

## 연승의 침강속도에 영향을 미치는 미끼의 특성과 앵커 무게에 관한 연구

이지훈 · 이춘우<sup>1\*</sup> · Ludvig KARLSEN<sup>2</sup>

부경대학교 저탄소해양생산기술연구소, <sup>1</sup>부경대학교 해양생산시스템관리학부,  
<sup>2</sup>Norwegian University of Technology and Science Dept. of Marine Technology

### **A study of the sinking speed of longlines influenced by bait properties and anchor weights**

**Jihoon LEE, Chun-Woo LEE<sup>1\*</sup> and Ludvig KARLSEN<sup>2</sup>**

*Institute of Low-Carbon Marine Production Technology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

*<sup>1</sup>Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

*<sup>2</sup>Department of Marine Technology, Norwegian University of Technology and Science, Trondheim, Norway*

The paper presents investigations on to which degree the sinking speed of longlines is influenced by type of bait, bait sinking orientations and anchor weights. The main aim of this study is to obtain further insight in the ocean current displacement phenomena in demersal longlining. The sinking speed is one of the main factors deciding the current displacement. In an ongoing project, sinking speed experiments with longlines with 6 kg and 10 kg anchor weights have been carried out in the Trondheim fjord. The longlines used in the first experiments were rigged without bait and hook. The results of these experiments with two different anchor weights have revealed only a slight difference in the sinking speed, except for the part near to the anchors, even though the sinking speed of longlines in general is supposed to be much influenced by the anchor weights. The reason for the obtained result is supposed to be that the experiments have been carried out at relative shallow waters. Further studies have included bait sinking experiments in the flume tank. The experiments showed that the drag coefficient of "fillet type (flat)" bait varied from 0.763 to 1.735, while it for "elliptic type" bait varied from 0.62 to 1.483. Other activities have included calculation of the sinking speed of longlines as a function of the established resistance coefficients of bait of various shape and size for commercial longlining. The calculated sinking speed of a longline with the fillet type bait was found to be 12.4 to 16.5% lower than for a longline without bait.

Keywords: Sinking speed of longlines, Baits, Anchor weights, Numerical methods, Ocean current displacement of longlines

\*Corresponding author: cwlee@pknu.ac.kr, Tel: 82-51-629-5891, Fax: 82-51-629- 5886

## 서 론

저연승 어장은 해 · 조류에 노출된 대륙사면에서 주로 형성되는데, 조업 시 해 · 조류는 저연승 어구가 투승되어 침강하는 동안 어구의 수평이동을 야기하는 주요인이 된다. 저연승 조업 시 강한 조류가 작용하면 연승어구는 침강하는 동안 해 · 조류에 의해 수평 이동하여 계획된 부설위치를 벗어나게 되어 어획성능에 상당한 영향을 줄 뿐만 아니라 (Lee and Karlsen, 2005), 어구의 유실 가능성도 높아진다. 어구의 수평이동을 결정하는 요소는 어구의 침강속도, 어장의 수심 그리고 해 · 조류의 속도와 방향이다. 조류가 강한 어장에서 조업할 때 해양환경요인을 고려한 어구의 착지 위치를 미리 예측할 수 있으면 어획성능을 높이고 어구손실을 줄일 수 있을 것이다.

연승어구의 침강과정과 어구의 형상에 관한 최근 연구로써, Mizuno et al. (1999)는 소형 자기수심수온계의 데이터를 이용하여 연승어구의 침강속도를 계산할 수 있는 수학적 모델에 관한 연구를 하였으며, Lee et al. (2005)는 조류에 의한 중층연승어구의 형상변화를 수치계산방법을 통하여 연구를 하였다. 또한 Miyamoto et al. (2006)은 초음파 위치 시스템과 ORBCOMM 부이를 사용하여 연승어구의 운동에 관한 연구를 수행하였다. Smith (2001)과 Robertson et al. (2003)은 바다새 혼획을 방지하기 위하여 연승어구 침강속도에 관한 연구를 하였다. 하지만 Mizuno et al. (1999), Lee et al. (2005), Miyamoto et al. (2006)는 중층연승어구에 대한 연구이며, 저연승의 전체 침강과정에 대한 연구는 거의 없다.

