

## 옥외 노출시험에 의한 PBS 단일섬유 망사의 내구성 변화

박성욱 · 김성훈<sup>†</sup> · 임지현 · 최혜선  
(국립수산과학원)

### The Durability of Polybutylene Succinate Monofilament for Fishing Net Twines by Outdoor Exposure Test

Seong-Wook PARK · Seong-Hun KIM<sup>†</sup> · Ji-Hyun LIM · Hea-Sun CHOI  
(National Fisheries Research & Development Institute)

#### Abstract

Biodegradable polybutylene succinate(PBS) is a kind of environmentally friendly plastics for fisheries, because it can mitigate the ghost fishing problem caused by gill-net and trap fisheries. To evaluate durability of PBS monofilament, each of different diameter 3 types of monofilaments were spun and exposed to 56 month outdoor and then their gravity, modification of surface, breaking strength, and elongation were analysed. The gravity of PBS monofilament was estimated to be approximately 1.24 when spinning ratio from 4.8 to 6.1. PBS monofilaments did not show any crack after 56 month exposed to outdoor and load-elastic elongation curve was showed sigmoid type. Decreasing ratio of elongation was appeared in the thinnest monofilament 0.2mm diameter and breaking strength was in the thickest monofilament 0.4mm diameter. Breaking strength and elongation at break were decreased rapidly after 48 month exposed to outdoor. Breaking strength reduced linearly after 48 month exposure, while no such linear relationship was found in the case of elongation at break. In results, it was investigated that the durability of PBS monofilament nets for gillnet and trap were 24, 50 month when keep to land, respectively.

**Key words :** Polybutylene succinate, Outdoor exposure, Physical properties, Durability

#### I. 서론

자망과 통발은 연안에서 가장 보편적으로 많이 사용되는 어구로, 최근 조업어장의 협소로 인해 어업자간의 어구가 얽혀 파손되거나 악천후로 인해 어구의 유실율이 비교적 높은 편이다. 바다에 유실된 어구는 해저에 침적되어 수산생물의 산란장과 서식장 등 해양생태계를 파괴하며, 유령어

업을 장기간 유발시킨다(Ayaz et al., 2006; Revil and Dunlin, 2003; Tschernij and Larson, 2003). 이는 수중에서 분해되지 않고 수년간 지속되는 나일론과 같은 난분해성 어망을 사용하기 때문이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 한국에서는 2007년부터 생분해성 수지로 알려진 Polybutylene succinate(PBS) 수지로 제조된 단일섬유(monofilament) 망사를 이용하여 자망과 통발용 어망으로 연간

<sup>†</sup> Corresponding author : 051-720-2584, seba419@naver.com

\* 본 연구는 국립수산과학원(친환경 수산자재 및 어구어법 개발, RP-2012-FE-014)의 지원에 의해 수행되었음.

600톤 정도 소비되고 있다. 이는 한국의 자망, 통발어구의 연간 사용량의 4% 수준이나 대게 (*Chionoecetes opilio*)와 붉은대게(*Chionoecetes japonicus*)를 대상으로 하는 자망어구는 정착화 단계에 이르렀다.

PBS는 지방족 글리콜로써 1,4부탄디올(1,4-butandiol)과 디카르복실산으로써 숙신산(succinic acid)을 원료로 하여 에스테르반응과 축중합반응으로 얻어진 생분해성 고분자(biodegradable polymer)이다. PBS 수지로 방사된 단일섬유 망사의 강도와 신장률은 나일론 모노필라멘트사의 90%수준으로 나일론 어망과 어획성능이 유사하며, 지속적으로 어구의 특성에 맞게 중합, 방사 및 편망 공정을 개선하고 있다(Park et al., 2007a; 2007b; 2010; 2012).

PBS 수지로 제작된 필름을 태양광에 지속적으로 노출하면 변형이 일어나며(Albertsson and Karlsson, 1990), 인장강도와 신장률은 시간이 경과함에 따라 감소되나 탄성률은 비교적 일정하게 유지되는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2000; Lee et al., 2001; Sohn et al., 2002). PBS 단일섬유 망사는 해수에 약 2년간 지속적으로 침지되면 미생물에 의해 분해가 발생되기 시작하며, 자외선

에 의해서도 강도와 신장률이 감소한다(Park et al., 2006; Park and Bae, 2008; Lee et al., 2013).

