T_M(kgf \cdot m)$ 은 (4)식으로 나타낼 수 있다.

$$T_M = (P_1 - P_2) \times Q_o \times n_i \times \frac{1}{200\pi} \quad (4)$$

여기서, P_1 과 P_2 는 유압펌프의 입구압력과 출구압력 (kgf/cm^2)이고, Q_o 는 유압모터의 압축용적 ($cm^3/rev.$)이며, n_i 는 감속기의 기계효율로서 워엄감속기인 경우는 70%, 스파이럴 베벨감속기인 경우는 96%로 가정하였다.

Fig. 2에 나타낸 a, b, c의 권양기로 그물이 연결된 챗대를 해상에서 120rpm으로 권양할 때의 P_1 의 값은 각각 95, 80, 100kgf/cm²이었고 P_2 의 값은 모두 20kgf/cm²이었다. 이들 값을 (4)식에 대입하면 T_M 은 각각 4.3, 11.3, 32.3kgf·m이 된다. 3종의 권양기 중 a, b형의 권양기에는 각각 1:10의 워엄 기어와 1:3의 스파이럴 베벨감속기를 사용하였고, c형에는 감속기 없이 드럼을 부착하였다. 따라서 c형을 기준으로 하였을 때의 T_M 은 각각 30.1, 32.5, 32.3kgf·m으로 모형챗대를 권양할 때 보다 0.3~2.7kgf·m이 더 소요되었다. 이는 해상에서 선박이 지속적으로 롤링과 피칭을 반복하기 때문이라고 사료된다. 그리고 안전조업을 위하여 P_1 과 P_2 의 압력차 ΔP 를 130kgf/cm²으로 고정하여 시험해 본 결과 a, b, c형의 권양기의 출력 토오크는 각각 6.5, 19.2, 51.2kgf·m이었으며 각 형태별 권양기의 잉여 토오크는 각각 2.2, 7.9, 18.9kgf·m으로 나타났다. 따라서 c형 권양기를 기준으로 할 때의 잉여 토오크는 각각 15.4, 22.8, 18.9kgf·m이 된다. 이 수치를 챗대줄에 작용하는

잉여장력으로 환산하면 각각 96.9, 143.4, 118.9kgf이 된다.

한편, 초망어업의 조업 과정을 보면, 멸치가 수면 부근까지 집어되면 두개의 챗대 와 한개의 콧대로 그물을 수면 하 4m에 전개시킨다. 집어등에 의해 멸치가 그물안으로 유도되면 큰 챗대를 먼저 수면 위로 들어올리고 이 후 두개의 챗대를 동시에 들어올린 다음 그물살을 인력으로 당겨 올린다. 이 때의 멸치는 유연능력을 갖고 있고, 그물살과 대부분 떨어져 있기 때문에 권양 중에 챗대의 장력에 영향을 주는 멸치어군의 중량은 거의 없다고 가정할 수 있다. 그러나 이에 대한 확실한 자료가 없으므로 어획량의 30%정도가 그물의 무게에 더해지고 또한 2개의 챗대에 균일한 힘이 미친다고 가정할 때, a, b, c형에 의한 양망당 어획량은 각각 1,292(96.9×2×2×1/0.3), 1,912, 1,585kgf로서 3종 모두 양망당 1톤이상 어획할 수 있어서 사용 가능하다고 판단되었다. 그리고 어선이 어군 유집을 위하여 어장을 이동할 때, 챗대가 낙하되는 것을 방지하기 위하여 a형에는 워엄 기어를, b형에는 기어의 기계효율을 증가시키기 위하여 스파이럴 베벨기어를 사용하는 대신 DC 24V용 전자브레이크를, c형에는 누수량이 적은 유압모터를 사용한 결과 3종 모두 그물이 부착된 2개의 챗대를 우현 정형 상방 10~15° 각도로 벌린 채 2~3노트의 속력으로 수 시간 이동을 하여도 챗대는 자유낙하 되지 않았다.