Karlsen et al. (2001)은 조류, 연승어구의 침강속도 그리고 어장의 수심의 상관관계를 통하여 연승어구의 침지위치를 이론적으로 계산할 수 있는 방법을 제시하였다. 하지만, 연승어구의 침강속도는 모릿줄의 재질 및 두께, 아릿줄의 배치, 미끼, 앵커의 무게와 같이 다양한 어구 요소에 대한 분석은 행해지지 않았다.

본 논문에서는 연승어구의 수평이동을 결정하는 주요 요소인 어구의 침강속도에 미끼의 형태, 미끼의 침강방향, 앵커 무게가 어느 정도 영향을 주는지에 대한 실험과 수치계산방법에 의하여 분석함으로써 수치계산방법에 의한 연승의 침강속도 분석의 가능성을 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 모형 미끼 실험

실물크기의 모형 미끼 실험은 2005년 4월 덴마크 소재 북대서양 해양 센터(North Sea Centre in Hirtshals, Denmark)의 회류수조 (maximum velocity: 1m/s, length of observation window: 21.3m, width of observation window: 8m, height of observation window: 2.7m)에서 실시하였다.

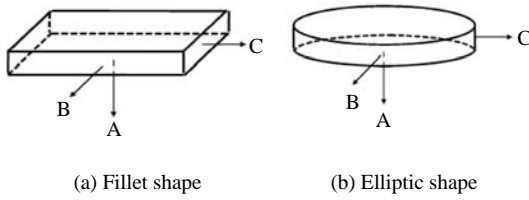
저연승 미끼는 일반적으로 냉동된 물고기를 잘라서 사용하는데, 이때 무게는 20g-40g (Bjrdal and Løkkeborg, 1996; Prado, 1990)이며, 비중은 1보다 약간 크다 (Johnston et al., 1994). 실험에 사용된 모형미끼는 실제 미끼의 형상과 비중을 고려하여 나무에 납을 삽입하여 제작하였으며 (Table 1), 미끼의 형태는 실제 조업에서 사용되는 타원형과 직사각형의 두가지 형태로 제작하였다 (Fig. 1). 실험은 모형 미끼의 침강 방향을 고정시키기 위하여 미끼에 추를 가는 실로 고정하였다 (Table 2, Fig. 2).

침강 시간은 침강과정동안 침강 초기 구간에 서 발생하는 가속구간을 제외시켜 측정하였다. 이 때 회류수조의 측정창 (height: 2.7m)에서 수

Table 1. Details of model bait used in the experiment

Shape-Size*	Length (cm)	Width (cm)	Height (cm)	Weight of bait (g)
F - L	4.9	3	1.8	29
F - M	4.2	2.8	1.8	23
F - S	3.3	2	1.8	13
E - L	5.55	3.4	1.8	34
E - M	4.65	3	1.8	25
E - S	3.65	2.25	1.8	15

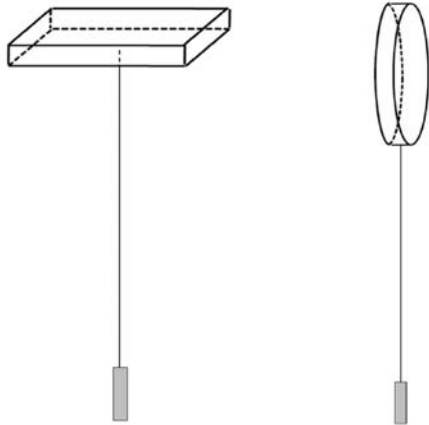
\* Shape: F (fillet), E (elliptic), Size: L (large), M (middle), S (small)



**Fig. 1. Schematic drawing of baits and their varying orientation to the sinking direction: (A, B, C: sinking orientation of baits)**

**Table 2. Specification of the twine and the weights for the experiment**

	Length (cm)	Diameter (cm)	Weight (g)
Twine	10	0.2	0.228
Weight	3.3	0.8	8.9



(a) Fillet shape bait with "A" sinking orientation (b) Elliptic shape bait with "C" sinking orientation

**Fig. 2. Bait setup.**

면으로부터 0.6m, 바닥으로부터 0.1m는 가속 및 바닥으로부터의 간섭을 고려하여 측정에서 제외시켰다. 그러므로 유효 측정 수심은 2m이다.

