ISSN (Print) 1225-827X
ISSN (Online) 2287-4623
J Kor Soc Fish Tech 49 (2), 095 – 105, 2013
http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.2.095

FISHERIES TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr

그물실의 물성에 따른 동해안 가자미 자망어업의 어획 특성

배봉성* · 임지현 · 박성욱 · 김성훈 · 조삼광
국립수산과학원 시스템공학과

Catch characteristics of the gill nets for flounder by the physical property of net filament in the East Sea

Bong-Seong BAE*, Ji-Hyun LIM, Seong-Wook PARK, Seong-Hun KIM and Sam-Kwang CHO
Fisheries System Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

Physical characteristics of net filament were investigated to test the fishing capacity of gill nets due to the flexibility difference between nylon and biodegradable nets (PBS 95% + PBAT 5% and PBS 80% + PBAT 20%). In addition, a total of 16 fishing experiments were conducted in the coastal waters of Jeongja, Ulsan, from August 10 to October 20, 2011 and from September 11 to November 3, 2012. The test results showed that nylon net filament exhibited more flexibility than biodegradable net filament when they were wet. Accordingly, the longer submerged time, the more fishing capacity the nylon gill nets demonstrated in comparison with the biodegradable gill nets. A total of 16 species were caught in 2011 with the nylon gill nets (1,323 fishes, weighing 342,885g) and the biodegradable gill nets (958 fishes, weighing 236,857g). 15 species were caught in 2012 with the nylon gill nets (1,582 fishes, weighing 448,360g) and the biodegradable gill nets (1,431 fishes, weighing 406,590g). Thus catch weights and the number of fish caught produced by the nylon nets were 1.45 times and 1.38 times higher than those of the biodegradable nets produced in 2011, and 1.1 times and 1.11 times higher in 2012. A test on the target species, pointhead flounder (*Cleisthenes pinetorum*) has similar results. The flexibility of a net was proved to be related to the fishing capacity, and as a result, it is concluded that the higher flexibility, the higher fishing capacity.

Keywords: Biodegradable gill nets, Nylon gill nets, Fishing capacity, Net filament

서 론

일정 수준 이상의 지속적인 어업생산량을 유지하기 위해서는 어장의 자원량이 풍부하여야 하며, 어구 사용량, 어획량, 조업기간 등의 규제

*Corresponding author: kr67@korea.kr, Tel: 82-51-720-2570, Fax: 82-51-720-2586

에 의한 수산자원관리도 중요하지만 이에 못지 않게 수산자원 스스로의 자연적인 재 생산력도 매우 중요하다. 여기에 중요한 부분을 차지하는 것이 수산생물이 잘 살아갈 수 있는 서식환경이다. 현재 사용하고 있는 그물은 대부분 나일론과 같은 화학섬유로 만들어졌기 때문에 잘 썩지 않아 자연적인 분해가 어려우며, 사용 후에는 지저분한 경우가 많아 수거 및 재활용이 어려운 실정이다. 또한 소규모로 수거된 그물은 부둣가에서 태워버리는 경우가 많아 해양오염과 대기오염의 원인이 되고 있으며 (Ryu and Kim, 1998; Revill and Dunlin, 2003; Park et al., 2007a; Park et al., 2007b), 유실된 어구는 유령어업을 발생시키기도 한다 (Tschernij and Larsson, 2003; Ayaz et al., 2006; Brown and Macfadyen, 2007). 이러한 문제에 대응하여 사용 중 유실된 어구를 다시 수거하지 못하더라도 물속에서 미생물에 의하여 자연 분해되는 생분해성 어구의 개발이 활발히 진행되고 있다 (Park et al., 2007a; Park et al., 2007b; Park and Bae, 2008; Bae et al., 2009; Bae et al., 2010; Bae et al., 2012; Park et al., 2009; Park et. al., 2010). 이러한 연구의 결과로 대게 자망어업에서와 같이 일부 어업에서는 생분해성 자망이 많이 사용되고 있으나, 현재까지도 어류를 대상으로 하는 경우에는 생분해성 자망이 기존 나일론 자망의 어획성능에 비하여 다소 떨어지는 것이 사실이다. 이러한 결과는 그물실의 물성 차이 때문에 발생하는 것으로 생각되어지며, 특히 그물실의 유연도가 가장 큰 요소인 것으로 판단된다 (Park et al., 2007a; Park et al., 2007b; Bae et al., 2012). 본 연구는 우리나라 동해남부 해역에서 주로 사용되고 있는 가자미 자망을 대상으로 기존 나일론 자망과 규격이 같은 생분해성 자망을 제작하고 어획성능 비교시험을 수행한 것으로 특히, 유연도가 다른 두 생분해성 자망의 어획성능을 기존 나일론 자망의 어획성능과 비교하여 자망의 유연도가 어획성능에 미치는 영향을 파악함으로써 차후 생분해성 자망의 그물실을 개발하기 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

본 시험은 가자미를 대상으로 하는 생분해성 자망을 개발하고 기존 나일론 자망과의 어획성능을 비교하기 위하여 수행된 것으로, 2011년 8월 10일부터 10월 20일과 2012년 9월 11일부터 11월 3일에 각각 8회, 총 16회가 수행되었다. 시험이 수행된 장소는 동경 129° 34′ 40″ ~ 129° 48′ 60″, 북위 35° 10′ 50″ ~ 35° 28′ 60″ 사이의 해역으로 울산광역시 정자항으로부터 동남쪽으로 약 15~30마일 떨어진 곳이며 특히 가자미 자원이 풍부한 곳이다 (Fig. 1).

