

밭돌재질에 따른 참조기유자망의 수중거동특성

강경범 · 김석종*

제주대학교 해양산업공학과

The behavior characteristics according to the quality of the sinkers of the yellow croaker drift gill net in the field

Kyoung-Bum KANG and Suk-Jong KIM*

Department of Marine Industrial Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

As a series of studies about improvement of yellow croaker drift gill net fishing gear and development of the labor saving fishing system, this study analyzed the behavior characteristics of fishing gear, which does use three types of different sinker materials in the field tests. The result of maritime performance test indicated that the fishing gear which used the lead reached the maximum depth and bio ceramics hauled to the surface of water the fastest. The correlation between the sinking time (St) and depth (Dsl, Dsc, Dsb) of maritime performance test can be shown such experimental equations as $Dsl = 2.70St - 0.75$, $Dsc = 2.38St - 1.15$, $Dsb = 1.77St - 4.00$. The correlation between the hauling time (Ht) and depth (Dhl, Dhc, Dhb) of maritime performance test can be shown such experimental equations as and $Dhl = -7.88Ht + 35.48$, $Dhc = -7.80Ht + 40.01$, $Dhb = -7.95Ht + 36.44$.

Key words: Behavior characteristics, Quality of sinkers, Sinking speed, Hauling speed

서 론

일반적으로 어류를 대상으로 하는 유자망은 기다란 모양을 한 직사각형 그물감의 상변과 하변에 각각 뜰 (浮子) 과 밧돌 (沈子) 을 부착하여 수중에서 수직으로 뻗혀 서도록 어구전체를 전개시키고 대상 어군이 서식하는 수층에서 조류를 따라 떠내려가도록 부설된다. 수중에서는 조류에 의해 원하는 수심을 따라 흘러가면서 조우

하는 어군이 그물코에 낚히도록 하는데, 참조기를 대상으로 하는 어업도 이와 같은 방법으로 어구를 제작하여 사용한다.

참조기 유자망어업에서 조업어선 (29 - 50ton) 이 어장으로 출어할 때 적제하는 어구의 양은 700 폭 (1 폭의 길이 25m) 정도이며, 200 폭은 파망 사고 등을 대비하기 위하여 예비로 적제하며 실제 조업에는 500 폭을 사용한다. 1년간 사용하는

*Corresponding author: ksukjong@cheju.ac.kr, Tel: 82-64-754-3411, Fax: 82-64-756-3483

그물의 양은 약 3,000폭 정도 되는 것으로 나타났다. 유자망 어구의 수중 전개과정에서 발들의 역할은 매우 중요하며 유자망 어구를 구성할 때 대체적으로 1폭당 사용되는 발들의 수는 500개 (재료: 납, 공기중 무게: 77g) 정도로 많은 양이 사용되고 있다. 이 납 발들은 발출되는 유해성분으로 인하여 어로 작업시 인체에 해로울 뿐만 아니라 조업과정에서 유실된 어구들이 생태계에 피해를 끼치고 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 이유로 해서 현장에서는 친환경적인 재료의 발들을 이용하여 유자망 어구를 구성해야 한다는 의견이 대두되고 있다.

지금까지 유자망 어업에 관련한 연구로서 Jo and Lee (1993)가 저층 유자망 양망기 개발에 관한 연구를 수행하였으며, Lee et al. (2000)은 참조기의 자원과 생태 등에 관해서 연구하여 보고하고 있다. 그리고 유자망 어업과 관련한 국외의 연구로는 Nashimoto (1965, 1966, 1967, 1968a, 1968b, 1969a, 1969b)가 자망어구에 관하여 체계적이고 구체적으로 연구 보고하였으며, Honda and Fujita (2005)는 자망 최적 침지시간에 관하여 보고한 바 있다. Kim et al. (2005a, 2005b, 2005c)은 참조기 유자망 어구의 개량 및 생력화 조업시스템 개발에 관하여 일련의 연구를 단계적이고 구체적으로 실시하였는데, 처음 단계에서는 추자도 주변 연근해 해역을 중심으로 조업하고 있는 참조기 유자망어업에 대하여 현장 조사를 실시하고 양망 방법별로 조업시스템을 비교 분석하여 보고하였고, 중간 단계에서는 어체 손상 방지 및 슬립현상을 저감시키기 위한 모형 5단 양망기를 제작하고 실내실험을 실시하여 양망과정에서의 양망과 장력특성을 분석하여 보고하였다. 그리고 마지막 단계에서는 이들의 자료를 기초로하여 해상 성능 시험을 실시하고 그 결과를 분석하고 검토한 후 문제점을 보완하여 실용화를 시도한 연구결과를 보고하고 있다.