정수상태의 회류수조에서 미끼가 침강방향 (Fig. 1의 "A" 방향)으로 침강할 때 진동이 발생하나, 진동은 매우 작아 진동의 영향은 무시하였으며, 본 실험은 실물크기의 실험이기 때문에 실제 조업에서도 동일한 진동이 발생할 것으로 판단된다.

미끼의 형태, 사이즈, 침강방향에 따른 저항계수는 아래의 식으로 계산되었다 (Lee, 2009). 미끼가 실에 의해서 추에 연결된 상태의 총 저항을 식 (1)로 계산을 하였고, 추와 실의 저항은 식 (2) - (4)를 이용하여 계산하였다. 미끼의 저항은 식 (4)와 같이 추와 실의 저항을 총 저항에서 제거하여 계산하였다. 마지막으로 미끼의 저항계수는 식 (5)를 이용하여 계산하였다. 단, 식 (1)은 침강속도가 일정할 때 유효하다.

$$R_t = (m_{(W+R+B)} - \rho_w V_{(W+R+B)})g \quad (1)$$

$$R_{(W+R)} = \frac{1}{2} C_{D(W+R)} \rho_w A_{(W+R)} U_{(W+R)}^2 \quad (2)$$

$$C_{(W+R)} = \frac{R_{(W+R)}}{U_{(W+R)}^2} \quad (3)$$

$$R_B = R_t - R_{(W+R)} = R_t - C_{(W+R)} U_{(W+R)}^2 \quad (4)$$

$$C_{D(B)} = \frac{2R_B}{\rho_w A_{P(B)} U_{(W+R+B)}^2} \quad (5)$$

여기서,  $\rho_w$ 는 물의 밀도,  $R_t$ 는 총 저항(추가 실에 의해서 미끼에 연결되어 있는 상태),  $m_{(W+R+B)}$ 는 총질량 (추가 실에 의해서 미끼에 연결되어 있는 상태),  $V_{(W+R+B)}$ 는 총 부피 (추가 실에 의해서 미끼에 연결되어 있는 상태),  $R_{(W+R)}$ 는 추와 실의 저항,  $A_{(W+R)}$ 는 추와 실의 단면적,  $U_{(W+R)}$ 는 미끼를 제외한 추와 실의 침강 속도,  $C_{(W+R)}$ 는 추와 실의 저항을 위한 결정계수,  $U_{(W+R+B)}$ 는 미끼가 실에 의해 추에 연결되어 있을 때의 침강속도,  $R_B$ 는 미끼의 저항 그리고  $C_{D(B)}$ 는 미끼의 저항계수이다.

### 앵커 무게에 따른 침강속도 영향

연승어구의 침강속도에 대한 앵커 무게의 영향을 확인하기 위하여 6kg과 10kg 두 가지의 앵커를 차례로 사용하여 침강속도 변화를 측정하였다. 침강실험은 2005년 10월과 2007년 3 - 4월에 노르웨이 트론하임 피요로드에서 실시하였으며, 실험에 사용된 어구의 사양은 Table 3과 같다. 본 실험에 사용된 어구는 아릿줄, 낚시 및 미끼를 포함하지 않았다. 연승어구의 침강속도는

어구 각 부위에 따라 상이할 것으로 고려되어, 모릿줄을 150m 간격으로 나누어, 그 곳에 수심계 (TDR, Vemco, Nova Scotia, Canada)를 부착하여 침강속도를 측정하였다 (Fig. 3).

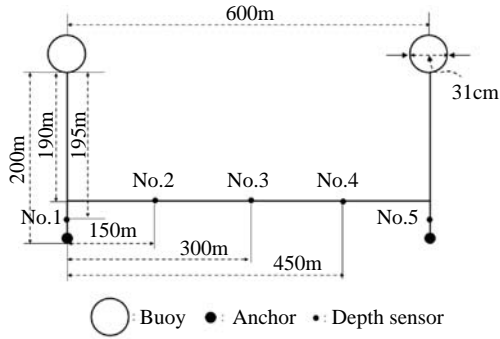
실험은 NTNU (Norwegian University of Technology and Science) 생물 연구소 소속의 선박 F/F Calanus (LOA 8.23m; Width 2.62m; Depth 0.91m; Maximum speed 8 knots (roughly))를 사용하였으며, 투승은 정해진 코스를 따라 5.9 - 6.5knots 의 속도로 이루어졌다. 해상실험이 이뤄진 해역의 수심은 120 - 150m였다.