시험조업 방법은 울산광역시 북구 정자항을 기항항으로 하는 연안어선 부경호 (9.77톤)를 이용하여 수행하였으며, 조업 중 어구는 모두 오전 7시경부터 오후 2경에 투 · 양망하였고 어구의 침지시간은 약 24시간을 기본으로 하고 있으며, 해상기상에 따라 양망이 어려울 경우, 다음 날로 연기하였다. 조업 일자별 침지시간, 사용 어구수, 어장 수심을 Table 1에 나타내었다. 2011년 시험에서는 1일 경과 후 양망한 경우가 5회, 2일 경과 후 양망한 경우가 1회, 3일 경과 후 양망한 경우가 2회였으며, 2012년 시험에서는 1일 경과 후 양망한 경우가 4회, 2일 경과 후 양망한 경우

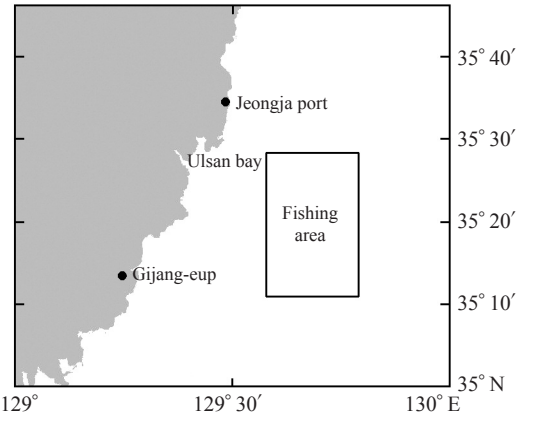

Fig. 1. Experimental fishing area (Bae et al., 2012).

Table 1. Experimental date and general conditions

2011				2012			
Date of hauling	Submerged time (min.)	Used net (piece)	Depth (m)	Date of hauling	Submerged time (min.)	Used net (piece)	Depth (m)
8.11	1,550	60	157.5	9.12	1,120	60	136.5
8.12	1,350	60	156.5	9.27	4,170	60	125.5
8.23	1,660	30	148.0	10.11	2,840	60	138.5
8.26	1,430	60	148.0	10.12	1,170	60	94.5
9.8	1,420	30	145.0	10.19	1,600	60	138.5
10.14	4,320	60	152.0	10.25	1,530	60	107.5
10.17	2,870	60	129.0	11.1	4,350	60	126.5
10.20	4,210	60	130.0	11.3	2,760	60	133.5

Table 2. Detail specification of the experimental gill nets

Item	Current nets	Biodegradable nets	
		2011	2012
Material of a net	Nylon	PBS95%+PBAT5%	PBS80%+PBAT20%
Mesh size of a net	115mm	117mm	117mm
Size of a net	35meshes 200m		
Diameter & length of float line	10mm 2line 80m		
Size & number of float	60×45mm 63pcs		
Diameter & length of lead line	10mm 1line 72m		
Size & number of lead	45×30mm 162pcs		

가 2회, 3일 경과 후 양망한 경우가 2회였다. 사용 어구수는 기존 나일론 자망 15폭, 생분해 자망 15폭을 한 폭씩 교차로 구성한 어구를 1조로 하여 2011년에는 2조를 사용한 경우가 6회, 1조를 사용한 경우가 2회였으며, 2012년에는 모두 2조를 사용하였다. 수심은 어구를 부설한 수심의 중간 값이며 어선에 설치된 어군탐지기의 수심 기록으로 추정하였다. 어획물은 어구별, 어종별로 구별하여 대표체장 및 체중을 측정하였고 나일론 자망과 생분해성 자망의 어획성능을 비교하였다.

시험어구의 상세 사양을 Table 2에 나타내었다. 생분해성 자망은 현재 시험 해역에서 가장 널리 사용되는 자망과 동일하게 제작하였다 (NFRDI, 2002). 그물감의 규격은 그물실 굵기는 4호, 그물코 크기는 4치 2푼 (127mm), 세로 콧수 35코인 성형률 약 27%의 얽애그물이다. 그러나 실측한 어구의 그물코 크기는 나일론 그물감이 115mm, 생분해성 그물감이 117mm로 다소 차이가 있었다. 한편 생분해성 그물실은 과거에는 PBS (Polybutylene succinate)를 100% 사용하였으나 (Bae et al., 2010) 그물실의 유연도를 높이기 위하여 PBAT (polybutylene adipate-co terephthalate)를 점차 혼합하기 시작하였으며, 본 시험에 사용한 생분해성 그물실은 2011년에는 PBS 95%, PBAT 5%를, 2012년에는 PBS 80%, PBAT 20%를 혼합하여 제작하였다.

