

# 낙시어구의 재료와 어획선택성

통영수산전문대학 어업과  
전임강사 김 용 해

## 목 차

1. 서 언
2. 고기가 잡아채는 힘.
3. 낙시의 규격과 파단하중
  - 가. 낙시의 규격
  - 나. 낙시의 파단하중
4. 낙시줄의 파단하중
5. 낙시 어구의 선택
  - 가. 낙시의 어획 선택성
  - 나. 낙시 어구 재료의 강도
6. 낙시어업의 자동 기계화

강도는 낙시에 물린 고기가 미치는 힘의 크기에 비례하여 충분히 커야만 제대로 고기를 낚아 올릴 수 있다. 여기서는 고기가 낙시에 물렸을 때 잡아채는 힘의 크기와 성질 등을 우선 알아보고, 낙시어구의 재료인 낙시와 낙시줄의 파단하중이 여러가지 조건에 따라 어떻게 변화하는가를 정리해 보고자 한다.

이상의 것들을 종합하여 고기가 낙시에 물렸을 때 잡아채는 힘에 대한 낙시와 낙시줄의 강도를 비교하여 안전 계수를 고려한 낙시어구 재료의 선택상의 기준을 정하려 한다. 다음은 낙시어구의 조업상의 문제점을 해결할 수 있는 자동기계화시스템을 간략하게 소개하여 주낙어업의 근대화에 다소나마 도움이 되었으면 한다.

## 1. 서 언

낙시어구는 망어구를 사용할 수 없는 곳에서도 조업할 수 있고 자원을 고갈시킬 우려가 없으며, 조작이 쉬울 뿐만 아니라 어구비가 비교적 적게 든다는 점 등의 장점을 가지고 있어서, 역사시대 이전부터 물고기의 종류와 특성에 따라 여러가지 형태의 낙시가 사용되어 왔다. 최근 우리나라의 연근해 낙시어업에 의한 연평균 어획량은 약 7만여톤에 이르고 있으며, 고도산업사회로 전환되면서 레저 산업의 일부로서 각광을 받아 낙시인구는 날로 증가되는 추세에 있다.

낙시어업에서의 조획율은 낙시재료의 적정한 규격과 강도와도 밀접한 관계가 있으며, 재료의

## 2. 고기가 잡아채는 힘

고기가 낙시에 물렸을 때는, 어체를 급격하게 좌우로 흔들면서 몸부림을 치게 되는데, 이 때는 자유로운 상태에서의 유영운동이 완전히 구속당하면서 전진과 후진 및 좌우로의 방향전환이 급히 이루어진다. 낙시에 물린 초기단계에서는, 최대의 힘의 크기에 달하였다가, 시간이 지남에 따라 점차로 몸부림이 간헐적으로 되면서 힘도 약화되기 마련이다. 양어장의 연못에 체중 200 ~ 500g의 잉어를 방류하고 스트레인 게이지를 강철링에 붙여서 증폭기와 기록기를 사용하여 잉어가 낙시에 물렸을 때 잡아채는 힘의 최대 크기와

주기성 및 지속성 등을 분석한 결과는 다음과 같았다.

잉어가 낚시에 물렸을 때 잡아채는 최대의 힘은 잉어의 체중에 비례하게 되므로 최대가 되는 힘을  $F_m(g)$ , 잉어의 체중을  $W(g)$ 이라 하면,

$$F_m = 3.23 W + 105$$

로 체중의 약 3배 이상이 되었다.

大島는 스프링 저울을 가지고 여러 종류의 해산어가 낚시에 물렸을 때 잡아채는 힘을 조사한 결과 체중 30~250g의 썸뱅이는 체중의 5.4±1.6배 정도, 체중 40~130g의 능성어는 6.3±1.0배, 체중 70~150g의 갯방어는 8.2±1.4배, 체중 80~200g의 즐벤자리는 3.7±0.87배 정도의 잡아채는 최대힘이 측정되었다.

한편 끝낚시에서 낚시에 물린 점고등어나 가다랭이가 끌려올 때는 예속속도에 관계없이 예속의 장력은 체중의 3배 정도였다고 한다. 낚시에 물렸을 때 고기가 미치는 최대힘의 크기는 최대 유연력과 관계가 많은 것 같으며, 어중에 따른 활동성, 생리, 생태 및 서식환경 등에 따라 차이가 있는 것처럼 보인다.

잉어가 잡아채는 최대힘의 크기  $F_m$ 이 나타날 때, 시간에 따른 힘의 변화는 쌍곡선 함수적으로 증감한다. 0.2~0.3초 동안의 시간  $t$ 에 따른 힘의 변화  $F_n(g)$ 은

$$F_n = a_n t^{-bn} \quad (t \geq 0)$$

로 표시할 수 있다.  $F_n$ 이 최대값인  $F_m$ 이 될 때 시간  $t$ 는  $t = |t_n| + C$ 에서  $t_n$ 이 0이 되는  $C$ 값에서 라고 보면

$$F_n = a_n (|t_n| + C)^{-bn}$$

이 된다. 여기서  $t_n$ 의 범위는 주기  $T(sec)$ 에 대해서  $-\frac{10T}{2} < t_n < \frac{10T}{2}$ 까지이다. 계수  $a_n$ 과 주기  $T(sec)$ 는 고기의 체중( $g$ )에 따라서 직선적으로 증가하여,

$$a_n = 0.27 W - 6.52$$

$$T = 0.000385 W + 0.193$$

으로 나타났습니다.

지수  $bn$ 은 체중에 관계없이 평균 2.1정도이며 최대값  $F_m$ 이 되는 시간  $C$ 는 다음과 같다.

$$C = \left( \frac{a_n}{F_m} \right)^{\frac{1}{bn}} = \left( \frac{0.27 W - 6.52}{3.23 W + 105} \right)^{0.476}$$

즉, 고기 체중의 증가에 따라 주기가 길어지는데 이는 梨本과 Hunter의 실험에서와 같이 체중이 무거울수록 靚리의 진동수가 적어지는 것과 일치한다고 본다. 또  $F_m$ 일 때 잉어의 순간 속도는  $F = ma$ 에서 약 3~6 m/sec로 추정할 수 있으므로 충격력으로 볼 수 있다.

계속적인 시간에 따른 힘이 peak가 되는 점의 크기  $F_p$ 는 시간에 따라 지수 함수적으로 감소하므로

$$F_p = \alpha e^{\beta t} + W$$

로 표시되는데  $F_p = F_m$ 일 때를  $t = 0$ 로 하면,  $\alpha = F_m - W$ 이므로  $\alpha$ 와  $F_m$ 에 관한 식을  $F_p$ 에 대입하면 다음과 같이 된다.

$$F_p = (F_m - W) e^{-\beta t} + W = (2.23 W + 105) \times e^{-\beta t} + W$$

지수지수  $\beta$ 는 같은 고기일지라도 낚시에 물린 후의 시간  $t$ 의 증가에 따라 변하게 되므로, 고기의 피로도 또는 지속도를 나타낸다고 볼 수 있다. 낚시에 물린 뒤 초기 단계에서의  $\beta$ 는 거의 0에 가까우나, 어느 정도 시간이 지나면 기운이 점차로 소모되어 힘이 급격히 감소됨에 따라  $\beta$ 는 약 1.5가 된다. 낚시에 물린 뒤 시간  $t$ 가 3~5분 정도 경과하면  $F_p$ 는 결국 고기의 체중  $W$ 에 수렴하게 된다. 마지막 단계에 있어서 한 번 몸부림을 치고 그칠 때의  $\beta$ 는 평균 1.7±0.5가 된다.