자망과 통발 어구는 지속적으로 주년 조업을 하지 않고, 대상 종에 따라 다르나 6개월 정도 육상에 보관하였다가 재사용한다. 따라서 본 연구에서는 자망과 통발에 사용되는 PBS 단일섬유 망사의 내구성을 평가하기 위해 굵기가 다른 3종의 시료를 방사하여 옥외에 노출시킨 후 그물실의 비중, 단면의 형태적 변화, 파단강도 및 신장률의 변화 등을 분석하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 원료 및 방사

시험에 사용한 시료의 방사 특성 및 모노필라멘트사의 물리적 특성은 <Table 1>과 같다. PBS 원료는 (주)이래화학의 용융 흐름도 지수(melting flow index, MI)의 값이 3.0인 G 4560을 사용하였다. 녹색의 단일섬유 망사는 G 4560에 (주)한진화학의 master batch를 0.1wt%를 첨가하였다. 3종의 단일섬유 망사는 2007년 3월에 용융 방사하였다. 단일섬유 망사의 물리적 특성은 방사 1주일 후 측정하였다.

<Table 1> Spinning condition and mechanical properties of three kinds of PBS monofilaments used in this experiment

Diameter (mm)	Spinning condition		Mechanical properties		
	Spinning temperature(°C)	Drawing ratio(%)	Breaking strength(kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation(%)	Color
0.2±0.04	180	4.8	35.3	52.6	green
0.3±0.05	180	6.2	46.5	38.6	white
0.4±0.08	180	5.8	49.7	27.0	white

### 2. 옥외 노출방법 및 기상자료

3종의 단일섬유 망사는 2007년 4월 10일 부산광역시 기장군 소재 국립수산과학원 56개월간 옥외에 노출하였다. 시료는 [Fig. 1]과 같이 통풍이

잘 되고, 해수의 흐름이 원활한 격자형태의 용기에 분산 배치하였으며, 지면으로부터 1.5m 상부에 위치하도록 지지대로 고정시켰다.



[Fig. 1] Photograph of monofilaments for outdoor exposure test

옥외 노출 기간의 기상 자료는 부산지방기상청에서 2007년 4월 15일부터 2011년 12월 12일까지 시료가 옥외에 노출된 지역과 인접한 기장군 일광리에서 관측된 온도, 강수량, 풍속, 습도, 일조시간 등을 이용하였다.

### 3. 시료 채취 및 물성시험

PBS 단일섬유 망사의 비중(specific gravity), ( $G$ )은 KS M 0602(2010)의 수중치환법의 식 (1)를 이용하여 측정하였다. 실험실의 온도와 습도는 각각 20℃, 65%였다.

$$G = \frac{W_1}{W_1 - (W_2 - W_3)}(S - S_a) + S_a \dots\dots\dots (1)$$

여기서,  $W_1$ 은 공기중에서의 시료의 무게(g),  $W_2$ 는 시료를 끈으로 묶어서 20℃의 증류수 속에서의 무게(g),  $W_3$ 은 공기 중에서의 끈의 무게(g),  $S$ 는 20℃ 증류수의 비중(0.9982),  $S_a$ 는 공기 비중(0.0012)이다.

PBS 단일섬유 망사의 직경(diameter,  $D$ )은 100cm의 길이로 10가닥을 절단한 후 이를 합하여 소수점 4자리까지 무게를 측정하여 식 (2)로

계산하였다.

$$D(mm) = \sqrt{\frac{4W}{\pi hG}} \dots\dots\dots (2)$$

여기서,  $W$ 는 단일섬유 망사 1000cm 길이의 무게(g),  $\pi$ 는 3.14159,  $h$ 는 길이 1,000cm,  $G$ 는 단일섬유 망사의 비중 1.24g/cm<sup>3</sup>이다.

옥외 노출된 단일섬유 망사는 2개월마다 채취하여 실온에서 24시간 방치한 후에 건시의 과단강도와 신장률을 측정하였다. 과단강도와 신장률은 KS K 0409(2006) 시험방법에 준하여 정속 인장식 장력계(Instron 4204, USA)를 이용하여 측정하였으며, 시료마다 20개씩 측정하여 평균값을 산출하였다. 시험시의 클램프 간격은 40cm, 인장속도는 0.5cm/sec였다.

단일섬유 망사의 표면 형상 변화는 주사형 전자현미경(Scanning Electron Micro-scope, Hitachi S3500N, Japan)을 이용하여 200배의 배율로 20kV의 가속전압을 가하면서 촬영하였다.