앵커 무게에 의한 침강속도 영향분석에서 앵커 무게는 삼원분산분석법 (Three-way ANOVA: 실험횟수, 측정 위치, 수심)을 사용하여 분석하는데 유형적 및 연속적 변수로 사용되었다. 6kg 및 10kg 앵커를 부착한 연승어구의 침강실험은 연승 어구의 다섯 군데에 수심센서 (TDR, Vemco, CANADA)를 부착하여 침강속도를 측정하였다.

**Table 3. Specification of the longline used in the experiments**

	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Buoyancy (N)	Weight (kg)
Buoyline	200	4.5	PA		
Mainline	600	4.5	PA		
Anchor			Steel		6, 10
Buoy		0.31		145.2	

Position of the sensor: Each 150m interval on the mainline



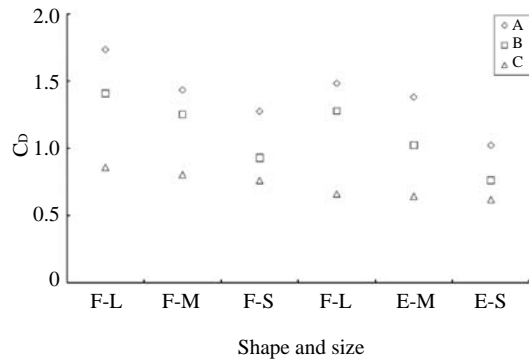
**Fig. 3. Schematic drawing of the experimental longline and the measurement positions.**

## 결과 및 고찰

### 모형 미끼 실험

미끼의 평균 침강속도는 수조 관측창에 수직 방향으로 장착된 고속이동카메라를 이용해 측정된 침강시간과 침강수심을 통하여 계산하였다. 추에 실로 연결된 미끼의 평균 침강속도를 미끼 특성별 (타입, 사이즈, 침강방향)로 측정하였고, 미끼를 제외한 추와 실의 평균 침강속도와 침강수심을 측정하였다. 측정된 데이터를 이용하여 미끼의 평균 침강속도를 계산하였다. 본 연구에서 측정 및 계산된 미끼의 타입, 크기 그리고 침강방향에 따른 저항계수 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 실험결과 저항계수와 미끼의 크기 그리고 미끼의 침강방향이 비례관계가 있음이 확인되었고, 미끼의 사이즈 및 투영면적에 따라 직사각형 모양 미끼의 저항계수는 1.735 - 0.763, 타원형 모양 미끼의 경우는 1.483 - 0.62로 계산되었다.

현장에서 사용되는 미끼의 크기는 균일하진 않지만, 일반적으로 본 연구에서 사용된 큰 사이즈의 미끼를 사용하며, 실험결과 직사각형 모양의 미끼는 타원형 모양의 미끼보다 큰 투영면적 때문에 미끼보다 높은 저항계수가 측정 및 계산되었다.



**Fig. 4. Drag coefficients of baits of different shapes, sizes and orientations (Shape: F (fillet), E (elliptic); Sizes: L (large), M (medium), S (small); Sinking orientation: A, B, C).**

앵커무게에 따른 침강속도 영향

앵커무게에 의한 연승어구의 침강속도 변화에 대한 실험 결과를 Fig. 5에 나타내었으며, 해상 실험에서 연승이 해저 바닥에 완전히 도달하는데 대략 25분이 소요되었으며, 본 실험에서 수심 센서를 통하여 10번의 데이터를 획득하였으나, 이중 2번은 어구 침강동안 부이 줄의 엉킴으

로 인하여 데이터의 일부분만 분석에 사용하였다. 6kg 앵커와 10kg 앵커를 부착한 연승어구의 측정부위별 침강속도를 Fig. 5에 시간과 침강수심 관계로 표시하였다. Fig. 5(e)는 침강동안 전형적인 부이 줄 엉킴 현상이 대략 70m 수심에서 발생한 것을 나타내고 있다. 배의 후미부분을 통해 어구가 투승되는 동안 시각적 관찰에 의하면