이와 같이 고기가 잡아채는 힘의 변화는 靚리 지느러미의 좌우 움직임과 매우 밀접한 상관성이 있어서, 최대힘이 나타나는 주기와 靚리 진동의 주기는 거의 같았고, 고기가 靚리를 좌우로 한 번 몸부림을 칠 때마다 한 번의 최대힘이 나오게 된다. 따라서 낚시에 물렸을 때 잡아채는 힘은 순간적으로 미치는 충격력이며, 몸부림을 계속 치게 되는 반복 하중으로 낚시 어구의 재료에 작용하게 됨을 알 수 있다.

### 3. 낚시의 규격과 파단하중

#### 가. 낚시의 규격

어업용과 유어용으로 사용되는 낚시의 형태는

매우 다양하나, 그 형태와 규격의 표현방법이 체계화 되어 있지 않다. 소련에서 사용하는 한 가지 방법은  $N \times d \times \ell$ 로 표시하는 것으로, N은 낚시의 형태로 보통낚시, 비틀림낚시, 복침, 꼭지가 안으로 굽혀진 낚시 등으로 대별하고, d는 낚시의 직경,  $\ell$ 은 낚시의 수직길이를 나타낸다. 우리나라와 일본 등지에서는 주로 대상어족의 명칭이나 낚시의 구조상 특징으로 형태를 부르고, 규격은 낚시의 총 뻗친 길이의 1/3 되는 숫자를 호수로 나타낸다. 호수에 가장 직접적으로 비례하는 일반적인 낚시의 부분은 직경 d와 낚시의 수직거리  $\ell$ 이 있다. 여기서는 모든 낚시를 망라

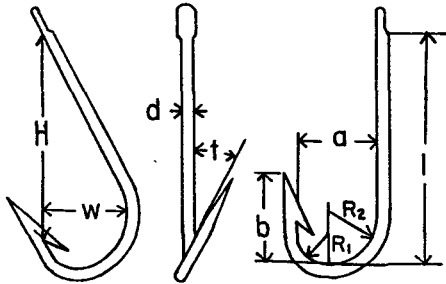


그림 1. 낚시의 구조

하면서 전반적인 형태를 체계적으로 표현하고자, 그림 1의 낚시 구조에서 부분적인 요소를 크게 8가지로 나누어서, 연자부호(-) 앞 부분의 문자는 대략적인 낚시의 형태를 나타내고, 뒷부분의 문자는 제작상의 부분적인 차이를 표시하여, 각각 2자리 문자와 첨자로써 기본적인 모양을 구분하였다.

첫째 자리 문자는, 상대적인 낚시의 길이가 긴 것( $\frac{1-b}{a} \geq 1$ ; L)과 짧은 것( $\frac{1-b}{a} < 1$ ; S)으로 나누고, 아라비아 숫자의 첨자는 호수를 나타낸다.

둘째 자리 문자는, 허리굽이와 끝굽이의 비에 의하여 둥근 것( $\frac{R_1}{R_2} = 1$ ; R)과 모난 것( $\frac{R_1}{R_2} = 1$ ; A)으로 나누고, 채와 끝부분이 평행한 것(P)과 예각인 것(a)을 첨자로 붙였다.

세째 자리 문자는, 꼭지가 고리인 것(E)과 납작한 것(F)으로 나누고, 첨자로서 아라비아 숫자는 보통낚시의 가지수이고 로마 숫자는 꼬임낚시의 가지수이다.

네째 자리 문자는, 끝이 굽은 것(B)과 곧은 것(S)으로 나누고, 첨자는 비틀린 것(k)과 비늘이 없는 것(b)으로 해당하는 경우에만 붙인다.

다음에는 국산과 일본산 낚시로서 연근해 어업

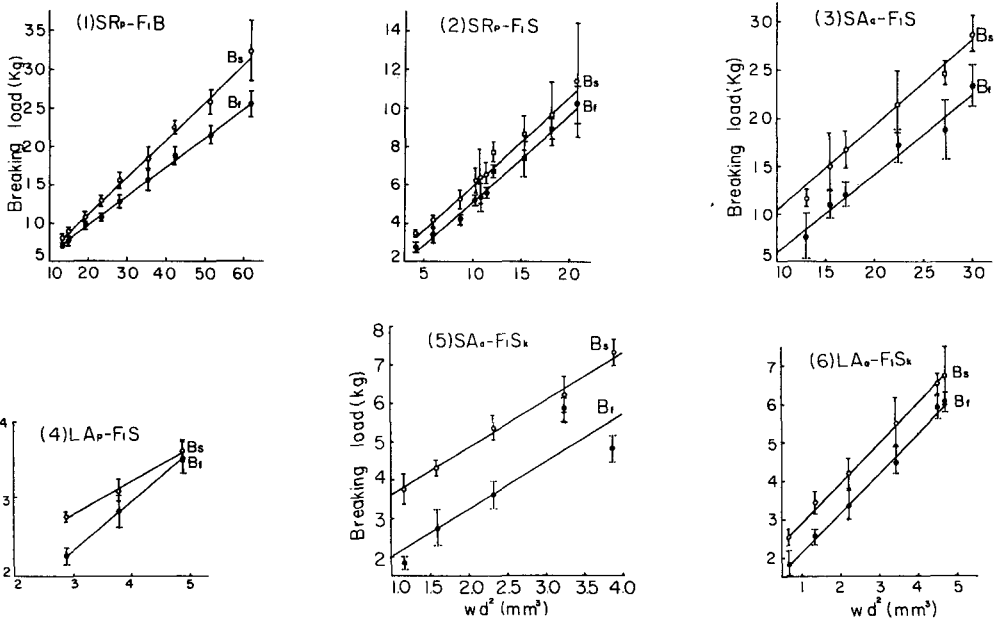


그림 2. 낚시의 파단하중

에 많이 쓰이고 있는 형태의 낚시에 대해서, 여러 가지 부분적인 길이 중 파단하중과 관계가 깊은 직경  $d$ 와 길이  $l$  및 미늘기부와 허리굽이 간의 폭  $w$ 를 표 1에 나타내었다.