그러나 a형 권양기는 워엄 기어의 비틀림 또는 마모로 인해 수리 없이 2년이상 사용할 수 없었으며, b형 권양기는 해수에 의해 DC 24V용 전자브레이크가 빨리 부식되어 6개월 이상 사용할 수 없었고, c형 권양기는 내구년수에 대해서 별다른 문제점이 나타나지 않았다. 따라서 본 어업에서 챗대를 투·양망하는데 적합한 권양기는 양망당 어획량과 내구년수 그리고 안전조업 측면에서 볼 때 c형이 적합하다고 판단되었다.

2. 챗대의 권양속도

멸치초망 어업에서 투망 후 멸치가 자루그물 속으로 유도되면, 재빨리 수면 하 4m에 위치한 큰 챗대의 바깥끝과 콧대를 수면 위로 들어올리는데,

Table 4. The angle and location of boom's end by winding time when the winder draw the line of boom as the velocity of 1.51m/sec

Item	Time of winding (sec)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Angle of lower boom (degree)	-30	-22	-14	-6	2	10	18	26	34	42	50
Location of end lower boom (meter)	-4	-2.6	-1.2	0.2	1.6	3.0	4.4	4.8	7.2	8.6	10

minus sign : under direction of horizontal line and under water depth of the lower boom

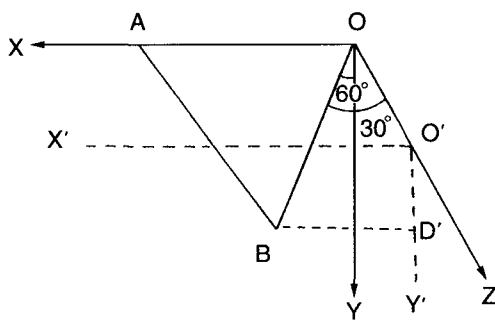


Fig. 5. The depth of lower boom represented rectangular coordinates.

X axis : Horizontal line Y axis : Depth
 Z axis : Prow OA : Upper boom
 OB : Lower boom O' D' : Pressing stick

큰 챗대의 바깥 끝이 수면 위로 올라오면 큰 챗대와 작은 챗대를 같은 속도로 수면 상 10m까지 각각의 챗대줄로 끌어 올리며, 여기에 소요되는 시간은 10초 정도이다. 이를 챗대줄이 권양되는 속도로 환산하면 1.51m/sec가 된다. 이에 따라 1.51m/sec의 속도로 Fig. 1과 같이 장치된 챗대줄을 권양기로 감을 때, 권양시간에 따른 큰 챗대의 각도와 큰 챗대 끝의 위치를 Table 4에 나타내었다.

Table 4에서 1.51m/sec의 속도로 챗대줄을 권양할 때 수면 하 4m에 투하된 큰 챗대가 수면까지 올라오는데 걸리는 시간은 3초 정도이며, 이때 챗대의 각도는 정황 하방 6°이다. 그리고 큰 챗대의 끝이 수면 상 10m까지 올라오는데 걸리는 시간은 10초 정도이며, 챗대의 각도는 정황상방 50°이다. 따라서 그물이 연결된 챗대가 올라오는 속도는 0.76m/sec임을 알 수 있다.

큰 챗대의 바깥 끝이 수중에 투하되었을 때의 수심을 직교좌표로 나타내면 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 X축을 정황방향, Y축을 수심방향, Z

축을 선수방향이라 하면, 투망시 작은 챗대(OA)의 끝은 수면에 접하게 하고, 큰 챗대(OB)는 선수와 30°, 수심과 60° 각도로 수중에 벌어지도록 전개함과 동시에 자루그물 입구의 밑판 안쪽 끝은 콧대(O' D')를 사용하여 수면 하 4m까지 침하시킨다. 여기서 작은 챗대와 큰 챗대의 길이는 각각 11m, 11.25m이며, 작은 챗대의 끝과 큰 챗대의 끝의 연직거리(AB)는 6.0m이다. 따라서 양망시 큰 챗대가 수면상에 올라왔을 때의 큰 챗대와 작은 챗대의 간격을 계산하면 4.5m임을 알 수 있다.