이 연구는 참조기 유자망 어구의 개량과 생력화 조업시스템 개발에 관한 일련의 연구로서 현

장으로 사항인 친환경 어구로의 개량에 필요한 기초 자료를 얻기 위하여 발물 재질이 다른 3종류 즉 현재 이용되고 있는 발물 1종류(납)와 친환경적인 발물 2종류(도자기, 바이오세라믹)를 돌음줄을 사용하지 않는 참조기 유자망 어구에 부착하고 시험어구를 제작하고, 제주도 연안해역에서 해상 성능 시험을 실시하여, 이들 3종류의 참조기 유자망 어구에 대한 투망과 양망 과정에서의 수중거동특성을 분석하였다.

재료 및 방법

해상 성능 시험에 사용한 참조기 유자망 어구의 구성도를 Fig. 1에 나타냈다. 추자도 참조기 조업현장에서 사용하고 있는 돌음줄을 사용하지 않는 참조기 유자망 어구를 제작하고 1폭의 길이가 25m인 것을 총 4폭 연결하여 그 길이가 100m가 되도록 하였으며, 깊이는 12m이다.

시험어구는 현용어구와 동일 구조와 설계로 발물 부분을 재질이 다른 3종류로 달리 하였다 (Fig. 2). 그리고 그물감과 부속구의 명세를 Table 1에 나타냈다.

제주도 비양도 부근 연안해역에서 연안조업 어선 동운호 (들망어업, 총톤수 7.93ton)에 제작한 시험어구를 적재하고 해상 성능 시험을 실시했다. 1차 시험은 2006년 7월 25일 33° 24' N,

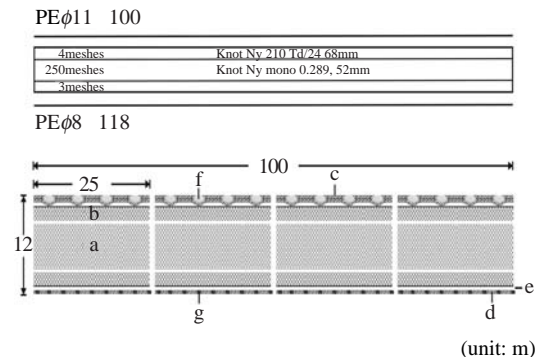


Fig. 1. Schematic of yellow croaker drift gill net used in the field tests at sea.

a: Main net b: Guarding c: Float line d: Sinker line e: Bloch line f: Float g: Sinker

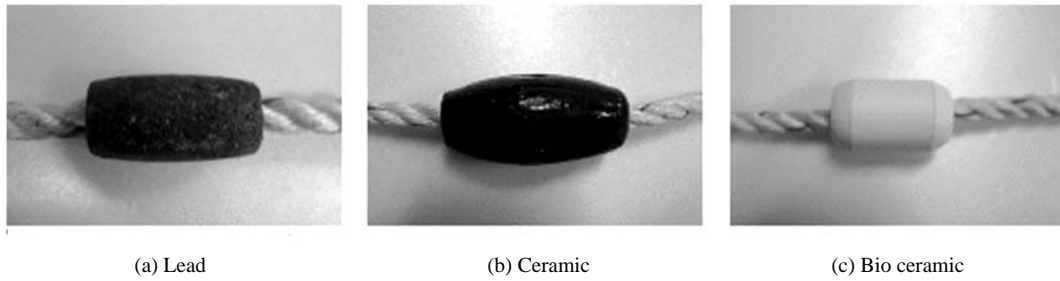


Fig. 2. The quality of three type of sinker materials used in the field test.

Table 1. Specifications of materials for yellow croaker drift gill net for the field tests

Symbol	Part	Material	Dimensions
a	Main net	Knot Ny mono ϕ 0.289 52mm	250 (B) \times 950mesh (L) \times 4panel
b	Guarding	Knot Ny Td210 24ply 68mm	7 \times 620mesh \times 4panel
c	Float line	PP rope ϕ 14	100m, 1strand
d	Sinker line	PP rope ϕ 8	118m, 1strand
e	Bloch line	PE rope ϕ 8	52m, 2strand
f	Float	Plastic float(buoyancy 140g)	96ea
g	Sinker	lead(weight 77g)	112ea
		ceramic(weight 69g)	144ea
		bio ceramic(weight 58g)	184ea

126° 12'E 어장 (평균수심 46m)에서, 2차 시험은 8월 2일 33° 21'N, 126° 09'E 어장 (평균수심 50m)에서, 3차 시험은 8월 25일 33° 21'N, 126° 09'E, 어장 (평균수심 59m)에서 실시하였다. 발돌로 낚, 도자기, 바이오세라믹을 사용한 유자망 어구 각각 4쪽씩 총 12쪽을 연안조업 어선 동운호의 우현 현측 중앙지점 부근에서 각각 3회씩 순서대로 투망하고, 대기시간을 15분 경과 후 양망하였다.