## III. 연구 결과 및 고찰

### 1. 옥외 노출 시험 기간의 기상 특성

시료가 옥외에 노출된 2007년 4월부터 2011년 12월까지 부산시 기장군 일광리의 기상 특성은 <Table 2>와 같다. 월 평균 기온은 15.0℃ 이었으며, 최고 월 평균 기온은 8월 26.1℃ 이었다. 월 평균 상대습도는 61.6% 이었으며, 강수량은 7월에 집중되었다. 월 평균 일조시간은 186.3시간이었으며, 월 평균 수평면 일사량은 112.0MJ/m<sup>2</sup> 이었다. 기온, 상대습도, 강수량은 하절기에 높게 나타난 반면 일조시간은 봄 절기에 높게 나타났다.

<Table 2> Monthly mean meteorological data of Busan during 2007-2011

Month	Air temperature (°C)	Relative humidity (%)	Precipitation (mm)	Duration of sunshine (hours)	Horizontal surface (MJ/m <sup>2</sup> )	Wind speed (m/sec)
Jan.	3.1	43.4	19.0	195.4	80.5	3.4
Feb.	6.4	52.4	75.0	182.0	86.9	3.2
Mar.	8.7	54.8	77.2	178.1	118.5	3.7
Apr.	13.2	58.4	97.6	210.6	143.2	3.6
May	17.7	67.2	167.6	225.3	156.0	3.4
Jun	21.0	74.0	161.3	166.7	135.9	3.1
Jul.	24.4	81.6	400.9	138.8	130.3	3.3
Aug.	26.1	77.2	171.3	184.5	132.9	3.5
Sep.	23.2	70.6	98.3	157.4	109.6	3.1
Oct.	18.4	60.4	92.1	200.7	103.5	2.8
Nov.	12.0	53.2	44.3	196.2	75.9	3.1
Dec.	5.8	46.2	22.9	200.0	71.5	3.3
Mean	15.0	61.6	119.0	186.3	112.0	3.3

2. 옥외 노출에 따른 그물실의 물리적 특성

PBS 수지 100%로 방사된 단일섬유 망사의 비중을 측정된 결과를 <Table 3>에 나타내었다. PBS 단일섬유 망사의 비중은 1.23-1.25g/cm<sup>3</sup>의 범위를 나타내었고, 평균 비중은 1.24g/cm<sup>3</sup>로 나타났다.

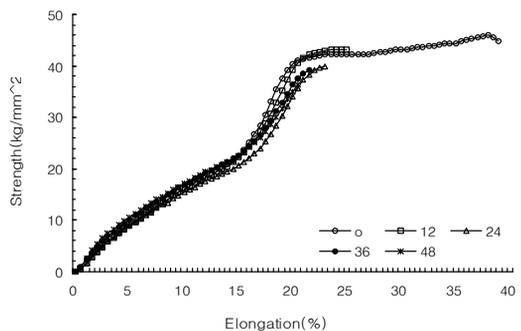
<Table 3> Specific gravity of PBS monofilament

Number of specimen	W <sub>1</sub> (g)	W <sub>2</sub> -W <sub>3</sub> (g)	S	S <sub>a</sub>	Specific gravity (g/cm <sup>3</sup> )
1	0.0628	0.0118			1.23
2	0.0509	0.0102			1.25
3	0.0612	0.0118	0.9982	0.0012	1.24
Average	0.0583	0.0113			1.24

\* W<sub>1</sub>: Weight of specimen in air(g), W<sub>2</sub>: Weight of suspended specimen with a string in distilled water(g), W<sub>3</sub>: Weight of string in air(g), S: Gravity of distilled water, S<sub>a</sub>: Gravity of air.

직경 0.3mm의 PBS 단일섬유 망사를 옥외에 노출시켰을 때의 강신도 곡선의 변화를 [Fig. 2]에 나타내었다. 옥외에 노출하기 이전의 PBS 단일섬유 망사의 강도는 신장률 15% 이전까지는

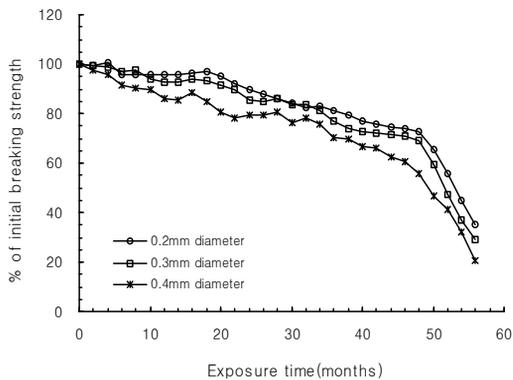
서서히 증가하다가 신장률 15-20%의 범위에서 급격히 증가한 후 서서히 증가하여 최고점에 도달하였으며, 신장률 25% 이후 지점에서 파단이 일어났다. 옥외에 12개월 노출시켰을 때의 강도는 신장률 20% 이전까지는 옥외에 노출하기 이전과 거의 동일한 경향을 보였으나 이후 약간 증가하다가 최고점에 도달함과 동시에 절단되었다. 이러한 경향은 옥외에 24, 36, 48개월 노출시킨 경우에도 나타났다.



