

## 삼척 연안 청어자망의 그물 재질에 따른 어획과 군집 분석

안희춘 · 배재현 · 박종명 · 홍성익<sup>1</sup> · 김성훈<sup>2</sup> · 박해훈\*

동해수산연구소 해역산업과, <sup>1</sup>바다생태리서치, <sup>2</sup>국립수산과학원 시스템공학과

### Catch and cluster analysis according to net materials of gillnet for the Pacific herring in the coastal waters of Samcheok, Korea

Heui-Chun AN, Jae-Hyun BAE, Jong-Myung PARK, Sung-Eic HONG<sup>1</sup>, Seong-Hun KIM<sup>2</sup>, Hae-Hoon PARK\*

*Aquaculture Industry Division, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangneung, Gangwon 210-861, Korea*

<sup>1</sup>*Bada Ecology Research, Gangneung, Gangwon 210-861, Korea*

<sup>2</sup>*Fisheries System Engineering Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea*

Experiments for catch and cluster analysis on the catch by gillnet for the Pacific herring were conducted using traditional nylon net (PA) and developing biodegradable net (PBS) with different monofilaments of #2 (=0.23 mm) and #3 (=0.28 mm) in diameter between 2011 and 2012, and of #2, #2.5 and #3 in 2013 in the eastern coastal waters of Samcheok, Korea. The total catch during the experiments was 3,337kg in weight and 16,757 individuals in number. Though the catch ratio of the Pacific herring in 2011 and 2012 was 97.4% and 98.7%, respectively, that of the Pacific herring in 2013 was 73.6% as the biggest and followed by goldeye rockfish (8.6%), black edged sculpin (8.4%), atka mackerel (7.2%) and Alaska cod (1.0%). The ANOVA analysis on the total catch in relation to net material showed that there was not statistically significant difference at the 5% level between nylon net (PA) and biodegradable net (PBS) ( $p=0.91$ ). With the cluster analysis on the catch in relation to net material (PA, PBS) and twine thick (#2, #3), it showed the influence of net material on the catch was greater than that of twine diameter in this experiment. From the test of homogeneity on the catch by the gillnet with PA and PBS in which several species were caught in 2013, there was not statistically significant homogeneity in relation to net material ( $p<0.005$ ). That meant the traditional gillnet of nylon (PA) was more efficient than the biodegradable (PBS) gillnet to catch several kinds of fish, however the PBS gillnet was better than the PA gillnet to catch the target Pacific herring.

Keywords: Species composition, Biodegradable net, Cluster analysis, Homogeneity, Gillnet

#### 서론

오랜 기간 동안 사람은 단백질을 공급받기 위하여 바다에서 수산생물을 어획하여 왔다. 수산생물을 어획하

는 수단으로 자망어업은 우리나라에서 주요한 업종의 하나이고 다양한 어종을 어획하는 데 사용되고 있다 (NFRDI, 2008). 기존의 자망어업에 사용된 그물감 재

\*Corresponding author: parkhh01@naver.com Tel: 033-660-8553, Fax: 033-661-8514

질은 주로 PA (Polyamide, NY6)으로 만들어졌으나 이것은 물속에서 잘 썩지 않아 유실된 자망어구는 유행어업이 되는 한 원인이었다 (Tschernij and Larsson, 2003; Ayaz et al., 2006). 이것을 해결하기 위한 필요성이 대두되어, 일정한 기간이 지나면 미생물에 의해 분해되는 생분해성 (biodegradable) 그물감 (Polybutylene succinate, PBS계)을 개발하게 되었고 자망에 적용된 바 있다 (Park et al., 2007; Park and Bae, 2008; Kim et al., 2012; Park et al., 2014). 캐나다에선 공기 중과 바다 속에 담겼던 몇 종류의 잠재적인 생분해성 그물실의 파단 강도를 평가하여, 대계를 대상으로 면사(cotton)를 조업 어구에 부분적으로 사용하도록 규정하고 있다 (Winger et al., 2015). 초기에 개발된 그물실의 방사기술과 물리적 특성에 대해서는 생분해성 (PBS계) 그물감의 습식 직선강도는 나일론 (PA계)의 81.8%였고, 유연도는 3배 정도 떨어진 것으로 보고되었다 (Park et al., 2007). 이러한 특성을 개선하기 위하여 그후 PBS계에 유연도를 개선하는 PBAT (polybutylene adipate-co- terephthalate)의 중합비율과 첨가제인 카프로락탐의 함량 변화를 달리하여 방사한 그물실을 개발하게 되었다. 이렇게 개발한 그물의 효과를 파악하기 위하여 2011년부터 2013년까지 동해안의 청어자망에 대해 어선을 이용하여 삼척 연안 인근 해역에서 시험조업을 실시하였다 (NFRDI, 2011, 2012, 2013; An et al., 2013).