시험어구들의 수중 거동 특성은 수심 측정이 가능한 초소형메모리계측기 (Alec electronics co. MDS - D)를 사용하여 분석하였다. 초소형메모리계측기는 1초, 1분, 10분 간격으로 조절이 가능하고, 약 500,000개의 데이터를 측정할 수 있는 수심계측센서로 실험 전에 데이터 수집을 1초 간격으로 1개의 데이터를 측정할 수 있도록 설정하여 실험하였다. 수심계측센서의 설치는 뜰줄부에는 앞 끝단부분에 1개, 중앙부분에 1개, 뒤 끝단부분에 1개, 총 3개를 부착하였고, 발줄부에는 앞 끝단부분에서부터 뒤 끝단부분까지

20m 의 등 간격으로 총 5개를 부착하여 계속하였는데, 이 수심계측센서들의 번호를 앞단부분부터 뜰줄부는 각각 F - 1, F - 2, F - 3, 그리고, 발줄부는 각각 S - 1, S - 2, S - 3, S - 4, S - 5 이라고 이름을 붙였다.

해상성능시험은 어선의 우현 현측 중앙지점 부근에서 투망과 양망을 실시하였으며, 이 때의 연안조업어선 동운호의 평균속력은 약 1.5knots 였고, 어장의 평균수심은 약 52m 였으며, 또한 이 때의 평균 조류속도는 약 0.1 - 0.2knots 였다.

계측기는 회수 후 전용프로그램 (WinMDS Mark5 Data Process)을 이용하여 데이터를 회수하고 1초 간격으로 얻어진 수심데이터를 1분 간격으로 평균으로 수중거동을 해석하였다.

결 과

투망과정에서의 수중거동특성

3차례의 해상 성능 시험 (2006. 7. 25, 8. 2, 8. 25)에서 참조기 유자망 어구들의 투망하는 과정에서 변화되는 경과시간과 참조기 유자망 어구

의 침강수심과의 관계를 어구와 계측기번호별로 측정된 결과는 Fig. 3과 같으며, 각 어구의 침강수심은 완만한 직선형으로 투망 직후에 신속하게 수평방향으로 전개되면서 침강하였는데, 투망 초기에는 서서히 침강하다가 경과시간 10분 정도 후부터 급속하게 증감하는 경향을 보였다. 전체적으로 납을 사용한 참조기 유자망 어구

가 침강이 가장 빠르게 나타났고, 다음으로 도자기, 바이오세라믹을 사용한 어구 순이었다. 그리고 각 어구에 있어서 시간 경과에 따른 침강속도의 관계를 Fig. 4에 나타냈다. 납을 사용한 어구의 침강속도는 투망 초기에는 급격하게 감소하고 시간이 경과함에 따라 거의 일정하게 유지하다가 최대 도달 수심에서는 급격한 증감현상을