나. 낚시의 파단하중

낚시의 강도는 고기가 낚시에 물렸을 때 미치는 힘에 대해서 충분히 견디어야 하고, 변형이 거의 없어야만 제대로 낚아 올릴 수 있을 것이다. 낚시의 하중시험에 관한 검사규정은, 한국공업규격 KS G9110에 나와 있는 바와 같이, 낚시의 기준 규격인 직경에 따른 시험하중을 가만히 낚시 하부의 고리에 걸었을 때, 어느 한도 이상의 변형이 없어야 한다고 규정하고 있다. 그러나 실제 고기가 낚시에 물렸을 때 최대의 힘이 미치는 부위는, 비늘과 끝부분에서 직선적으로 꼭지로 향하는 힘이 총격력으로 미치게 되고, 따라서 허리굽이 쪽을 찌는 모멘트로서 작용하게 될 것이다. 그래서 낚시의 파단하중을 측정하는 방법으로 특수한 클램프를 제작하고, 만능시험기의 인장 속도를 290mm/min와 780mm/min의 두 단계로 변화시켜, 각각의 경우에 대한 파단하중과 허리굽이가 찌어져 절단되는 길이 방향의 변형을 조사하였다. 낚시를 클램프에 거는 방법로서는, 상부 클램프의 두 구멍사이에 낚시의 꼭지를 넣어 나사로 두 개의 상부 클램프를 밀착시켜 꼭지 기부를 고정시키고, 하부 클램프의 구멍에는 기부와 비늘기부가 인장 방향에 대하여 일직선이 되도록 하여 시험하였다.

연근해에서 사용하고 있는 중요한 어업용 낚시 6가지 종류에 대한 파단하중은 그림 2와 같다.

속듬용 등근 낚시  $SR_p - F_1B$ 의 파단하중은 그림 2(1)에서 보는 바와 같이, 인장 속도 290mm/min 일 때의 파단하중  $B_s$ 와 780mm/min 일 때의 파단하중  $B_f$ 는  $wd^2$ 과 직선적인 관계( $\alpha wd^2 + \beta$ )가 있으며,  $B_f/B_s$ 는 대략 0.83이다.

$$B_s = 0.48 wd^2 + 1.67$$

$$B_f = 0.38 wd^2 + 2.10$$

잡어용 등근 낚시  $SR_p - F_1S$ 는 일부는 파단되지 않았는데,  $wd^2$ 과  $B_s$  및  $B_f$ 와의 관계는 그림 2(2)와 같고, 파단되지 않은 것을 제외한 나머지 지에 대한 관계식은 다음과 같으며,  $B_f/B_s$ 는 대

략 0.87이다.

$$B_s = 0.46 wd^2 + 1.39$$

$$B_f = 0.46 wd^2 + 0.58$$

도미용 모난 낚시  $SA_a - F_1S$ 는 모두 파단되었으며,  $wd^2$ 과  $B_s$  및  $B_f$ 와의 관계는 그림 2(3)과 같고, 관계식은 다음과 같으며,  $B_f/B_s$ 는 대략 0.74이다.

$$B_s = 0.89 wd^2 + 1.67$$

$$B_f = 0.84 wd^2 - 2.54$$

잡어용 긴 낚시  $LA_p - F_1S$ 는 모두 파단되었으며,  $wd^2$ 과  $B_s$  및  $B_f$ 와의 관계는 그림 2(4)와 같고, 관계식은 다음과 같으며,  $B_f/B_s$ 는 대략 0.91이다.

$$B_s = 0.42 wd^2 + 1.53$$

$$B_f = 0.64 wd^2 + 0.41$$

아올러 일본산 모난 낚시  $SA_a - F_1S_k$ 는 모두 파단되었으며,  $wd^2$ 과  $B_s$  및  $B_f$ 와의 관계는 그림 2(5)와 같고, 관계식은 다음과 같으며,  $B_f/B_s$ 는 대략 0.70이다.

$$B_s = 1.22 wd^2 + 2.40$$

$$B_f = 1.23 wd^2 + 0.78$$

일본산 모난 낚시  $LA_a - F_1S_k$ 도 모두 파단되었으며,  $wd^2$ 과  $B_s$  및  $B_f$ 와의 관계는 그림 2(6)과 같고, 관계식은 다음과 같으며,  $B_f/B_s$ 는 대략 0.83이다.

$$B_s = 1.04 wd^2 + 1.87$$

$$B_f = 1.02 wd^2 + 1.06$$

본 실험 결과에서, 국산 등근 낚시  $SR_p - F_1B$ 와  $SR_p - F_1S$ 는 평균  $\alpha = 0.45$  정도로서 거의 일정하며, 국산 모난 낚시  $SA_a - F_1S_k$ 와  $LA_a - F_1S_k$ 은 평균  $\alpha = 1.52$  정도로서 등근 낚시보다 크며,  $\beta$ 는 인장 속도에 따라 다르다. 그외 여러 가지 낚시의 인장속도에 따른 파단하중은 표 2와 같다. 이상의 실험 결과에서는 낚시 10개에 대한 파단하중의 평균치와 표준편차를 나타내었으나, 편차의 값이 매우 커서 제품의 품질이 균일하지 못하였다. 즉, 최저 파단하중에 도달하기 전에 부러지는 낚시가 상당수 있었으므로, KS G9110 규정에 의한 시험하중을 바로 여기에다 적용한다면 불합격 되는 낚시의 비율은 10%를 훨씬 넘을 것이다.

