

북태평양 중부공해에서 조업하는 다랑어연승어구의 모릿줄 재질에 따른 침강수심

조현수 · 황선재¹ · 이지훈^{2*} · 안두해³ · 문대연⁴

국립수산과학원 서해수산연구소 자원환경과, ¹수산자원사업단,
²부경대학교 저탄소해양생산기술연구소, ³국립수산과학원 고래연구소,
⁴국립수산과학원 자원관리과

Sinking depth of tuna longlines related to mainline materials in the North Pacific Ocean

Hyun-Su JO, Seon-Jae HWANG¹, Jihoon LEE^{2*}, Doo-Hae AN³ and Dae-Yeon MOON⁴

*Fisheries Resources and Environment Division, West Sea Fisheries Research Institute,
National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 400-420, Korea*

¹Korea Fisheries Resources Agency, Busan 612-020, Korea

*²Institute of Low-Carbon Marine Production Technology, Pukyong National University,
Busan 608-737, Korea*

³Cetacean Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

*⁴Fisheries Resources Management Division, National Fisheries Research & Development Institute,
Busan 619-705, Korea*

The purpose of this paper is to provide useful information for fishermen in the manner of investigation a sinking speed of current type tuna longline gear at the North Pacific Ocean as a new developed tuna longline fishing ground. The sinking depth of mainline in connection with different basket was investigated. The experiments were also performed with different materials such as Supermansen (i.e., PE) and Hitech (i.e., PA) for the mainline to investigate the sinking depth of mainline and hooks. Furthermore, the relation between the sinking depth of hooks and catches are investigated also. The sinking depth of mainline at the first and the last shooting basket shows deeper than that of middle part of a basket due to reduced shortening ratio. The sinking depth of mainline and hook with Hitech material shows more shallow than that of Supermansen material, even the Hitech case was designed to sink deeper than that of Supermansen case. The highest catches arise at the middle part basket as the hook number 7 with around 248m sinking depth. From

*Corresponding author: ezh74@pknu.ac.kr, Tel: 82-51-621-6123, Fax: 82-51-629-5886

the results, longline with Hitech material is needed to increase the sinking force for reaching the relevant sinking depth. Moreover, the current strength at the North Pacific Ocean will be considered for further commercial fishing.

Keywords: Tuna longline, Sinking depth, Fishing efficiency, North Pacific Ocean

서 론

연승어업은 다른 어업에 비하여 연료 소모가 적을 뿐만 아니라 어장 환경에 피해를 적게 주면서도 고품질의 어획물을 생산할 수 있다. 낚시의 크기, 어획 수층, 미끼의 종류 및 크기를 조절함으로써 어획 어종과 크기에 대한 선택성이 높은 어법을 실현할 수 있는 친환경적인 어업이다 (Løkkeborg and Teresa, 1997). 그러나 UN 해양법 발효에 따른 200해리 배타적 경제수역 선포, 공해상 불법어업 규제 강화, 고도회유성 어족자원에 관한 지역협력체제 강화 및 FAO의 책임 있는 수산규범 등 국제공동 어업자원의 관리체제 강화로 연안국의 권리는 향상된 반면 원양어업국의 입지는 갈수록 약화되고 있다. 특히 우리나라 다랑어연승어업의 주요 어장인 남태평양 중서부어장에서의 조업 규제가 갈수록 강화되고 있기 때문에 대체어장 개발이 시급 (Kim et al., 2008)할 뿐만 아니라 어장 환경에 적합한 어구의 개발 및 개량하는 것도 중요하다. 특히, 남태평양 중서부어장을 대체할 수 있는 신어장의 개발이 매우 시급하여, 현재 북태평양 중서부공해를 대체어장으로 개발하기 위한 노력이 진행 중이며, 현재 사용 중인 연승어구의 성능이 대체어장에 적합한지에 대한 연구가 필요하다.

어장에 적합한 어구를 개발 혹은 현재 어구의 개선과 관련한 연구로써, Lee et al. (2005)는 수치 해석기법을 이용하여 해양 환경에 따른 연승어구의 수심 변화에 대한 연구를 수행하였으며, Miyamoto et al. (2006)는 수중 초음파 위치 시스템을 어구의 수중형상 변화에 대한 연구를 수행

하였다. Bigelow et al. (2006)은 다랑어 연승어구 수심과 어획성능에 관하여 연구하였다. Kim et al. (2008)과 Liuxiong et al. (2006)은 낚시와 미끼에 따른 어획성능을 비교한 연구를 수행하였고, Beverly et al. (2009)는 낮은 수심에 부설되는 낚시를 제거하여 부수어획종이 어획되는 것을 방지하는 연구를 수행하였다. 또한, 여러 연구자들에 의해서 (Brothers et al., 1999; Melvin, 2000; Smith, 2001; Anderson, S and McArdle B, 2002; Shiode et al., 2005; Melvin and Walker, 2008) 다랑어 연승어구의 침강속도 및 침강수심에 대한 연구를 통하여 바닷새 및 바다거북의 혼획을 막기 위한 연구가 많이 진행되고 있다.