어획시험에 사용한 그물실 종류별 굵기는 Table 3과 같으며, Diameter gauge를 이용하여 100회 측정한 값을 나타내었다. 그물실 제작에

Table 3. Specification of three kinds of materials used in this experiment

Material	Type	Diameter (mm)	Colour
PA	monofilament	0.32±0.000	white
PBS (PBAT 5%)	monofilament	0.33±0.002	white
PBS (PBAT 20%)	monofilament	0.34±0.002	white

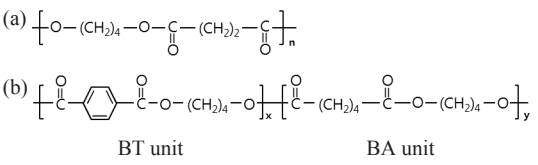

Fig. 2. The molecular structure of PBS (a) and PBAT (b) polymers.

안료는 사용하지 않았으며 따라서 색상은 모두 흰색이다. PBS 및 PBAT의 화학 구조는 Fig. 2와 같다.

그물실의 강도, 신장률 및 탄성 신장도 실험은 정속 인장식 장력계 (Instron 4204, USA)를 사용하였다. 건시와 습시 상태에서의 그물실의 직선 강도 및 신장률은 KSK 0409 (2006), 매듭강도 및 신장률은 KSK 0412 (2005)의 실험법을 사용하였다. 실험 시의 실내온도는 21±2℃, 상대습도는 46±2%이었다. 습시 상태의 실험은 시료를 증류수에 24시간 동안 침지시킨 후 측정하였고 인장실험 시 클램프의 간격과 인장 속도는 400mm, 400mm/min이었다. 실험횟수는 20회였으며, 그물실의 중앙과 매듭에서 절단되는 경우만 성공한 실험으로 판단하였고 측정값을 평균하였다. 탄성 신장도의 실험 방법은 초기 시료 길이를 측정한 후, 신장률 5～15% 사이 구간에서 0.5%씩 길이를 증가시키고 시료의 나중 길이를 측정하여 두 길이가 서로 차이가 나기 시작할 시점의 강도와 신장률을 20회씩 측정한 값을 평균하였다. 그물실의 유연도는 Park (2007b) 등이 사용한 방법으로서 직물의 강연도 실험 방법 (KSK 0538, 1996)에 준하여 Fig. 3과 같은 장치를 구성하여 측정하였다. 구체적인 방법은 지름 40mm의 원통에 시료를 20회 감아서 원통만 빼낸 후, 링 형태의 시료를 굴러 갈수 있는 방향으로 세운 상태에서 위에서 힘으로 눌러서 15mm 내려갈 때의 힘을 측정하는 방법이다. 실험은 시료마다 건시, 습시에서 각각 20개씩 측정하여 평균하였으며, 압축 속도는 2mm/sec이었고 측정값은 0.1sec마다 1/1,000g까지 측정하였다.

Fig. 3. Apparatus used softness test of fibers.
A : computer, B : main power, C : main power lamp, D : motor power, E : speed controller, F : fixed plate, G : load sensor, H : movable plate.

결과 및 고찰

어획성능 시험에 사용한 자망의 그물실 PA monofilament 1종 (상품명 나일론, 이하 N)과 PBS 2종 (이하 순서대로 S_5, S_{20})의 건시 중량, 건시 및 습시의 직선 강도 및 신장률을 Table 4에 나타냈었으며, 이것을 overhead knot로 매듭하였을 때의 건시와 습시의 매듭 강도 및 신장률을 Table 5에 나타내었다.

Table 4에서와 같이 N, S_5, S_{20}의 건시의 직선 강도는 각각 64.32kgf/mm^2, 49.50kgf/mm^2, 47.47kgf/mm^2, 습시의 직선 강도는 각각 52.40 kgf/mm^2, 49.18kgf/mm^2, 47.25kgf/mm^{2}으로 나타났다. 습시에 직선 강도가 감소하는 현상은 모두 같았으나 N의 경우, 18.53%, S_5와 S_{20}은 각각 0.65%, 0.46% 감소하여 생분해성 그물실은 거의 변화가 없었으나 나일론 그물실은 상대적으로 크게 감소하는 것으로 나타났다. 또한 Table 5에서와 같이 N, S_5, S_{20}의 건시의 매듭 강도는 각각 46.83kgf/mm^2, 32.09kgf/mm^2, 36.06kgf/mm^2, 습시의 매듭 강도는 각각 40.03kgf/mm^2, 31.67kgf/mm^2, 35.67kgf/mm^{2}으로 나타났다. 마찬가지로 N의 경우, 14.52%, S_5와 S_{20}은 각각 1.31%, 1.08% 감소하여 나일론 그물실이 상대적으로 크게 감소하는 것으로 나타났다.