원래 낚시를 만드는 재료는 한국 공업 규격에

표 1. 낙시의 규격

낙시형	대상어종	호 수	직 경 (d) mm	길 이 (ℓ) mm	허리폭 (W) mm	낙시형	대상어종	호 수	직 경 (d) mm	길 이 (ℓ) mm	허리폭 (W) mm		
등근낙시 SR <sub>p</sub> -F <sub>1</sub> S	육 들	11	1.22	13.54	9.02	SA <sub>p</sub> -F <sub>1</sub> S	은 어	10	0.68	13.25	7.25		
		12	1.26	15.22	9.39			13	0.87	18.43	9.16		
		13	1.34	15.66	10.77			모난낙시 LA <sub>p</sub> -F <sub>1</sub> S	잡 어	8	0.71	13.96	5.77
		14	1.45	17.13	11.26	9	0.76			15.65	6.60		
		15	1.54	18.45	11.90	10	0.81			17.67	7.47		
		16	1.67	19.32	12.77	LR <sub>p</sub> -F <sub>1</sub> S	갈 치		1.74	83.65	18.60		
		17	1.78	20.82	13.45	LA <sub>p</sub> -F <sub>1</sub> S	복 어		1.32	60.09	12.13		
		18	1.88	22.22	14.58	긴 낙 시 LA <sub>a</sub> -F <sub>1</sub> B <sub>k</sub>		16	1.03	27.18	9.94		
		19	2.03	22.09	15.06			17	1.06	27.71	11.25		
등근낙시 SR <sub>p</sub> -F <sub>1</sub> S	잡 어	10	0.75	12.45	7.28	LA <sub>p</sub> -F <sub>1</sub> S	명 태	18	1.08	31.59	11.58		
		11	0.85	12.78	8.14			모난낙시 LA <sub>p</sub> -F <sub>1</sub> S	봉 어	19	1.08	32.65	11.62
		12	0.97	14.11	9.19					2	0.65	12.39	4.05
		13	1.01	16.32	10.12	3	0.67			12.65	4.35		
		14	1.02	15.61	10.27	4	0.70			14.01	4.75		
		15	1.03	16.51	10.61	5	0.75			15.64	5.12		
		16	1.06	17.78	10.77	6	0.82			18.40	5.56		
		17	1.12	19.04	12.20	7	0.86	20.84	6.11				
		18	1.21	21.88	12.48	8	0.88	20.91	6.12				
19	1.26	25.49	13.65	모난낙시 SA <sub>a</sub> -F <sub>1</sub> S		5	0.99	15.12	8.05				
모난낙시 SA <sub>a</sub> -F <sub>1</sub> S	잡 어	12	1.17			16.78	9.54	6	1.08	16.85	8.50		
		13	1.25			18.21	9.89	7	1.09	19.06	9.13		
		14	1.29			21.33	10.29	8	1.16	19.75	10.02		
		15	1.42			22.03	11.22	9	1.23	20.53	10.40		
		16	1.50			24.60	12.12	10	1.38	22.04	10.77		
		17	1.55			26.68	12.30	모난낙시 SA <sub>p</sub> -F <sub>1</sub> S		9	0.53	10.67	4.26
		모난낙시 SA <sub>a</sub> -F <sub>1</sub> S <sub>k</sub>		9	0.53	10.67	4.26			10	0.57	11.66	4.85
10	0.57			11.66	4.85	11	0.66			12.53	5.36		
11	0.66			12.53	5.36	12	0.76			14.11	5.64		
12	0.76			14.11	5.64	13	0.81			15.15	5.93		
13	0.81			15.15	5.93	모난낙시 SA <sub>a</sub> -F <sub>1</sub> B		18	1.38	21.83	12.08		
모난낙시 LA <sub>a</sub> -F <sub>1</sub> S <sub>k</sub>		8	0.46	10.58	3.21			19	1.52	23.16	12.72		
		10	0.57	12.17	4.17			20	1.67	24.88	14.34		
		12	0.67	15.06	4.97			22	1.98	27.97	15.50		
		13	0.77	15.66	5.79			LA <sub>a</sub> -F <sub>1</sub> B		11	0.68	19.29	5.55
		14	0.86	17.29	6.14					12	0.75	20.56	5.68
		15	0.86	18.44	6.38	13	0.81			21.73	6.00		
LA <sub>a</sub> -F <sub>1</sub> B	삼 치		2.26	58.50	20.34	LA <sub>a</sub> -F <sub>1</sub> S		8	0.46	11.13	4.52		
LA <sub>p</sub> -F <sub>1</sub> S	낙 지		1.21	27.76	16.33								

표 2. 낚시의 파단하중

낚시형	대상어종	호수	인장속도 780mm/min 파단하중 $B_s$ (kg)		인장속도 290mm/min 파단하중 $B_f$ (kg)	
			평균	표준편차	평균	표준편차
$LA_a - F_1B$	삼치	10	33.88	7.62	26.91	6.48
$LA_p - F_1S$	낙지		5.85	0.58	5.18	0.83
$SA_p - F_1S$	은어		3.62	0.04	3.16	0.13
$LR_p - F_1S$	갈치	13	4.92	0.18	3.95	0.24
$LA_p - F_1S$	북어	16	14.40	2.48	9.33	1.60
$LA_a - F_1Bk$			12.51	1.89	10.55	1.16
			4.19	0.36	4.25	0.49
			17	4.86	1.16	4.49
		18	5.49	1.19	4.48	0.64
$LA_p - F_1B$	명태	19	18.33	1.87	16.34	2.16
$SA_a - F_1S$		6	14.64	0.61	10.36	0.71
		7	14.99	3.04	10.88	0.74
		8	15.40	0.59	11.64	0.49
		9	17.48	1.72	12.31	0.68
		10	23.89	1.81	14.05	0.96

의하여 KS D 3559 (경강선재) 5종 A 또는 이와 동등이상의 강철재료를 사용하도록 되어 있으나, 국내 생산 업체가 사용하는 강선은 탄소함량이 0.2~0.4%로 연강선에 가깝다는 것이다. 또한 낚시의 열처리하는 목탄 60%와 탄산 바나듐 40%를 혼합한 가마에서 800℃로 약 1시간 40분간 가열한 후에 수냉시키고, 다시 600~680℃로 3~5분간 불림공정을 해야 한다. 이와 같이 사용재료와 열처리 공정의 미숙으로 인하여 국산 낚시의 탄성이 부족하여 펴지거나, 강도가 약해서 쉽게 부러지는 것으로 생각된다.

낚시의 파단하중에 관하여, Baranov는 파단하중  $R$ 가 선형적인 규격의 하나인  $\ell$ 의 제곱에 비례한다고 보아  $R = n\ell^2$  ( $n$ 은 비례상수)이라 하였고, Fridman은 윗 식에서 선형적인 규격  $\ell$ 를 허리굽이 곡률반경  $r$ 의 2배인  $2r$ 로 보았다. 낚시의 파단하중에 관한 이러한 표현방법은 낚시의 각 종류에 따라 계수의 값이 달라지게 되므로 복잡하고 불편하다.

낚시의 파단하중과 인장속도와의 관계는, 본

실험 결과에서 인장속도가 780mm/min 일 경우가 290mm/min 일 경우보다 파단하중이 20% 정도 적은데, 고기가 낚시를 무는 순간에 있어서 고기가 낚시에 미치는 충격속도는 이보다 훨씬 크므로, 인장속도를 더욱 크게 하면 파단하중은 더욱 적어질 것이다. 그러므로 고기가 낚시에 미치는 충격하중, 피로하중 등을 모두 고려하여 낚시 자체의 재료 실험을 하여야 하고, 이 결과에 의하여 규격이 정하여져야만 낚시의 규격과 파단하중과의 관계가 명확해져서 낚시의 선택에 편리하리라 생각된다.

낚시가 파단될 때, 미늘 기부가 인장방향으로 이동한 거리(변형:  $X$ )와 꼭지 기부에서 미늘 기부까지의 거리  $H$ 에 대한 변형의 비, 즉 파단변형률은 40~60% 범위에 있으며, 50% 내외인 경우가 가장 많음을 알 수 있다. 대부분의 낚시는 인장속도가 780mm/min 일 때의 파단변형률 290mm/min 일 때의 파단변형률 보다 5% 정도 적다. 낚시에 물린 고기가 손으로 떼어낼 때까지 잘 걸려 있게 하기 위해서는, 낚시의 갈고리 모

양이 그대로 유지되어야 하므로, 파단변형률의 절반인 약 25% 이상 낙시가 길이 방향으로 뻗쳐지면 물린 상태에서 빠지기 쉽다고 보아진다. 따라서 파단변형률의 절반 정도의 변형이 일어날 때의 인장하중을 낙시가 그 기능을 잃지 않고 견딜 수 있는 최대 한도의 허용하중으로 간주해야 할 것이다.