그러나 위의 연구들에서는 북태평양 중부공해 다랑어연승어구의 침강성능에 관한 연구는 지금까지 없었다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 다랑어연승어업의 신어장으로 개발한 북태평양 중부공해에서 다랑어연승어구의 모릿줄과 낚시의 침강수심을 구명하여 조업시 활용할 수 있는 정보를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

다랑어연승어업의 어획에 영향을 주는 큰 요소인 모릿줄과 낚시의 침강수심 및 낚시 수심에 따른 어획성능을 조사하기 위하여 북태평양 중부공해 (25°N-45°N, 160°E-150°E)에서 시험을 실시하였다 (Fig.1). 시험이 이루어진 해역은 2006년까지 우리나라 다랑어연승어선의 상업 조업이 이루어지지 않았던 어장이었으나, 2007년에 농림수산식품부 주관으로 국립수산과학원

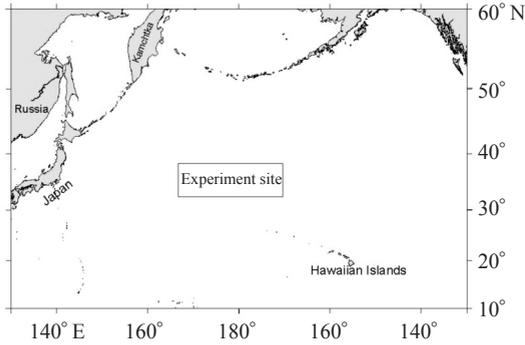


Fig. 1. The Experiment site in the North Pacific Ocean.

과 원양업계가 합동으로 개발한 다랑어연승어업을 위한 새로운 어장이다 (National Fisheries Research & Development Institute, 2008).

광주리 위치에 따른 모릿줄의 침강수심

광주리 위치에 따른 모릿줄의 침강수심 조사는 2007년 10월 9일부터 10월 14일까지 사조산업(주) 소속 상업어선 제 723 오룡호 (446 GT)를 이용하여 총 6회 실시하였다. 시험에 사용된 어구는 우리나라 다랑어연승어선에서 상업적으로 가장 널리 사용되고 있는 방식으로 PE 재질 계열의 슈퍼만센 모릿줄을 이용하여 15절로 구성하였으며 (Fig. 2), 사양은 Table 1에 나타내었다. 시험에 사용된 어구는 180광주리였으며, 전체 광주리에서의 위치별 침강수심을 측정하기 위하여 전체 광주리의 처음 지점, 1/4 지점 그리고 중간인 2/4 지점의 광주리를 선정하여 실시하였다. 즉, 180광주리의 처음 투승 광주리로부터 5번째 광주리, 45번째 광주리, 90번째 광주리를 선택하여 모릿줄의 침강수심을 측정하였다. 이때 1번째 광주리 대신 5번째 광주리를 선택한 이유는 1-3번째 광주리는 투승할 때 연승어구의 조출속도가 정확하게 조절되지 않기 때문에 다른 광주리와 단축률이 달라져 모릿줄의 침강수심이 다를 가능성이 있고 해류나 조류 등의 외부 영향에 따라 엉킴 현상이 자주 발생하기 때문이다. 본 시험조사에서는 어구의 단축률을 약 95%

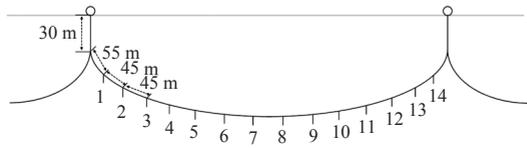


Fig. 2. Schematic drawing of the experimental tuna longline with a Supermansen material for the mainline.

Table 1. Specification of the longline with a Supermansen material for the mainline

	Length (m)	Thickness (mm)	Materials	Remarks
Buoyline	30	5	PE (Supermansen)	-
Mainline	695	4.8	PE (Supermansen)	-
Branchline	35	4	-	-
Hook			Stainless Steel	J4 Type*

* J4 Type hook: Traditional tuna hook

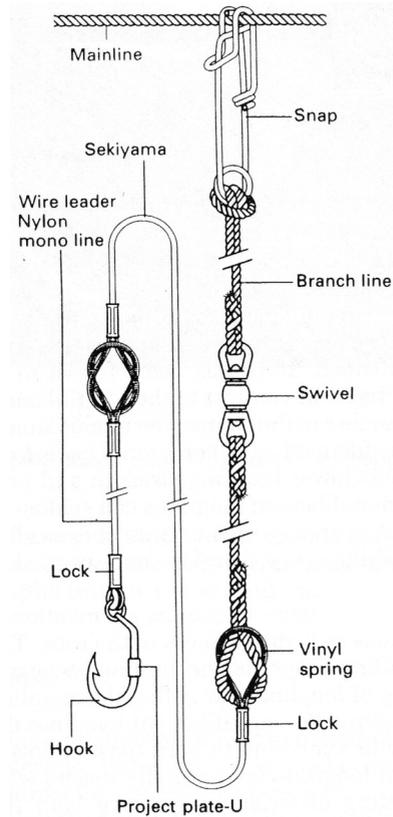


Fig. 3. Schematic drawing of the experimental branchline (Bjordal and Løkkeborg, 1996).

