ISSN 1225-827X (Print)
ISSN 2287-4623 (Online)
J. Kor. Soc. Fish. Tech., 49 (4), 341 – 351, 2013
http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.4.341

FISHERIES TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr

생분해성 청어 (*Clupea pallasii*) 자망의 어획성능

안희춘 · 김성훈[1] · 임지현[1] · 배재현*
국립수산과학원 동해수산연구소 해역산업과, [1]국립수산과학원 시스템공학과

Catching efficiency of the biodegradable gill net for Pacific herring (*Clupea pallasii*)

Heui-Chun AN, Seong-Hun KIM[1], Ji-Hyun LIM[1] and Jae-Hyun BAE*
Aquaculture Industry Division, East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Gangneung 210-861, Korea
[1]*Fisheries System Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea*

Physical characteristics of PA (Polyamide) gill net and biodegradable gill net made by PBS (Polybutylene succinate) (mesh size 63mm, mesh thickness number 2, 2.5, 3) were analyzed to investigate catching efficiency of the biodegradable gill net for Pacific herring. Total 11 numbers of catching efficiency tests were carried out using commercial fishing vessel at Imwon port in Kangwon province from May to June 2013. The amount of catches were 1,535.7kg (18 species) through the catching efficiency tests and it is expected that the practicalization of biodegradable gillnet is possible because there is no difference for catches between PA gillnet and PBS gillnet. Catches of herring according to the thickness of net twine was the highest at No.2 and the thicker net twine tends to decrease the catches.

Keywords: Polybutylene succinate, Biodegradable gillnet, PA gillnet, Catching efficiency

서 론

인간은 오랜 세월에 걸쳐 어로활동을 통하여 동물성 단백질을 공급받아 왔으며, 바다생물을 포획하는 수단으로 다양한 어업이 이루어지고 있다. 우리나라의 어업은 그 종류가 다양한데 (NFRDI, 2008), 그 중에서도 자망어업은 2012년 연근해 어업의 어선척수에서 18.7%를 점하는 중요 어업 중 하나이다 (KOSIS, 2013).

자망어업에서는 합성섬유가 개발된 이후 그 물 자재로 PA (Polyamide) 및 PE (Polyethylene)

*Corresponding author: jhbae01@korea.kr, Tel: 82-33-660-8555, Fax: 82-33-661-8514

등의 방향족 고분자 중합체를 주로 사용하고 있는데, 이 물질들은 가볍고 질기며, 내구성이 우수하여 어구재료로 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 이 물질들에서는 환경유해 물질이 배출될 뿐 아니라 자망어구가 바다에 유실될 경우 장기간에 걸쳐 분해되지 않고 바다 밑에 있으면서 유령어업에 의한 어족 자원의 고갈을 초래하게 된다 (Akiyama et al., 2007; Ayaz et al., 2006; Brown and Macfadyen, 2007; Carr et al., 1985; Santos et al., 2003; Park et al. 2007; Puente et al., 2001; Tschernij and Larsson, 2003). 유실된 자망에서 발생되는 유령어업의 지속성과 대상생물의 손실에 대한 보고 (Kaiser et al., 1996; Erzini et al. 1997; Humborstad et al., 2003; Revil and Dunlin, 2003)에서 유령어업의 심각성이 지적되어 있으며, 이를 방지하기 위한 유실 어구 회수 프로그램 (Large et al, 2005; Bech, 1995; Cho, 2011)과 유실 어구 방지 프로그램 (Gibson, 2013) 등이 유럽의 여러 나라와 우리나라에서 추진되고 있다.

최근에는 유실 어구에 의한 문제를 해결하기 위하여 물속에서 일정 기간이 지나면 자연 분해되는 생분해성 수지인 PBS (Polybutylene succinate)를 이용한 그물의 개발에 대한 연구가 대게 자망, 가자미 자망 등을 대상으로 진행되어 왔다 (Park et al., 2007; Park and Bae, 2008; Park et al., 2010; Bae et al., 2010; Bae et al., 2012).

한편, 청어는 우리나라를 비롯한 북태평양과 북대서양 남미의 서부 연안 등 광범위한 해역에 분포하며, 군을 이루어 연안과 만으로 회유해 오는 어종으로 일찍부터 단백질 공급원으로서 뿐만 아니라 오메가3지방산, EPA, DHA와 비타민 D의 공급원으로서 중요하게 여겨졌으며, 과메기, 염장, 구이, 훈제 등 다양한 조리법으로 이용되어 오고 있다 (Wikipedia, 2013). 청어의 생산량은 2000년에 13,473M/T이었는데, 2002년에는 1,941M/T까지 감소하였다가 그 이후에는 점차 증가하여 2008년에 45,472M/T까지 생산되었으며, 2012년도에는 28,013M/T이 생산되었는데, 그 중 동해안에서 약 72%에 이르는 20,192M/T이 생산되었다. 청어의 생산량은 동해안 해면어업 생산량 204,754M/T의 9.8%를 차지하여 동해안에서 중요한 어중 중 하나이며, 선망 · 자망 · 저인망 · 정치망 등의 어구에서 주로 어획되고 있다 (KOSIS, 2013).

본 연구에서는 우리나라 동해안에서 주로 사용하고 있는 청어자망을 대상으로 세 가지 그물실 굵기의 PA 자망과 생분해성 PBS 자망을 제작하여 두 어구의 어획성능에 대한 비교 시험을 수행하고, 그 결과를 분석하여 친환경 어업의 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

그물의 물성실험

시험어구는 일반적으로 청어 자망에 사용되고 있는 PA와 생분해성 고분자 폴리머인 PBS를 이용하여 각각 경심 2호, 2.5호, 3호에 해당하는 굵기의 그물실을 방사하여 그물감을 제작하고 재질과 직경에 따라 총 6종을 사용하였다. 그물실의 색상은 현재 청어 자망이 청색임을 고려하여 PA는 제작회사에 동일한 색상으로 방사하고, PBS는 100% PBS 수지에 미량의 청색 염료를 섞어 PA와 유사하게 방사하였다.

