

생분해성 대게 자망용 단일섬유 개발과 어획성능

박성욱* · 박창두¹ · 배재현 · 임지현

국립수산과학원 수산공학팀 · ¹국립수산과학원 서해수산연구소 어업자원팀

Catching efficiency and development of the biodegradable monofilament gill net for snow crab, *Chionoecetes opilio*

Seong-Wook PARK*, Chang-Doo PARK¹, Jae-Hyun BAE and Ji-Hyun LIM

Fisheries Engineering Team, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea

¹Fisheries Resources Team, West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea

In order to develop the biodegradable monofilament gill net for the protection of marine ecosystem and reduction of ghost fishing, enpol monofilament gill net was made for *Chionoecetes opilio* using polybutylene succinate as a biodegradable chip. Catching efficiency on 2 type monofilament gill net, PA and Enpol, were carried out using 2 commercial fishing boats around the fishing ground of Wang-dol rock from January 2004 to May 2006. Enpol monofilament gill net spun polybutylene succinate as a biodegradable chip was appeared high practicality for *Chionoecetes opilio* gill net. Target fishing ratio were 98% and 98.3% for the PA and enpol monofilament gill net, respectively. In addition, CPUE ratio of female and male (CL < 90mm) to *Chionoecetes opilio* caught in the enpol gill net were 25.3 – 40.3%, 14.0 – 22.1% less than PA gill net, respectively. However, CPUE ratio of male (CL > 90mm) to *Chionoecetes opilio* caught in the enpol gill net were 2.5-11.3% more than PA gill net. There was no difference in CPUE of female and male to *Chionoecetes opilio* caught using 2 gill nets as a result of the significance level of 5% by T-test.

Key words : Biodegradation, Gill net, Enpol gill net, Catching efficiency, Snow crab

서 론
나일론은 인장강도 및 내구성이 우수하여 어

구 재료로써 광범위하게 사용되고 있을 뿐만 아
니라 탄력성과 유연성이 매우 우수하여 오늘날

*Corresponding author: swp4283@momaf.go.kr Tel: 82-51-720-2580 Fax: 82-51-720-2586

자망용 그물감으로 대부분 사용되고 있다. 그러나 나일론과 같은 고분자 섬유로 가공된 각종 제품들은 반영구적이어서 폐기시 자연 분해가 되지 않을 뿐 아니라 소각시 PCB(polychlorinated biphenyl), 다이옥신, 독가스 등 유해물질을 발생시키고 있어 환경오염문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 어업에 있어서도 나일론 수지로 제작된 자망, 통발 등이 바다에 유실되면 수산생물의 서식·산란장을 파괴하고, 유령어업(Ghost fishing)을 발생시켜 수산자원을 감소시키는 한 요인이 되고 있다(Ayaz et al., 2006; Revill et al., 2003; Tschernij and Larsson, 2003). 따라서 최근에 들어 사용시 편리성 및 내구성만을 비약적으로 향상시킨 고분자 합성 나일론을 대체할 수 있는 생분해성 고분자 물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Lee, 1991). 생분해성 고분자는 자연계의 박테리아, 곰팡이, 조류와 같은 미생물의 작용에 의해 최종적으로 물과 이산화탄소로 분해된다. 분해과정에서 생성되는 부산물은 독성을 갖고 있지 않아 의류, 건설, 농업, 의료용 등 광범위하게 사용되고 있다(Lee et al., 2002).

한편, 자망은 그물어구 중에서 그 구조가 간단하고, 어군이 그다지 밀집되지 않은 경우에도 비교적 효과적인 어구로 알려져 있어 연안 어업인들이 선호하는 어구 중 하나이다. 자망의 어획성능에 영향을 미치는 요인으로서는 대상생물의 생리·생태적 특성 및 해양환경 요인 이외에 그물실의 재료, 신장도, 유연도, 색상, 굵기, 그물코의 크기, 성형률 등이 있다(Thomas et al., 2003; Machiels et al., 1994; Njoku, 1991; Tweddle and Bodington, 1988; Sohn, 1975; Nashimoto, 1967; Steinberg, 1964; Koike, 1958; Koike et al., 1958). 이러한 연구들은 나일론 고분자 섬유로 방사, 편망된 자망의 어획성능으로써, 그물실은 백색계통이면서 PA multifilament 보다 PA monofilament가 우수하다고 보고되고 있다. 또한, 오늘날 자망 어업인들이 사용하고 있는 그물실은 대상중에

따라 차이가 있으나 거의 대부분 PA multifilament에서 PA monofilament로 바꾸어 조업하고 있으며, 대게(*Chionoecetes opilio*)를 대상으로 하는 자망 어업인들도 PA monofilament를 사용하고 있다. 그러나 향후 해양생태계 보호 및 유령어업 방지를 위해서는 생분해성 어구 사용이 절실히 필요한 실정이다.