이 연구에서는 청어를 대상으로 하는 자망어업에서 실제 어떠한 어종이 어획되며, 그물 재질이나 그물실 굵기가 다를 때의 어획 차이를 파악하기 위해, 기존의

그물감과 개발한 생분해성 그물감으로 된 자망그물을 제작하였는데, 재질로는 PA 그물과 PBS (생분해성) 그물 두 종류, 그리고 그물실의 굵기로는 2011과 2012년에는 각각 경심 2호 (0.23 mm)와 3호 (0.28 mm)인 자망어구를 사용하였고, 2013년에는 두 종류의 그물 재질에 실의 굵기가 다른 3종류 (경심 2호, 2.5호, 3호)인 총 6종류의 자망 어구를 사용하여 시험조업한 청어자망의 어획 결과에 대해 어획종 조성과 그물 재질과 그물실 굵기에 따른 어획량 및 어획 특성에 대해 분산분석과 군집분석을 실시하였으며, 다양하게 어획되었던 2013년 어획자료에 대해선 동질성분석을 이용하여 그물실의 재질에 따른 어종별 어획특성을 파악하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시험 어구

이 연구에 사용된 시험어구의 종류는 Table 1에서 보는 바와 같이 재질로는 기존에 많이 사용되었던 PA 그물과 생분해성 수지로 만든 PBS 그물감이 사용되었고, 그물실의 굵기는 2011-2012년에는 경심 2호 (0.23 mm), 3호 (0.28 mm) (monofilament #2, #3) 2종을 사용하여 총 4종류의 그물을 사용하였고 (PA #2, PA #3, PBS #2, PBS #3), 2013년에는 여기에 경심 2.5호를 추가시켜 3종류의 그물실 굵기(monofilament #2, #2.5, #3)를 사용하였기에 총 6종의 그물을 사용하였다 (PA #2, PA #2.5, PA #3, PBS #2, PBS #2.5, PBS #3). 망목 크기는 모두 63 mm를 사용하였고 자망 1폭의 길이는 80 m였다.

Table 1. The specification of panels of gillnet for Pacific herring used in the experiment by year

	2011	2012	2013
Net materials	PA, PBS	PA, PBS	PA, PBS
Net twine thickness	#2, #3*	#2, #3	#2, #2.5, #3
Number of different kinds of net materials	4 (PA #2, PA #3, PBS #2, PBS #3)	4 (PA #2, PA #3, PBS #2, PBS #3)	6 (PA #2, PA #2.5, PA #3, PBS #2, PBS #2.5, PBS #3)
Number of panels per trial	16	16	12
Number of trials	6	7	11
Number of panels of particular net material	24	28	22
Total number of panels used	96	112	132

\* monofilament #2= 0.23 mm and #3= 0.28 mm

## 해상시험 및 분석

해상시험 조업은 2011년 5월~2013년 6월 사이에 삼척의 임원항 인근 해역에서 어선을 용선하여 실시하였다. 시험조업에서 사용한 그물폭수는 Table 1에서와 같이 2011년에는 1회에 그물감 종류별 (4종)로 4폭씩, 1회에 16폭을 사용하여 6회 시험 (총 96폭 사용)하였고, 2012년에는 같은 규격의 그물로 1회 16폭씩 7회 시험 조업 하였으며 (총 112폭 사용), 2013년에는 6종의 그물을 2폭씩, 1회에 12폭을 사용하여 11회 시험조업 (총 132폭 사용)하였다 (NFRDI, 2011, 2012, 2013). 시험기간 동안 각 그물 종류별로 사용한 폭수는 2011년에는 24폭, 2012년에는 28폭, 2013년에는 22폭이었다.