시험어구에 사용한 그물의 물리적 특성을 알아보기 위하여 그물감은 그물코가 가로 5코, 세로 10코의 시편을 만들어 파단강도 및 신장률을 측정하였으며, 계측된 값은 시편을 구성하고 있는 그물실의 수에 따라 나눠 그물실에 따른 파단강도로 나타내어 비교하였다. 파단강도 및 신장률은 ASTM D638 시험법에 따라 시험하였고, 정속인장시험기 (Instron 3365, USA)를 사용하여 측정하였으며, 측정값은 0.1sec마다 1/1,000g까지 측정하여 분석하였다.

인장시험에서 클램프 간격은 400mm였으며, 데이터는 시료의 중앙부가 절단된 20건에 대해 파단강도 값과 신장률 값을 획득하였다. 강연도

측정은 지름 4cm의 원통에 그물실을 20회 균일하게 감아 시편을 제작하고, 시편을 눌러 2.5cm로 압축할 때 걸리는 힘을 측정하였다 (von Blandt and Carrothers, 1964). 측정기에 사용한 하중 센서 (load cell)는 최대용량 0.1N으로, 측정 데이터는 증폭기 (Sentech-20, Korea)를 거쳐 샘플링 간격 0.1sec로 15초간에 저장하였으며, 시험시 압축속도는 2mm/sec였다. 시험은 건시와 습시 상태로 나누어 각각 5개의 샘플을 제작하여 실험하였으며, 습시는 증류수에 24시간 침지한 후 측정하였다. 측정시 시험실의 실내온도는 25±2℃, 상대습도는 50±2%를 유지하여 실시하였다 (Kim et al., 2013).

어획성능시험

시험어구는 강원도 삼척시 임원항의 어업인들이 청어 자망용으로 사용하고 있는 어구와 같은 규모로 하였으며, 그물실의 굵기는 경심 2호, 2.5호, 3호의 3종이었다. 망목의 크기는 자망의 종류에 따라 62.6～64.1mm 범위였으며, 그물의 재질은 기존 어구와 같은 PA와 생분해성 PBS의 2종이었다 (Table 1).

어구 한 폭의 규모는 뜸줄의 길이가 79.7m, 설방향으로 4.41m (70코)이고, 가로방향의 성형율은 44%로 하였다. 이 자망을 각 한 폭씩 교대로 배치하고, 2번 반복하여 총 12폭을 한 세트로 하였다 (Fig. 1).

해상시험은 강원도 삼척시 임원항 인근 해역에서 2013년 5월에서 6월 사이에 총 11회의 시험을 실시하였으며, 시험 해역은 동경 129° 24′ 60″～129° 27′ 40″, 북위 37° 13′ 10″～37° 17′ 30″ 구간으로서, 어장 수심은 58～72 m 범위였다 (Fig. 2, Table 2).

해상시험은 기존의 PA 자망과 PBS 자망을 한 폭씩 교대로 배치하여 12폭을 한 세트로 한 것을 연안어선 제2명광호 (5.03톤)를 이용하여 매일 오전 4시 전후에 어장에 도착하여 저층에 부설하고, 다음날 아침 동일 시간대에 양망하였으며, 침지시간은 1일이었다. 시험조업이 연속적으로 이루어지는 날에는 전날 부설된 어구를 양망하

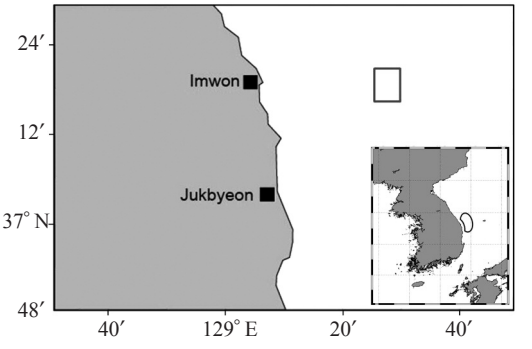

Fig. 2. Experimental fishing area near Imwon port, Samcheok city.

PA No.2	PBS. No.2	PA No.2.5	PBS. No.2.5	PA No.3	PBS No.3	PA No.2	PBS. No.2	PA No.2.5	PBS. No.2.5	PA No.3	PBS No.3

Fig. 1. Arrangement of experimental gillnets for Pacific herring.

Table 1. Specification of the experimental gillnets for Pacific herring

Kind of net (Diameter, mm)	Mesh size (mm)	Float (ea)	Float interval (cm)	Sink (ea)	Sink interval (cm)	Length of float line (m)	Length of sink line (m)	Net height (m)
PA #2 (0.241)	63.5	88	92	261	36	79.7	93.5	4.41
PA #2.5 (0.254)	64.1	88	92	261	36	79.7	93.5	4.41
PA #3 (0.283)	63.3	88	92	261	36	79.7	93.5	4.41
PBS. #2 (0.244)	63.6	88	92	261	36	79.7	93.5	4.41
PBS. #2.5 (0.274)	63.1	88	92	261	36	79.7	93.5	4.41
PBS. #3 (0.304)	62.6	88	92	261	36	79.7	93.5	4.41

* PBS.: Biodegradable nets made of Polybutylene succinate, #.: number of net filament.