Table 2. A leader material of branchline in the catch experiments with Oryong No. 723

Hook No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Material for leader	W	W	W	W	M	M	M	M	M	M	W	W	W	W

※ W: Wire leader, M: Monofilament leader

수준으로 설정하여 어구를 투승하였다. 침강수심 측정은 수심센서 (Depth range: 340m, Resolution: 2m, Accuracy: ± 10m, Saving interval: 10sec, Minilog, VEMCO, Canada)를 5번째, 45번째, 90번째 광주리의 낚시번호 1번, 3번, 5번, 7번, 8번, 10번, 12번, 14번의 8개 아릿줄을 선택하여 모릿줄과 연결하는 부위에 부착하여 실시하였다. 다랑어연승어선에서 사용하고 있는 아릿줄의 길이는 일반적으로 조업 해역의 어장 환경을 감안하여 조업선 선장이 현장에서 수시로 변경하여 사용하지만, 본 시험에서는 상업 조업선과 동일 조건을 유지하기 위하여 상업선과 동일하게 아릿줄 길이를 35mm로 하였다 (Fig. 3). 시험어구의 아릿줄 리더 재질은 와이어 (ϕ : 4mm)와 경심 (ϕ : 4mm) 2종을 사용하였는데 수심이 얕은 1-4번 낚시와 11-14번 낚시의 아릿줄 리더는 상어 어획에 의한 낚시 탈락을 방지하기 위하여 와이어를 사용하였고 5-10번 낚시는 경심을 사용하였다 (Table 2).

모릿줄 재질에 따른 모릿줄 및 낚시의 침강수심 모릿줄 재질에 따른 모릿줄과 낚시의 침강수심 비교 조사는 최근 다랑어연승어선에서 사용이 증가하고 있는 PA 재질 계열의 하이테크 모릿줄과 현재 우리나라 다랑어연승어선에서 가장 많이 사용하고 있는 PE 재질 계열의 슈퍼만센 모릿줄을 이용하여 실시하였다. 하이테크 재질의 비중이 슈퍼만센 재질의 비중보다 높으나, 로프 제작시 하이테크 재질의 경우 경심 8 가닥을 꼬아서 모릿줄을 만들기 때문에, 슈퍼만센 재질의 모릿줄과 비교하여 단위 길이당 수중 중량이 더 가벼운 특징을 가지고 있다 (Lee and Karlsen, 2005).

이때 각 재질별 어구의 구성 및 사양은 Fig. 4 및 Table 3과 같다. 시험은 2007년 10월 18일부터 11월 6일까지 슈퍼만센 모릿줄을 사용하는 사조산업(주) 소속 상업어선 제723 오롱호 (446 GT)와 하이테크를 사용하는 사조산업(주) 소속 상업어선 제371 오롱호 (419 GT)를 이용하여 각각 5회씩 총 12회를 실시하였다. 시험에서는 투승할 때마다 180광주리를 사용하였고 2척의 조출 속도를 동일하게 설정하였다. 이때의 단축률은 약 85%를 유지하여 어구를 투승하였다. 침강수심을 측정하기 위한 광주리 위치는 외력의 영향이 가장 적다고 판단되는 중간 지점인 90번째 광주리를 선정하였다. 침강수심 측정은 수심센서를 90번째 광주리의 낚시번호 1번, 3번, 5번, 7번, 8번, 9번, 11번, 13번, 15번의 총 9개 아릿줄을 선택하여 모릿줄과 아릿줄의 결합 부위 및 낚시 부위에 각각 부착하여 실시하였다. 이 때 35m 길이의 아릿줄을 사용하였고, 1-8번 낚시의 아릿줄 리더는 경심을 사용하였고 9-15번 낚시는 와이어를 사용하였다 (Table 4). 측정된 침강수심과 예측된 침강수심과의 비교를 위하여 시험에 사

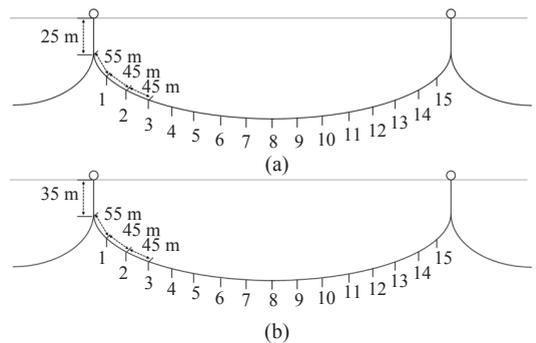


Fig. 4. Schematic drawing of the experimental tuna longline with Supermansen (a) and Hitech (b) material for the mainline.