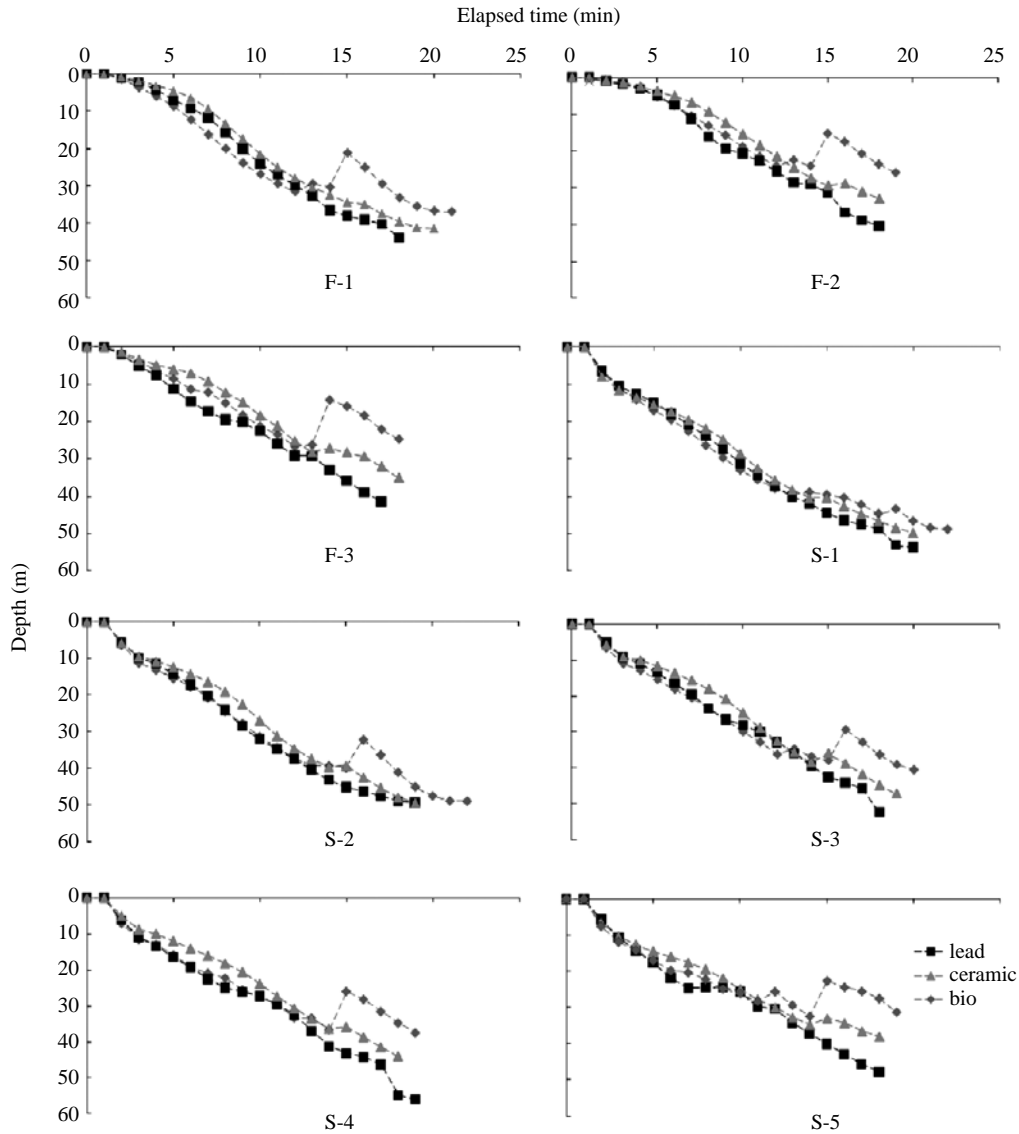


Fig. 3. The relationship between elapsed time (min) and depth (cm) according to shooting of yellow croaker drift gill net at experiment (July 25, August 2, August 25 in 2006). for the F - 1, F - 2, F - 3, S - 1, S - 2, S - 3, S - 4 and S - 5.

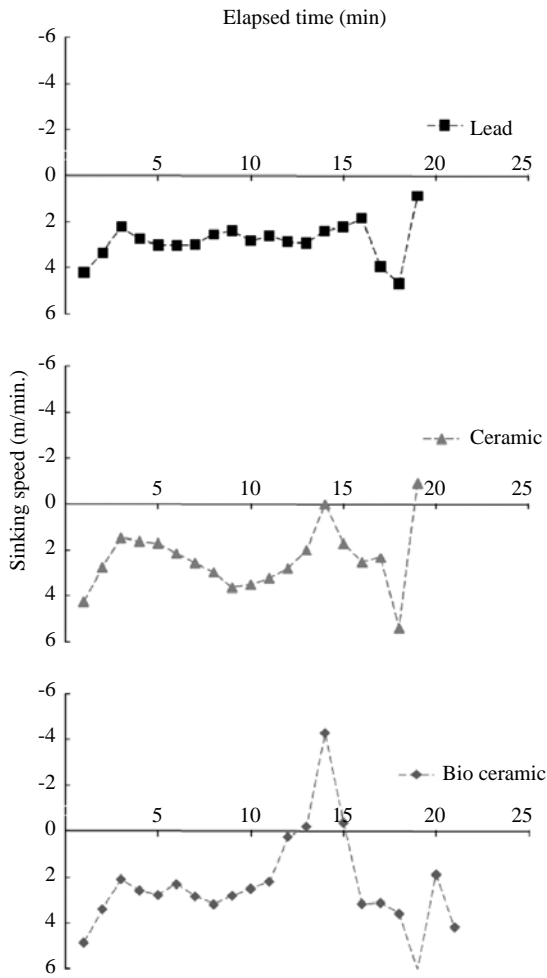


Fig. 4. The relationship between elapsed time (min) and sinking speed (m/min) of yellow croaker drift gill net at experiment.

보였고, 도자기를 사용한 어구의 침강속도는 투망 초기에는 급속하게 감소하고 시간이 경과함에 따라 속도가 증가하다가 경과시간 10분 정도부터는 급격한 증감하는 반복현상을 보였으며, 바이오세라믹을 사용한 어구의 침강속도는 투망 초기에는 급속하게 감소하고 시간이 경과함에 따라 소폭으로 증감하다가 경과시간 10분 정도부터는 가장 크게 증감하는 반복현상을 보였다.

시험 어구들을 투망하였을 때의 경과시간(St)과 발물 재질별 수심(Ds)의 변화는 직선적인 경향을 나타내므로 값의 설정범위에서 다음의 식으로 표시할 수 있다.

$$Ds = aSt + b \tag{1}$$

이 때 어구와 계측기 번호별로 a , b 의 값과 상관관계수 r 을 정리하여 Table 2에 나타냈다. 여기서 a , b 의 값은 변화경향에서 규칙성이 보이지 않으므로 어구별로 각각 평균값을 취하고, 그 결과를 (1)식에 대입하면 각각 (2), (3), (4)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Dsl = 2.70St - 0.75 \tag{2}$$

$$Dsc = 2.38St - 1.15 \tag{3}$$

$$Dsb = 1.77St - 4.00 \tag{4}$$

단, (2)식의 Dsl 은 3차례의 해상 성능 시험에서 낚을 사용한 어구의 경과시간에 따른 평균수심이고, (3)식의 Dsc 는 1차, 2차 그리고 3차 해상 성능