[Fig. 2] Mean load-elongation curve with months in PBS monofilament of 0.3mm diameter exposed to outdoor

[Fig. 3]은 PBS 단일섬유 망사의 굵기가 각각 다른 3종의 시료를 56개월 옥외에 노출시킨 후의 파단강도를 나타낸 것이다. 3종의 PBS 단일섬유 망사의 강도는 전체적으로 직선 함수식으로 감소하지 않았다. 외부 노출 48개월 후의 직경 0.2, 0.3, 0.4mm의 PBS 단일섬유 망사의 강도는 초기 강도에 비해 각각 72.5%, 68.8%, 55.9%를 유지하였으며, 56개월 후에는 각각 65.7%, 59.4%, 46.9%로 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

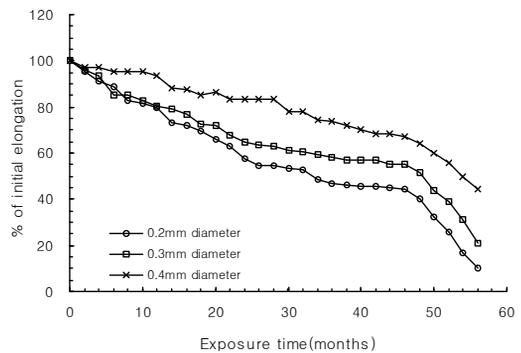
시료별로 12, 24, 36, 48, 56개월 옥외 노출 후의 초기 강도에 대한 잔여 강도비율을 살펴보면, 직경 0.2mm의 PBS 단일섬유 망사는 각각 95.8%, 89.5%, 81.0%, 72.5%, 35.1%였으며, 직경 0.3mm의 PBS 단일섬유 망사는 각각 92.9%, 85.6%, 77.0%, 68.8%, 29.2%였다. 직경 0.4mm의 PBS 단일섬유 망사는 각각 86.3%, 79.5%, 70.2%, 55.9%, 20.2%로서 그물실의 굵기가 굵을수록 강도의 감소율이 높았다.



[Fig. 3] Variation in breaking strength with time in PBS monofilament exposed to outdoor

[Fig. 4]는 PBS 단일섬유 망사의 굵기가 각각 다른 3종의 시료를 56개월 옥외에 노출시킨 후의 신장률을 나타낸 것이다. 3종의 PBS 단일섬유 망사 신장률은 전체적으로 직선 함수식으로 감소하지 않았다. 외부 노출 48개월 후의 직경

0.2, 0.3, 0.4mm의 PBS 단일섬유 망사의 신장률은 초기 신장률에 비해 각각 40.3%, 51.8%, 64.1%를 유지하였으며, 56개월 후에는 각각 32.7%, 44.0%, 60.0%로 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 시료별로 12, 24, 36, 48, 56개월 옥외 노출 후의 초기 신장률에 대한 잔여 신장률 비율을 살펴보면, 직경 0.2mm의 PBS 단일섬유 망사는 각각 79.7%, 57.8%, 46.8%, 40.3%, 10.1%였으며, 직경 0.3mm의 PBS 단일섬유 망사는 각각 80.3%, 64.5%, 58.3%, 51.8%, 20.7%였다. 직경 0.4mm의 PBS 단일섬유 망사는 각각 93.3%, 83.1%, 73.7%, 64.1%, 44.4%로서 그물실의 굵기가 가늘수록 신장률의 감소율이 높았다.



[Fig. 4] Variation in elongation at break with time in PBS monofilament exposed to outdoor

PBS 단일섬유 망사를 옥외에 48개월 이상 노출하였을 때의 강도와 신장률은 급격히 감소하였다. [Fig. 5] 및 [Fig. 6]은 PBS 단일섬유 망사를 옥외에 48개월까지 노출하였을 때의 파단강도와 그 때의 신장률을 나타낸 것이다. [Fig. 5]에서 파단강도는 옥외노출 시간이 경과함에 따라 직선적으로 감소하였다. 노출시간에 따른 파단강도 BS(breaking strength)와 옥외 폭로 시간 Y(month)와의 상관관계를 구해 보면, 다음과 같은 실험식으로 표현할 수 있었으며, 상관계수는 매우 높게 나타났다.

