pISSN 2671-9940
eISSN 2671-9924
J Korean Soc Fish Ocean Technol, 55(4), 372-377, 2019
http://dx.doi.org/10.3796/KSFOT.2019.55.4.372

KSFOT FISHERIES OCEAN TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr
〈Original Article〉

생분해 어구 보급 확대에 따른 경제적 효과 분석

박수봉 · 김현영* · 양용수 · 어승섭[1] · 강다영
국립수산과학원 수산공학과 연구원, [1]해랑기술정책연구소 연구원

Analysis of economic effects of expanding of biodegradable fishing gear

Subong PARK, Hyun Young KIM*, Yong Su YANG, Seung Seob EUH[1] and Da Young KANG

Researcher, Fisheries Engineering Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea
[1]Researcher, Haerang Technology and Policy Research Institute, Gyeonggi-do 13631, Korea

Recently, as the global problem of marine debris and marine plastics is getting serious, various ways to solve them have been proposed, and the use of the biodegradable fishing gear is proposed as an alternative. Currently, 13 types of biodegradable fishing gears are available, but their penetration rate is only 8.7%. However, the need for the use of the biodegradable fishing gear is growing as awareness of protecting marine ecosystems is growing. Therefore, in this study, the economic effects of the expansion of biodegradable fishing gear distribution in Korea's coastal areas were analyzed through the conservation of marine ecosystems, augmentation of fisheries resources, and augmentation of fishing efficiency. According to the analysis, the economic effects of 52,795 million won, 105,590 million won, and 158,385 million won was generated as the distribution of biodegradable fishing gear were expanded to 10%, 20% and 30% across all gill net and trap.

Keywords : Biodegradable, Biodegradable fishing gear, Economic effect, Expanding, Gill net

서 론

우리나라 연근해에서 발생되는 플라스틱 쓰레기는 총 11만 8천톤 규모이며, 이 가운데 53%가 폐어구나 폐부표에서 발생되는 것으로 분석된다(MOF and KOEM, 2017). 특히, 자망, 통발, 양식장 부자재 등 폐어구 및 조업 중 잃어버린 유실 어구가 그대로 바다 속에 방치되어 심각한 환경오염을 초래하고 수산 생물에 악영향을 미치고 있다. 바다 속에 방치된 어구는 해저에 쌓여 수산생물의 산란장 및 서식장을 파괴하는 등 해양생태계를 위협하며, 이러한 어구에 걸린 물고기가 다른 물고기를 유집하여 반복적으로 죽게 되는 유령어업을 발생시킨다 (Akiyama et al., 2007; Ayaz et al., 2006; Brown and Macfadyen, 2007; Park et al., 2007). 또한 최근 전 세계적으로 해양 쓰레기, 해양 플라스틱 문제가 심각해짐에 따라 이를 해결하기 위한 다양한 방안이 제시되고 있으며, 생분해 어구 사용이 하나의 대안으로 제시되고 있다. 이와 같은 문제의 근본적인 해결을 위하여, 국립수산과학원에서는 2002년부터 바다 속에서 완전히 분해되는 생분해 어구를 개발하기 시작하였고(Bae et al., 2012; Kim et al., 2014a; Kim et al., 2014b; Kim et al., 2016; Kim et al., 2018; Park et al., 2010), 2007년부터 어업인에게 보급하고 있다. 현재 대게 자망, 꽃게 자망, 참조기

*Corresponding author: sys9318@korea.kr Tel: +82-51-720-2580 Fax: +82-51-720-2586

자망, 문어 통발, 붕장어 통발 등 총 13종의 생분해 어구가 보급되고 있으나 전체 자망 및 통발 어선에서 생분해 어구를 사용하는 어선은 8.7%에 불과하다.

그렇지만 해양생태계 보호를 하고자 하는 인식이 점차 확대됨에 따라 생분해 어구 사용에 대한 필요성도 점차 커지고 있다. 따라서 본 연구에서는 생분해 어구의 보급 확대 및 사용 의무화 추진을 위해 우리나라 연근해 자망 및 통발에서 생분해 어구 보급이 확대됨에 따른 경제적 효과를 반영, 미반영의 관점에서 분석하였다.

재료 및 방법

분석을 위한 가정

생분해 어구의 보급 확대에 따른 경제성 분석은 예비타당성조사 운용지침(기획재정부훈령 제 435호)에 근거하여, 반영, 미반영 관점에서 분석하였다.