Table 2. Experimental date and general conditions

Trial number	Date	Submerged duration (day)	Number of used gillnet (panel)	Water depth (m)
1	2013.5.19－5.20	1	12	58.0
2	2013.5.20－5.21	1	12	58.0
3	2013.5.21－5.22	1	12	66.5
4	2013.5.22－5.23	1	12	66.5
5	2013.5.23－5.24	1	12	66.5
6	2013.6. 6－6. 7	1	12	72.0
7	2013.6. 9－6.10	1	12	68.0
8	2013.6.10－6.11	1	12	66.0
9	2013.6.12－6.12	1	12	71.0
10	2013.6.12－6.13	1	12	72.0
11	2013.6.13－6.14	1	12	72.0

고, 어획 상황을 확인한 후 선장의 판단에 따라 동일 위치 또는 어장을 이동하여 어구를 투망하였다. 어구를 양망하면 임원항으로 귀항하여 육상에서 각 어구별로 어획물을 구분하여 채집하고 체장 (미차체장, FL)과 체중을 측정하였다. 어획물은 전수 측정을 원칙으로 하였으나, 측정 후 위판을 하는 관계로 목표종인 청어의 경우 어획량이 많은 날은 40kg들이 한 상자에 담겨진 것을 측정하고, 나머지는 마리수와 총 중량을 측정하는 방법으로 하였다. 체장은 1mm단위로 체중은 1g 단위로 측정하였다.

자망의 재료와 굵기에 따른 청어 어획량의 차이를 분석하기 위해서 통계 프로그램 SPSS V.18을 사용하여 신뢰도 95% 수준에서 paired T-test를 실시하였다.

결과 및 고찰

그물의 물성시험

그물의 물성은 어획과정에 중요한 영향을 끼치는 요소로 각 시험어구에 사용한 물성시험의 결과는 Table 3과 같다. 물성시험은 그물의 파단강도와 신장률 그리고 그물실의 강연도 항목에 대해 실시하였다. 그물실의 굵기는 PA 경심 2호가 Td 516 (ϕ0.241mm), 2.5호가 Td 575.51 (ϕ0.254mm), 3호의 경우 Td 713.46 (ϕ0.283mm)였고, PBS 경심 2호는 Td 532.17 (ϕ0.244), 경심

Table 3. Strength and elongation of six kinds of nets in the dry and wet condition

Kind of net	Thickness	Breaking strength				Elongation(%)			
	Td (Diameter, mm)	Dry		Wet		Dry		Wet	
		kgf	SD	kgf	SD	%	SD	%	SD
PA #2	516 (0.241)	1.19	0.05	1.14	0.08	15.0	0.84	16.6	1.10
PA #2.5	576 (0.254)	1.39	0.07	1.13	0.12	21.1	0.74	20.8	1.18
PA #3	713 (0.283)	1.54	0.11	1.39	0.11	18.6	1.55	21.0	1.22
PBS #2	532 (0.244)	0.67	0.02	0.69	0.06	12.9	0.37	13.1	1.53
PBS #2.5	667 (0.274)	0.83	0.02	0.84	0.03	13.8	0.58	13.2	0.49
PBS #3	822 (0.304)	0.96	0.01	0.98	0.05	12.6	0.22	12.2	0.72

※ SD: standard deviation.

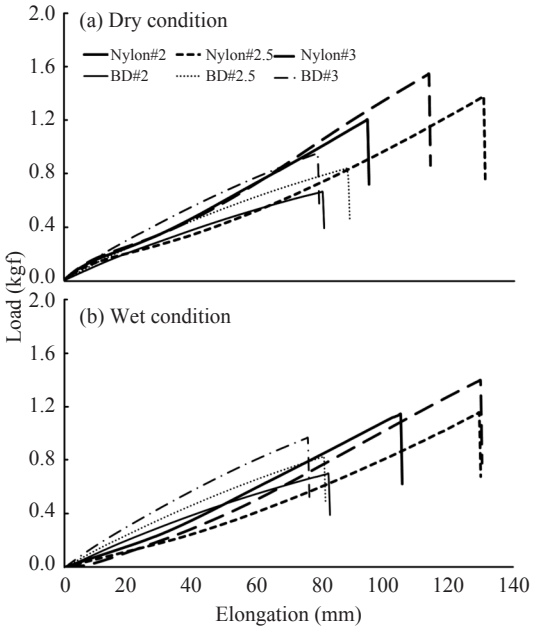

Fig. 3. Strength and elongation curves of six kinds of nets in the dry and wet condition.

2.5호가 Td 667.00 (ϕ0.274mm), 경심 3호가 Td 821.90 (ϕ0.304mm)로 PBS의 굵기가 PA에 비해 다소 굵은 것으로 나타났다. 이는 PA는 비중은 1.14이며, PBS는 1.26으로 10%정도 높아 같은 굵기에서도 항중식으로 표기하면 10% 정도 높게 나타나는데, 이것은 PBS의 단위면적당 강도가 상대적으로 아직 낮고, 소량의 샘플 제작으로 인한 공정의 차이 때문으로 생각된다.

6종류의 그물감 시료의 그물실 파단강도는 PA의 경우 건시가 습시보다 0.05～0.26kg 정도 높게 나타났으며, PBS의 경우는 습시가 건시보다 0.02kg 정도의 차이로 유사하게 나타났다. 전체적으로 그물실의 굵기가 굵음에도 불구하고 PBS가 PA에 비해 강도가 낮았는데, 건시의 경우 경심 2호에서 PBS가 0.67kg으로 PA의 1.19kg 보다 44% 낮았고, 경심 2.5호는 PBS가 0.83kg으로 PA의 1.39kg 보다 약 40% 낮았으며, 경심 3호는 PBS가 0.96kg으로 PA의 1.54kg에 비해 38% 낮게 나타났다. 그리고, 신장률은 건시는 PA 경심 2호가 21.1%로 가장 높았고, 습시는 PA 3호가 20.8%로 가장 신장이 잘 되는 것을 알 수 있었다. PBS는 전반적으로 PA에 비해 신장률이 2.1～7.3% 적었다.