옥외 노출시험에 의한 PBS 단일섬유 망사의 내구성 변화

PBS monofilament Ø 0.2mm :

$$BS = 102.78 - 0.6066 Y \quad (n = 56, R^2 = 0.9453)$$

PBS monofilament Ø 0.3mm :

$$BS = 102.37 - 0.6779 Y \quad (n = 56, R^2 = 0.9640)$$

PBS monofilament Ø 0.4mm :

$$BS = 98.564 - 0.7892 Y \quad (n = 56, R^2 = 0.9575)$$

[Fig. 6]에서 파단시의 신장률은 옥외노출 시간이 경과함에 따라 곡선적으로 감소하였다. 노출시간에 따른 신장률 BE(breaking elongation)와 옥외 폭로 시간 Y(month)와의 상관관계를 구해보면, 다음과 같은 실험식으로 표현할 수 있었으며, 상관계수는 매우 높게 나타났다.

PBS monofilament Ø 0.2mm :

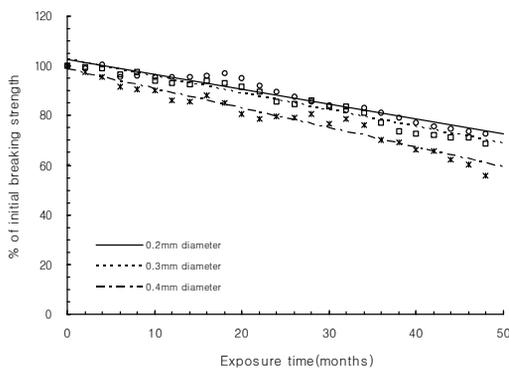
$$BE = 0.0198 Y^2 - 2.1634 Y + 100.84 \quad (n = 48, R^2 = 0.994)$$

PBS monofilament Ø 0.3mm :

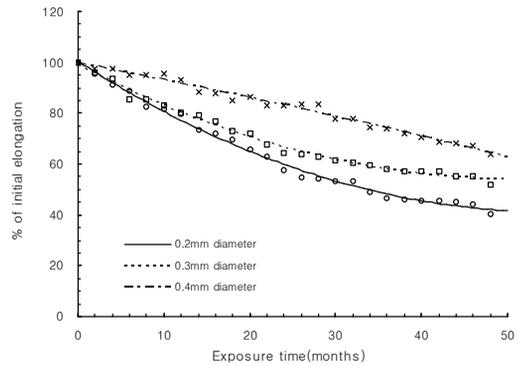
$$BE = 0.0174 Y^2 - 1.7672 Y + 99.056 \quad (n = 48, R^2 = 0.992)$$

PBS monofilament Ø 0.4mm :

$$BE = -0.0018 Y^2 - 0.6489 Y + 99.762 \quad (n = 48, R^2 = 0.984)$$

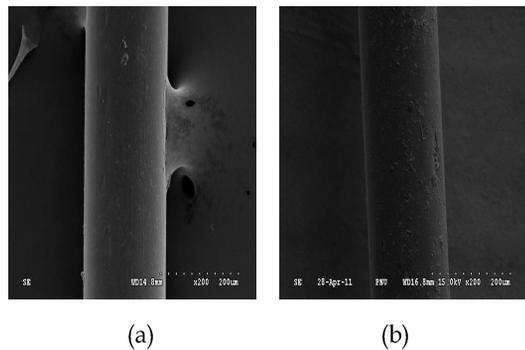


[Fig. 5] The relationship breaking strength and exposure time when exposed during 48 months to the outdoor in PBS monofilaments

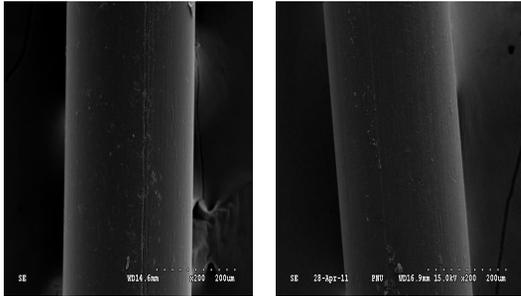


[Fig. 6] The relationship elongation at break and exposure time when exposed during 48 months to the outdoor in PBS monofilaments.