실제 옥돔 주낙의 경우, 투승과 양승을 마친 후 낙시가 부러져 있거나 뻗쳐져 있는 파손 비율은 약 4~5%라고 한다. 조업시 낙시가 파손되는 원인은 고기가 잡아채는 힘에 의하여 파손되는 경우, 고기가 낙시에 걸린 채 아릿줄을 끊고 도망친 경우, 낙시가 해져나 줄 또는 선박의 배전 등에 걸려서 파손되는 경우 등으로 나누어 볼 수 있겠다. 이 중 고기의 몸부림에 의해서 낙시가 부러지거나 찢어져 고기가 도망치는 경우는, 불량제품의 낙시가 다수 섞였을 때 나올 가능성이 커지며, 이것은 바로 조획물에 직결되기 때문에 선택상의 중요한 요건이 된다. 즉 전체 조획물이 5%인 경우, 낙시나 아릿줄 등의 재료가 불량하여 도망쳐 버린 파손 낙시의 비율이 1%라 하면, 실제로는 조획 마리수의 20%에 해당하는 고기를 놓친 셈이 된다. 그러므로 현재 낙시를 만드는 강선재의 재료를 규정대로 사용하고, 또 제조 공정상에서의 불량품 발생률을 최소한도로 하여, 양질의 낙시를 어업에 사용하여야 할 것이다. 또 어종과 고기의 크기에 따른 낙시의 크기에 대한 조획 선택성과의 관계에서, 알맞는 낙시의 규격이 선택되어야 최고의 조획 능률을 올릴 것으로 생각된다.

#### 4. 낙시줄의 파단하중

낙시줄로 옛날부터 많이 사용하여 온 면사와 합성섬유인 나일론 힘줄 및 P. V. A 계통의 크레모나에 대하여 여러가지 요인별로 항장력의 변화를 살펴보면 다음과 같다.

나일론 monofilament인 힘줄의 굵기는, 길이가 40m인 줄의 무게(gr)를 호수로 나타내며, 호수를 N 직경을 d(mm) 항장력을 T(kg)이라 하면 호수에 따른 직경은,

$$d(\text{건시}) = 0.166 \sqrt{N}$$

$d(\text{습시}) = 0.167 \sqrt{N}$ 으로 나타내어진다. 국산 힘줄의 항장력 T를 호수에 따라 표현하면

$$T(\text{건시}) = 1.16 N$$

$$T(\text{습시}) = 1.07 N$$

으로 나타내기도 하고, 이와는 달리 측정하여 직경에 관한 실험식으로는

$$T(\text{건시}) = 34.93 d^2 + 0.69$$

가 된다. 다시 이것을 호수에 관한 식으로 바꾸면,

$$T(\text{건시}) = 0.98 N + 0.69$$

로 되어 약간의 차이가 있었으며, 습시일 때 항장력은 건시일 때 보다 5~10% 정도 감소하였다. 이상은 힘줄을 직선적인 정하중으로 인장했을 때의 항장력이고, 실제 낙시 어구를 구성할 때처럼 매듭을 맺었을 때는 20~30% 정도 파단력이 감소하게 되므로, 수중에서 낙시줄의 항장력을 호수에 따라 파단하중 B(kg)로 표현하면 그 범위는 다음 식으로 요약된다.

$$B(\text{힘줄}) = (0.75 \sim 0.85) N$$

또 나일론 monofilament는 햇빛에 의한 영향이 심하므로, 기후 영향 측정기로 50시간 동안 자외선 처리를 한 힘줄의 파단하중은, 원래의 처리를 하지 않은 것보다 평균 8% 정도 감소하였다. 자외선 처리를 하는 경우에는 낙시줄의 호수가 작을수록, 즉, 직경이 가늘수록 그 감소율이 더 커서 힘줄 표면에 작은 균열의 선이 분명하게 나타나고 있었다. 기후 영향 측정기(SUGA WE-SUN-HC)로 50시간 처리한 것은 평균 광량이 약 1,900 Langley로 우리나라의 8월의 평균 일광으로 약 130시간 조사시킨 광량에 해당된다.

폴리 비닐 알콜 계통의 크레모나 또는 비닐론 단섬유 낙시줄의 경우, 총합 사수를 n 직경을 d(mm)라 하면 항장력 T(kg)의 범위는 다음과 같다.

$$T(\text{건시}) = (0.88 \sim 0.94) n$$

$$T(\text{습시}) = (0.74 \sim 0.78) n$$

합사수에 따른 직경에 관한 식은 원사가 S 번수 일 때,

$$d = 1.46 \sqrt{n/s}$$

에서 보통 20 번수를 쓴다고 하므로 항장력을 직경에 관해서 풀면 다음과 같다.

$$T(\text{건시}) = (8.26 \sim 8.82) d^2$$

$$T(\text{습시}) = (6.94 \sim 7.32) d^2$$

표 3. 낚시줄의 마찰계수

재 료	썩 은 형 태	직 경 (mm)	마 찰 계 수			
			실린더형 마찰차		V-홈통 마찰차	
			건 시	습 시	건 시	습 시
Terylene	썩 은 줄	3.92	0.21	0.21	0.71	0.75
Vinylon	"	4.01	0.14	0.09	0.61	0.70
Nylon	"	3.36	0.23	0.28	0.74	0.83
"	땀 은 줄	4.27	0.29	0.32	0.79	0.86
"	"	1.92	0.27	0.27	0.69	0.69

습시일 때 항장력은 건시일 때보다 15~20% 정도 감소하였고, 매듭을 맺었을 때는 정상상태일 때보다 30~40% 정도 감소하게 되므로, 실제 어구에서 낚시줄의 파단하중(B)을 합사수(n)에 따라 표현하면 그 범위는,

$$B(\text{크레모나}) = (0.52 \sim 0.55) n$$

정도가 된다.

과거에 많이 사용하던 면사 20번수 낚시줄의 항장력은 합사수에 따라,

$$T(\text{건시}) = (0.43 \sim 0.47) n$$

$$T(\text{습시}) = (0.51 \sim 0.59) n$$

으로 습시일 때 항장력이 건시일 때보다 10~20% 정도 높다. 합사수에 따른 직경은,

$$d = 1.34 \sqrt{n/s}$$

에서 20번수의 경우 직경에 따른 항장력은 다음과 같이 표현된다.

$$T(\text{건시}) = (4.79 \sim 5.24) d^2$$

$$T(\text{습시}) = (5.68 \sim 6.57) d^2$$

면사는 매듭을 맺었을 경우 20% 정도 항장력이 떨어지므로, 실제 수중의 어구에서 면사 낚시줄의 합사수에 따른 파단하중 B는,

$$B(\text{면사}) = (0.41 \sim 0.47) n$$

정도이다.

고기의 체중(W:kg)에 따른 힘줄의 규격(호수, N)을 살펴보면, 나일론 힘줄을 사용할 경우, 운동이 활발한 방추형 고기일 때의 호수는,

$$N = 6.2W$$

넓적한 땅고기 일 때는,

$$N = 4.2W$$

를 일반적으로 쓴다고 한다.

앞에서, 고기가 낚시에 물렸을 때 잡아채는 최대 힘은, 방추형 고기의 경우 체중의 3~8배 정도이었으므로, 위에서 체중의 약 6배 정도로 낚시줄의 호수를 잡은 것은 중간값을 택한 것으로 보인다. 그러나 이것은 매듭을 맺지 않은 새로운 힘줄의 경우에 해당되는 것이므로, 마찰력과 자의선의 영향까지 고려하면 고기가 잡아채는 힘보다 힘줄의 파단하중이 낮은 경우도 생기게 될 것이다. 그러므로 낚시대와 낚시줄의 수중에서의 완충작용을 어느 정도 감안하여 대상어종의 종류와 크기에 따라 낚시줄 또는 모릿줄과 아릿줄의 적당한 규격이 정해져야 할 것이다.