한편, 집어등에 유도된 멸치군은 작은 챗대에 부착된 그물 윗판까지 도달하면 다시 역 방향으로 되돌아 나오기 시작한다. 따라서 어획이 성공적으로 이루어지기 위해서는 멸치군이 되돌아 나오는 속도보다 큰 챗대가 수면 위로 올라오는 속도가 빨라야 한다. Kuroki and Chuman(1958) 및 Sohn(1988)에 의하면, 멸치는 주광성이 강한 어종이지만 수상 백열등에 의해 집어된 멸치군은 매우 빠른 속도로 집합, 이산하는 행동을 한다고 한다. 그리고 Lee(1975)에 의하면 체장 9~15cm인 멸치의 순간 최대속력은 103.5~172.5cm/sec라고 보고한 바 있다. 따라서 초망으로 멸치를 효과적으로 어획하기 위해서는 집어등에 의해 유집된 어군이 도피하기 이전에 그물의 투·양망이 종료되어야 한다. 초망에서 어획되는 멸치의 체장은 시기별로 약간의 차이는 보이나 주로 Lee(1975)가 보고한 범위 내에 있다. 따라서 본 어업에서 어획되는 멸치의 순간 최대 속력을 Lee(1975)가 보고한 것과 동일하다고 한다면, 작은 챗대에 도달한 어군이 되돌아 나오는데 걸리는 시간은 2.6~4.3초 소요된다. 그리고 큰 챗대가 수면 위로 올라오는 데는 약 3초 정도 소요된다.

만일 자루그물로 유도된 어군이 도피하기 시작

할 때 큰 챗대를 끌어 올린다면 큰 챗대가 수면 위로 올라오는 속도보다 어군이 도피하는 속도가 빨라서 대부분 어획은 실패할 것이다. 그러나 어업자들은 멸치를 자루그물로 유도하면서 도피행동을 일으키기 이전에 큰 챗대를 끌어 올리기 때문에 거의 대부분 멸치군이 도피하기 이전에 큰 챗대를 수면위로 끌어 올리고 있으나 간혹 어획에 실패하는 경우도 있다.

따라서 본 연구에서 시험 제작된 a, b, c 권양기에 의한 챗대줄의 최대 권양속도는 각각 $1.1(980 \times 1/60 \times 1/10 \times 0.7 \times 0.318 \times 3.14)$, 3.7, 5m/sec이다. 그러나 실제 해상에서 안전하게 조업하기 위하여 압력차 ΔP 를 $130kgf/cm^2$ 으로 고정하여 시험해 본 결과 a, b, c형 권양기에 감겨지는 챗대줄의 권양속도는 각각 0.8, 1.5, 2m/sec로 나타났다. 이것을 챗대가 끌어올려지는 속도로 환산하면 각각 0.4, 0.76, 1m/sec가 된다. 이에 따라 a형 권양기의 권양속도는 재래식방법 보다 0.36m/sec가 느려서 실용성이 없는 것으로 나타났으며, b형 권양기의 권양속도는 재래식과 동일하였다. 그리고 c형 권양기의 권양속도는 재래식 보다 약 0.24m/sec 빠른 것으로 나타났으며, 이는 기존의 방법보다는 어획효율을 한층 더 높일 수 있다고 사료된다.

3. 조업인원

기존방법으로 어구를 투망할 때 인원의 배치를 보면, 조타에 1명, 어군집어에 1명, 선내의 좌, 우현에 있는 2개의 사이드 드럼으로 큰 챗대와 작은 챗대를 투하 하는데 2명, 콧대로 어구의 밀판 앞끝을 누르는데 2명, 그물 투망에 2명, 총 8명이 소요된다. 그리고 양망할 때에는 조타에 1명, 집어등 조작에 1명, 사이드 드럼으로 2개의 챗대줄을 감는데 2명, 그물살을 당기고 어획물을 어창으로 수납하는데 4명으로 어구의 투·양망에 총 8명이 종사하고 있다. 그리고 어획물을 수납할 때에는 큰 챗대줄과 작은 챗대줄을 사이드 드럼으로부터 이탈시켜 다른 곳에 고정시킨 후 다시 뜰체에 연결된 줄을 사이드 드럼에 연결하여 어획물을 어창에 수납하고 있다. 이와 같이 조업인원 8명중 2명은 어구의 투망에서 양망 및 어획물을 수납하는 전 과정에 걸쳐 사이드 드럼을 조작하고 있다. 따라