따라서 이 연구에서는 생분해성 고분자 물질 중 분해성능이 우수하고, 가공이 비교적 용이하여 산업용 고분자로 사용되고 있는 지방족 폴리에스테르계의 PBS(Polybutylene succinate) 수지를 이용하여 monofilament로 방사한 후 편망 및 열처리과정을 거쳐 자망용 그물로 개발하였다(이하 "Enpol"로 표기). 이와 같이 개발된 Enpol monofilament 자망과 기존 PA monofilament 자망을 가지고 2004년부터 2006년까지 동해안에서 7톤급 어선 2척을 이용하여 대게를 대상으로 시험 조업한 결과를 비교 분석, 검토하여 Enpol 자망의 우수성을 확인 한 바, 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

Enpol monofilament의 방사 및 편망

시험에 사용된 Enpol monofilament 실은 중합된 PBS chip을 방사와 연신공정을 통하여 만들었다. 방사공정은 Fig. 1과 같이 건조된 chip이 방사기에서 용융되어 압력에 의하여 spinneret nozzle을 통하여 대기 중으로 압출된다. 압출된

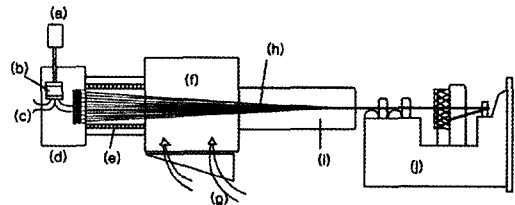


Fig. 1. Schematic representation of a enpol spinning unit.
 (a) pump drive (b) spin pump (c) polymer melt
 (d) spinning head (e) electric heater (f) quench duct
 (g) quench air (h) filament (i) spinning duct
 (j) take-up unit

filament는 냉각수에 의해 즉시 냉각되어 undrawn yarn 상태가 되어 500 - 700%의 elongation을 가지게 된다. 이것을 6배로 연신한 후 편망하였다. 편망된 그물감의 열처리하는 물을 90℃로 가열하여 여기서 나오는 수증기에 7분간 침지시켰다.

해상시험

시험에 사용된 자망은 Enpol monofilament와 PA monofilament 2종이며, 그 규격은 Table 1과 같다. Enpol 자망은 이 연구에서 개발된 것이며, PA 자망은 기존 상용화제품으로 Enpol과 PA 자망의 구성은 그물감의 재료만 다를 뿐 그 외의 규격은 모두 동일하게 제작하였다. 즉 망목의 뽀친 길이는 240mm였고, 그물실의 직경은 0.405mm 였다. 어구 1폭의 뜰줄과 발줄 길이는 각각 90m, 100m 였으며, 가로방향의 성형률은 30%였다. 폭 방향의 그물 코수는 16코이며, 그물감의 상, 하부에 각각 1코씩 보호망을 붙였다. 이러한 어구 구성은 현재 어업인들이 대계를 대상으로 하는 자망과 동일한 것으로 뜰줄에 뜰을 부착하지 않는 것이 특징이다.

해상 시험은 2004년부터 2006년까지 한국 동

해안의 왕돌초 주변해역에서 7톤급 어선 2척(성광호, 7.31톤; 광용호, 7.93톤)을 용선하여 대계를 대상으로 실시하였다. 조업 수심은 100 - 200m였으며, 각 어선별 조업 횟수는 2004년 4회(1월, 2월, 3월, 4월), 2005년 2회(1월, 3월), 2006년 5회(1월, 2월, 3월, 4월, 5월)로 총 11회였다. 어구의 구성은 Enpol과 PA 자망을 각각 1폭씩 교대로 Enpol 10폭, PA 10폭 총 20폭을 1조로 연결하여 사용하였다. 조업은 등심선을 따라 어선별로 각각 1조의 어구를 투망하여 상업 어선과 같이 15 - 20일 정도 침지시켰다가 양망하였다. 어획물은 어종별로 전수 조사하였다. 대계는 갑장, 갑폭, 중량, 성비를 측정하였으며, 그 외의 어종은 체장(BL)과 체중을 측정하였다. 수산자원 보호령 제10조, 제11조에 의하면, 대계의 암컷과 갑장 90mm 미만의 대계 수컷의 포획을 금지하고 있어, 대계의 암, 수 및 갑장 크기별로 CPUE를 세분하여 자망 재료에 따른 어획성능을 T검정(student's t test)으로 분석하였다.

결 과

PA monofilament와 Enpol monofilament 자망의 어획성능을 비교·분석하기 위하여 2004년

Table 1. Technical features and design characteristics of two different gill nets used in this study

Item	Enpol gill net	PA gill net
Head rope		
Material/ thickness	PP ϕ 7.0×2	PP ϕ 7.0×2
Length(m)	90	90
Lead rope		
Materials/ thickness	PP ϕ 5.0×2	PP ϕ 5.0×2
Length(m)	100	100
Float		
Number	Non	Non
Sinker		
Material/weight(g)	Lead/ 37.5	Lead/ 37.5
Number	257	257
Net		
Material	Enpol monofilament	PA monofilament
Mesh size(mm)	240	240
Diameter of bar(mm)	0.405	0.405
Number of horizontal mesh	1,250	1,250
Number of vertical mesh	16	16
Horizontal hanging ratio(%)	30	30

부터 2006년까지 한국 동해의 왕돌초 주변해역에서 7톤급 자망어선(성광호, 광용호 이하 각각 A선과 B선으로 표기)으로 각각 11회의 해상시험에서 어획된 어종별 폭당 어획량(CPUE)은 Table 2와 같고, 주 어획종인 대게의 폭당 어획량 비율을 100%로 하였을 때의 성별, 갑장 크기별 어획량 비율은 Table 3과 같다.