Table 3. Specification of the longline with a Supermansen and a Hitech material for the mainline

	Length (m)	Thickness (mm)	Materials	Remarks
Buoyline	25	5	PE (Supermansen)	—
	35	5	PE (Supermansen)	—
Mainline	740	4.8	PE (Supermansen)	—
	720	5	PA (Hitech)	—
Branchline	35	4	—	—
Hook	—	—	Stainless Steel	J4 Type

Table 4. A leader material of branch line in the catch experiments with Oryong No.723

Hook No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Material for leader	M	M	M	M	M	M	M	M	W	W	W	W	W	W

※ M: Monofilament leader, W: Wire leader

용된 어구 및 조업조건 (i.e., 단축률)을 동일하게 아래의 식 (Kim, 1999)에 적용하여 어구의 침강수심을 계산하였다.

$$h_i = b + c + l_0 \left\{ \operatorname{cosec} \phi_0 - \sqrt{\left(\frac{l_i}{l_0}\right)^2 + \cos^2 \phi_0} \right\} \quad (1)$$

여기서, h_i 는 낚시의 깊이, b 는 부표 줄의 길이, c 는 아릿줄의 길이, l_0 는 모릿줄 길이의 1/2, l_i 는 모릿줄의 최심부로부터 계산하려는 모릿줄의 위치까지의 거리, ϕ_0 는 모릿줄의 시작위치와 수면과의 각도이다.

낚시 수심에 따른 어획성능을 조사하기 위하여 2007년 9월 11일부터 10월 14일까지 사조산업(주) 소속 상업어선 제723 오룡호를 이용하여 슈퍼만센 모릿줄의 15절 연승어구 (Fig. 2)를 사용하여 19회 실시하였다. 그리고 연직수온과 어획량과의 관계를 분석하기 위하여 CTD (SBE 19plus, Sea-Bird Electronics, Inc. USA)를 이용하여 수심 300m까지 관측하였다.

결과 및 고찰

광주리 위치에 따른 모릿줄의 침강수심

광주리 위치별 모릿줄의 침강수심을 측정된 결과, 침강수심 분포 범위는 5번째 광주리의 경우에는 70–221m, 45번째 광주리에서는 65–212m 그리고 90번째 광주리에서는 68–204m로

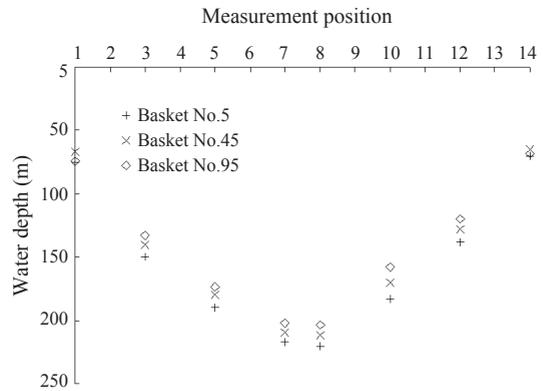


Fig. 5. The sinking depth of measurement position on the mainline with the different basket number.

관측되었다. 각 광주리의 아릿줄 번호별 평균 침강수심은 3가지 광주리 모두 8번 아릿줄에서 가장 깊게 나타났다. 가장 깊게 침강한 8번 아릿줄의 경우, 5번째 광주리에서는 221m, 45번째 광주리에서는 212m 그리고 90번째 광주리에서는 204m 침강하였다. 따라서 5번째 광주리의 8번 아릿줄에 비하여 45번째 광주리의 8번 아릿줄은 약 4.1%, 90번째 광주리의 8번 아릿줄은 7.7% 적게 침강하였다 (Fig. 5).

전체 투승 광주리에서 5번째 광주리의 침강수심이 가장 깊게 나타난 것은 전체 광주리의 양 끝부분에 위치하였기 때문에 한 쪽 방향으로만 많은 광주리가 연결되어 있었고, 다른 쪽 방향으