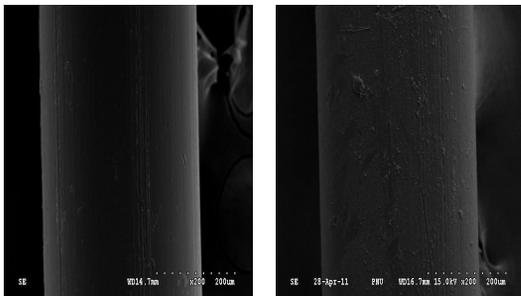
옥외 노출된 PBS 단일섬유 망사의 표면 변화를 확인하기 위해 현미경을 이용하여 그물질을 확대 관찰한 결과를 [Fig. 7-9]에 나타내었다. [Fig. 7-9]에서 옥외에 노출하기 이전과 옥외에 48개월 노출된 단일섬유 망사의 표면을 비교하면 모든 시료에서 노출에 의한 균열이나 미생물에 의한 분해가 나타나지 않았다.



[Fig. 7] Scanning electron micrographs of the surface of biodegradable PBS monofilament with diameter 0.2mm for (a) 0 month and (b) 48 month days exposed to outdoor



[Fig. 8] Scanning electron micrographs of the surface of biodegradable PBS monofilament with diameter 0.3mm for (a) 0 month and (b) 48 month days exposed to outdoor



[Fig. 9] Scanning electron micrographs of the surface of biodegradable PBS monofilament with diameter 0.4mm for (a) 0 month and (b) 48 month days exposed to outdoor

#### IV. 고찰

한국에서 조업하는 자망, 통발어구는 1990년대 이전까지는 어망을 지속적으로 보수하면서 재사용하였으나 2000년대 이후 인건비의 상승으로 어망을 보수하는 대신 새로운 어망으로 교체, 사용되고 있다. 자망과 통발 어구는 대상 종에 따라 사용 시기가 다르며, 그 교체주기는 각각 3 - 18개월, 36 - 48개월이다. 이 어구들은 휴어기 동안 주로 바닷가 또는 공동창고에 다음 어기까

지 보관하였다가 재사용된다. 근래에 들어 자망과 통발어구에 의한 유령어업 저감 및 해양생태계를 보호하기 위해 생분해성 수지로 된 PBS 단일섬유 어망이 사용되고 있다(Park and Kim, 2012).

따라서 본 연구에서는 자망용 2중(직경 0.3, 0.4mm)과 통발용 1중(직경 0.2mm)의 PBS 단일섬유 망사를 방사하여 비중을 측정하였으며, 이들 시료를 바닷가에 인접한 옥외에 56개월 노출하여 경과 시간에 따른 망사의 강도, 신장률 및 표면의 변화를 검토하였다.

그물실의 비중은 그물실의 직경과 중량과 밀접한 관계를 갖고 있다. PBS 수지의 밀도는  $1.26\text{g}/\text{cm}^3$ 이라고 보고한 바 있다(Kint et al., 2003). 본 연구에서 4.8 - 6.1 : 1의 연신비로 방사된 PBS 단일섬유 망사의 비중은 1.24로 나타났다. 나일론6 수지의 밀도는  $1.15\text{g}/\text{cm}^3$ 이며, 단일섬유 망사의 비중은 연신비의 증가에 따라 다소 증가하나 1.14 - 1.15라고 보고한 바 있다(Yoon et al., 2002). 단일섬유 망사의 비중은 수지보다 다소 적게 나타났으며, 이는 수지와 가공된 단일섬유 망사의 밀도차가 다르기 때문인 것으로 사료된다.

Park and Bae(2008)는 옥외 노출 3년에 해당하는 900시간 동안 PBS 단일섬유 망사를 인공광원에 조사한 결과 단면에 균열이 나타나지 않았으며, 분자 결정도의 변화도 없었다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 PBS 단일섬유 망사를 옥외에 56개월 노출하여도 표면에 균열이 나타나지 않았다.

옥외 노출 전·후의 PBS 단일섬유 망사의 강신도 곡선은 S자형의 Sigmoid 형태에 가까운 곡선으로 나타났는데, 이는 섬유의 간단한 식별방법으로 사용할 수 있다고 사료된다.