Table 4. Line strength and elongation of three kinds of monofilaments in the dry and wet condition

Material	Weight		Breaking strength				Elongation			
			Dry		Wet		Dry		Wet	
	g/m	S.D.	kgf/mm²	S.D.	kgf/mm²	S.D.	%	S.D.	%	S.D.
PA monofilament ϕ0.32 mm	0.102	0.000	64.32	1.44	52.40	2.42	25.94	2.38	32.27	2.24
PBS monofilament (PBAT 5%) ϕ0.33 mm	0.109	0.002	49.50	0.52	49.18	0.92	24.61	0.80	25.28	0.61
PBS monofilament (PBAT 20%) ϕ0.34 mm	0.112	0.002	47.47	0.62	47.25	0.54	26.90	1.96	27.33	1.10

Table 5. Knot strength and elongation of three kinds of monofilaments in the dry and wet condition

Material	Weight		Breaking strength				Elongation			
			Dry		Wet		Dry		Wet	
	g/m	S.D.	kgf/mm²	S.D.	kgf/mm²	S.D.	%	S.D.	%	S.D.
PA monofilament ϕ0.32 mm	0.102	0.000	46.83	6.06	40.03	7.31	15.29	2.74	22.41	5.98
PBS monofilament (PBAT 5%) ϕ0.33 mm	0.109	0.002	32.09	2.76	31.67	2.72	17.87	0.68	18.44	0.68
PBS monofilament (PBAT 20%) ϕ0.34 mm	0.112	0.002	36.06	1.63	35.67	1.79	19.34	0.44	19.56	0.43

N, S_5, S_{20}의 건시의 직선 신장률은 각각 25.94%, 24.61%, 26.90%로서 모두 비슷하였으나 습시의 직선 신장률은 각각 32.27%, 25.28%, 27.33%로 나타나 생분해성 그물실은 습시가 건시보다 미미하게 증가하였으나 나일론 그물실은 24.40%가 증가해 상대적으로 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또한 N, S_5, S_{20}의 건시의 매듭 신장률은 각각 15.29%, 17.87%, 19.34%로서 차이가 있었으나 습시의 매듭 신장률은 각각 22.41%, 18.44%, 19.56%로 나타나 마찬가지로 나일론 그물실이 46.57%가 증가해 상대적으로 매우 크게 증가하는 것으로 나타났다.

S_5와 S_{20}의 비교에서 PBAT의 혼합 비율을 5%에서 20%로 증가시켰을 때의 강도는, 굵기 차이 0.01mm을 감안하더라도, 직선 강도는 S_5가, 매듭 강도는 S_{20}이 높은 것으로 나타나 대조를 이루었으며, PBAT를 많이 혼합할수록 강도가 감소하고 그물실이 굵을수록 매듭강도가 높아지는 경향을 반영한 것으로 분석된다. 앞에서 PBAT를 증가시킨 이유가 유연도를 높이기 위해서이므로 신장률은 S_{20}의 경우가 직선, 매듭 모든 경우에서 큰 것으로 나타났다.

N과 S_5, S_{20}의 유연도 곡선을 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 지름 40mm인 시료를 15mm 압축시키는데 걸리는 힘이 증가함에 따라, 압축되는 길이도 증가하였으며 압축된 길이가 약 13.0～14.0mm에서 걸리는 힘이 최대치를 보인 후,

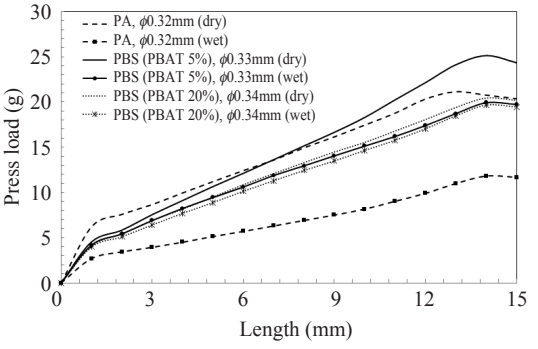

Fig. 4. Softness curve of specimens in the dry and wet condition.

다소 감소하는 경향이 나타났다. 이러한 경향은 N, S_5, S_{20} 모든 시료에서 동일하게 나타났다. 시료의 지름이 15mm일 때의 압축 힘은 N이 건시 20.4g, 습시 11.7g, S_5가 건시 24.3g, 습시 19.7g으로 건시보다 습시에서 유연도가 높았으며, PBAT를 20% 혼합하여 유연도를 높인 S_{20}의 경우, 건시의 유연도는 N과 비슷하였다. 그러나 나일론 그물실인 N이 건시에 비해 습시에서 유연도가 매우 커지는 것으로 나타났다.