Table 2에서 PA 자망에 의한 A 및 B선의 총 CPUE는 각각 7,190g, 6,437g으로 Enpol 자망보다 각각 14.9%, 14.8% 많았다. 각 어선별로 어획된 총 CPUE를 연도별로 세분해 보면, A선에 의한 어구재료별 CPUE 범위 및 편차계수(coefficients of deviation)는 PA 자망에서 각각 5,487 - 8,674g, 22.5%, Enpol자망에서 각각 4,898 - 7,574g, 21.4%로 T 검정 결과 5%의 유의수준에서 유의차가 인정되지 않았다($F=0.748$, $d.f.=4$). 또한 B선에 의한 CPUE 범위 및 편차계수는 PA 자망에서 각각 6,276 - 6,8954g, 5.1%, Enpol자망에서 각각 5,021 - 6,331g, 11.6%로 T 검정 결과 5%의 유의수준에서 유의차가 인정되지 않았다($F=2.016$,

$d.f.=4$). PA자망에 의한 대게의 CPUE 비율은 A선 97.1%, B선 99.0%였으며, Enpol 자망인 경우에도 97.4%, 99.3%로 양자 모두 어종 선택성이 매우 높았다. PA자망에 의한 대게 이외의 혼획종은 붉은대게(*Chionoecetes japonicus*), 고무걱정어(*Dasycottus japonicus*), 꼼치(*Liparis tanakai*) 물레고둥(*Buccinum tenuissimum*), 명주매물고둥(*Neptunea intersculpta constricta*) 등 5종이었으며, Enpol자망에서는 PA자망보다 1종(대구, *Gadus macrocephalus*)이 많은 6종이 혼획되었으나 양자 모두 동일한 어종이 혼획되었으며, 그 양도 미미하였다.

Table 3에서 수산자원보호령 제10조, 제11조에 의해 포획이 금지된 대게의 암컷과 갑장 90mm미만의 대게 수컷의 폭당 어획량 비율을 보면, A선인 경우 PA자망에 의한 대게의 암컷과 갑장 90mm미만인 대게 수컷의 폭당 어획량 비율은 각각 26.8%, 41.7%로 Enpol 자망보다 각각 3.9%, 4.6% 많았다. B선에서도 대게 암컷의 폭당 어획량 비율은 Enpol 자망보다 7.7% 많았으

Table 2. Species composition, number and weight of fish per net caught by two different gill nets with the two fishing boats in the fishing ground of Wang - dol rock from January 2004 to May 2006

Fishing gears	A fishing boat			B fishing boat			Mean		
	No. of fish	Weight (g)	catch ratio (%)	No. of fish	Weight (g)	catch ratio (%)	No. of fish	Weight (g)	catch ratio (%)
PA monofilament gill nets									
Target species									
<i>Chionoecetes opilio</i>	35.9	6,978	97.1	32.1	6,370	99.0	34.0	6,674	98.0
By-catch species									
<i>Chionoecetes japonicus</i>	0.1	16	0.2	0.1	17	0.3	0.1	16	0.2
<i>Gadus macrocephalus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dasycottus japonicus</i>	0.1	69	1.0	0.03	20	0.3	0.1	45	0.7
<i>Liparis tanakai</i>	-	-	-	0.01	21	0.3	0.0	10	0.2
<i>Buccinum tenuissimum</i>	0.1	14	0.2	0.01	1	0.0	0.1	7	0.1
<i>Neptunea intersculpta constricta</i>	0.5	113	1.5	0.1	8	0.1	0.3	61	0.9
Total	36.7	7,190	100	32.4	6,437	100	34.6	6,813	100
Enpol monofilament gill nets									
Target species									
<i>Chionoecetes opilio</i>	30.3	6,095	97.4	25.5	5,511	99.3	27.9	5,803	98.3
By-catch species									
<i>Chionoecetes japonicus</i>	0.03	7	0.1	0.1	6	0.1	0.1	7	0.1
<i>Gadus macrocephalus</i>	-	-	-	0.01	1	0.1	0.0	1	0.0
<i>Dasycottus japonicus</i>	0.1	47	0.8	0.02	12	0.2	0.1	29	0.5
<i>Liparis tanakai</i>	0.01	15	0.2	-	-	-	0.0	7	0.1
<i>Buccinum tenuissimum</i>	0.1	10	0.2	-	-	-	0.1	5	0.1
<i>Neptunea intersculpta constricta</i>	0.3	82	1.3	0.1	19	0.3	0.2	50	0.9
Total	30.8	6,256	100	25.7	5,549	100	28.4	5,902	100

Table 3. Catching ratio of female and male *Chionoecetes opilio*(carapace length; 90mm > CL < 90mm) caught by two different gill nets with the two fishing boats in the fishing ground of Wang - dol rock from January 2004 to May 2006

Sex and size	(unit : %)					
	A fishing boat		B fishing boat		Mean	
	PA	Enpol	PA	Enpol	PA	Enpol
Female	26.8	22.9	25.1	17.4	26.0	20.2
Male(CL < 90mm)	41.7	37.1	34.4	34.4	38.0	35.7
Male(CL > 90mm)	31.5	40.0	40.5	48.2	36.0	44.1
Total	100	100	100	100	100	100

나 갑장 90mm미만인 대게 수컷인 경우에는 양자 모두 34.4%로 동일하였다. 그러나 어획 가능한 갑장 90mm 이상인 대게 수컷의 폭당 어획량 비율을 보면, Enpol자망에 의한 A 및 B선의 어획량 비율은 각각 40%, 48.2%로 PA자망보다 각각 8.5%, 7.7% 많았다.