섬유의 식별 방법으로는 연소법, 내약품성 및 현미경 조사법 등 다양하다. 또한 섬유의 강신도 곡선은 섬유의 종류에 따라 다양한 형상을 갖고 있다. 폴리에틸렌 섬유는 직선 형태이며, 나일론

섬유는 곡선 형태를 갖고 있다(Park and Bae, 2008).

PBS 단일섬유 망사의 초기 강도는 최대점에 도달한 후 약 1%내외의 신장률을 더 보이면서 감소하다가 절단되었으며, 옥외에 12개월 노출한 단일섬유 망사는 최대 강도에 도달한 후 약간 감소하다가 절단되었다.

PBS 단일섬유 망사의 강도와 신장률의 변곡점은 그물실의 굵기와 상관없이 모두 옥외 노출 후 48개월로 나타났다. 그물실의 강도 감소율은 직경이 굵을수록 높았으며, 신장률의 감소율은 이와 반대로 가늘수록 높았다. 또한 신장률의 감소율은 강도의 감소율보다 많은 것으로 나타났는데, 이는 Thomas and Hridayanathan(2006)가 나일론 모노필라멘트사를 180일 옥외에 노출한 보고와 일치하였다.

자망어구는 신장률이 적으면 유연성이 떨어지고, 그물코의 상대적 인장강도가 약하여 어획능이 저하되며, 강도가 약하면 그물코가 파손되어 조업할 수 없다. 통발어구는 자망어구와 달리 신장률이 다소 적더라도 강도가 강하면 조업할 수 있는 특징을 갖고 있다. 어망의 육상보관에 대한 내구성을 평가하기 위해 초기의 강도 또는 신장률의 50%를 기준으로 PBS 단일섬유의 어구를 평가해 볼 때, 직경 0.2mm의 통발은 옥외에 노출된 자연상태에서 약 50개월 정도 육상에 보관할 수 있을 것으로 추측되었다. 그러나 직경 0.3, 0.4mm의 자망용 단일섬유 망사는 옥외에 24개월 이상 노출한 경우 최대강도에 도달함과 동시에 절단되는 것으로 나타난 바, 그 이상 사용할 수 없을 것으로 사료된다. 이러한 결과는 육상에 지속적으로 보관한 경우이며, 실제 조업에서는 1년을 주기로 조업과 휴업을 지속적으로 반복하고, 또한 자망과 통발어구는 각각 3-18개월, 36 - 48개월 주기로 교체되고 있다. 이러한 점을 고려할 때 PBS 단일섬유 자망(경심자망), 통발어구는 보관상 큰 무리가 없을 것으로 사료된다. 자외선은 망사의 강도를 저하시키는 가장

큰 요인이다. 강도의 저하는 어망의 내구년수를 단축시키고, 어획량이 감소되어 결과적으로 어업 수익이 줄어들게 된다. 2007년부터 2011년까지 시료가 노출된 인접 지역의 월 평균 수평면 일사량은 112.0MJ/m<sup>2</sup>으로 동 기간의 지역별 월 평균 수평면 일사량은 강릉 100.4 MJ/m<sup>2</sup>, 포항 110.1MJ/m<sup>2</sup>, 목포 108.3MJ/m<sup>2</sup>, 인천 101.1MJ/m<sup>2</sup>, 제주 102.5MJ/m<sup>2</sup>으로 지역에 따른 일사량 차이가 거의 없는 것으로 보아 지역에 따른 내구성 차이는 없을 것으로 사료된다. 그러나 어구의 물리적 성능은 육상에 보관하는 경우 보다 조업과정에서 더 빨리 저하되므로 일정기간 사용된 어망을 이용하여 내구성 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 결론

생분해성 PBS 수지로 가공된 어망은 자망, 통발어업에서 발생하는 유령어업 문제를 최소화시킬 수 있는 새로운 어구재료로 여겨지고 있다. 따라서 생분해성 PBS 단일섬유 망사의 내후성을 평가하기 위해 굵기가 다른 3종의 시료를 방사하여 옥외에 56개월 노출시킨 후 그물실의 비중, 단면의 형태적 변화, 파단강도 및 신장률의 변화 등을 분석하였다. PBS 단일섬유 망사의 비중은 1.24로 나타났다. PBS 단일섬유 망사를 옥외에 56개월 노출하여도 그물실의 단면에 균열이 나타나지 않았으며, Sigmoid 형태의 강신도 곡선이 나타났다. 그물실의 신장률 감소율은 직경이 가늘수록 높았으며, 파단강도는 이와 반대로 굵을수록 높았다. PBS 단일섬유 망사의 파단강도와 신장률은 옥외노출 48개월부터 급격히 감소하였다. 옥외노출 48개월까지의 파단강도는 직선적으로 감소되었으나 신장률은 지수 함수적으로 감소되었다.