이 중에서 2011년 5월 27일의 시험자료는 기록상 오류가 있어 분석에서 제외하였으며, 2011년의 각 그물 종류별 사용폭수는 20폭이 되었다. 조업해역은 2011-2012년에는 연안 5~10 마일 떨어진 해역이었고, 2013년에는 연안에서 20~30 마일 떨어진 해역이었으며, 조업수심은 58-72 m이었다.

분석한 항목은 청어자망의 어획종 조성, PA 자망과 PBS (생분해성) 자망의 어획량 차이에 대한 분산분석 (ANOVA), 종풍부도 (Margalef, 1963), 종균등도 (Pielou, 1966), 종다양도 (Pielou, 1977), 4종류 그물감 (PA #2, PA #3, PBS #2, PBS #3)에 의한 어획량에 대한 군집분석 (Cluster analysis) (Bray and Curtis, 1957; An et al., 2014) 및 그물 재질에 따른 어종별 어획 특성에 대한 동질성 검정 (Test of homogeneity)을 실시하였다. 어획물 측정은 어종별로 분류한 다음, 대상물에 따라 전장, 동장과 중량을 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 어획물의 종조성

삼척 인근해역에서 청어자망으로 3년간 (2011-2013) 어획한 총어획량은 3,336.8 kg, 어획마리수는 16,757 마리였다. 2011년의 어획량은 483.7 kg 2,205 마리였고, 2012년에는 1,317.8 kg 6379 마리였으며, 2013년에는 1,535.3 kg, 8,173 마리를 어획하였다. 어획종수는 23종으로 어류 20종, 두족류 1종, 복족류 1종, 갑각류 1종이었다 (Table 2 및 Table 3). 가장 많은 종이 어획된 2013년의 어획종수는 15종이었다. 2011년 주요 어획종의 어획량 비율은 2011년에는 청어가 97.4%, 대구횃대

가 1.1%를 차지하였으며, 2012년에는 청어가 98.7%를 차지하였던 반면에, 2013년에는 청어가 73.6%, 불볼락이 8.6%, 대구횃대가 8.4%, 임연수어가 7.2%, 대구가 1% 차지하였고, 기타 1.2%였다 (NFRDI, 2011, 2012, 2013).

2013년에는 앞의 2년간의 자료와 달리 상대적으로 다양한 어종이 어획되었는데, 그물을 사용한 폭수가 가장 많았을 뿐만 아니라, 그물실의 굵기도 초기의 경심 2호와 3호에 2013년에는 추가로 경심 2.5호의 그물실을 사용한 결과로 판단되었고, 이것은 해당 연도의 1년간 자료이기에 이후 더 확인할 필요가 있다.

### 그물 재질에 따른 어획량 분석

2011-2013년 사이에 PA와 PBS로 만든 청어자망의 망지종류별 사용폭수는 2011년에는 24폭, 2012년에는 28폭, 2013년에는 22폭이었으나, 기록상 오류가 있었던 2011년 5월 27일에 어획한 자료는 분석에서 제외하였고, 따라서 각 연도별로 동일한 폭수 (20폭)로 환산한 어획량은 Table 2 및 Table 3와 같았다.

연도별로 나일론 그물과 생분해성 그물에 의한 어획량은 2012년과 2013년에 망목의 크기에 따라 다소의 차이가 있었으나, 그물 재질별 총 어획량 차이에 대한 분산분석(ANOVA)을 실시한 결과, 그물실 굵기가 경심 2호, 2.5호, 3호로 된 나일론 그물과 생분해성 그물에 의한 어획물에 대해 굵기별 어획량을 합했을 때, 두 재질에 따른 전체 어획량의 차이는 5% 유의수준에서 없었다 ( $p=0.91$ ). 그런데 Table 2에서 보면 2013년도에 그물실 굵기가 경심 2.5호인 경우, 나일론 그물과 생분해성 그물에 의한 어획차가 상대적으로 컸기에 추후 더 시험해볼 필요가 있다.