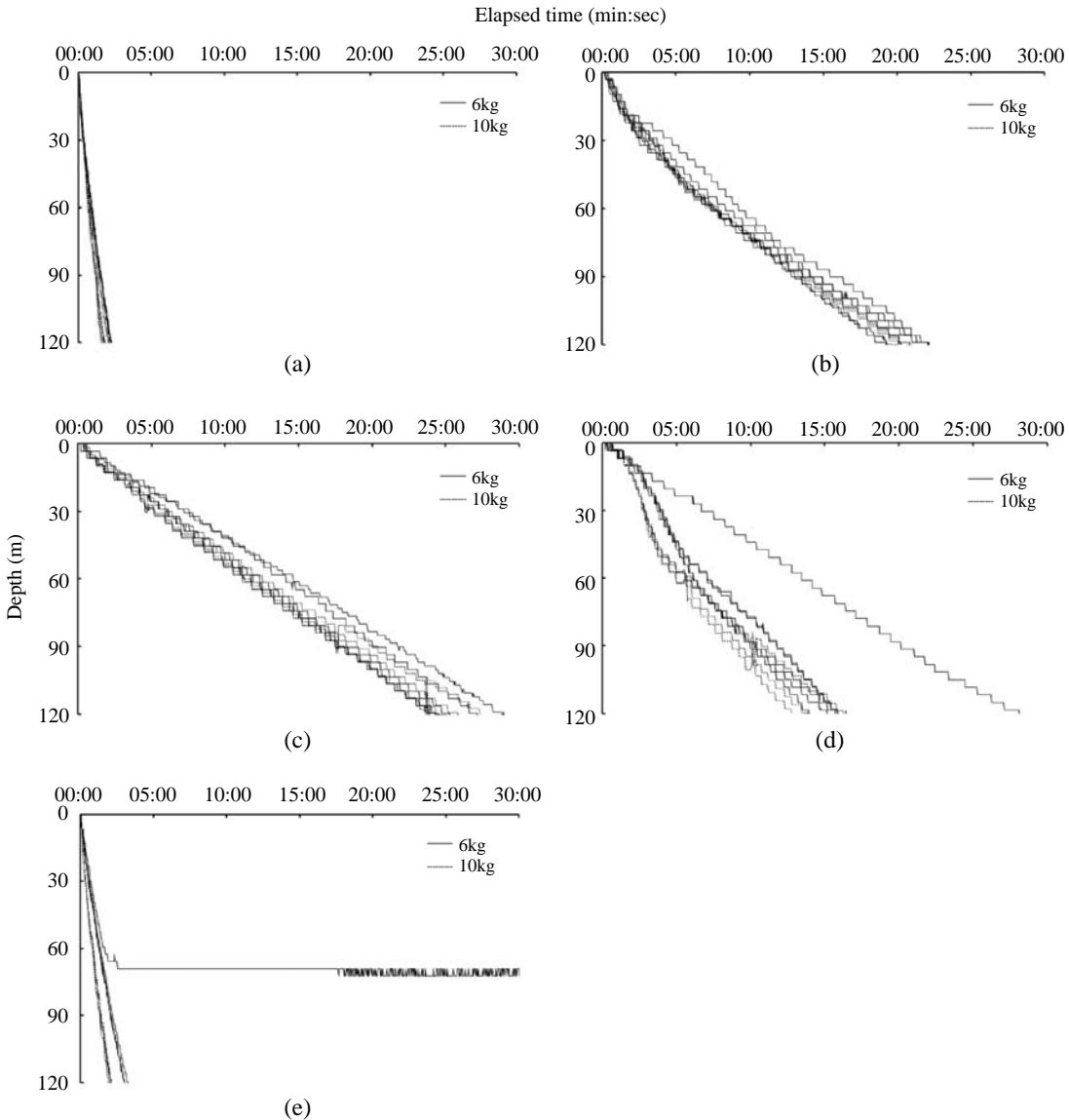


Fig. 5. Longline sinking profile at different measurement positions of the longline and different weight (measurement positions shown; a: 'No. 1', b: 'No. 2', c: 'No. 3', d: 'No. 4', e: 'No. 5').