Table 2. The values of a , b in the field test and correlation coefficients r

Number of depth meter	Lead			Ceramic			Bio ceramic		
	a	b	r	a	b	r	a	b	r
F - 1	2.74	-4.45	0.98	2.45	-4.37	0.98	1.82	1.69	0.87
F - 2	2.47	-4.42	0.98	2.09	-4.62	0.97	1.43	-0.05	0.84
F - 3	2.50	-1.60	0.99	2.10	-2.99	0.98	1.35	2.03	0.74
S - 1	2.79	1.26	0.99	2.54	2.15	0.98	2.21	5.53	0.93
S - 2	2.85	0.80	0.98	2.72	-0.64	0.99	2.18	4.61	0.93
S - 3	2.84	-0.46	0.99	2.55	-0.47	0.99	1.96	5.26	0.88
S - 4	2.84	0.71	0.99	2.50	-0.51	0.99	1.81	5.55	0.85
S - 5	2.55	2.17	0.97	2.13	2.24	0.97	1.38	7.40	0.75

a : sinking speed, b : constant, r : correlation coefficients

능 시험에서 도자기를 사용한 어구의 경과시간에 따른 평균수심, (4)식의 D_{sb} 은 1차, 2차 그리고 3차 해상 성능 시험에서 바이오세라믹을 사용한 어구의 경과시간에 따른 평균수심이다

양망과정에서의 수중거동특성

3차례의 해상 성능 시험 (2006. 7. 25, 8. 2, 8.

25)에서 참조기 유자망 어구들의 양망하는 과정에서 변화되는 경과시간과 참조기 유자망 어구의 양망수심과의 관계를 어구와 계측기번호별로 측정된 결과는 Fig. 5와 같으며, 각 어구의 양망은 급격한 직선형으로 양망시 초기에는 서서히 올라오다가 수면부근에서 급속하게 올라오면서 양망되었는데, 전체적으로 바이오세라믹