### 그물 재질 및 그물실 굵기에 대한 분석

2011년과 2013년 사이에 그물 재질 (PA, PBS)과 그물실 굵기 (monofilament #2, #3)에 따른 4종류 (PA #2, PA #3, PBS #2, PBS #3)의 청어자망에 의한 어획량에 대해 종풍부도는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 1.99-2.41 범위였고, 종균등도는 0.28-0.31 사이였으며, 종다양도는 0.79-0.89 범위였다. 그물 재질 및 그물실 굵기에 따른 군집분석 (Cluster analysis)한 결과는 Fig. 2와 같았고, 이 경우에 의하면 그물실 재질이 어획에 미치는 영

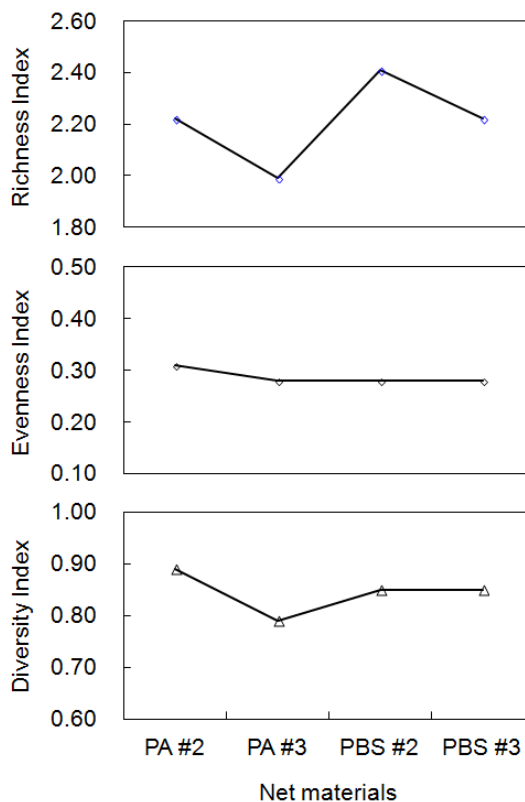
향은 그물실 굵기가 어획에 미치는 영향보다 컸음을 나타내었다. 여기서 군집분석한 자료는 두 가지 그물실 재료에 대해 그물실 굵기가 경심 2호와 3호만 대상으로 하였기에 다른 굵기의 그물실에 대해서는 더 시험할 필요가 있다고 판단된다.

**Table 2. The converted amount of catch by equal number of panels of gillnet for the Pacific herring with different kinds of materials (PA and PBS) in the coastal waters of Samcheok, Korea between 2011 and 2013 (except data of May 27, 2011)**

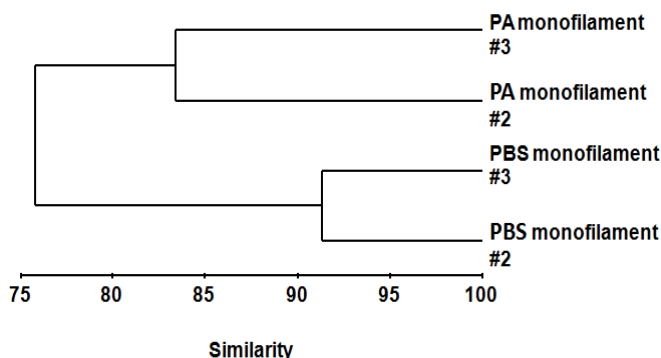
Year	Number of panels	Net twine thickness	Catch (g)	
			PA	PBS
2011	20	#2, #3	235,045	248,697
2012	20	#2, #3	294,864	256,612
2013	20	#2, #3	461,628	493,906
2013	20	#2.5	242,212	196,955
Total			1,233,748	1,196,170

3년간 시험조업한 자료에서 주어획 대상종인 청어에 대해 그물실 굵기가 경심 2호, 3호 (#2, #3)인 두 종류의 재질에 따른 어획량을 비교하면, Table 4에서 보는 바와 같이 나일론 그물이나 생분해성 그물 모두에서 경심 2호가 경심 3호보다 1.22~1.25배 더 어획하였다. 이것은 참조기 자망에서 사용했던 경심 3호, 4호, 5호 사이의 어획시험 (Kim et al., 2013) 결과에서는 경심 4호,

5호를 사용했을 때 경심 3호를 사용했을 때보다 약 50% 감소했다는 것과 비교하면 차이는 적은 편이었다.