조업시기별로 PA 및 Enpol 자망에 의해 수산 자원보호령상 어획이 금지된 대게 암컷 및 갑장 90mm미만인 대게 수컷의 폭당 어획량과 어획

Table 4. The number and weight of female and male *Chionoecetes opilio*(carapace length; CL < 90mm) per net caught by two different gill nets with the two fishing boats in the fishing ground of Wang - dol rock from January 2004 to June 2006

Date of fishing	A fishing boat				B fishing boat			
	Female		Male(CL < 90mm)		Female		Male(CL < 90mm)	
	No. of individual (weight, g)		No. of individual (weight, g)		No. of individual (weight, g)		No. of individual (weight, g)	
	PA	Enpol	PA	Enpol	PA	Enpol	PA	Enpol
2004								
Jan.	20.4 (3,599.9)	9.0 (1,659.3)	7.1 (1,310.5)	5.8 (1,139.8)	8.5 (1,558.9)	3.3 (639.8)	8.5 (1,608.6)	4.1 (795.5)
Feb.	5.0 (811.5)	3.3 (544.6)	11.6 (2,357.1)	9.0 (1,846.9)	12.9 (1,928.8)	4.9 (715.6)	7.8 (1,154.4)	5.4 (821.9)
Mar.	13.2 (2,310.3)	14.3 (2,565.6)	12.3 (1,981.1)	9.3 (1,602.6)	18.3 (2,700.5)	14.0 (2,062.9)	12.3 (2,189.3)	11.8 (2,193.2)
Apr.	1.9 (244.0)	0.6 (65.2)	13.6 (2,195.5)	10.5 (1,758.4)	2.3 (310.7)	2.3 (308)	9.8 (1,391.8)	7.6 (1,156.4)
2005								
Jan.	7.6 (1,192.9)	4.4 (739.3)	20.3 (2,973.4)	18.4 (2,988.7)	15.6 (2,179.6)	6.4 (1,108.0)	16.6 (2,197.5)	13.9 (2,844.1)
Mar.	41.0 (6,525.1)	33.0 (5,437.7)	18.9 (3,153.2)	10.6 (1,734.9)	1.8 (313.4)	1.1 (208.6)	10.7 (1,610.7)	9.7 (1,103.0)
2006								
Jan.	7.5 (1,395.2)	5.3 (1,009.6)	10.9 (2,202.6)	5.6 (1,148.7)	16.7 (2,857.3)	12.1 (2,188.7)	19.2 (3,583.3)	16.4 (3,157.1)
Feb.	17.1 (2,762.3)	13.7 (2,245.0)	18.5 (2,718.3)	19.7 (3,010.9)	1.0 (125.8)	0.2 (22.4)	18.8 (3,034.6)	16.2 (2,716.4)
Mar.	7.1 (1,276.4)	3.6 (661.2)	11.7 (1,926.1)	6.7 (1,178.9)	26.4 (4,746.2)	13.9 (2,531.3)	11.9 (2,015.5)	5.7 (993.5)
Apr.	1.3 (192.3)	0.8 (131.2)	29.9 (4,999.0)	20.3 (3,326.2)	1.6 (249.6)	2.2 (401)	13.6 (2,080.8)	16.4 (2,612.8)
May	0.9 (139.4)	1.3 (206.6)	36.8 (5,965.9)	30.5 (5,035.9)	1.8 (311.7)	0.7 (124.6)	18.6 (2,779.2)	12.6 (1,941.1)
Mean	11.2 (1,859.0)	8.1 (1,387.8)	17.4 (2,889.3)	13.3 (2,252.0)	9.7 (1,571.1)	5.6 (937.4)	13.4 (2,149.6)	10.9 (1,848.6)

Table 5. Number and weight of male *Chionoecetes opilio* (carapace length; CL > 90mm) per net caught by two different gill nets with the two fishing boats in the fishing ground of Wang – dol rock from January 2004 to June 2006

Date of fishing	A fishing boat				B fishing boat			
	No. of individual		Weight(g)		No. of individual		Weight(g)	
	PA	Enpol	PA	Enpol	PA	Enpol	PA	Enpol
2004								
Jan.	6.5	7.5	2,075.0	2,522.5	7.5	8.0	2,577.5	2,792.5
Feb.	8.9	9.5	2,515.9	2,959.5	10.5	7.6	3,433.5	2,268.1
Mar.	2.5	3.5	759.3	1,039.3	11.9	11.1	5,008.5	4,398.5
Apr.	4.8	4.7	1,725.1	1,634.7	1.9	2.0	755.8	828.0
2005								
Jan.	6.7	6.4	2,014.8	1,912.9	5.0	4.7	1,505.5	1,509.9
Mar.	3.5	6.2	978.7	1,772.0	16.2	16.6	5,586.9	5,866.8
2006								
Jan.	26.4	25.8	8,498.6	8,458.5	13.3	15.0	4,407.2	5,384.2
Feb.	4.4	4.1	1,419.0	1,276.9	4.0	6.8	1,329.2	2,000.4
Mar.	2.0	1.6	577.1	487.6	1.7	2.1	520.8	673.7
Apr.	4.6	7.6	1,425.1	2,461.4	4.5	5.4	1,402.5	1,677.5
May	6.2	6.6	1,996.3	2,176.3	4.0	3.3	1,299.2	1,112.7
Mean	7.0	7.6	2,180.4	2,427.4	7.3	7.5	2,529.7	2,592.0