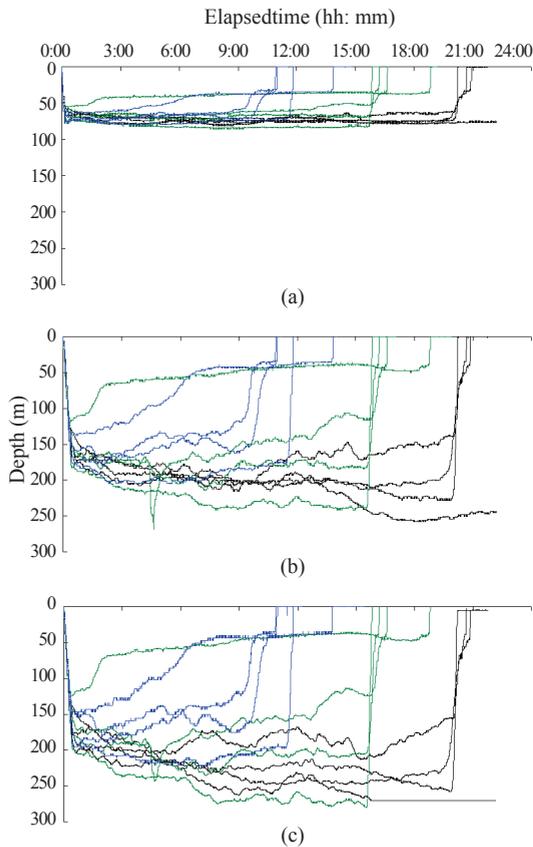


Fig. 6. The sinking profiles of the mainlines with different basket number (a) measurement position 1, (b) measurement position 5, (c) measurement position 8, Black: Basket no. 1, Green: Basket no. 45, Blue: Basket no. 90.

로는 단지 4개 광주리만 연결되어 있었기 때문에 시간이 경과함에 따라 어구의 침강력에 의해 광주리의 간격이 쉽게 좁아졌기 때문으로 생각된다. 하지만, 측정 위치 중에서 각 광주리의 양쪽 끝부분인 1번과 14번 아릿줄 위치에서 최저 침강수심을 나타내었고, 광주리 위치에 따른 침강수심 변화의 폭도 매우 적었다. 이것은 1번과 14번 아릿줄의 경우에는 부표줄과 모릿줄이 연결된 위치에 매우 근접하여 부표 사이의 간격이 변화하더라도 침강수심엔 큰 변화가 없는 위치이기 때문으로 사료된다. Fig. 5에 의한 결과는 각 측정위치의 최대 침강수심 평균에 의한 값으

로, 실제적으로는 어구의 침지시간동안 침강수심에 많은 변화가 발생하며, 투승때마다 침강수심 또한 많은 변화를 보이고 있다 (Fig. 6). 이는 시간의 변화에 따른 해양환경의 변화 (i.e., 조류)에 따른 것으로 사료되나, 본 시험조사에서는 상업어선을 이용하여 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)와 같은 장비를 활용할 수 없어 정확한 조류정보를 측정 및 수집할 수 없었다. 하지만, Lee et al., (2005)에 의해 수행된 다랑어 연승어구의 조류에 의한 어구의 부상에 대한 연구의 결과와 유사한 결과를 보여주고 있으며, 해당 시험조사해역의 조류 세기가 0.4–0.6 m/s (Rodén 1975)임을 감안하면 어구의 부상이 해당 해역의 조류에 의한 것으로 판단할 수 있으며, 향후 해당해역의 보다 정확한 조류 정보를 조사할 필요가 있을 것으로 판단된다.

모릿줄 재질에 따른 모릿줄 및 낚시의 침강수심

슈퍼만센 모릿줄의 모릿줄 및 낚시의 침강수심을 조사한 결과, 모릿줄의 침강수심 분포는 66–214m로 측정되었고 계산식으로 예측된 침강수심 분포는 67.5–209.4m이었다. 낚시의 침강수심 분포는 96–248m로 측정되었다. 모릿줄에서 가장 깊게 침강한 부위는 9번 아릿줄과 연결된 위치로써 214m까지 침강하였으며, 낚시의 경우에는 8번 낚시가 248m까지 침강하여 최고치를 나타내었다. 그리고 모릿줄의 최고 침강수심에서 측정된 침강수심이 계산식으로 예측한 침강수심보다 3.8% 얇게 나타났다 (Fig. 7).

하이테크 모릿줄의 모릿줄 및 낚시의 침강수심을 조사한 결과, 모릿줄의 평균 침강수심 분포는 65–184m로 측정되었고 계산식으로 예측된 침강수심 분포는 70–214.4m이었다. 그리고 낚시의 침강수심 분포는 98–216m로 측정되었다. 모릿줄에서 가장 깊게 침강한 부위는 8번 아릿줄로써 184m까지 침강하였으며, 낚시의 경우에도 8번 낚시가 216m까지 침강하여 최고치를 나타내었다. 그리고 모릿줄의 최고 침강수심에서

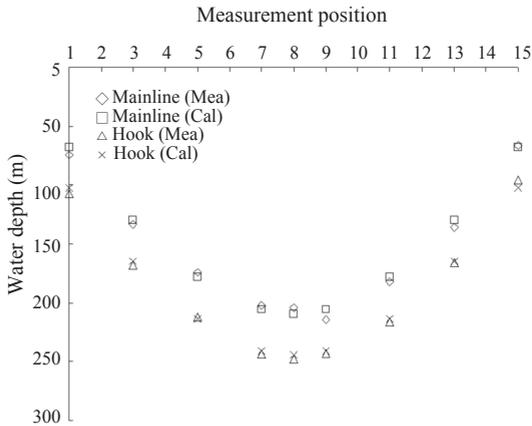


Fig. 7. The comparison of sinking depth with Supermansen mainline and hook between the measurement and the calculation.