**Fig. 1. Richness index, Evenness index and Diversity index of gillnet for herring in Imwon coastal waters of Samcheok, Korea from 2011 to 2013.**



**Fig. 2. Dendrogram and MDS (Multi Dimensional Scaling) plot based on Bray-curtis similarity matrix of fourtroot transformed data of species weight and density in Imwon waters of Samcheok, Korea from 2011 to 2013.**

**Table 3. Comparison of the annual amount of catch converted with equal number of panels (20) of gillnet for the Pacific herring in the coastal waters of Samcheok, Korea (except data of May 27, 2011). The catch was done by gillnet with different kinds of materials (nylon and biodegradable) of monofilament #2 and #3**

Species	2,011		2,012		2,013		Total	
	No. caught	Catch (g)	No. caught	Catch (g)	No. caught	Catch (g)	No. caught	Catch (g)
<i>Clupea pallasii</i>	2,041.0	471,079.0	2,575.0	544,448.6	3,544.5	703,535.8	8,161	1,719,063
<i>Gymnocanthus herzensteini</i>	36.0	5,095.0	32.9	3,460.0	487.3	80,562.7	556	89,118
<i>Sebastes thompsoni</i>			1.4	138.6	563.6	82,555.9	565	82,694
<i>Pleurogrammus azonus</i>	1.0	205.0			268.2	68,648.2	269	68,853
<i>Gadus macrocephalus</i>					41.8	9,741.8	42	9,742
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	63.0	2,029.0	4.3	117.1	61.8	4,095.5	129	6,242
<i>Cleisthenes pinetorum</i>	49.0	3,775.0	10.0	825.7	0.9	147.3	60	4,748
<i>Alicichthys alcicornis</i>	4.0	523.0			27.3	3,474.5	31	3,998
<i>Lophiomus setigerus</i>			0.7	2,238.6			1	2,239
<i>Hypodytes rubripinnis</i>					11.8	1,295.5	12	1,295
<i>Hexagrammos agrammus</i>			0.7	118.6	2.7	563.6	3	682
<i>Hexagrammos otakii</i>	3.0	717.0					3	717
<i>Ammodytes personatus</i>					6.4	277.3	6	277
<i>Sebastes schlegeli</i>					0.9	271.8	1	272
<i>Todarodes pacificus</i>					0.9	190.9	1	191
<i>Larimichthys polyactis</i>			0.7	98.6			1	99
<i>Arctoscopus japonicus</i>	2.0	86.0	1.4	30.0			3	116
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>					0.9	110.9	1	111
<i>Sebastes minor</i>	1.0	116.0					1	116
<i>Dasycottus setiger</i>					0.9	61.8	1	62
<i>Argis lar</i>	2.0	50.0					2	50
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	1.0	40.0					1	40
<i>Buccinum opisthoplectum</i>	2.0	27.0					2	27
Total	2,205.0	483,742	2,627.1	551,475.7	5,020.0	955,533.5	9,852	1,990,751
No. of species	<b>12</b>		<b>9</b>		<b>15</b>		<b>23</b>	

**Table 4. Catch of the target fish (Pacific herring) by gillnet according to net materials**

Year	PA		PBS	
	monofilament # 2 <sup>†</sup>	monofilament # 3 <sup>†</sup>	monofilament # 2	monofilament # 3
2011	110,314	119,335	133,552	107,878
2012	208,350	197,221	183,912	172,745
2013	218,773	124,450	254,822	175,844
Total	537,437	441,006	572,286	456,467

<sup>†</sup> # 2 (= 0.23 mm) and # 3 (= 0.28 mm) indicate thickness of twine.

**그물실 재질에 따른 어종별 어획 특성**

다양한 어종이 어획되었던 2013년 시험조업 자료에서 그물실 재질 (PA, PBS)별 어획량에 대해 동질성 검정(Test of homogeneity)을 실시한 결과 (Table 5), 그물 재질별 어획된 어종의 어획비율에는 5%의 유의수준에서 동질성에 유의성이 없었다 ( $p < 0.005$ ). 따라서 PA 그물은 청어, 불볼락, 대구횃대, 임연수어, 기름가자미 등을 다양하게 어획하는 것이 효율적이었고, PBS (생분해성) 그물은 청어를 어획하는데 더 효율적이었음을 나타내었다. 이 결과는 다양한 어종이 어획되었던 2013년만의 자료로 분석한 결과이기에 추후 더 많은 시험으로 검증할 필요가 있다.