**Table 4. Mean sinking speed at different measurement positions and the depth**

Depth (m)	Anchor weight		Sinking speed at measurement position on longline (m/s)*				
			No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
30	6 kg	mean	1.226	0.172	0.086	0.116	0.808
		SE**	0.021	0.019	0.004	0.012	0.055
		n**	5	5	5	4	5
	10 kg	mean	1.416	0.157	0.109	0.178	1.359
		SE	0.016	0.006	0.000	0.005	0.101
		n	5	5	5	5	5
60	6 kg	mean	1.101	0.122	0.080	0.135	0.737
		SE	0.009	0.005	0.003	0.018	0.051
		n	5	5	5	4	5
	10 kg	mean	1.322	0.130	0.089	0.179	1.170
		SE	0.014	0.001	0.000	0.002	0.040
		n	5	5	5	5	5
90	6 kg	mean	0.966	0.106	0.081	0.124	0.732
		SE	0.011	0.003	0.002	0.015	0
		n	5	5	5	4	4
	10 kg	mean	1.233	0.110	0.086	0.146	1.057
		SE	0.020	0	0.000	0.001	0.024
		n	5	5	5	5	5
120	6	mean	0.903	0.097	0.081	0.121	0.678
		SE	0.009	0.003	0.002	0.014	0
		n	5	5	5	4	4
	10	mean	1.147	0.099	0.084	0.136	0.977
		SE	0.009	0	0	0	0.008
		n	5	5	5	5	5

\*These measurement positions on the longline are shown diagrammatically on Fig. 3.

\*\*SE: standard error, n: number of measurements.

앵커 근처 부분에서 빠른 침강속도를 나타내었지만, 앵커에 의한 침강속도가 증가하는 것은 수심 40m 이내에서 안정된 상태로 돌아오는 국소적 효과를 나타냈다.

삼원분산분석법을 통한 분석에서 주요한 상관관계는 측정위치와 침강속도에서 나타났다 (ANOVA test:  $F=10154.692$ ,  $P < 0.001$ ). 모든 측정위치에서의 침강속도는 앵커 무게에 의해서 변화함을 확인하였다 (ANOVA test:  $F=300.927$ ,  $P < 0.001$ ). 수심의 변화에 따라 침강 속도에 현격한 변화가 있지만, 침강속도 측정위치 중 No. 3에서의 침강속도는 앵커무게 변화에 의한 영향이 가장 작음을 나타내었다 (ANOVA:  $F=149.252$ ,  $P < 0.001$ ). 본 해석을 통하여 앵커무게 별 각 5번씩의 해상 실험으로부터 구한 침강속

도 사이에서 큰 차이점이 없는 것으로 나타났다.

분석결과 6kg 앵커의 경우, 평균 침강속도는 모릿줄 중앙부위 (측정위치: No. 2, No. 3, No. 4)에서 0.08 - 0.172m/s 이다 또한 첫 번째 앵커 (측정위치: No. 1)에서 0.93 - 1.226m/s 이며, 두 번째 앵커 (측정위치: No. 5)에서 0.678 - 0.808m/s 이다. 또한 10kg 앵커의 경우, 모릿줄 중앙부위 (측정위치: No. 2, No. 3, No. 4)에서의 평균 침강속도는 0.84 - 0.179m/s 이며, 첫 번째 앵커 (측정위치: No.1)에서는 1.147 - 1.416m/s, 두 번째 앵커 (측정위치: No. 5)에서 0.977 - 1.359m/s로 측정되었다. 이때 측정 위치 No. 1과 No. 5에서 측정 위치 No. 2, No. 3, No. 4에서 일반 오차가 상대적으로 큰 것으로 분석되었다.

측정위치 No. 2, No. 3, No. 4에서의 침강속도

**Table 5. Comparison of experimental and simulated mean sinking speed (m/s) at various measurement positions at a depth of 120m**

Anchor weight	Classification	Mean sinking speed at measurement positions on the longline (m/s)*				
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
6 kg	Experiment	0.903	0.091	0.081	0.121	0.678
	Simulation	1.063	0.100	0.085	0.197	0.756
10 kg	Experiment	1.147	0.099	0.084	0.136	0.977
	Simulation	1.156	0.102	0.086	0.198	1.038

\*These measurement positions on the longline are shown diagrammatically on Fig. 3.