Table 6. F – values of T – test for *Chionoecetes opilio* per net caught by PA(A) and Enpol(B) gill nets in this study

Item	A boat	B boat	Item	A boat	B boat
Aa versus Ba	0.671	1.346	Ad versus Bd	1.143	0.859
Ab versus Bb	0.631	1.207	Ae versus Be	0.227	0.133
Ac versus Bc	1.144	1.341	Af versus Bf	0.269	0.197

Aa and Ba : number of female in each net, Ab and Bb : catch of female in each net, Ac and Bc : number of male(CL < 90mm) in each net, Ad and Bd : catch of male(CL < 90mm) in each net, Ae and Be : number of male(CL > 90mm) in each net, Af and Bf : catch of male(CL > 90mm) in each net.

가능한 갑장 90mm 이상인 대게 수컷의 폭당 어획량을 각각 Table 4, Table 5에 나타내었으며, 이에 대한 T 검정 결과를 Table 6에 나타내었다.

Table 4에서 A 및 B선의 Enpol 자망에 의한 대게 암컷의 폭당 평균 어획량은 각각 1,387.8g, 937.4g으로 PA 자망보다 각각 25.3%, 40.3% 적었다. 이러한 경향은 총 11회 시험 중 A선 2회('04. 3월, '06. 5월), B선 1회('06. 4월)를 제외한 모든 시기에서 나타났다. 또한, A 및 B선의 Enpol 자망에 의한 갑장 90mm미만의 대게 수컷의 폭당 평균 어획량은 각각 2,252g, 1,846.6g으로 PA 자망보다 각각 22.1%, 14.0% 적었다. 이러한 경향은 A선 2회('05. 1월, '06. 2월), B선 3회('04. 3월, '05. 1월, '06. 4월)를 제외한 모든 시

기에서 나타났다.

Table 5에서 A 및 B선의 Enpol 자망에 의한 갑장 90mm이상인 대게 수컷의 폭당 평균 어획량은 각각 2,427.4g(7.6마리), 2,592g(7.5마리)으로 PA 자망보다 각각 247g(0.6마리), 62.3g(0.2마리) 많았다. 이러한 경향은 각 어선별 총 11회 시험 중 A선 6회, B선 7회가 나타났다.

A, B선의 PA와 Enpol 자망에 의한 폭당 대게 암컷의 개체수 및 어획량, 갑장 90mm 미만의 대게 수컷의 개체수 및 어획량, 갑장 90mm 이상의 대게 수컷의 개체수 및 어획량을 T 검정으로 분석한 결과 5% 유의 수준에서 유의차를 보이지 않았다(Table 6).

시험 기간동안 A선에서 PA 및 Enpol 자망에 의

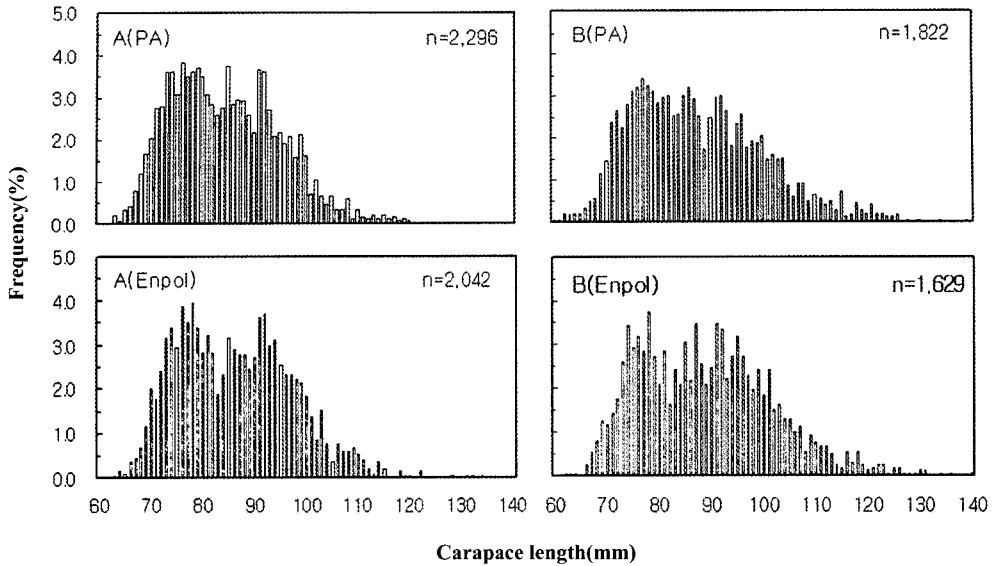


Fig. 2. Carapace length composition of male *Chionoecetes opilio* caught by two different gill nets with the two fishing boats in this study.