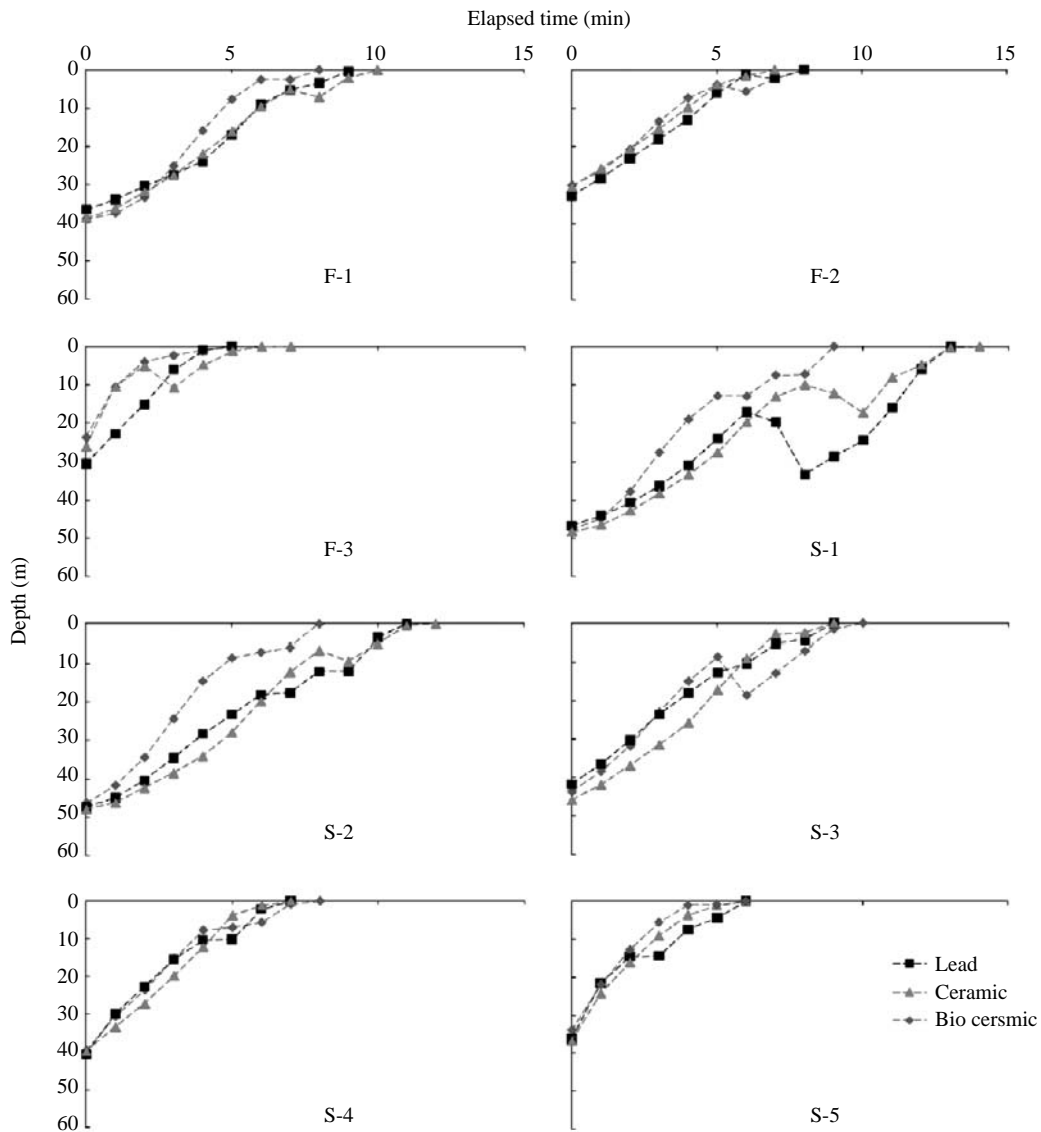


Fig. 5. The relationship between elapsed time (min) and depth (cm) according to hauling of yellow croaker drift gill net at experiment (July 25, August 2, August 25 in 2006) for the F - 1, F - 2, F - 3, S - 1, S - 2, S - 3, S - 4 and S - 5.

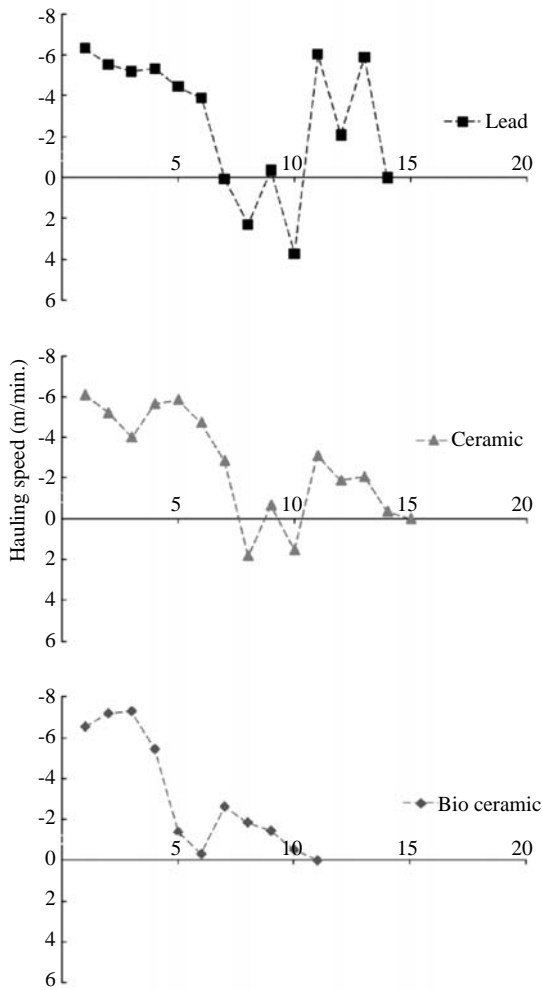


Fig. 6. The relationship between elapsed time (min) and hauling speed (m/min) of yellow croaker drift gill net at experiment.

을 사용한 참조기 유자망 어구가 양망이 가장 빠르게 나타났고, 다음으로 납, 도자기를 사용한 어구 순이었다. 그리고 각 어구에 있어서 경과 시간에 따른 양망속도의 관계를 Fig. 6에 나타냈다. 납을 사용한 어구의 양망 속도는 양망 초기에서부터 완만하게 감소하고 시간이 경과함에 따라 거의 일정하게 감소하다가 경과시간 7분 정도부터는 가장 급격하게 증감하면서 반복현상을 보였고, 도자기를 사용한 어구의 양망속도는 양망 초기에는 완만하게 감소하고 시간이 경과함에 따라 증가하다가 경과시간 8분 정도부터는 급격하게 증감하는 반복현상을 보였으며, 바이오세라믹을 사용한 어구의 양망속도는 양망 초기에는 속도가 완만하게 증가하다가 시간이 경과함에 따라 소폭으로 증감현상을 보였다.

시험 어구들을 양망하였을 때의 경과시간 (Ht) 과 발돌 재질별 수심 (Dh) 의 변화는 완만하게 직선적인 경향을 나타내므로 값의 설정범위에서 다음의 식으로 표시할 수 있다.

$$Dh = cHt + d \quad (5)$$

이 때 계측기 번호별로 c, d의 값과 상관계수 r을 정리하여 Table 3에 나타냈다. 여기서 c, d의 값은 변화경향에서 규칙성이 보이지 않으므로 어구별로 각각 평균값을 취하고, 그 결과를 (5) 식에 대입하면 각각(6), (7), (8)식과같이 나타낼 수 있다.