이전의 대게 자망 또는 가자미 자망 연구 (Park et al., 2007; Bae et al., 2012)에서 PBS는 PA의 80～90%로 파단강도가 개선되었으나, 이번 방사 시에는 PBS 수지만 100% 사용하였기 때문에 염료 사용으로 인한 생산과정에서 다소 파단강도가 떨어진 것으로 판단되며, 다만, 현장 조업시 그물감의 파단강도로 인한 문제는 발견되지 않았으며, 앞으로 PBS의 강도는 더욱 개선시켜 나가야 할 것으로 사료된다.

그물실의 강연도와 신장률은 자망에서 대상

Table 4. Stiffness of the six nets with the different diameter in dry and wet conditions

Specimen		Softness values of each test (g)					Average (g)
		1	2	3	4	5	
Dry	PA #2 (0.241)	4.83	4.03	4.43	3.80	3.78	4.18
	PA#2.5 (0.254)	10.56	10.24	10.31	9.79	11.16	10.41
	PA #3 (0.283)	20.43	19.55	19.37	18.80	20.22	19.67
	PBS #2 (0.244)	4.89	4.08	4.48	3.85	3.83	4.23
	PBS #2.5 (0.274)	11.48	11.13	11.21	10.63	12.12	11.31
	PBS #3 (0.304)	21.98	21.04	20.84	20.23	21.75	21.17
Wet	PA #2 (0.241)	1.77	1.50	1.44	1.74	1.81	1.65
	PA #2.5 (0.254)	3.85	3.55	3.51	4.31	4.11	3.86
	PA #3 (0.283)	7.52	7.03	7.62	7.38	7.57	7.42
	PBS #2 (0.244)	1.79	1.52	1.45	1.76	1.83	1.67
	PBS #2.5 (0.274)	4.19	3.85	3.81	4.68	4.47	4.20
	PBS #3 (0.304)	8.09	7.57	8.20	7.94	8.14	7.99

생물이 그물에 꽂히는 데 중요한 역할을 하는데, 강연도 시험은 각 시료별로 5회씩 실험하여 평균값으로 나타내었으며, 그 결과는 Tablel 4와 같다. 강연도는 40mm인 시료를 15mm 압축시키는 데 걸리는 힘을 측정한 것으로, 건시 상태에서 PA는 경심 2호가 4.18g, 경심 2.5호가 10.41g, 경심 3호가 19.67g였고, PBS는 경심 2호가 4.23g, 경심 2.5호가 11.31g, 경심 3호가 21.17g이었다. 여기서는 실의 굵기가 굵어질수록 힘이 증가하여 강연도가 떨어지는 결과를 보여 Kim et al. (2013)이 참조기 유자망의 그물실 굵기에 따른 강연도 분석 결과와 유사한 패턴을 보였으며, PBS가 PA에 비해 강연도가 경심 2호에서 1.2% 떨어지고 경심 2.5호가 8.7%, 경심 3호는 7.6%로 다소 떨어졌다. 그리고, 습시 상태의 경우 건시에 비해 압축에 소요되는 힘이 60.4～62.9% 감소하는 것으로 나타나 강연도가 개선된 것을 알 수 있으며, PA 2.5호와 PBS 2.5호의 강연도가 동일하게 62.9%로 나타나 가장 좋게 개선된 것으로 나타났다.

Bae et al (2012)이 가자미 자망 제작시 PBS 경심 4호 그물실의 강연도 개선을 위해 PBS 95%와 PBAT (polybutylene adipate-co terephthalate) 5%를 혼합한 수지를 사용하여 제작하였는데, 이때의 강연도는 PA가 PBS에 비하여 1.66배 높게 나타났으나, 이번 연구에서는 편차가 8.7% 이하로 나타났으므로 강연도 측면에서는 매우 크게 개선되었음을 확인하였다.

어획성능 시험

청어 자망을 시험어구로 총 11회의 시험 조업을 하였으며, PA 자망과 PBS 자망에 어획된 종과 어획량은 Table 5와 같다. 총 어획량은 1,535.7kg (8,173마리)으로 PA 자망에서 774.2kg (4,106마리), PBS 자망에서 761.5kg (4,066마리) 어획되었으며, 어구의 재질에 따른 유의한 차는 없는 것으로 나타났다 (P>0.05). 어획된 종은 총 18종이었으며, 청어가 1,094.1kg (5,515마리)으로 가장 많이 어획되어 총 어획량의 71.2%를 차지하였고, 불볼락이 155.9kg (1,074마리)으로 10.2%, 대구횟대로 139.4kg (825마리)으로 9.1% 등의 순이었다. 그리고, 임연수어가 111.4kg (500마리), 대구가