경향은 No. 1과 No. 5 위치에서의 침강속도 경향과 비교하였을 때 앵커무게에 의한 영향이 크지 않은 것으로 분석되었다 (Table 4). 일반적으로 연승어구의 침강속도는 앵커 무게에 많이 영향을 받는다고 알려져 있지만, 본 실험에서 두 종류의 앵커 (6kg, 10kg)에 의한 실험 결과 침강속도는 큰 차이가 나지 않았다. 이러한 결과가 얻어진 이유는 본 실험이 상대적으로 얕은 해역에서 이뤄졌기 때문인 것으로 생각된다.

6kg과 10kg 두 앵커 무게와 측정 위치별에서 수심 30, 60, 90, 120m에서의 평균 침강속도를 Table 4에 나타내었다.

Table 5는 해상실험에서 얻어진 침강속도를 전보 (Lee et al., 2008)에서 제시된 수치 시물레이션 방법으로 실험과 동일한 어구 사양으로 계산하여 비교하였다.

#### 미끼에 따른 연승어구의 침강속도 계산

침강속도는 전보 (Lee et al., 2008)에서 제시된 수치 시물레이션 방법으로 계산하였다. 이때 시물레이션에 사용된 어구의 사양은 Table 6과 같다. 또한, 시물레이션 조건은 정수상태의 700m 수심 그리고 투승속도를 6 knots로 설정하였다.

침강속도는 미끼의 타입에 의해서 영향을 받을 뿐만 아니라 침강방향에 의해서도 영향을 받는다. 상업 연승에서 큰 사이즈, 침강방향 (Fig.1의 “A” 방향)을 가진 직사각형 모양의 미끼와 큰 사이즈, 침강방향 (Fig.1의 “C” 방향)을 가진 타원형 모양의 미끼가 가장 보편적으로 사용되

는 미끼의 특성이다.

침강방향 (Fig.1의 “A” 방향)을 가진 직사각형 모양의 미끼를 부착한 연승어구의 침강속도가 미끼를 부착하지 않은 연승어구의 침강속도에 비해 12.4 - 16.5% 정도 낮은 것으로 계산되었으며, 침강방향 (Fig.1의 “C” 방향)을 가진 타원형 모양의 미끼를 부착한 연승어구 침강속도의 경우 3.7 - 5.1% 정도 낮은 것으로 계산되었다.

위의 결과와 같이 미끼 및 앵커 무게의 변화에 의하여 연승어구의 침강속도는 민감하게 영향을 받으며, 이로 인하여 최종 침지위치를 결정하는데 중요한 작용을 한다. 수심과 해황의 상태에 따라 침강속도의 변화는 침지위치를 수백미터 이상 이동시킴으로써 어획성능에 상당한 영향을 줄 것이다. 정확한 침지위치를 계산할 수 있다면 연승어구를 보다 적극적인 어구로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 연승어구의 침강속도는 앵커무게의 변화에 따라 국소적으로 변화함을 확인할 수 있었으나, 실험해역의 수심이 얕아 보다 깊은 해역에서의 추가적인 실험을 통한 분석이 필요할 것으로 사료된다. 또한, 연승어구의 침강속도를 실험 및 시물레이션 결과를 통하여 분석한 결과 미끼의 타입과 침강방향에 따라 16.5% 까지 감소함을 확인할 수 있었다. 그러나 미끼의 침강방향이 침강시 변화하는 것을 고려하여야 할 것이다. 본 연구에서의 측정 및 분석은 다양한 요소들 (미끼, 앵커 무게 및 수심)에 의해 영향을 받는 연승어구의 침강속도 및 과정을 이

**Table 6. Specification of the longline used in the simulations**

	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Buoyancy (N)	Weight (kg)
Buoyline	1000	7	PA		
Mainline	3000	7	PA		
Snood	0.4	1.024	PA		
Hook			12 Ezbait (Mustad AS)		
Bait			fillet, elliptic (each size and sinking orientation)		
Anchor			Steel		10
Buoy		0.31		145.2	
Position of the sensor		Each 150m interval on the mainline			

해 하는데 도움이 될 것으로 사료된다. 후속 논문을 통하여 보다 다양한 요소들(투승속도, 투승방법, 모릿줄 길이와 수심과의 관계, 어구 제질 및 굵기)에 의한 어구의 침강속도 변화에 대하여 다룰 예정이다.