Table 3. The values of c, d in the field test and correlation coefficients r

Number of depth meter	Lead			Ceramic			Bio ceramic		
	a	b	r	a	b	r	a	b	r
F - 1	- 4.40	38.53	0.98	- 4.20	38.89	0.97	- 5.66	40.81	0.95
F - 2	- 4.41	31.52	0.96	- 4.64	29.64	0.98	- 3.89	27.74	0.92
F - 3	- 6.48	28.76	0.95	- 3.01	17.83	0.72	- 4.22	17.46	0.78
S - 1	- 2.88	45.01	0.76	- 3.62	46.87	0.93	- 5.41	46.08	0.95
S - 2	- 4.33	47.37	0.98	- 4.51	49.36	0.97	- 6.05	44.51	0.95
S - 3	- 4.67	39.23	0.97	- 5.66	46.77	0.98	- 4.15	38.90	0.89
S - 4	- 5.54	35.84	0.95	- 6.16	38.72	0.97	- 4.87	33.98	0.92
S - 5	- 5.35	30.14	0.91	- 6.03	31.08	0.92	- 5.56	27.59	0.86

c: hauling speed, d: constant, r: correlation coefficients

$$Dhl = -7.88Ht + 35.48 \quad (6)$$

$$Dhc = -7.80Ht + 40.01 \quad (7)$$

$$Dhd = -7.95Ht + 35.44 \quad (8)$$

단, (6)식의 Dhl은 1차, 2차 그리고 3차 해상 성능 시험에서 납을 사용한 어구의 경과시간에 따른 평균수심이고, (7)식의 Dhc는 1차, 2차 그리고 3차 해상 성능 시험에서 도자기를 사용한 어구의 경과시간에 따른 평균수심, (8)식의 Dhd는 1차, 2차 그리고 3차 해상 성능 시험에서 바이오세라믹을 사용한 어구의 경과시간에 따른 평균수심이다.

고 찰

참조기 유자망 어구에서 발돌은 수중에서 어구 전개형상 유지력과 유수에 대한 침강력을 높인다는 측면에서 보면 크기가 크고 무거운 것일 수록 좋을 수 있으나, 유자망에서 발돌의 크기를 크게 하고 그 수를 적게 하면 발돌이 부착된 부위의 그물감탄을 크게 긴장시켜 그물의 전체적인 형상을 흐트러져 본래의 형상이 유지되지 못하기 때문에 어구를 제작할 때는 지름이 작은 발돌을 다량으로 부착하도록 설계하여야 한다. (Kim, 1999)

Fig. 3에서 바이오 세라믹을 사용한 어구의 경우 경과시간 15분 경과 후부터 납, 도자기를 사용한 어구에 비해 데이터의 변화가 심한 것으로 나타났는데, 이와 같은 수심의 변화는 3차 해상 실험에서 바이오세라믹을 사용한 어구가 실험 어장의 조류의 영향등으로 인하여 어구의 불규칙한 수직거동이 일어난 것으로 생각된다.

본 연구에서 사용된 바이오세라믹 발돌 (1개당의 부피 16cm³)과 도자기 발돌 (1개당의 부피 30cm³)은 납 발돌 (1개당의 부피 7cm³) 보다 3 - 5 배 정도 부피가 커서 현장 조업과정에서 어구를 양망하여 적제하는데 다소 불편할 것이고 바이오세라믹 발돌이 납 발돌보다 약 2 - 3 배 정도 가

격이 높아서 어업인이 사용할 수 있도록 실용화 하는 어려움이 있다. 그러나 친환경적인 바이오 세라믹 발돌은 내열성, 내마모성, 내식성 등에 강한 특징을 가지고 있고, 해상 성능 시험에서 납, 도자기 발돌을 사용한 어구보다 수중거동특성이 우수하게 나타나서, 현재 참조기 유자망 어구에서 사용하고 있는 납 발돌을 바이오세라믹 발돌로 대체하여 어구를 구성하고 조업을 하더라도 투망과 양망작업 과정에서의 피해는 없을 것으로 추측된다. 그리고 바이오세라믹 발돌은 높은 온도에서 처리된 무기질의 비금속 재료로 금속 재료인 납보다 인체에도 해롭지 않으며, 조업 중 파망사고 등에 의해 참조기 유자망 어구가 어장에 유실하더라도 생태계에 피해를 주지 않는 것으로 예측되는데, 이후 이에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