한편 주낙어업에서 양승기를 사용하여 낚시줄을 감아 올릴 때는 모릿줄의 재료와 구성 조건에 따라 마찰계수가 달라지게 되는데, 이 마찰계수는 양승이 가능한 최대 장력을 결정하는 중요한 요인이 된다. 주낙의 모릿줄로 쓰이는 나일론, 비닐론 및 테릴렌 줄을 양승기로 감아 올릴 때 마찰차의 원통 표면이 편평한 실린더형일 때와 줄이 홈사이에 끼이도록 한 V자 홈통의 경우에 각 줄들의 마찰계수를 측정 한 결과는 표 3과 같다.

일반적으로 줄이 물기를 머금은 상태의 습시의 마찰계수는 건시일 때보다 5~10% 크며, 테릴렌이나 비닐론보다는 나일론줄의 마찰계수가 컸으며, 나일론줄의 경우에도 끈줄보다는 땀은 줄의 마찰계수가 커서 양승기의 마찰차에 미끄러지지 않고 더 잘 딸려 올라온다고 볼 수 있다. 줄의 마찰계수를 증대시키기 위해서 종래 면사줄의 경우는 탄닌산을 먹이거나 타르염색을 하는 수가 많다.



### 5. 낙시어구의 선택

낙시어업은 어구와 어법에 따라 그림 3과 같은 여러가지 요소로 구성된다. 어구에 의한 어획 선택성은 대상 어종과 습성에 따라서 낙시의 형이 가장 큰 영향을 미치게 되며, 다음은 고기의 크기에 따른 낙시의 크기와 미끼의 크기 등이 결정 되어진다. 그러나 하나의 낙시에 걸릴 수 있는 50% 선택 체장의 범위는 자망이나 다른 어구 등에 비하면 매우 좁은 편이라 볼 수 있으며, 따라서 자원 보호상 어느 정도 크기 이상의 고기만을 선택적으로 어획할 수 있는 것이다.

어법의 선택에서는 낚아 올리는 기술과 아울러 어종과 어장에 따른 적당한 부설 방법이 요구된다 하겠다. 여기서는 낙시의 규격에 따라 조획되는 고기의 최적 체장 혹은 체중 등을 살펴보고, 고기가 낙시에 걸렸을 때 잡아채는 힘을 고려하여 낙시와 낚싯줄의 강도가 충분한가 고찰해 본다.

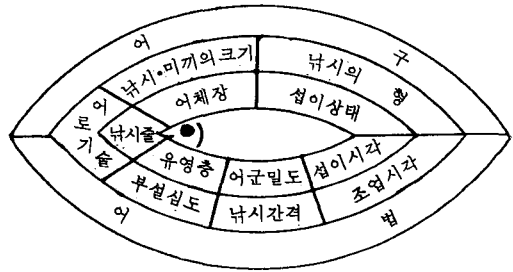


그림 3. 낙시어업의 구조

#### 가. 낙시의 어획 선택성

문절망등을 주 대상으로 하는 주낙어업에서, 낙시의 크기에 따라 어획되는 고기 전장의 범위는, 4호 낙시에는 11~15cm, 7호는 16~22cm, 11호는 19~26cm 정도이며, 낙시의 폭이 고기 주둥이 폭의 0.4배일 때 최대로 어획이 많다고 하였다. 즉 4호 낙시에는 어획비 최대 전장이 약 14cm, 7호에는 19cm, 11호에는 25cm 정도이다. 고등어 낙시어업의 경우 낙시크기에 따른 어획비 최대 미차 체장을 조사해 보면, 12호 낙시에는 약 26cm(어획 범위는 20~30cm) 14호에는 약 30cm(범위 23~36cm) 16호에는 약 34cm(범위 26~40cm)로 되어, 낙시의 폭이 주둥이 폭의 약 0.5배 될 때 가장 많이 낚인 것으로 나타났다.

한편 빙어 낙시에서는, 어획비 최대 체장이 1호 낙시로는 약 6cm, 2호는 7cm, 4호는 9cm, 6호는 12cm 정도로 낙시폭이 주둥이 폭의 약 0.6배일 때 가장 어획이 많았으며, 이 때 어획되는 체장의 범위는 낙시 크기에 관계 없이 5~10cm 범위이었다. 다음, 미끼의 크기에 따른 어획 선택성은 대상어와 습성에 따라 다르겠지만, 일반적으로는 고기가 미끼를 보고 달려드는 행동과, 미끼를 물 때 낙시와 주둥이와의 방향 등을 고려하면, 미끼의 크기는 어획 체장의 0.1배 정도가 가장 적합하다고 한다.

낙시어업의 경우 어획 선택성의 범위가 비교적 좁다고는 하나, 위와 같은 어획 체장의 범위를 가지므로, 고기의 체중이 체장의 3승에 비례한다고 하면, 하나의 낙시로 잡을 수 있는 고기의 체중 범위는 최소 체중에서부터 이보다 2~

표 4. 고기의 크기에 따른 낙시 규격

대상어종	체중 또는 체장	낙시호수
쥐노래미	40g 내외	3
"	400g 정도	4~5
방어	1~3kg	13
"	3kg 정도	13~15
"	3kg 이상	15~20
몽치다래	35cm 정도	8~10
가다랭이	1~5kg(40~60cm)	13~14
참다랭이	1~3kg	16~18
날개다랭이	6~20kg	18~19
삼치	5~10kg	18(중)
참돔	300~500g	10~12
"	4~7kg	14~16
농어	700~1,000g	12~14
벤자리	150~750g	8~9
전갱이	40cm 내외	10
고등어	40cm 내외	13
옥돔	30~40cm	11~14
명태	40cm 정도	18~19
은어	30cm 정도	12~13

3배 정도 무거운 체중까지라고 보아진다. 그러므로, 실제 낚시 어업에서 동일 어종에 사용되는 낚시의 크기는 지역과 어업자에 따라 달라지게 되며, 일반적으로 상용되는 낚시의 크기와 대상 어종의 체중 또는 체장이 조사된 것만을 표 4에 나타내었다.

나. 낚시 어구 재료의 강도

낚시에 물렸을 때 고기가 미치는 힘은 충격력이며 계속되는 피로하중이기 때문에, 낚시 어구 재료 자체가 이러한 힘을 받을 때 파단되지 않아야 함은 물론, 낚시나 낚싯줄 등이 힘을 받아서 변형이나 신장이 되었다가도 다시 원상태로 돌아가는 탄성 한계 내에 있어야 될 것이다. 잉어가 모난 낚시  $SA_a - F_1 S_k$ 에 걸렸을 때, 잉어의 체중에 따른 낚시 및 낚시 힘줄의 파단 관계를 그림 4와 같이 비교하였다.