Table 5. Catch comparison of the PA nets and the PBS nets

Scientific name	PA nets		PBS nets		Total	
	Weight (g)	Catch number	Weight (g)	Catch number	Weight (g)	Catch number
Clupea pallasii	514,560	2,545	579,568	2,970	1,094,128	5,515
Sebastes thompsoni	81,556	563	74,420	512	155,976	1,075
Gymnocanthus erzensteini	96,835	557	42,611	271	139,446	828
Pleurogrammus azonus	56,452	270	54,944	230	111,396	500
Gadus macrocephalus	14,022	58	3,117	15	17,139	73
Glyptocephalus stelleri(	4,446	62	2,320	33	6,766	95
Alcichthys alcicornis	3,121	24	1,953	17	5,074	41
Hypodytes rubripinnis	595	5	1,153	11	1,748	16
Hexagrammos agrammus	996	4	427	2	1,423	6
Sebastes schlegeli	299	1	223	1	522	2
Cleisthenes pinetorum	252	1	162	1	414	2
Ammodytes personatus	365	10	39	2	404	12
Todarodes pacificus	210	1	0	0	210	1
Dasycottus setiger	117	2	91	1	208	3
Lycodes tanakai	141	1	0	0	141	1
Eopsetta grigorjewi	139	1	0	0	139	1
Myoxocephalus polyacanthocephalus	122	1	0	0	122	1
Paroctopus dofleini	0	0	430	1	430	1
Total	774,228	4,106	761,458	4,067	1,535,686	8,173

17.1kg (73마리), 기름가자미가 6.8kg (95마리), 빨간횟대 5.1kg (41마리), 미역치 1.7kg (16마리) 등으로 나타났다. 그 외에도 조피볼락, 용가자미, 까나리 등이 1kg 이하로 소량 어획되었으며, 살오징어 · 문어와 같은 두족류도 한 마리씩 어획되었다. 청어의 경우에는 PBS 자망의 어획량이 PA 자망에 비해 중량 기준으로 5.94% 많이 어획되었으며, 그 외의 종에서는 대체로 PA 자망에서 어획량이 다소 많았다.

그물실의 굵기에 따른 총 어획량을 분석해 보면 (Table 6), 경심 2호에서 625.1kg으로 가장 많이 어획되었고, 다음이 경심 2.5호로 483.1kg이 어획되었으며, 경심 3호에서는 427.1kg이 어획되어 실의 굵기가 굵어질수록 어획성능이 낮아졌는데, 이는 강연도가 떨어진 것이 중요한 요인일 것으로 판단된다. 이러한 결과는 Kim et al. (2013)이 참조기 유자망의 그물실 굵기에 따른 어획시험 결과와 같은 경향을 보였다.

그물의 재질별로는 경심 2호 PA 자망에 309.4kg, PBS 자망에 315.7kg이 어획되어 PBS 자망에서 다소 많이 어획되었으나 큰 차이는 없었으며, 경심 3호에서는 PA 자망에 198.4kg, PBS 자망에 228.7kg이 어획되어 PBS 자망에서 8.1% 더 많이 어획되었다. 한편, 경심 2.5호에서는 PA 자망에 266.4kg, PBS 자망에 216.7kg이 어획되어 PA 자망에서 10.3% 더 많이 어획되어 경심 2호 및 경심 3호와는 다른 결과가 도출되었으나 그물의 물성에서 그 원인을 찾기는 어려웠다.

그물실의 굵기에 따른 청어의 어획량을 분석한 것은 Table 7과 같은데, 청어는 경심 2호에서 어획량이 가장 많았고, 그물실이 굵을수록 어획량이 적어지는 경향을 보였다. 이는 Holst et al. (2002)이 발틱해의 대구 자망에서, Yokota et al. (2001)이 무지개송어 자망에서, Kim et al. (2013)이 참조기 유자망에서 그물실이 가는 것이 어획성능이 높다고 보고한 것과 같은 경향을 나타내었다. 재질별로는 경심 2호 PA 자망에 218.8kg, PBS 자망에 254.8kg이 어획되어 PBS 자망에서 6.6% 더 어획되었고, 경심 3호에서는 PA 자망에 124.5kg, PBS 자망에 175.8kg이 어획되어 PBS 자망에서 17.1% 더 많이 어획되었다. 그러나, 경심 2.5호에서는 PA 자망에 171.3kg, PBS 자망에 148.9kg로서 PA 자망에서 7.0% 더 많이 어획되어 경심 2호 및 3호와는 다른 결과가 도출되었다.

자망의 재료와 굵기에 따른 청어 어획량의 차이를 분석하기 위해서 통계 프로그램 SPSS V.18을 사용하여 신뢰도 95% 수준에서 paired T-test를 실시한 결과, 그물의 재질과 굵기에 따른 어획량의 차이는 없는 ($P>0.05$) 것으로 나타나 PBS 자망의 실용화 보급이 가능한 것으로 판단되었다. 또한, 시험조업에 참여한 어선 제2명광호 선주도 PBS 자망의 어획 결과에 만족하며, 바

Table 6. Total catch comparison of PA and PBS nets according to the thickness of net filament

Number of monofilament	PA nets		PBS nets		Total	
	Weight (kg)	Number	Weight (kg)	Number	Weight (kg)	Number
#2	309.4	1,709	315.7	1,680	625.1	3,389
#2.5	266.4	1,374	216.7	1,191	483.1	2,565
#3	198.4	1,023	228.7	1,196	427.1	2,219

Table 7. Catch comparison of Pacific herring, Clupea pallasii, according to the PA nets and the biodegradable nets

Specimen	PA nets		PBS nets		P-value
	Weight (g)	Catch number	Weight (g)	Catch number	
Monofilament # 2	218,773	1,108	254,822	1,312	0.477
Monofilament # 2.5	171,337	838	148,902	755	0.203
Monofilament # 3	124,450	599	175,844	903	0.064

다 생태계 보호를 위해 청어 자망에서도 PBS 자망을 사용할 수 있다는 의견을 피력하였다.