결 론

참조기 유자망 어구의 개량과 생력화 조업시스템에 관한 일련의 연구로서 현장에로인 친환경 어구로의 개량에 필요한 기초 자료를 얻기 위하여 발돌 재질이 다른 3종류의 돌움줄을 사용하지 않는 참조기 유자망 어구를 제작하여 제주도 연안해역에서 3차례의 해상 성능 시험을 실시하였다. 초소형 메모리계측기 (Alec electronics co. MDS - D)를 뜯출부에 3개, 발출부에 5개를 부착하여 어구별로 조업시스템에서의 수중거동특성을 분석하였는데, 투망과정에서의 경과시간과 수심과의 관계는 완만하게 직선적인 경향을 보였으며 전체적으로는 납을 사용한 어구가 최대 도달 수심에 빠르게 도달하는 것으로 나타났다. 그 다음으로 도자기, 바이오세라믹을 사용한 어구 순이었다. 투망과정에서의 경과시간 (St) 과 수심 (Ds) 과의 관계는 납을 사용한 어구는 $Dsl = 2.70St - 0.75$, 도자기를 사용한 어구는 $Dsc = 2.38St - 1.15$ 그리고, 바이오세라믹을 사용한 어구는 $Dsb = 1.77St - 4.00$ 의 실험식으로 나타낼 수 있다. 양망과정에서의 경과시간과 수

심과의 관계는 투망과정에서의 수증거동현상과 비슷하게 직선적인 경향을 나타냈으며, 전체적으로는 바이오세라믹을 사용한 어구가 수면까지 양망되는 경과시간이 가장 빠르게 나타났으며, 다음으로 납, 도자기를 사용한 어구 순으로 나타났다. 양망과정에서의 경과시간 (Ht)과 수심 (Dh)과의 관계는 납을 사용한 어구는 $Dh_l = -7.88Ht + 35.48$, 도자기를 사용한 어구는 $Dh_c = -7.80Ht + 40.01$ 그리고 바이오세라믹을 사용한 어구는 $Dh_b = -7.95Ht + 36.44$ 의 실험식으로 나타낼 수 있다. 이와 같이 전체적으로 보면 투망과 양망과정에서 친환경적인 바이오세라믹을 발들 재질로 사용한 참조기 유자망 어구가 다른 어구에 비해 투망과 양망속도가 빠르게 나타났다.

사 사

이 연구를 수행함에 있어서 해상 성능 시험에 협조하여 주신 동운호 선주 이일수 사장님과 승선원 여러분들에게 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- Honda, N., Fujita, K., 2005. Selective fishing of smallmouth bass *Micropterus dolomieu* by soaking time zone of gillnet. Nippon Suisan Gakkaishi, 71 (1), 60 - 67.
- Jo, T.H. and B.M. Lee, 1993. Study on mechanization of net hauler of bottom drift gillnet for yellow croaker. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 187 - 195.
- Kim, D.A., 1999. Fishing gear design. pyeonghwa printing co. Ltd., suncheon, pp. 249 - 260.
- Kim, S.J., B.Y. Kim and M.S. Koo, 2005a. Improving of net hauler of the fishing gear and development of the labor saving type fishery operation system in the croaker drift gill net. 1. Studies on the comparing and analysis of filed fishery operation system. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 29 (1), 1 - 8.
- Kim, S.J. and M.S. Koo, 2005b. Improving of net hauler of the fishing gear and development of the labor saving type fishery operation system in the croaker drift gill net. 2. Performance tests of labor saving type model net hauler. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 41 (3), 199 - 206.
- Kim, S.J., M.S. Koo, K.B. Kang, D.B. Seo and Y.J. Jung, 2005c. Improving of net hauler of the fishing gear and development of the labor saving type fishery operation system in the croaker drift gill net. 3. The performance field tests at sea of labor saving type five-step drum net hauler. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Natl. Univ., 29 (2), 15 - 25.
- Lee, M.W., C.I. Zhang and J.U. LEE, 2000. Age determination and estimation of growth parameters using otoliths of small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* bleeker in korean waters. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 36 (3), 222 - 231.
- Nashimoto, K., 1965. Fundamental studies on the phenomena of stick in gill net - 1. Theoretical consideration and experimental analysis of sticking phenomena in mesh. Rep. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 15 (4), 221 - 233.
- Nashimoto, K., 1966. Fundamental studies on the phenomena of stick in gill net - 2. The measuring method of the time elapsed after sticking in mesh and the problem of its utilization. Rep. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 17 (1), 33 - 46.
- Nashimoto, K., 1967. Fundamental studies on the phenomena of stick in gill net - 3. Theoretical consideration of the most suitable webbing hand in net. Rep. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 18 (2), 73 - 80.
- Nashimoto, K., 1968a. Fundamental studies on the phenomena of stick in gill net - 4. The tension of neighbouring legs on sticking in mesh. Rep. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 19 (1), 33 - 39.
- Nashimoto, K., 1968b. Fundamental studies on the phenomena of stick in gill net - 5. The friction force on sticking in mesh. Rep. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 19 (2), 123 - 131.
- Nashimoto, K., 1969a. Fundamental studies on the phenomena of stick in gill net - 6. The dynamic force of the fish swum in to a mesh. Rep. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 19 (4), 273 - 278.

Nashimoto, K., 1969b. Fundamental studies on the phenomena of stick in gill net - 7. The holding force of net in sticking of fish - body. Rep. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 19 (4), 279 - 287.

2009년 8월 31일 접수
2009년 11월 30일 1차 수정
2010년 1월 29일 2차 수정
2010년 2월 14일 수리