나일론 자망과 생분해성 자망의 어획시험에서 어획한 종 및 어획량을 Table 6에 나타내었다. 2011년, 2012년 총 16회의 시험 조업에서 조업 중에 유실된 어구 없이 모든 어구를 양망하였다. 2011년 시험에서는 나일론 자망과 생분해성 자망에서 각각 342,885g, 1,323마리와 236,857g, 958마리가 어획되어 어획량으로는 약 14.5%, 마리수로는 13.8%의 큰 차이를 보였다. 어획된 종은 총 16종으로서 용가자미 (*Cleisthenes pinetorum*) 501,630g, 2,079마리, 꼼치 (*Liparis tanakai*) 39,925g, 39마리, 기름가자미 (*Glyptocephalus stelleri*) 10,830g, 46마리, 물레고둥 (*Buccinum striatissimum*) 9,110g, 77마리, 고무꺽정이 (*Dasycottus setiger*) 6,187g, 12마리 순으로 어획이 많았다. 또 대구 (*Gadus macrocephalus*) 3,803g, 6마리, 주먹물수배기 (*Malacocottus gibber*) 2,283g, 4마리, 살오징어 (*Todarodes pacificus*) 1,810g, 5마리, 황아귀 (*Lophius litulon*) 1,359g, 2마리, 줄가자미 (*Clidoderma asperrimum*) 1,071g, 4마리가 그 뒤를 이었고, 등가시치 (*Zoarces gillii*), 물가자미 (*Eopsetta grigorjewi*), 홍감펭 (*Helicolenus hilgendorfii*), 도루묵 (*Arctoscopus japonicus*), 분홍꼼치 (*Careproctus rastrinus*), 눈볼대 (*Doederleinia berycoides*)가 각 1,000g 미만으로 어획되었다. 목표어종인 용가자미는 나일론 자망과 생분해성 자망에서 각각 289,890g, 1,206마리와 211,740g, 873마리가 어획되어 어획량으로는 약 13.7%, 마리수로도 약 13.8%의 큰 차이를 보였으며 두 종류의 자망에서 비슷한 크기의 용가자미가 어획

Table 6. Catch comparison of the nylon nets and the biodegradable nets

Scientific name	2011				2012			
	Nylon nets		Biodegradable nets		Nylon nets		Biodegradable nets	
	Weight (g)	Catch number	Weight (g)	Catch number	Weight (g)	Catch number	Weight (g)	Catch number
Cleisthenes pinetorum	289,890	1,206	211,740	873	289,411	1,231	260,407	1,115
Liparis tanakai	27,119	26	12,806	13	63,130	62	55,638	52
Glyptocephalus stelleri	6,889	27	3,941	19	16,724	91	15,151	81
Buccinum striatissimum	4,721	37	4,397	40	11,198	82	8,244	78
Dasycottus setiger	6,187	12			3,954	9	2,783	7
Gadus macrocephalus	3,680	5	123	1	33,690	34	38,832	35
Malacocottus gibber	1,877	3	406	1				
Todarodes pacificus	521	1	1,289	4	14,521	29	14,725	30
Scomber japonicus					791	4	686	4
Octopus minor					767	2	221	2
Lophius litulon			1,359	2	2,275	3	1,163	1
Clidoderma asperrimum	605	2	466	2	10,365	29	7,372	18
Zoarces gillii	613	1			548	1		
Eopsetta grigorjewi	523	1						
Clupea pallasii					325	1	390	1
Helicolenus hilgendorfii	160	1	143	1	661	4	875	6
Arctoscopus japonicus			109	1			103	1
Careproctus rastrinus	100	1						
Doederleinia berycoides			78	1				
Total	342,885	1,323	236,857	958	448,360	1,582	406,590	1,431

된 것으로 나타났다.

2012년 시험에서는 나일론 자망과 생분해성 자망에서 각각 448,360g, 1,582마리와 406,590g, 1,431마리가 어획되어 어획량으로는 약 11%, 마리수로는 11.1배의 작은 차이를 보였다. 어획된 종은 총 15종으로서 용가자미 549.82g, 2,346마리, 꼼치 118,768g, 114마리, 대구 72,522g, 69마리, 기름가자미 31,875g, 172마리, 살오징어 29,246g, 59마리, 물레고둥 19,442g, 160마리 순으로 어획이 많았다. 또 줄가자미 17,737g, 47마리, 고무꺽정이 6,737g, 16마리, 황아귀 3,438g, 4마리, 홍감펭 1,536g, 10마리, 고등어 (*Scomber japonicus*) 1,477g, 8마리가 그 뒤를 이었고, 낙지 (*Octopus minor*), 청어 (*Clupea pallasii*), 등가시치, 도루묵이 각 1,000g 미만으로 어획되었다. 목표어종인 용가자미는 나일론 자망과 생분해성 자망에서 각각 289,411g, 1,231마리와 260,407g, 1,115마리가 어획되어 어획량으로는 약 11.1%, 마리수로도 약 11%의 작은 차이를 보였으며 두 종류의 자망에서 비슷한 크기의 용가자미가 어획된 것으로 나타났다.

따라서 동일한 나일론 자망에 대하여 물성이 다른 생분해성 자망 2종의 어획성능이 각각 다르게 나타남으로서 자망의 어획성능에 그물실의 물성, 특히 유연도 차이가 어획성능에 큰 영향을 주었음을 알 수 있다. 즉, 기존 생분해성 PBS 수지에 PBAT 20%를 혼합한 2012년 생분해성 자망의 어획성능이 PBAT 5%를 혼합한 2011년 생분해성 자망의 어획성능보다 상당히 높음을 알 수 있으며, 기존 사용하고 있는 나일론 자망의 어획성능과도 큰 차이가 없으므로 실용화 보급이 가능할 것으로 판단되었다.