Table 5. The number of the catch by gillnet for herring with different kinds of materials of nylon (PA) and biodegradable net (PBS) of monofilament #2 and #3 in the coastal waters of Samcheok, Korea in 2013

Species	Common name	Materials				Total
		PA (#2+#3)		PBS (#2+#3)		
		No. caught	Catch ratio	No. caught	Catch ratio	
<i>Clupea pallasii</i>	Pacific herring	1,542	0.43	2,003	0.57	3,545
<i>Sebastes thompsoni</i>	Goldeye rockfish	352	0.62	212	0.38	564
<i>Gymnocanthus herzensteini</i>	Black edged sculpin	304	0.62	184	0.38	487
<i>Pleurogrammus azonus</i>	Atka mackerel	122	0.45	146	0.55	268
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	Korean flounder	41	0.66	21	0.34	62
<i>Gadus macrocephalus</i>	Alaska cod fish	34	0.80	8	0.20	42
<i>Alcichthys alcicornis</i>	Elkhorn sculpin	17	0.63	10	0.37	27
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	redfin velvetfish	5	0.38	7	0.62	12
<i>Ammodytes personatus</i>	Pacific sand lance	5	0.86	1	0.14	6
<i>Hexagrammos agrammus</i>	Spotty belly greenling	2	0.67	1	0.33	3
<i>Dasycottus setiger</i>	Spinyhead sculpin	1	1.00	-	-	1
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	Great sculpin	1	1.00	-	-	1
<i>Todarodes pacificus</i>	Common squid	1	1.00	-	-	1
<i>Cleisthenes pinetorum</i>	Pointhead flounder	-	-	1	1.00	1
<i>Sebastes schlegeli</i>	Jacopever	1	1.00	-	-	1
Total		2,426	0.48	2,594	0.52	5,020

### 결론

이 연구에서는 삼척 연안에서 사용하고 있는 청어자망에 대해 종조성, 그물 재질 (PA와 PBS)과 그물실 굵기 (monofilament #2, #2.5, #3)를 다르게 하여 어획에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 2011-2013년 사이에 시험조업을 실시하였다. 총 어획량은 3,336.8 kg, 어획 마리수는 16,757 마리. 어종수는 23종 (어류 20종)이었다. 2011년과 2012년에 청어가 차지하는 비율은 97.4% 및 98.7%였으나, 2013년에는 73.6%였다. PA 그물과 PBS (생분해성) 그물에 의한 어획량은 연도별로 다소의 차이가 있었으나, 그물 재질별 총 어획량 차이에 대한 분산분석(ANOVA)을 실시한 결과, 그물실 굵기가 경심 2호, 2.5호, 3호로 된 나일론 그물과 생분해성 그물에 의한 어획물에 대해 굵기별 어획량을 합했을 때, 두 재질에 따른 전체 어획량의 차이는 5% 유의수준에서 없었다 ( $p=0.91$ ). 이것은 2013년에만 추가로 사용한 경심 2.5호 그물에서의 차이도 포함되었는데 이후 더 확인할 필요가 있다.

청어자망에 의한 어획량에 대해 종풍부도는 1.99-2.41 범위였고, 종균등도는 0.28-0.31 사이였으며, 종다양도는 0.79-0.89 범위였다. 그물 재질 및 그물실 굵기에 따른 군집분석 (Cluster analysis)을 실시한 결과, 그물실 재질 (PA, PBS)이 어획에 미치는 영향은 그물실 굵기 (monofilament #2, #3)가 어획에 미치는 영향 보다 컸었다. 군집분석한 자료는 그물실 굵기가 경심 2호와 3호만 대상으로 하였기에 다른 굵기의 그물실에 대해서는 더 시험할 필요가 있다고 판단된다. 그물실 굵기가 경심 2호, 3호 (#2, #3)인 나일론 그물이나 생분해성 그물에서 모두 경심 2호가 경심 3호보다 1.22~1.25배 더 어획하였다. 다양한 어종이 어획되었던 2013년 자료에서 그물실 재질 (PA, PBS)별 어획량에 대해 5% 유의수준에서 동질성에 유의성이 없었다 ( $p<0.005$ ). 따라서 나일론 그물은 청어, 불볼락, 대구횃대, 임연수어, 기름가자미 등을 다양하게 어획하는 것에 효율적이었고, 생분해성 그물은 청어를 어획하는 데 더 효율적이었음을 나타내었다.