해 어획된 대게 수컷의 평균 갑장은 각각 84.6mm, 86.3mm 였으며, B선에서는 각각 87.4mm, 88.9mm 로 자망 그물감의 재료에 따른 개체의 크기 차이도 없는 것으로 나타났다(Fig. 2).

고 찰

자망은 그물코에 대상생물이 꽂히게 하여 잡는 어구로써 주로 방추형 어류를 대상으로 하고 있다. 그러나 대게와 같은 갑각류를 대상으로 하는 그물은 대상생물이 그물코에 얽히도록 구성하고 있어 전락망이라고 하는데, 그물의 재질과 모양 등이 비슷하여 보통 자망이라고 불린다. 따라서 자망을 구성하는 그물감은 대상생물이 꽂히거나 얽히기 쉽고, 가능한 어구가 대상생물의 눈에 띄지 않도록 유연도가 좋은 나일론 그물감을 사용하고 있다. 나일론 그물감은 PA계통의 고분자 합성섬유로 가공된 것으로 내구년수가 반 영구적이어서 바다에 유실시 유령어업을 발생시키고, 해저 바닥에 쌓여서 수산생물의 산란·서식장을 파괴하고 있는 실정이다. 따라서 이 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하

여 일정 기간 동안은 어구로서의 기능을 하고, 바다에 유실되었을 때 해양에 존재하는 미생물에 의해 물과 이산화탄소로 자연 분해되는 어구를 개발하여 타당성을 검토하는데 주 목적이 있다. 이를 위해 생분해성 수지(PBS)로 직경 0.405mm 인 단일섬유 그물실을 방사한 후 그물감으로 편 망하고, 열처리 과정을 거쳐 monofilament 그물을 제작하여 대게를 대상으로 기존 PA monofilament 자망과의 어획성능에 대해 우선 비교·분석하고자 한다.

한국 동해안의 왕돌초 주변해역에서 조업하고 있는 대게 자망어업의 조업 실태를 면담 조사한 결과, 어업인들에 의하면 1970년대 이전까지의 자망은 면사로 된 홑자망을 사용하였으며, 이후 PA multifilament를 약 15년 정도 사용하다가 monofilament로 변화되어 현재에 이르고 있다고 한다. 어업인들은 대게를 활어상태로 유통하기 위하여 그물코를 절단하면서 떼어내기 때문에 보통 2-3회 조업한 후 그물감을 교체하고 있으며, 척당 연간 5% 내외의 어구가 바다에 유실되고 있다. Fig. 3은 어기가 끝난 후 2005년 10월 왕

돌초 주변에서 수중에 침체된 그물을 인양하는 과정에서 유실된 자망에 의해 대게가 얽혀 있는 광경으로써 자망 100m 당 50마리 내외의 대게가 얽혀 있었다. 이러한 결과는 Table 4, Table 5에서 기존 어업인들이 사용하고 있는 PA 자망에 의한 폭당 평균 개체수보다 약 43-67% 많은 어획률이다. Tschernij and Larsson(2003)은 남부 발틱해에서 조업하는 대구자망의 유실률은 0.1% 정도이며, 유실 후 27개월이 되어도 소형 개체의 대구가 어획되었다고 보고하고 있다.

이 시험에서 기존의 PA자망과 생분해성 Enpol 자망에 의한 대게의 어종 선택률은 각각 98.0%, 98.3%로 매우 높았으며, 양자 모두 유사한 선택률을 보였다. 이들 자망에 의해 혼획된 종수는 5-6종에 불과하였으며, 그 양은 미미하였다(Table 2). Park et al.(2003)이 망목 180mm, 210mm, 240mm, 270mm, 300mm 등 5종의 자망을 이용하여 왕돌초 주변해역에서 시험한 결과, 대게의 어획률은 97%이상이었으며, 6종이 혼획되었다는 보고와도 일치하였다. 또한, Park and Kim(2004)은 망목 84.8mm인 자망을 이용하여 거문도 연안에서 어류를 대상으로 시험한 결과, 특별한 우점종이 없이 방추형 어류 8종이 어획되었으며, Koike and Takeuchi(1985)는 자망에서 망목이 클 경우 소형 개체는 통과한다고 보고하고 있다. 이러한 결과를 볼 때, 이 연구에서 시험한 자망에서 어종 선택성이 높은 원인은 어류를 대상으로 하지 않고, 갑각류를 대상으로 그물코

에 얽히도록 하여 어획되는 메카니즘을 갖고 있기 때문이라고 사료된다.

이 연구에서 A, B 시험선은 모두 7톤급이며, 각 선에 사용된 어구의 규격, 사용 폭수 및 투·양망일은 모두 동일하고, 어구의 투망 위치만 서로 다르게 하여 조업하였다. 그 결과 PA 자망에 의한 총 CPUE는 A선 7,190g(36.7마리), B선 6,437g(32.4마리)였으며, Enpol 자망에서는 A선 6,256g(30.8마리), B선 5,549g(25.7마리)로 B선보다 A선에서 어획량 및 개체수가 많았으며, 주 어획 대상종인 대게의 경우에도 이러한 경향을 나타내었다. 그러나 주 어획종의 어획률 및 혼획종수는 양자 모두 유사하였다. 따라서 대게를 대상으로 하는 자망인 경우 그물감의 재료보다 어장의 위치에 따라 어획성능의 차이가 나타나는 것으로 사료된다.