본 어획성능 비교시험에서 어획된 용가자미의 체장 조성과 체중/체장 분포를 Fig. 5와 6에 나타내었다. 어획된 용가자미는 대부분 체장 190～400mm 구간에 분포하고 2011년 시험에서는 230～350mm 구간에 약 90%가 분포하는 것으로 나타났으며, 2012년 시험에서는 230～350mm 구간에 약 91.5%가 분포하는 것으로 나타나 큰 차이가 없었다. 앞에서 유연도 차이에

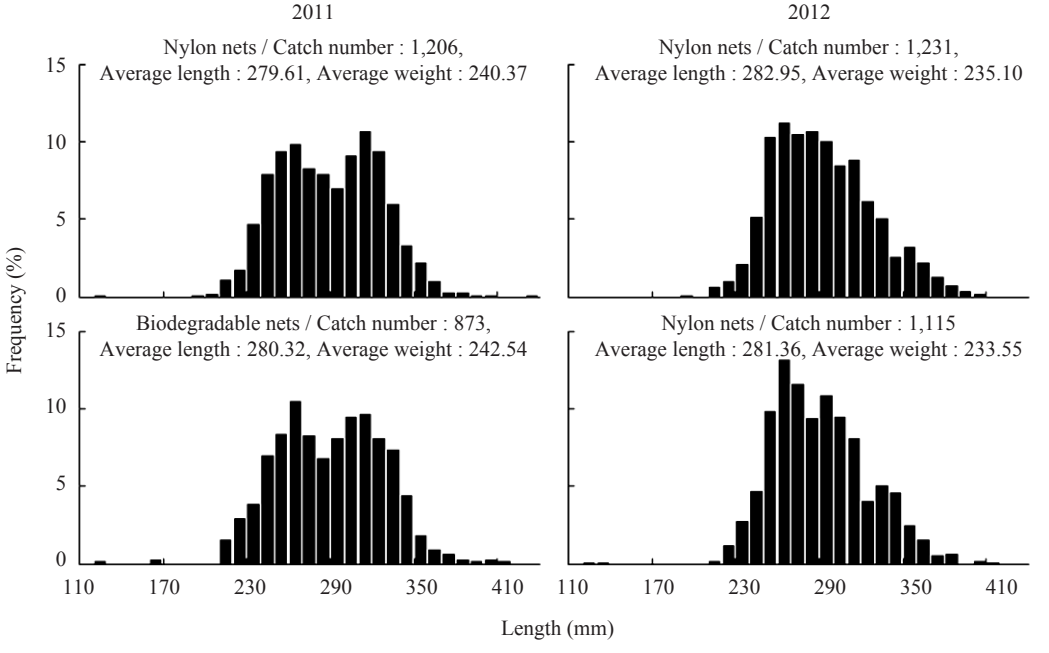

Fig. 5. Length frequency distribution of *Cleisthenes pinetorum* by the kind of nets.

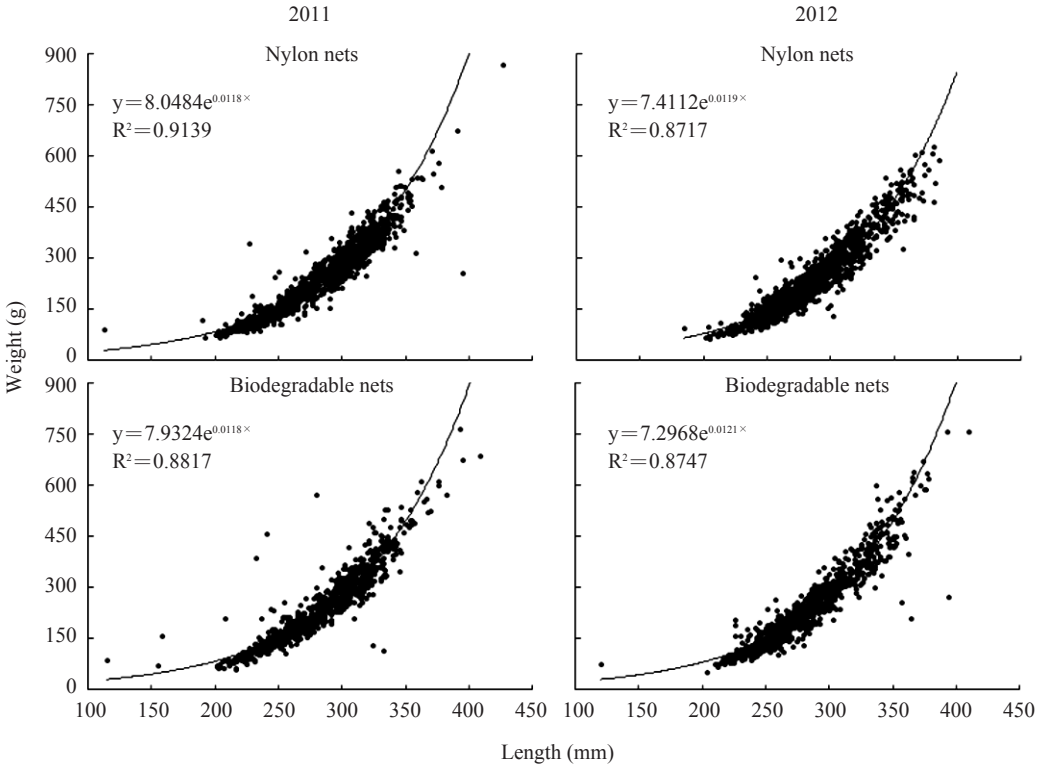

Fig. 6. Distribution for length and weight of *Cleisthenes pinetorum* by the kind of nets.