## 사 사

이 논문에 대해 유익한 지적을 해주신 심사위원들께 감사드립니다. 이 연구는 국립수산과학원 수산과학연구사업 (R2015046)의 지원으로 수행되었습니다.

## References

- An HC, Kim SH, Lim JH and Bae JH, 2013. Catching efficiency of the biodegradable gill net for Pacific herring (*Clupea pallasii*). J Kor Soc Fish Technol, 49, 341-351. (DOI: 10.3796/KSFT.2013.49.4.341).
- An HC, Bae JH, Park JM, Park CD and Hong SE, 2014. Species composition and cluster analysis of the communities caught by dredge in relation to tooth spacing and mesh size in the coastal waters of Gangneung, Korea. J Kor Soc Fish Technol, 50, 530-541. (DOI: 10.3796/KSFT.2014.50.4.530).
- 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. Fisheries Research 79, 267-271. (DOI: 10.1016/j.fishres.2006.03.029)
- Bray JR and Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol Monogr 27, 325-349.
- Kim IO, Lee GH, Cho SG, Cha JB and Sohn BK. 2012. Catching efficiency of biodegradable trammel net for swimming crab (*Portunus trituberculatus*) in the yeonpyeong fishing ground of Korea. J Kor Soc Fish Tech 48(4), 322-336 (DOI: 10.3796/KSFT.2012.48.4.322).
- Kim S, Park SW, Lee K 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 Technol, 49, 218-226. (DOI: 10.3796/KSFT.2012.49.3.218).
- Marglef R. 1963. On certain unifying principles in ecology. Amer Nature 97, 357-374
- NFRDI (National fisheries Research and Development Institute). 2008. Fishing gear of Korea. Hangul Graphics, Busan, Korea, 1-579.
- NFRDI, 2011. Development of environmentally-friendly fishing

- materials, fishing gears and fishing methods. In 1/2 Technical report of National fisheries Research and Development Institute. 495-522, Busan.
- NFRDI, 2012. Development of environmentally-friendly fishing materials, fishing gears and fishing methods. In 1/2 Technical report of National fisheries Research and Development Institute. 439-460, Busan.
- NFRDI, 2013. Development of environmentally-friendly fishing materials, fishing gears and fishing methods. In 2/2 Technical report of National fisheries Research and Development Institute. 553-576, Busan.
- Park SW and Bae JH. 2008. Weatherability of biodegradable polybutylene succinate (PBS) monofilaments. J Kor Soc Fish Tech 44, 265-272.
- Park SW, Bae JH, Lim JH, Cha BJ, Park CD, Yang YS and Ahn HC. 2007. Development and physical properties on the monofilament for gill nets and traps using biodegradable aliphatic polybutylene succinate resin. J Kor Soc Fish Tech 43, 281-290.
- Park SW, Kim SH, Do CH, Lim JH and Choi HS. 2014. Effects of a steam heat treatment conditions on the swelling and physical properties of PBS (polybutylene succinate) copolymer monofilament gill net. J Kor Soc Fish Tech 50, 274-283 (DOI: 10.3796/KSFT.2014.50.3.274).
- Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. J Theoret Biol 13, 131-144.
- Pielou EC. 1977. Mathematical ecology, 2nd. John Wiley and Sons. Inc, New York, USA, 358.
- Tschernij, V and Larsson PO. 2003. Ghost fishing by lost gill nets in the Baltic sea. Fish Res 64, 151-162. (DOI: 10.1016.S0165-7836(03)00214-5)
- Winger PD, Legge G, Batten C and Bishop G, 2015. Evaluating potential biodegradable twines for use in the snow crab fishery off Newfoundland and Labrador. Fish Res, 161, 21-23. (DOI: 10.1016/j.fishres.2014.06.007)

2015. 7.07 Received

2015. 8.17 Revised

2015. 8.22 Accepted