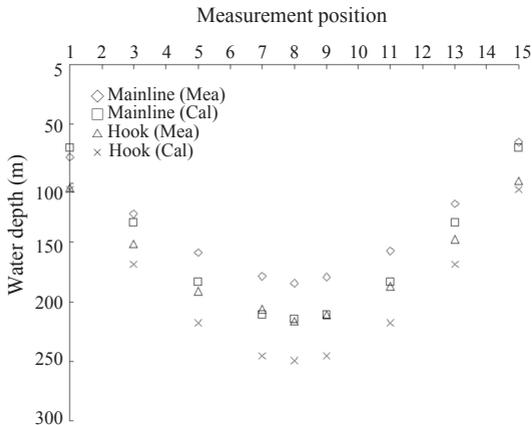


Fig. 8. The comparison of sinking depth with Hitech mainline and hook between the measurement and the calculation.

측정된 침강수심이 계산식으로 예측한 침강수심보다 15.1% 얕게 나타났다 (Fig. 8).

슈퍼만센 재질의 경우 수심센서의 측정 오차를 감안한다면, 예측된 침강수심과 아주 근접한 침강수심을 보여주었지만, 하이테크 모릿줄의 침강수심은 계산식으로 예측한 침강수심에 비해 현저한 차이를 나타내었다. 본 연구에서 정확한 조류속도를 계측하지 못하였으나, 일반적으로 시험해상의 조류속도가 0.4-0.6m/s (Roden, 1975)임을 감안한다면 조류에 의하여 어구가 많

이 부상한 것과 더불어 하이테크 재질이 슈퍼만센 재질에 비해 비중이 더 높은 재질임에도 불구하고 경심을 꼬아서 만들었기 때문에 하이테크 모릿줄이 슈퍼만센 모릿줄보다 조류의 영향을 더 많이 받은 것으로 판단된다 (Lee and Karlsen, 2005). 따라서 하이테크 재질의 연승어구를 북태평양 중부공해와 같이 해류속도가 비교적 빠른 해역에서 사용하기 위해서는 모릿줄과 아릿줄의 연결부위에 대한 침자 추가 등과 같이 어구의 침강력을 현재보다 더 높여야 할 것이다.

남시 수심에 따른 눈다랑어 어획률

총 19회의 어획시험조사 결과, 북태평양 중부공해 다랑어연승어업의 어획 목표종인 눈다랑어의 어획률은 Fig. 9와 같다. 눈다랑어 어획률은 7번 남시에서 13.4%로써 가장 높게 나타났고, 다음으로 6번 남시에서 12.5%, 5번 남시에서 11.9% 그리고 8번과 9번 남시에서 11.5% 순이었다. 주로 수심이 깊은 곳에 남시가 침적되는 5-9번 남시에서 전체 눈다랑어 어획량의 61%가 어획되었다.

이와 같이 5-9번 남시에서 눈다랑어 어획률이 높게 나타난 원인은 조업선 선장들이 5-9번 남시의 침강수심을 눈다랑어가 주로 분포하고 있는 수온 (13-29°C)과 수층 (0-250m)에 (National Fisheries Research & Development Institute, 2008) 맞추어 연승어구를 투승하였기 때문으로 생각된다. 그리고 7번 남시에서 눈다랑어 어획률이 가장 높게 나타난 것은 다랑어 조업선 선장들이 다랑어 미끼로서 전갱이가 가장 좋다는 것을 경험적으로 인식하고 7번 남시에 전갱이 미끼로 사용함으로써 적정 어획수심과 좋은 미끼라는 2가지 조건이 함께 작용하였기 때문으로 생각된다.

어획시험조사시 측정된 조사해역의 연직수온 분포는 Fig. 10과 같다. 5-9번 남시는 평균적으로 212-248m에 부설됨으로 212-248m의 수온은 9월 23일에 측정된 경우를 제외하곤 최저 수

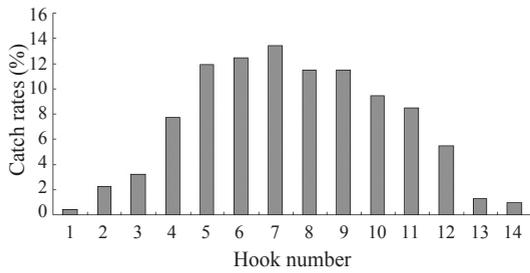


Fig. 9. The catch rates of bigeye tuna by fishing trials in connection with the hook number.