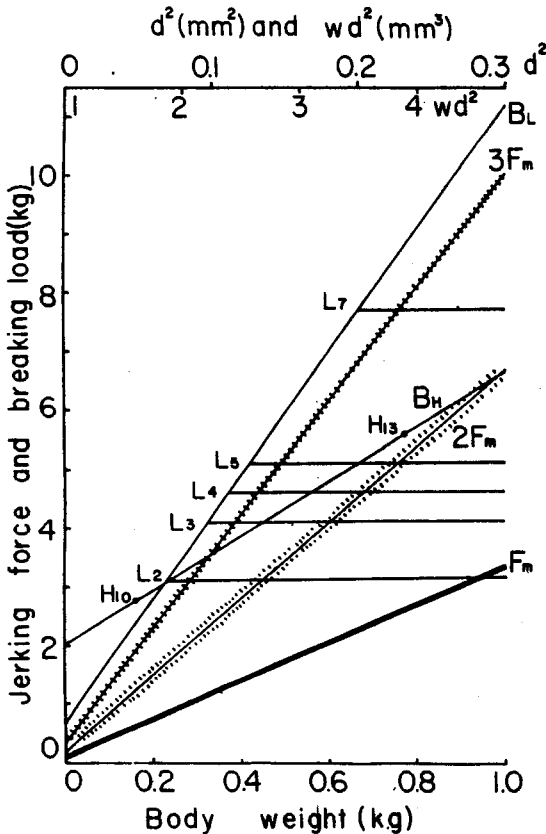


그림 4. 낚시 어구 재료의 선택

그림 4에서 잉어가 잡아채는 최대힘은 직선  $F_m$ 이며, 최대힘의 2배는  $2F_m$ , 3배는  $3F_m$ 인 직선이다. 낚시의 규격  $wd^2$ 에 따른 인장 속도  $780mm/min$ 일 때의 낚시의 파단하중은  $B_H$  직선으로 나타냈으며, 고기의 체중에 따른 어획 선택성은 10호 낚시  $H_{10}$ 에는 최소  $0.2kg$ 의 잉어가 물리고, 13호 낚시  $H_{13}$ 에는 최소  $0.75kg$ 의 잉어가 물린다고 본다. 낚싯줄인 나일론 힘줄의 직경  $d^2$ 에 따른 파단하중은  $B_L$  직선이며, 2호인  $L_2$ 에서 7호인  $L_7$ 까지 표시하였다.

낚시는 파단 변형률의 절반 이내까지의 하중을 받을 때만 안전하게 낚아 올릴 수 있고, 또 고기가 잡아채는 충격력과 피로하중 등을 고려할 때, 낚시의 파단하중은 고기가 미치는 최대힘의 2배인  $2F_m$ 보다 커야 된다고 본다. 따라서 그림에서, 10호 낚시에 최소  $0.2kg$ 의 잉어가 물렸을 때는 안전하나, 최대  $0.6kg$ 의 고기가 물리면 낚시의 강도가 약해져 불안정하게 될 것이다. 그러므로 현재 일률적으로 생산되고 있는 낚시의 규격에서, 파단하중에 가장 관계가 큰 직경에 대해서는 낚시 어업의 대상 어종에 따라 제고하여야 할 것이다.

낚싯줄이 고기가 잡아채는 힘에 의해서 파단될 때까지는, 신장에 의해서 어느 정도 충격력을 흡수하게 되므로 바로 절단되는 일은 드물다고 보아진다. 안전계수 2인  $2F_m$ 일 때 잉어 낚싯줄의 원줄은 보통 6호 이상을 쓰므로  $1kg$  정도의 고기에 대해서는 문제가 없겠으나, 낚시에 직결되는 아릿줄은 원줄보다 가는 것을 쓰고 있으므로, 5호의 아릿줄로  $0.8kg$  이상의 잉어를 낚아 올릴 때는 각별한 주의를 기울여야 할 것이다. 낚시의 어구 재료는 구성 방법과 사용 조건에 따라서 위와 같이 재료의 강도가 약해지게 되므로 낚시와 낚싯줄을 선택할 때는 여러가지 조건을 고려해서 결정해야만 조획률을 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 본다.

6. 낚시어업의 자동 기계화

연근해 낚시어업은 비교적 소규모의 어구로 소형어선에 의하여 대부분 조업되고 있어, 영세성을 벗어나기 위해서는 경제성 있는 어종과 어업

에 대하여 집중적인 자동 기계화 조업방식이 요구된다. 주낙어구의 경우 한 가닥의 긴 모릿줄에 많은 아릿줄과 낚시 등으로 구성되어 있어 영클리기 쉽고, 주로 사람의 손을 일일이 거쳐서 투승·양승이 이루어지고 있는 실정으로 어구의 규모에 비해 잔손이 많이 가는 어근이다. 오징어 채낚기의 경우는 비교적 용이하게 기계화가 진척되어 자동조상기에 의한 인력 감소와 생산성 향상에 이바지하고 있으며, 앞으로는 제어용 원칩 마이컴을 사용하여 완전 무인 자동화의 단계까지 이르러 전망이다.

연근해 주낙어구의 자동 기계화에 관해서 '70년대부터 서구의 노르웨이, 미국, 캐나다 등지에서, 주낙어구의 구성과 어로 작업이 하나의 긴 모릿줄을 따라서 반복적으로 이루어지고 있다는 점에 착안하여 개발을 시작한 이래 여러가지 자동화 시스템이 실용화 되고 있다. 일본에서는 원양의 다랑어 연승어업의 자동화에도 대량의 모

릿줄을 on-line 시켜 정리한다는데 주안점을 두어 개발하고 있는 중이다. 외국의 주낙 자동화 시스템은 대상어종과 어구 규격에서도 우리와는 차이가 있음은 물론, 기계의 가격도 소형의 경우에도 수만불 이상으로 엄청나게 비싸서 그대로 도입하는 데는 많은 문제점이 있을 것이다. 그러나 현재 경제성이 있는 몇몇 주낙어업에 대해서는 외국에서 개발된 주낙 자동화 시스템을 참고삼아 더욱 개발된 시스템이 채용되기를 바라는 의미에서 연근해 주낙 자동 기계화 시스템의 구성을 간단히 살펴본다.

주낙어업은 투승과 양승작업으로 구분되어 반복되는데, 기존의 광주리에 모릿줄과 아릿줄을 사려넣고 테두리에 낚시를 꼽아 두었다가 하나씩 빼내어 투승하고 양승하던 것을 자동화 시스템에서는 중간 과정의 각 작업을 분업화시켜 각각의 장치가 하나의 주어진 작업만을 하게하여 전체적인 조업이 이루어지도록 한다. 주낙 자동화 시스템의 한가지 방식을 그림 5에 나타냈다.