의한 나일론 자망과 생분해성 자망의 어획량 차이는 있었으나 같은 연도에 어획된 용가자미의 체장 및 체중 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 다만, 2011년과 2012년의 어획시험에서 약 1개월의 어기 차이가 있으므로 용가자미의 생체적 차이가 다소 나타났다. 즉, 2011년 어획시험에서 나일론 자망에서 어획된 것의 평균 체장과 체중은 각각 279.61mm, 240.37g이었으며 생분해성 자망에서 어획된 것의 평균 체장과 체중은 각각 280.32mm, 242.54g, 280.32mm으로 나타난 반면, 2012년에서는 나일론 자망에서 각각 282.95mm, 235.10g, 생분해성 자망에서 각각 281.36mm, 233.55g으로 나타나, 체장에 비하여 2011년에 어획된 것이 평균 체장은 1～3mm 작으나 평균 체중은 5～9g 큰 것으로 나타났다. 또한 체중/체장 분포의 지수함수로 나타낸 추세선식에서도 2011년의 것에서 계수값이 모두 컸다.

두 어구의 유연도 차이가 큰 2011년의 시험에서 나일론 자망과 생분해성 자망의 총 어획량은 약 14.5%, 마리수는 약 13.8%로 나타났으며 목표 어종인 용가자미의 경우에도 어획량은 약 13.7%, 마리수는 약 13.8%로 나타났었다. 그러나 2012년 유연도를 향상시킨 생분해성 자망과의 비교에서는 총 어획량은 약 11%, 마리수는 약 11.1%배로 나타났으며 용가자미의 경우에도 어획량은 약 11.1%, 마리수는 약 11%로 나타났다. 자망의 어획메커니즘으로 볼 때 이전의 연구(Bae et al., 2012)에서 그물실의 유연성 차이로 인해 어획성능이 달라지는 여러 가지 경우에 대하여 검토되었다. 침지시간이 길수록 작은 물고기가, 파고가 높을수록 큰 물고기가, 유연도가 낮은 그물에서 쉽게 빠져나가는 경향이 있었다. 이론적으로 나일론 그물이든 생분해성 그물이든 물리적 특성이 같다면 어획성능은 같다. 그러

나 현재까지 생분해성 그물이 나일론 그물에 비하여 유연도가 다소 떨어지기 때문에 어획성능이 떨어지는 것이 사실이며 더 민감한 어류를 대상으로 할 경우, 어획성능의 차이는 더욱 커진다. 2012년 시험에서 시험에 참여한 어업인은 어획량은 기복이 심하기 때문에 11%의 어획량 차이는 거의 느끼지 못할 정도의 차이이기 때문에 현재까지 개발한 생분해성 자망의 보급을 적극 찬성하였다. 본 시험의 결과로 2013년에 생분해성 자망 보급을 위한 시범사업이 진행되었다. 따라서 생분해성 그물의 유연도가 나일론에 비하여 떨어지는 것이 현실이지만, 그물실의 유연도와 어획성능의 적정성을 찾아 그물을 개발한다면 한발 짝 빠른 친환경 어구의 보급에 도움이 될 것으로 판단된다. 한편 어획된 용가자미의 위판 시까지의 활어 비율은 2011년 시험에서는 나일론 자망에서 70.81%, 생분해성 자망에서 72.51%로 나타났으며, 2012년 시험에서는 나일론 자망에서 57.44%, 생분해성 자망에서 59.12%로 나타났다. 즉, 활어의 비율은 생분해성 자망 쪽이 약간 높았으며, 유연도가 상대적으로 높은 나일론 자망의 경우, 어획물을 그물로부터 떼어내는 것이 보다 어려워 상처를 많이 받기 때문인 것으로 판단된다.

시료의 유연도 시험 결과, 나일론 그물실인 N이 건시에 비해 습시에서 유연도가 매우 커지는 것으로 나타났다. 따라서 실제 해중에 설치된 자망의 유연도는 하루를 침지했을 경우, 건시와 습시의 유연도가 어획에 미치는 영향을 함께 받을 것이기 때문에 그 평균으로 판단하는 것이 적정하다고 사료된다. 즉, S_5와 S_{20}은 습시 유연도에서는 큰 차이가 없으나 실제 어획성능에서는 차이가 있었으며, N이 S_{20}은 습시 유연도가 큰 차이가 있었으나 실제 어획성능에서는 차이가 적었다. 따라서 N과 S_{20}의 유연도와 어획성능의 관련성 검토에서 침지시간이 길수록 유연도 차이에 의하여 어획량의 차이가 커질 것이라는 판단을 할 수 있다. 이러한 판단의 증거로, 2012년의 2회차, 7회차 어획시험의 결과, N에서 어획된 총 마리수 및 용가자미의 마리수는 각각 548마리, 444마리이었으며, S_{20}에서는 각각 462마리, 380마리로서 비율차로 보면 각각 1.18배, 1.17배이었다. 이러한 차이는 모든 시험에서 어획된 전체 마리수 비율차 1.1배보다 상회하는 값으로 그물실의 유연도 차이가 자망어업의 어획성능에 큰 양향을 미침을 알 수 있으며 침지시간이 길수록 습시의 유연도가 큰 영향을 주는 것으로 분석할 수 있다.