한편, 실제 어업에서는 과거에 경심 2호를 주로 사용하였으나, 해저에 바위나 자갈이 많은 곳에서는 어구 파손 사고가 빈번하게 일어나는 관계로 최근에는 경심 3호를 사용하는 경우도 있다. PBS 자망의 어획성능은 대게와 같은 갑각류에서는 PA 자망과 유사한 것으로 밝혀졌으나 (Park et al., 2007), 어류의 경우에는 지금까지는 PA 자망에 비해 어획량이 떨어지는 것으로 알려졌는데, 금번 청어 PSB 자망에서는 PA 자망과 대등한 어획성능을 갖게 되어 앞으로 산업화 전망이 밝을 것으로 사료된다.

청어의 체장분포

시험조업에서 어획된 청어의 체장 분포와 체장과 체중의 상관관계는 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다. 청어의 체장 분포는 자망의 망목이 63mm이고,

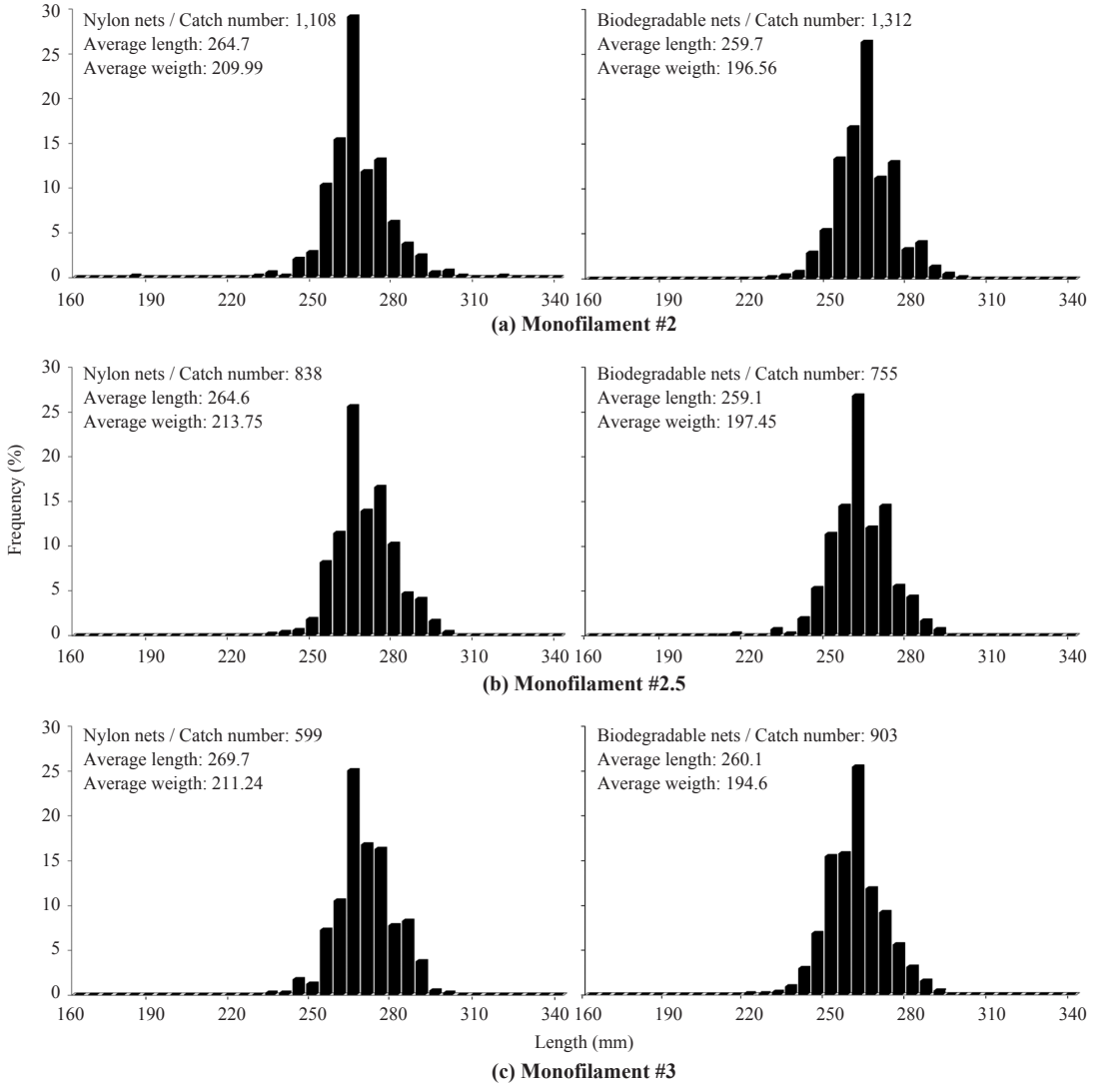

Fig. 4. Length frequency distribution of *Clupea pallasii* by the kind of gillnets.