## Reference

- Albertsson A. C. and Karlsson S.(1990). Degradable materials, perspectives, issues and opportunities, The first international scientific consensus workshop proceeding, 263.
- Ayaz A. · Acarli D. · Altinagac U. · Ozekinci U. · Kara A. and Ozen A.(2006), Goat fishing by monofilament and multifilament gillnets in izmir bay, Turkey. Fisheries Research, 79, 267~271.
- Kim Y.J. · Lee S.I. and Shin B.Y.(2000). Mechanical properties, biodegradability and weatherability of poly(butylene succinate)(PBS)/carbonate(CaCO<sub>3</sub>) composite, Applied Chemistry, 4(1), 77~80.
- Kint D.P.R. · Alla A. · Deldret E. · Campos J.L. and Munoz-Guerra S.(2003). Synthesis, characterization, and properties of poly(ethylene terephthalate) /poly(1,4-butylene succinate) block copolymers, Polymer, 44, 1321~1330.
- Lee S. I. · Sur S. H. · Hong K. M. · Shin Y. S. · Jang S. H. · Kim B. S. and Shin B. Y.(2001). A study on the degradability and mechanical properties of aliphatic and aliphatic/aromatic polyester composites, J. Korean Ind. Eng. Chem. 12(8), 868~876.
- Lee S. J. · Park E. H. · Han Y. H. · Kim Y. O. and Park S. W.(2013). Isolation of a Marine Bacterium Capable of Biodegrading Poly(butylene succinate), Fisheries and Aquatic Sciences, 16(1), 41~44.
- Park S. W. · Lim J. H. · Bae J. H. · Park C. D. · Cha B. J. and Shin J. G.(2006). Biodegradation of monofilament spun by the PBS and its degrading microorganism, Proceeding, 2006 Autumn Meeting of the Kor. Soc. Fish. Tech. 67~70.
- Park S. W. · Park C. D. · Bae J. H. and Lim J. H.(2007). Catching efficiency and development of the biodegradable monofilament gill net for snow crab, *Chionoecetes opilio*, J. Kor. Soc. Fish. Tech. 43(1), 28~43.
- Park S. W. · Bae J. H. · Lim J. H. · Cha B. J. · Park C. D. · Yang Y. S. and Ahn H. C.(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(4), 281~290.
- Park S. W. and Bae J. H.(2008). Weatherability of biodegradable polybutylene succinate(PBS) monofilaments, J. Kor. Soc. Fish. Tech. 44(4), 265~272.
- Park S. W. · Kim S. H. · Choi H. S. and Cho H. H. (2010). Preparation and physical properties of biodegradable polybutylene succinate /polybutylene adipate-co-terephthalate blend monofilament by melt spinning, J. Kor. Soc. Fish. Tech. 46(3), 257~264.
- Park S. W. · Kim S. H.(2012). Effects of heat setting temperature conditions on the mechanical properties of polybutylene succinate(PBS) monofilament yarn after net-making, J. Kor. Soc. Fish. Tech. 48(1), 20~28.
- Revill A. S. and Dunlin G.(2003). The fishing capacity of gillnets lost on wrecks and on open ground in UK coastal waters, Fisheries Research, 64, 107~113.
- Sohn M. H. · Cha H. Y. · Woo J. W. · Park Y. S. · Whang Y. A. and Park S. S.(2002). A study on the biodegradability of aliphatic polyester, Applied chemistry, 6(2), 535~538.
- Thomas S. N. · Hidayathan S.(2006). The effect of natural sunlight on the strength of polyamide 6 multifilament and monofilament fishing net materials, Fisheries Research, 81, 326~330.
- Tschernij V. and Larsson P. O.(2003). Ghost fishing by lost gill nets in the baltic sea. Fisheries Research, 64, 151~162.
- Yoon S. H. · Kim T. K. · Lee S. O. · Lim Y. J. and Han J. W.(2002). The physical properties and the dyeabilities of nylon fibers prepared by high speed spinning at different godet roller draw ratio, J. Kor. Soc. Cloth. Tex. 14D04, 79~80.

- 
- 논문접수일 : 2013년 06월 12일
  - 심사완료일 : 1차 - 2013년 07월 29일
  - 게재확정일 : 2013년 08월 05일