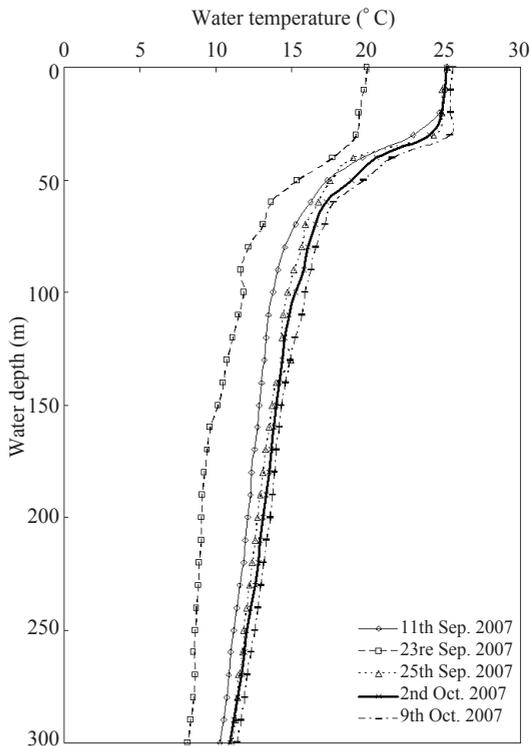


Fig. 10. The vertical temperature profile at the experimental area (N 35° 52', E 169° 42', Measured from 11th Sep. 2007 to 9th Oct. 2007).

온 분포가 11.95 – 11.13°C로써 비슷한 경향을 나타내었다.

앞선 모릿줄 재질별 낚시 침강수심 비교 결과, 하이테크 모릿줄의 5–9번 낚시의 침강수심은 158 – 184m이므로 최저 수온 분포는 12.67 –

12.31°C이었다. 하이테크 모릿줄의 낚시 침강수심은 슈퍼만센 모릿줄의 낚시 침강수심과 비교하여 54 – 64m 정도 얕은 수심에 부설되었으며, 이때의 수심은 슈퍼만센 어구의 경우와 비교하여 슈퍼만센의 5번 낚시번호에서의 침강수심보다 얕은 침강수심을 나타내었으며, 수온은 약 1° 내외 높았다.

어획시험조사시 어획이 비교적 좋았던 동일 해역에서 갑자기 어획량이 급감하여 어획량이 거의 없는 경우가 종종 발생하여 원인을 분석해본 결과, 낚시의 침강수심이 정상적인 침강수심에 도달을 하지 못하고 50m 이천으로 부상하는 경우가 발생하였기 때문인 것으로 나타났다.

어획시험조사와 모릿줄 및 낚시의 침강수심 시험 결과를 통하여 북태평양 중부공해를 신어장으로 개발하여 어획량을 높이기 위하여서는 기존 하이테크 재질의 연승어구를 보다 깊게 부설할 수 있도록 어구의 침강성능을 개선할 필요가 있을 것이며, 어구개량을 위한 현장시험 또한 병행 될 필요가 있다. 특히, 시험어장인 북태평양 중부공해의 조류속도는 0.4 – 0.6m/s (Roden, 1975)의 범위를 이루고 있어 어구의 개선이 더욱 더 필요할 것으로 생각된다.

결론

본 논문은 북태평양 중부공해 다랑어 연승어장 개발에 의한 현용 다랑어연승어구의 침강수심을 조사하여 조업에 도움을 주는 정보를 제공하기 위한 연구이다. 광주리 위치에 따른 어구의 침강수심과 모릿줄 재질 (i.e., 슈퍼만센 and 하이테크)에 따른 어구의 침강수심을 측정하였다. 처음과 마지막에 투승된 광주리에서의 낚시들의 침강수심이 중간에 투승된 광주리에서의 낚시의 침강수심보다 높게 측정되었다. 이것은 양 끝의 광주리는 고정된 곳이 없어 단축률이 점점 작아져 중간에 투승된 광주리에 비하여 깊은 침강수심을 보여준다. 하지만, 어구의 투승 때마다 해양환경이 서로 다르기 때문에 침강수심 또한