그물실의 굵기가 경심 2호인 PA 자망의 경우 체장은 180～320mm의 범위이고, 245～290mm 구간에 약 95% 이상이 분포하며, 평균 체장은 264.7mm, 평균 체중은 209.1g였다. PBS 자망에서는 체장은 225～300mm의 범위이고, 245～285mm 구간에 약 93% 이상이 분포하고, 평균 체장은 259.7mm, 평균 체중은 196.6g였다. 경심 2.5호에서는 PA 자망의 경우 체장은 230～300mm의 범위이고, 250～290mm 구간에 약 94% 이상이 분포하며, 평균 체장은 264.6mm, 평균 체중은 213.8g였다. PBS 자망에서는 체장은 215～295mm의 범위이고, 245～285mm 구간에 약 94% 이상이 분포하였으며, 평균 체장은 259.1mm, 평균 체중은 197.5g였다. 경심 3호에서는 PA 자망의 경우 체장은 230～300mm의 범위이고, 250～290mm 구간에 약 95% 이상이 분포하며, 평균 체장은 269.7mm, 평균 체중은 211.2g였다. PBS 자망에서는 체장은 220～295mm의 범위이고, 245～285mm 구간에 약 93% 이상이 분포하였으며, 평균 체장은

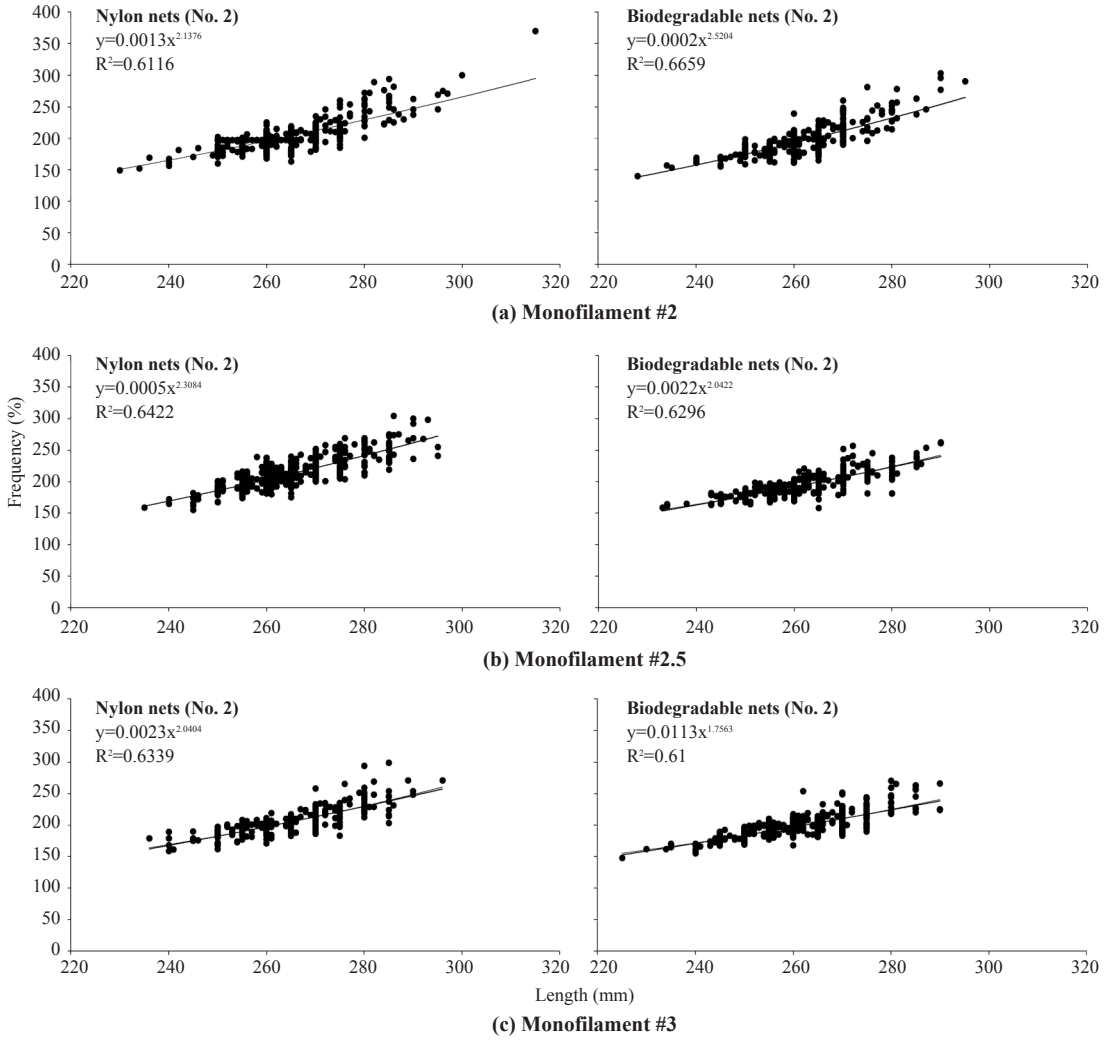

Fig. 5. Relationship between length and weight of *Clupea pallasii* by the kind of gillnets.

260.1mm, 평균 체중은 194.6g였다.

청어의 최대 분포구간을 나타낸 체장 계급은 경심의 굵기나 재질에 관계없이 260～265mm였다. 여기서, 청어는 PA 자망이 PBS 자망에 비해 5.0～9.6mm 정도 큰 개체가 어획된 것으로 나타났는데, 이는 PA 자망이 PBS 자망에 비해 신장률이나 강연도가 다소 좋기 때문인 것으로 판단된다.

결 론

이 연구에서는 PBS로 만들어진 생분해성 청어 자망의 어획성능을 조사하여 친환경 어구의 산업화에 관한 기초 자료로 활용하기 위하여 그물실의 굵기가 경심 2호, 2.5호, 3호이고 망목의 내경이 63mm인 PA과 PBS 그물을 제작하고 그물의 물리적 특성을 분석하고, 강원도 삼척시 임원항 인근 연안 해역에서 어선을 이용하여 어획성능 시험을 실시하였다.

자망의 물성을 그물의 파단강도와 신장률 그리고 그물실의 강연도 항목에 대해 분석한 결과 파단강도와 신장률은 PA가 높게 나타났으며, 강연도는 PA가 PBS보다 다소 높았으나 그 차이가 8.7% 이하로 많이 개선되었음을 알 수 있었다. 다만, 이 시험에 사용한 PBS 자망의 파단강도 및 신장율 등의 물성은 좀 더 향상시킬 필요가 있다.