서 본 연구에서는 사이드 드럼의 역할을 할 수 있는 권양기 2대를 어선의 기관실 갑판위에 설치하고, 권양기를 제어하는 매뉴얼 밸브를 조타실에 설치하여 선장이 조작하도록 하여 시험해 본 결과 기존의 방법으로 조업할 때보다 조업인원 2명이 절감된 6명으로도 순조롭게 조업할 수 있었다. 또한 본 연구에서 시험 제작된 c형의 권양기는 재래식 소형어선에서도 구조 변경 없이 사용이 가능할 뿐만 아니라 기계식으로 구성되어 있기 때문에 고장이 적고 보수유지가 간편하며, 기존과 동일한 방법으로 챗대를 조작하기 때문에 비숙련자도 쉽게 조작할 수 있으므로 빠른 시일내에 실용화가 가능할 것으로 사료된다.

요 약

멸치초망용 챗대의 유압 권양장치를 개발하기 위하여 모형 챗대와 그물을 실물의 1/5 크기로 제작하여 챗대를 권양할 때의 장력을 측정하고, 이를 토대로 권양기 3종을 설계 제작하여 그 성능을 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 챗대를 권양하는데 가장 큰 장력이 작용할 때는 챗대 끝이 수면 하 4m에 있을 때이었고, 이 때 챗대줄에 작용하는 장력은 187.5kgf이었다.
2. 멸치초망 어업에 적합한 권양기의 조건은 어담중 챗대가 움직이지 않아야 하며, 그 방법으로 감속기나 전자브레이크를 장치하는 것보다 시간 경과에 따른 누수량이 적은 것을 사용하는 것이 바람직하였다.
3. 시험에 사용된 권양기 중 최적의 권양기에 있어서 압력차 ΔP 를 $130kgf/cm^2$ 으로 고정하였을 때, 권양기에 감겨지는 챗대줄의 권양속도는 2m/sec로서 재래식 방법보다 0.48m/sec 빠르게 나타났으며, 양망당 약 1.6톤의 멸치를 어획할 수 있다.
4. 권양기 2대를 설치함으로써 조업인원 2명을 절감할 수 있었다.

참고문헌

- Kuroki, T. and Chuman, M.(1958) : An Example of Three-dimentional Records of Fish-school attracted by Underwater Lamps, Fac. Fish., Kagoshima Univ., 6, 77~81.
- Lee, B. G.(1975) : The Swimming Ability of Anchovy, Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Univ. Pusan., 8, 1~13.
- Lee, I. Y.(1986) : Oil Hydraulic Technology for Automation of Fishing(1), Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 22(3), 47~54.
- Lee, I. Y. (1987) : Oil Hydraulic Technology for Automation of Fishing(3), Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 23(2), 49~56.
- Park, J. H. and Lee, J. H.(1991) : In Relation to the Formation of Fishing Ground and the Fluctuation of Fishing Condition of Anchovy caught by Anchovy Drag Net, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 27(4), 238~246.
- Seo, Y. J. and Kim, D. S. (1999) : Distribution of Anchovy School caught by the Lift Net and Environmental Factors in the Kamak Bay. - Relation between Distribution of Anchovy School and Temperature and Salinity-, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 35(3), 267~276.
- Sohn, T. J. (1988) : Study on the Gathering Effects of Anchovy Scoop Net in the Neighboring Waters of the Cheju Island, Bull. Korean fish. Soc., 21(3), 184~192.
- Sohn, T. J. and Kim, J. K. (1983) : The Distribution of Catch of Anchovy by the Gill Net Fishery and Oceanographic Condition, Bull. Korean fish. Soc., 16(4), 341~348.
- Sohn, T. J., Lee, B. G. and Chang, H. Y. (1984) : The seasonal Variation of Catch by the Anchovy Gill Net and Formation of Fishing Ground, Bull. Korean fish. Soc., 17(2), 92~100.