## 결 론

본 논문은 저연승 어구의 수평이동현상 해석에 관한 연구의 선행과제로 미끼의 형태, 미끼의 침강 방향과 앵커의 무게가 연승의 침강속도에 어느 정도의 영향을 주는가에 대한 연구이다. 미끼의 정확한 유체역학적 특성을 조사하기 위하여 회류수조에서 실물 모형 크기의 미끼에 대한 유체역학적 특성을 조사하였다. 모형미끼의 침강 실험은 두 가지의 형태와 세 가지의 크기 그리고 세 방향의 침강방향으로 수행하여, 직사각형 모양의 미끼는 0.763-1.735, 그리고 타원형 모양의 미끼는 0.621-1.483 의 저항계수를 산출하였다. 또한, 앵커 무게에 의한 저연승의 침강속도에 대한 영향을 분석하기 위하여, 연승 어구에 두 가지의 앵커 (6kg, 10kg)를 사용하여 침강속도 변화를 측정 및 분석하였다. 해상실험결과 모릿줄 중앙 부분에서의 침강 속도는 앵커 무게의 변화에 큰 영향을 받지 않았지만, 일반적으로 연승의 침강속도는 앵커의 무게에 가장 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 실험에서 이와 같은 결과가 도출된 것은 실험 해역의 수심이 비교적 얕아서 이런 결과가 나온 것으로 추정되어진다. 또한 모형미끼 실험을 통하여 산출된 저항계수를 적용하여 침강속도를 분석한 결과, 미끼가 없

는 경우의 어구의 침강속도에 비하여 직사각형 모양의 미끼는 최대 16.5%, 타원형 모양의 미끼는 4.9% 까지 감소시킴을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

- Bjordal, Å and S. Løkkeborg, 1996, Longlining. Fishing News Books Ltd., 37 - 41.
- Johnston, W.A., F.J. Nicholson, A. Roger and G.D. Stroud, 1994. Freezing and refrigerated storage in fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92 - 5 - 103579 - 2, 1 - 109.
- Karlsen, L., H. Gjøsæter, and J. Hamre, 2001. Fiskeriteknologi. Landbruksforlaget, ISBN 82 - 529 - 2387 - 9, 143 - 174.
- Lee, J.H., C.W. Lee and B.J. Cha, 2005. Dynamic simulation of tuna longline gear using numerical methods. Fisheries Science, 71, 1287 - 1294.
- Lee, J.H. and L. Karlsen, 2005. Longline fishery in Norway. DEMaT '05, Contribution on the theory of Fishing Gears and Related Marine Systems, 4, 183 - 190.
- Lee, J.H., L. Karlsen and C.W. Lee, 2008. A method for improving the dynamic simulation efficiency of underwater flexible structures by implementing non-active points in modelling. ICES Journal of Marine Science, 65, 1552 - 1558.
- Lee, J.H., 2009. Experimental investigation and numerical methods in analyzing the ocean current displacement phenomena of longlines. Ph.D thesis. Institute of Marine Technology NTNU, Trondheim, Norway. pp. 191.
- Miyamoto, Y., K. Uchida, R. Orii, Z. Wen, D. Shiode and



- T. Kakihara, 2006. Three-dimensional underwater shape measurement of tuna longline using ultrasonic positioning system and ORBCOMM buoy. *Fisheries Science*, 72, 63 - 68.
- Mizuno, K., M. Okazaki, H. Nakano and H. Okamura, 1999. Estimating the underwater shape of tuna longlines with micro-bathythermographs. *Special Report 10. Inter-American Tropical Tuna Commission*. 1 - 35.
- Prado, J., 1990. Fisherman's workbook. *Fishing News Books Ltd.*, 139 - 140.
- Robertson, G., E. Moe, R. Haugen and B. Wienecke, 2003. How fast do demersal longlines sink?. *Fisheries Research*, 62, 385 - 388.
- Smith, N.W.M., 2001. Longline sink rate of an autoline vessel, and notes on seabird interactions. *Science for Conservation*, 183, 5 - 31.
- 
- 2010년 7월 26일 접수  
2010년 8월 14일 1차 수정  
2010년 8월 16일 수리