어획성능 시험에서는 총 어획량은 1,535.7kg (8,173마리)으로 PA 자망에서 774.2kg (4,106마리), PBS 자망에서 761.5kg (4,066마리)이 어획되었다. 총 18종이 어획되었는데, 이 중 청어가 1,094.1kg (5,515마리)으로 가장 많이 어획되었고, 불볼락이 155.9kg (1,074마리), 대구횟대가 139.4kg (825마리)의 순으로 나타났다. 청어의 경우는 PBS 자망에서 어획량이 PA 자망에 비해 중량 기준으로 5.94% 많이 어획되었으며, 그 외의 종에서는 대체로 PA 자망에서 어획량이 다소 많았다. 그물실의 굵기별 청어의 어획량은 경심 2호에서 어획량이 가장 많았고, 그물실이 굵어질수록 어획량이 적어지는 경향을 보였다.

PBS 자망과 PA 자망에 따른 청어 어획량의 유의성을 분석한 결과, 그물의 성분에 의한 어획량의 차이는 없는 것 ($p>0.05$)으로 나타나 PBS 자망을 이용한 생분해성 어구의 실용화 보급이 가능한 것으로 판단되었다. 앞으로 자망에 어획되는 다른 어종에 대해서도 PBS 자망이 산업화 될 수 있도록 연구를 추진해 나가야 할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 수산시험연구사업 (RP-2013-FE-040)의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

Akiyama S, Saito E and Watanabe T. 2007. Relationship between soak time and number of enmeshed animals in experimentally lost gillnets. Fish Sci 73, 881－888.

Ayaz A, Acarli D, Altinagac U, Ozekinci U, Kara A and Ozen A. 2006. Ghost fishing by monofilament and multifilament gillnets 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, Cho SK, Park SW and Kim SH. 2012. Catch characteristics of the biodegradable gillnet for flounder. J Kor Soc Fish Tech 48, 310－321.

Bech G. 1995. Retrieval of lost gillnets at Ilulissat Kangia. NAFO SCR Doc 95/6, 1－5.

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

Carr HA, Amaral EH, Hulbert AW and Cooper R. 1985. Underwater survey of simulated lost demersal and lost commercial gillnets off New England. In: Shomura RS, Yoshida HO (eds). Proc. Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris, 26－29

November 1984, Honolulu, Hawaii. IEEE Oce Eng Soc 438－447.

Cho DO. 2011. Removing derelict fishing gear from the deep seabed of the East Sea. Marine Policy 35, 610－614.

Erzini K, Monteiro CC, Ribeiro J, Santos MN, Gaspar M, Monteiro P and Borges TC. 1997. An experimental study of gillnet and trammel net 'ghost fishing' off the Algarve (southern Portugal). Mar Ecol Prog Ser 147, 257－65.

Gibson C. 2013. Preventing the loss of gillnets in puget sound salmon fisheries. Northwest Straits Marine Conservation Foundation, 1－8.

Holst R, Wileman D and Madsen N. 2002. The effect of twine thickness on the size selectivity and fishing power of Baltic cod gillnets. Fish Res 56, 303－312.

Humborstad O, L*ø*kkeborg S, Hareide NR and Furevik DM. 2003. Catches of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in deepwater ghost fishing gillnets on the Norwegian continental slope. Fish Res 64, 163－70.

Kaiser MJ, Bullimore B, Newman P, Lock K and Gilbert S. 1996. Catches in 'ghost fishing' set nets. Marine Ecology Progres 145, 11－16.

Kim SH, Park SW, Lee KH and Lim JH 2013. Characteristics on the fishing performance of a drift net for yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) in accordance with the thickness of a net twine. J Kor Soc Fish Tech 49, 227－226.

KOSIS. 2013. Fishing fleet according to the type of fishing of Korea. http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&parentId=F on 1992 to 2012. Accessed 2 Oct 2013.

Large P, Revill A, Randall P, Armstrong M, Houghton C and Hareide NR. 2005. Programme 5: Western edge ghost nets (gillnet retrieval). Fisheries Science Partnership 2005/06, 1－22.

NFRDI. 2008. Fishing gear of Korea. Hangul Graphics, Busan, Korea, 1－579.

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

Park SW, Kim SH, Choi HS and Cho HH. 2010. Preparation and physical properties of biodegradable polybutylene succinate/polybutylene adipate-coterephthalate blend monofilament by melt spinning. J Kor Soc Fish Tech 46, 257－264

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

Puente E, Arregi L, Gomez E and Sancho G. 2001. An experimental approach to study the effects of lost of static fishing gear on the Bay of Biscay benthic communities: FANTARED－2. ICES CM 2001, R04, 1－12.

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.

Santos MN, Saldanha HJ, Gaspar MB and Monteiro CC. 2003. Hake (*Merluccius merluccius* L., 1758) ghost fishing by gillnets off the Algarve (southern Portugal). Fish Res 64, 119－128.

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

v Brandt A. and Carrothers PJG. 1964. Test methods for fishing materials. Modern fishing gear of the world 2, Fishing News Books Ltd, London, UK, 9－49.

Yokota K, Fujimori Y, Shiode D and Tokai T. 2001. Effect of thin twine on gillnet size-selectivity analyzed with the direct estimation method. Fish Sci 67, 851－856.

Wikipedia. 2013. Herring. http://en.wikipedia.org/wiki/Herring. Accessed 15 Oct 2013.

2013년 10월 18일 접수
2012년 11월 7일 1차 수정
2012년 11월 8일 수리