다르게 나타나며, 침지시간이 길어질수록 해양 환경에 노출되어 있는 시간이 길어져 침강수심 또한 많은 영향을 받는 것을 확인하였다. 모릿줄이 슈퍼만센 재질인 연승어구의 침강수심은 계산된 침강수심과 매우 근사한 경향을 보여주었으나, 하이테크 재질의 경우 계산된 침강수심에 비하여 대략 15% 얕은 위치에 어구가 침강되었다. 이는 하이테크 재질의 경우 슈퍼만센 재질에 비하여 비중이 높은 재질임에도 불구하고 모릿줄로 사용되는 로프를 제작할 때 하이테크 재질의 경우 경심 8가닥을 꼬아서 만들기 때문에 동일한 굵기를 가지더라도 로프사이엔 많은 공간이 발생하게 되며 이는 수중에서의 실질적인 침강력이 슈퍼만센 재질에 비하여 낮은 특성을 가지고 있기 때문이다. 또한 침강수심과 어획량의 관계를 조사해본 결과 슈퍼만센 재질에 비하여 하이테크 재질의 경우 침강수심이 대략 54-64m 얕은 곳에 부설되어 어획성능이 떨어질 가능성이 매우 높은 것으로 확인되었다. 어구의 부설수심은 조출속도를 조절하여 단축률에 의하여 조절할 수 있지만, 해양환경의 영향을 받으면 어구 자체의 침강성능에 직접적으로 영향을 받기 때문에 어구 자체의 성능 개선이 필요할 것으로 판단된다. 이에 따라 시험해역의 조류 특성을 감안한다면 하이테크 재질의 어구는 보다 침강력을 증가시킬 필요가 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 (원양어업 자원조사, RP-2011-FR-015)의 지원에 의해 수행되었으며, 어획시험조사에 협조하여 주신 사조산업(주) 소속 제723 오룡호와 제371 오룡호의 선장님과 승무원들에게 감사드립니다.

참고문헌

Anderson, S. and B. McArdle, 2002. Sink rate of baited hooks during deployment of a pelagic longline from a New Zealand fishing vessel. *New Zealand Journal*

of Marine and Freshwater Research, 36, 185-195.

Beverly, S., D. Curran, M. Musyl and B. Molony, 2009. Effects of eliminating shallow hooks from tuna longline sets on target and non-target species in the Hawaii-based pelagic tuna fishery. *Fisheries Research*, 96, 281-288.

Bigelow, K., M.K. Musyl, F. Poisson and P. Kleiber, 2006. Pelagic longline gear depth and shoaling. *Fisheries Research*, 77, 173-183.

Bjorndal, Å. and S. Løkkeborg, 1996. Longlining. *Fishing News Books Ltd.*, pp. 155.

Brothers, N.P., J. Cooper and S. Løkkeborg, 1999. The incidental catch of seabirds by longline fisheries: Worldwide review and technical guidelines for mitigation. *FAO Fisheries Circular No. 937*, 1-101.

Kim, D.A., 1999. Design of fishing gears III. *Pyunghwa Press*, pp. 345.

Kim, S.S., D.Y. Moon, D.H. An, S.J. Hwang, Y.S. Kim, K. Bigelow and D. Curran, 2008. Effect of hook and bait types on bigeye tuna catch rates in the tuna longline fishery. *Kor. J. Ichthyol.*, 20 (2), 105-111.

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. *The Development and Evaluation of Maritime Technologies (DEMaT'05)*, 4, 183-190.

Liuxiong, X., S. Liming, G. Panfeng, J. Wenxin and W. Jiaqiao, 2006. Catch rate comparison between circle hooks and ring hooks in the tropical high seas of the Indian Ocean based on the observer data. *Indian Ocean Tuna Commission, WPTT-12*, 1-6.

Løkkeborg, S. and P. Teresa, 1997. Effects of setting time, setting direction and soak time on longline catch rates. *Fisheries Research*, 32, 213-222.

Melvin, E.F., 2000. Streamer lines to reduce seabird bycatch in longline fisheries. *Washington Sea Grant*, 1-2.

Melvin, E.F. and N. Walker, 2008. Optimizing tori line designs for pelagic tuna longline fisheries. *Report of work under New Zealand Ministry of Fisheries*

- Special Permit 355. 1 – 17.
- Miyamoto, Y., K. Uchida, R. Orii, Z. Wen, D. Shiode and T. Kakiyama, 2006. Three-dimensional underwater shape measurement of tuna longline using ultrasonic positioning system and ORBCOMM buoy. *Fisheries Science*, 72, 63 – 68.
- NFRDI, 2008. Experimental survey of tuna loneline fishing grounds in the North Pacific Ocean. NFRDI, Busan, Korea, pp. 376.
- Roden, G.I., 1975. On North Pacific temperature salinity, sound velocity fronts, and their relation to the wind and energy flux fields. *J. Phys. Oceanogr.*, 5, 557 – 571.
- Shiode, D., F. Hu, M. Shiga, K. Yokota and T. Tokai, 2005. Midwater float system for standardizing hook depths on tuna longlines to reduce sea turtle by-catch. *Fisheries Science*, 71, 1182 – 1184.
- Smith, N.W.M., 2001. Longline sink rate of an autoline vessel, and notes on seabird interactions. *Science for Conservation* 183, 1 – 32.

2011년 4월 14일 접수

2011년 7월 15일 1차 수정

2011년 7월 29일 2차 수정

2011년 8월 2일 수리