결 론

그물실의 유연도 차이에 의한 자망의 어획성능을 조사하기 위하여 나일론과 생분해성 (PBS 95%+PBAT 5% 및 PBS 80%+PBAT 20%) 그물실을 제작하여 각 그물실의 물리적 특성을 조사하였다. 또한 자망을 제작하여 울산광역시 정자항 연안해역에서 2011년 8월 10일부터 10월 20일, 2012년 9월 11일부터 11월 3일 사이에 총 16회의 어획성능시험을 수행하였다. 각 그물실의 유연도 측정 결과, 나일론 그물실이 생분해성 그물실보다 습시의 유연도가 상대적으로 매우 큰 것으로 나타났다. 따라서 침지시간이 길수록 나일론 그물에서의 어획성능이 생분해성 그물보다 커질 것으로 분석되었다. 2011년 시험에서는 총 16종이 어획되었으며 총 어획량은 나일론과 생분해성 자망에서 각각 342,885g, 1,323마리와 236,857g, 958마리가 어획되어 어획량으로는 약 14.5%, 마리수로는 13.8%의 큰 차이를 보였으나 2012년 시험에서는 총 15종이 어획되었으며 총 어획량은 각각 448,360g, 1,582마리와 406,590g, 1,431마리가 어획되어 어획량으로는 약 11%, 마리수로는 11.1%의 작은 차이를 보였다. 목표 어종인 용가자미의 경우에도 이와 유사한 차이를 나타내었다. 따라서 그물실의 유연도가 어획성능에 큰 영향을 주며 유연도가 클수록 어획성능이 높은 것으로 분석되었으며, 생분성 그물실의 유연도를 높이기 위하여 PBS, PBAT의 배합 비율에 대한 연구와 바다에 투기된 생분성 그물이

적정 시기에 빨리 분해되기 위한 연구가 지속적으로 필요할 것으로 생각된다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원 (친환경 수산자재 및 어구어법 개발, RP－2013－FE－007)의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

Ayaz A, Acarli D, Altinagac U, Ozekinci U, Kara A and Ozen A. 2006. Ghost fishing by monofilament and multifilament gill nets in izmir bay. Turkey Fish Res 79, 267－271.

Bae BS, An HC, Jeong EC, Park HH, Park SW and Park CD. 2010. Fishing power estimation of biodegradable traps in the East Sea. J Kor Soc Fish Tech 46, 292－301.

Bae BS, An HC, Park SW, Park HH and Chun YY. 2009. Catch characteristics of shrimp trap by submerged time. J Kor Soc Fish Tech 45, 201－210.

Bae BS, Cho SK, Park SW and Kim SH. 2012. Catch characteristics of the bioderadable gill net for flounder. J Kor Soc Fish Tech 48, 201－210.

Brown J and Macfadyen G. 2007. Ghost fishing in European waters: Impacts and management responses. Marine Policy 31, 488－504.

National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI). 2002. Fishing gear of Korea. Hangul Graphics, Busan, 513－515.

Park SK, Park SW and Kwon HJ. 2009. Economic analysis of biodegradable snow crab gill net model project. J Kor Soc Fish Tech 45, 276－286.

Park SW, Park CD, Bae JH and Lim JH. 2007a. Catching efficiency and development of the biodegradable monofilament gill net for snow crab (*Chionoecetes opilio*). J Kor Soc Fish Tech 43, 28－37.

Park SW, Bae JH, Lim JH, Cha BJ, Park CD, Yang YS and Ahn HC. 2007b. Development and physical properties on the monofilament for gill nets and traps using biodegradable alophatic polybutylene succinate resin. J Kor Soc Fish Tech 43, 281－290.

Park SW and Bae JH. 2008. Weather ability of biodegradable polybutylene succinate (PBS) monofilaments. J Kor Soc Fish Tech 44, 265－272.

Park SW, Kwon HJ and Park SK. 2010. Estimation of economic benefits of biodegradable fishing net by using contingent valuation method (CVM). J Kor Soc Fish Tech 46, 265－273.

Revill AS and Dunlin G. 2003. The fishing capacity of gillnets lost on wrecks and on open ground in UK coastal waters. Fish Res 64, 107－113.

Ryu KE and Kim YB. 1998. Biodegradation of polymers. Polym Sci Tech 9, 464－472.

Tschernij V and Larsson PO. 2003. Ghost fishing by lost gill nets in the baltic sea. Fish Res 64, 151－162.

2013년 4월 29일 접수
2013년 5월 6일 1차 수정
2013년 5월 6일 수리