한국에서는 대게 자원의 보호를 위하여 수산자원보호령으로 조업시기를 11월부터 다음 해 5월 31일까지로 제한하고 있으며, 자망의 망목 크기는 240mm이상 되어야 하고, 대게의 암컷과 갑장 90mm미만의 대게 수컷의 포획을 금지하는 규정을 두고 있다. 이 시험에서 현재 어업인들이 사용하고 있는 PA monofilament 자망의 망목 크기를 240mm로 하여 시험한 결과, 수산자원보호령상 포획이 금지된 대게의 암컷의 어획량 비율은 26.0%, 갑장 90mm미만의 대게 수컷의 폭당 어획량 비율은 38.0%로 총 64.0%를 점유한 반면, 생분해성인 Enpol monofilament 자망

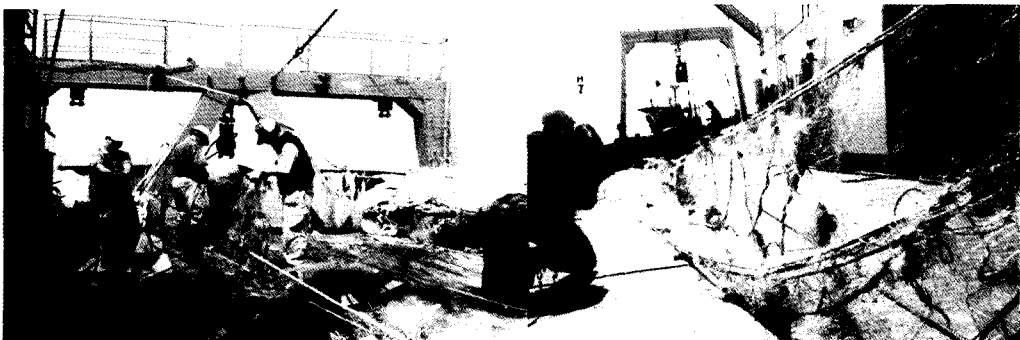


Fig. 3. Photograph of *Chionoecetes opilio* entangled lost gill nets.

에서는 대게 암컷이 20.2%, 갑장 90mm미만의 대게 수컷이 35.7%, 총 55.9%를 점유하였다. 이를 시험선과 자망 재료별로 세분해 보면, A선과 B선에서 있어서 Enpol 자망에 의해 어획된 대게 암컷의 폭당 어획량은 각각 1,387.8g, 937.4g으로 PA 자망보다 각각 25.3%, 40.3% 감소하였으며, 또한 A선과 B선에서 어획된 갑장 90mm 미만인 대게 수컷의 폭당 어획량은 Enpol 자망에서 각각 2,252g, 1,848.6g으로 PA 자망보다 각각 22.1%, 14% 감소하였다. 즉 Enpol 자망을 사용할 경우 대게의 암컷과 갑장 90mm미만의 대게 수컷의 자원은 PA자망보다 각각 25.3 - 40.3%, 14.0 - 22.1% 더 보호할 수 있으며, 자망에 얽힌 대게를 분리시키는 노동력과 작업시간을 그만큼 절약할 수 있다는 장점을 지니고 있다고 볼 수 있다. 또한 어획 가능한 갑장 90mm이상인 대게 수컷의 어획량을 어구 재료별로 보면, Enpol 자망에 의한 A 및 B선의 CPUE는 각각 2,427.4g(7.6마리), 2,592g(7.5마리)으로 Enpol 자망보다 각각 11.3%, 2.5% 증가하였다. 즉 소형의 개체는 Enpol 보다 PA자망에서 많이 어획되었으며, 대형의 개체는 이와 반대의 경향을 나타낸 것은 2종류 그물실의 유연도 차이라고 사료된다. PA자망은 반세기 동안 PA수지의 가공 기술이 축적되면서 유연도가 다른 소재에 비해 우수하였으며, Enpol 자망은 이 연구에서 PBS 수지를 이용하여 monofilament로 방사하여 편망 및 열처리과정을 거쳐 그물감으로 처음 개발된 것으로, 그물실의 색상과 굵기는 PA monofilament와 동일하였으나 유연도는 PA monofilament의 약 80% 수준이었다. 이 결과 갑장 90mm 미만의 소형의 대게는 Enpol 자망보다 PA 자망에서 어획이 많았던 것으로 사료되며, Enpol 자망에 의해 어획된 대게 수컷의 평균 갑폭도 PA자망보다 1.5 - 1.7mm 큰 개체가 어획된 것이 이를 뒷받침하고 있다고 볼 수 있다.

이러한 결과를 토대로 한국 정부에서는 해양 생태계 및 대게 자원 보호를 위하여 왕돌초 주변

어장에서 대게 자망어업을 하는 150여 가구를 우선 대상으로 2007년도부터 2009년까지 3년간 시범사업을 추진할 예정이다. 시범사업은 현재 어업인들이 사용하고 있는 PA 자망 대신 Enpol 자망을 사용하도록 하며, 어구 교체에 따른 구입 비용의 차액은 국비 70%, 지방비 30% 재원으로 무상 지원할 계획이다.