생분해 어구 보급 확대에 따른 경제적 효과의 추정 구도는 생분해 어구 사용에 따른 효과와 유령어업 방지로 인한 효과로 구분할 수 있다. 생분해 어구 사용에 따른 효과는 해양생태계 보전, 수산자원 증대, 어획효율성 증대 등의 직접적인 효과로 분석할 수 있고, 유령어업 방지로 인한 효과는 수산자원 미래가치 보전, 조업시간 증대, 어구훼손 방지 등의 간접적인 효과로 분석할 수 있다. 본 연구에서는 효과 정량화를 위한 신뢰성 있는 통계 자료의 한계로 인해 유령어업 방지로 인한 효과는 미반영하였고, 생분해 어구 사용에 따른 효과만을 반영하여 생분해 어구의 보급 확대에 따른 경제성 분석을 실시하였다(Table 1).

방법론 적용

생분해 어구 사용에 따른 해양생태계 보전효과를 금액 단위로 평가하기 위해서는 경제학적인 기법을 통한 분석이 필요하나 적용에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 보수적 평가 방법인 피해비용접근법(Damage cost approach)을 사용하였다(Jung and Chang, 2017). 피해비용접근법은 외부 효과를 화폐가치로 정량화 할 수 있는 방법 중 하나로, 본 연구에서는 바다에 침적된 어구로 인해 발생하는 피해를 화폐가치로 환산하기 위해 해양쓰레기 수거비용의 차감분을 적용하였다. 또한, 자망 및 통발 어구를 생분해 어구로 사용함에 따라 침적쓰레기로 존재하는 폐어구 감소 효과를 보급률에 따라 산정하여 해양생태계 보전효과를 분석하였다(식 (1)).

$$M = p \times r \quad \text{식 (1)}$$

여기서, M은 해양생태계 보전효과, p는 자망 및 통발 수거비, r은 생분해 어구 보급률을 나타낸다. 자망 및 통발 수거비(p)는 연안어장 환경개선사업의 침적쓰레기 수거를 위한 사업비와 자망 및 통발 어구 유실량을 통해 산정하였다. 2013년부터 2017년까지 매년 투입되고 있는 침적쓰레기 수거사업의 평균 사업비는 5,600백만원, 수거량은 1.9천톤으로 1톤을 수거하기 위해서 약 3백만원의 수거비가 발생된다(Table 2). 어구의 연간 유실량

Table 1. Estimation structure of this study

Factor	Type of effect	Content	Application status
Effect of using biodegradable fishing gear	Conservation of the marine ecosystem	Identification of the conservation effect of marine ecosystem due to the reduction of marine waste by the use of biodegradable fishing gear	Applied
	Augmentation of fisheries resources	Augmentation of fisheries resources by preventing ghost fishing	
	Augmentation of fishing efficiency	Augmentation of fishing efficiency according to the characteristics of fishing gear	
Effect of preventing ghost fishing	Conservation of future value of fisheries resources	Preservation of future values of catches, such as an immature fish	Unapplied
	Augmentation of fishing operating time	Augmentation of fishing operating time due to reducing of abandoned fishing gear	
	Prevention of net damage	Increasing catch by preventing damage of net by abandoned fishing gear	

Table 2. Amount of the deposited marine debris of costal fishery environmental improvement project by year

Factor	Amount of the deposited marine debris (ton)	Project cost (million won)
2013	1,832	5,200
2014	1,832	5,200
2015	1,813	5,200
2016	1,888	5,200
2017	2,180	7,200
average	1,909	5,600
Remove cost per ton		2.93

은 자망 17,300톤, 통발 4,900톤이며, 생분해 어구 보급률(r)은 10%, 20%, 30%를 적용하였다.

생분해 어구 사용은 폐어구로 인한 유령어업을 방지하면서 결과적으로 수산자원이 증대되는 효과로 이어진다. 따라서 생분해 어구 사용에 따른 수산자원 증대효과를 추정하기 위해 어업 생산량 대비 유령어업 규모를 보급률에 따라 산정하여 수산자원 증대효과를 분석하였다(식 (2)). 유령어업이 방지될 경우 어업자원의 생산성은 지속적으로 발생되나 보수적 산정 원칙에 따라 지속적으로 누적되는 효과는 본 분석에서는 고려하지 않았다.

$$R = m \times g \times r \qquad \text{식 (2)}$$

여기서, R은 수산자원 증대효과, m은 자망 및 통발 생산금액, g는 유령어업 규모, r은 생분해 어구 보급률을 나타낸다. 자망 및 통발 생산금액(m)은 최근 3년(2016~2018년)간 어업 생산금액의 평균을 사용하였다. 자망의 경우, 근해 및 연안 자망의 생산금액 평균인 2,711,142백만원을 사용하였고, 통발의 경우, 근해 통발, 근해 장어통발, 근해 문어단지, 연안 통발의 생산금액 평균인 1,459,811백만원을 사용하였다. 유령어업의 규모(g)는 10%로 적용하였고(Greenpeace Germany, 2019), 생분해 어구 보급률(r)은 10%, 20%, 30%를 적용하였다.