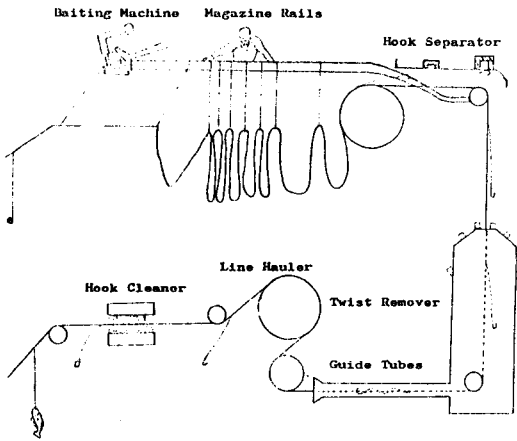


그림 5. 주낙 자동화 시스템의 구성도

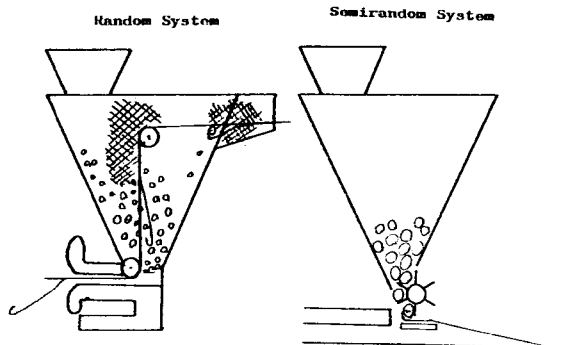
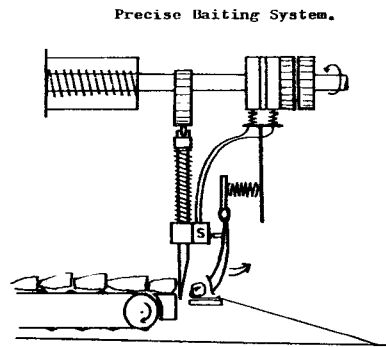


그림 7. 미끼 켜는 장치

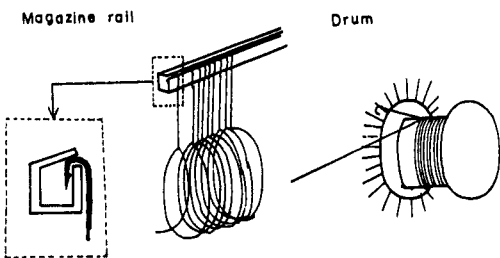


그림 6. 낚시 저장 장치

투스승작업은 낚시 저장 장치(Magazine rail 방식, 광주리에 해당함)에 걸려 있던 낚시가 레일을 따라 왼쪽으로 이동하여 미끼 꿰는 장치에서 미끼가 꿰이고 바다로 떨어져 투승되는 것이다. 양승작업은 양승기가 모릿줄을 감아 올림에 따라 사이드 롤러를 지나 올라온 고기를 사람 손으로 떼어 내면 낚시는 잔여 미끼 제거장치(Hook cleaner)에서 소제된다. 다음 유도관을 따라 수직으로 선 관속에서 아릿줄이 모릿줄에서 풀려지고, 낚시 분리기에서 낚시가 줄과 분리되어 레일의 홈에 걸리지게 되고, 모릿줄과 아릿줄 그리고 낚시가 가지런히 정리되게 된다. 이상에서 살펴본 것은 각 단계별 장치의 한 가지 예이고, 각 단계 별로 채용되고 있는 여러가지 방식을 살펴보면 다음과 같다.

낚시 저장장치로는 그림 6 과 같이 드럼식과 레일식이 있는데, 드럼식은 줄을 바로 드럼에 감아서 수납할 수 있으나 낚시와 줄들이 꼬임 염려가 있으며, 레일식은 낚시가 레일의 홈통에 걸려 줄이 드리워지도록 하는 것으로 낚시와 아릿줄을 구분하는 별도의 낚시 분리기가 첨가되어야 한다. 낚시에 미끼를 꿰는 장치로는 그림 7 과 같이 세 가지 방식이 있는데, Precise 방식은 낚시 하나에 미끼 한 점씩을 잘라 정확하게 꿰는 것으로 낚시에 미끼가 꿰이는 비율은 99% 이상으로 매우 높고, Random 방식은 미끼점들이 많이 들어있는 통속을 낚시가 지나가면서 미끼가 무작위로 걸려 꿰어지도록 한 것으로 비율은 90% 정도로 낮다.

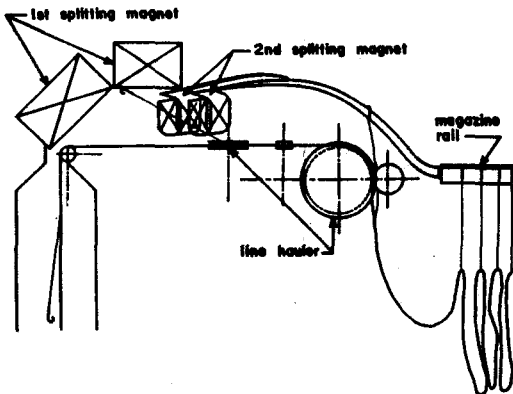


그림 8. 전자식 낚시 분리장치

잔여미끼를 제거하는 방식은 두개의 솔 사이로 낚시를 통과시켜 잔여미끼가 솔에 훑어지게 하는 것이며, 아릿줄 꼬임을 푸는 것은 수직으로 세운 관속에 물을 하방으로 분사시켜 풀게된다. 낚시를 분리시켜 레일에 거는 장치는 그림 8과 같이 두 종류의 자석을 적당하게 배치시켜 낚시가 자력에 끌려서 아릿줄과 분리되면서 홈에 걸리어 이동되어 레일까지 유도되도록 한다. 양승속도 2~3 m/sec로 낚시가 이동하여도 정상궤도에서 벗어나 다른 물체에 걸리지 않도록 낚시의 분리 비율을 99% 이상 높여야 실용성이 증대될 것이다.

### 참 고 문 헌

1. Baranov, F. I. 1976. Selected Works on Fishing Gear. Vol I. p.167~198.
2. Andreev, N. N. 1966. Handbook of Fishing Gear and Rigging. p. 400~414.
3. 고관서·김용해, 1981. 인장시험에 의한 낚시의 변형과 파단하중, 한국수산학회지 14 (4), 269~275.
4. 고관서·김용해, 1982. 낚시에 물린 잉어가 미치는 힘과 꼬리진동에 의한 주기성, 한국수산학회지 15 (3), 226~232.
5. 국립수산진흥원, 1970. 한국어구도감(3호) p. 82~96.
6. 김대안·고관서, 1985. 어구학, p. 30~121.
7. 한국 수출잠화 시험검사소, 1980. 낚시바늘 시험 연구보고. 33 호, pp. 48.
8. 山口裕一郎, 1979. 釣りの漁獲選擇性, 漁具の漁獲選擇性, p. 82~96.
9. Bjordal, A. 1981. Engineering and Fish Reaction Aspect of Longlining(A Review). Ins. of Fish, Tech. Res. Norway. pp. 22.
10. Sheldon, C. 1981. Mechanized Longline Fishing—a Technique with a Future. National Fisherman 62 (11), 106~109.
11. 이춘우, 1986. 주낙어구의 자동화 - 전자식 낚시 분리장치에 관한 연구, 부산수산대학 대학원 석사학위 청구 논문. pp. 25.