앞으로 해양 생태계를 보호하며, 유령어업을 저감시켜 수산자원을 보호할 수 있는 어구 재료 개발을 위해 지속적으로 PBS 수지를 이용한 monofilament 및 multifilament의 가공 기술을 향상시켜 어류 및 갑각류를 대상으로 하는 자망 및 통발용 그물감을 개발하여야 하겠으며, 이 수지를 이용한 그물실의 물성 특성 및 생분해 메카니즘에 대해서는 추후 보고하고자 한다.

결 론

해양 생태계 보호 및 유령어업 저감을 위한 생분해성 자망어구를 개발하기 위하여 2004년부터 2006년까지 왕돌초 주변해역에서 2척의 어선으로 PA monofilament와 Enpol monofilament 자망에 의한 대게의 어획성능 시험을 실시하였고, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 생분해성 수지인 PBS 수지로 가공된 Enpol monofilament 망지는 대게 자망용으로 실용 가능성이 높은 것으로 나타났다. PA 및 Enpol monofilament 자망에 의한 대게의 어종 선택률은 각각 98.0%, 98.3%로 매우 높았다. Enpol 자망에 있어서 포획이 금지된 대게의 암컷과 갑장 90mm 미만인 대게 수컷의 CPUE 비율은 PA monofilament 자망보다 각각 25.3 - 40.3%, 14.0 - 22.1% 감소하였다. Enpol monofilament 자망에서 어획이 가능한 갑장 90mm이상인 대게 수컷의 CPUE 비율은 PA 자망보다 각각 2.5 - 11.3% 증가하였으나 이들 2종류 어구에 대한 대게 암컷과 수컷의 폭당 어획량을 T 검정으로 분석한 결과 5% 유의수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

사 사

이 연구는 국립수산물품질관리원(생분해성 자망, 통발 어구자재 개발, RP-2006-FE-009)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Ayaz, A., D. Acarli, U. Altinagac, U. Ozekinci, A. Kara and A. Ozen, 2006. Ghoat fishing by monofilament and multifilament gillnets in izmir bay, Turkey. *Fisheries Research*, 79, 267 – 271.
- Koike, A., 1958. Comparative efficiency of differently coloured gill-net in the North Sea salmon fishing. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 24(1), 9 – 12.
- Koike, A., K.J. Kanda and M.O. Ogura, 1958. A preparative study with trout for the salmon gill-net. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 24(1), 5 – 8.
- Koike, A. and S.I. Takeuchi, 1985. Effect of trammel net with different sizes of mesh of inside net on catching efficiency. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51(6), 895 – 901.
- Lee, Y.H., 1991. Study of biodegradable polymers. *polym. Sci. Tech.*, 2(5), 319 – 331.
- Lee, W.K., J.H. Ryou and C.S. Ha, 2002. Degradation mechanism of biodegradable polymers. *polym. Sci. Tech.*, 13(1), 65 – 74.
- Machiels, M.A.M., M. Klinge, R. Lanter and W.L.T. Van Densen, 1994. Effect of snood length and hanging ratio on efficiency and selectivity of bottom-set gillnets for pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L., and bream, *Abramis brama*. *Fisheries Research*, 19, 231 – 239.
- Nashimoto, K.A., 1967. Fundamental studies on the phenomena of sticks in gill-netting(Ⅲ), Theoretical consideration of the most suitable webbing hand in net. *Bull. Fish. Hokkaido Univ.*, 18(2) 73 – 80.
- Njoku, D.C., 1991. Comparative efficiency and economics of multifilament and monofilament gillnets on the Oguta Lake, Nigeria. *Fisheries Research*, 12, 23 – 30.
- Park, C.D., H.C. An, S.K. Cho and C.I. Baik, 2003. Size selectivity of gill net for snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 39(2), 143 – 151.
- Park, S.W. and D.G. Kim, 2004. Catching efficiency of gill net and trammel net for ceramic artificial reefs fishing ground in the coastal area Geomun-do, Korea. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 40(3), 182 – 188.
- Revill, A.S. and G. Dunlin, 2003. The fishing capacity of gillnets lost on wrecks and on open ground in UK coastal waters. *Fisheries Research*, 64, 107 – 113.
- Sohn, T.J., 1975. On the catch of gill net in the jeju island, comparison of mackerel catch in monofilament and multifilament gill nets. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 8(1), 7 – 10.
- Steinberg, R., 1964. Monofilament gill nets in freshwater experiments and practice, in *Modern Fishing Gear of the World*, Vol. 2, Fishing News(Books) Ltd., London, pp. 111 – 115.
- Thomas, S.N., L. Edwin and V.C. George, 2003. Catching efficiency of gill nets and trammel nets for penaeid prawns. *Fisheries Research*, 60, 141 – 150.
- Tschernij, V. and P.O. Larsson, 2003. Ghost fishing by lost gill nets in the baltic sea. *Fisheries Research*, 64, 151 – 162.
- Tweddle, D. and P. Bodington, 1988. A Comparison of the effectiveness of black and white gillnets in Lake Malawi, Africa. *Fisheries Research*, 6, 257 – 269.

2006년 7월 7일 접수

2006년 12월 28일 수리