생분해 어구 사용에 따른 어획효율성 증대효과를 금액 단위로 평가하기 위해 생산비용 절감법을 적용하여 분석하였다(식 (3)).

Table 3. Average cost per management in fishery sector

Factor	Fishery cost (million won)	Fuel cost (million won)	Fuel ratio (%)	Value-added rate (%)
Managment	984.4	148.2	15.1	63.6

$$E = m \times (1-v) \times f \times d \times r \qquad \text{식 (3)}$$

여기서, E는 어획효율성 증대효과, m은 자망 및 통발 생산금액, v는 부가가치율, f는 어업비용에서 연료비 비중, d는 연료비 절감율, r은 생분해 어구 보급률을 나타낸다. 자망 및 통발 생산금액(m)은 수산자원 증대효과 분석에 사용하였던 생산금액인 자망 2,711,142백만원, 통발 1,459,811백만원을 동일하게 사용하였다. 부가가치율(v)은 2017년을 기준으로 어업별 평균값인 63.6%, 연료비 비중(f)은 15.1% (NFFC, 2018)를 적용하였다(Table 3). 연료비 절감율(d)은 생분해 어구가 나일론 어구에 비해 어획물 선별, 작업시간 단축 등 효율성 증대로 해상에 머무는 시간을 단축시키는 것을 고려하여 20%로 적용하였다. 생분해 어구 보급률(r)은 10%, 20%, 30%를 적용하였다.

결과 및 고찰

해양생태계 보전효과

자망 및 통발을 생분해 어구로 사용함에 따라 기존의 침적쓰레기로 있던 해양쓰레기가 저감됨으로 인해 해양생태계가 보전되는 효과가 있다.

현재 생분해 어구 보급률(8.7%)에서 해양생태계 보전효과는 5,666백만원으로 분석된다. 전체 자망 및 통발의 10%, 20%, 30%를 생분해 어구로 사용하였을 경우, 각각 6,512백만원, 13,512백만원, 19,537백만원의 해양생태계 보전효과가 나타날 것으로 분석되었다(Table 4). 이는 생분해 어구가 바다 속에 유실되거나 버려지더라도 물과 이산화탄소로 완전 분해되기 때문에 생분해 어구 사용이 확대되면 침적폐기물 수거를 위한 사업비가 감소함에 따라 나타나는 효과로, 전체 자망 및 통발을 생분해 어구로 사용하였을 때에는 해양생태계 보전효과가 65,123백만원에 달할 것으로 분석된다.

Table 4. Conservation effect of marine ecosystem of biodegradation mandatory in total gill net and trap

Factor	Remove cost (million won)	Penetration rate (%)			
		8.7 (current)	10	20	30
Gill net	50,749	4,415	5,075	10,150	15,225
Trap	14,374	1,251	1,437	2,875	4,312
Conservation effect of the marine ecosystem (million won)		5,666	6,512	13,025	19,537

수산자원 증대효과

국내 유령어업의 규모는 생산금액의 10% 수준으로 자망에 의한 유령어업의 규모는 271,114백만원, 통발에 의한 유령어업이 규모는 145,981백만원으로 추정된다. 생분해 어구 사용은 유실되거나 버려진 폐어구로 인한 유령어업을 방지하면서 결과적으로는 수산자원이 증대되는 효과로 이어진다.

현재 생분해 어구 보급률(8.7%)에서 수산자원 증대효과는 36,287백만원으로 분석된다. 전체 자망 및 통발의 10%, 20%, 30%를 생분해 어구로 사용하였을 경우, 각각 41,709백만원, 83,419백만원, 125,128백만원의 수산자원 증대효과가 나타날 것으로 분석되었다(Table 5).

이는 생분해 어구가 바다 속에 유실되거나 버려지더라도 물과 이산화탄소로 완전 분해되기 때문에 생분해 어구 사용이 확대되면 유령어업 발생이 감소함에 따라 나타나는 효과로, 전체 자망 및 통발을 생분해 어구로 사용하였을 때에는 수산자원 증대효과가 417,095백만원에 달할 것으로 분석된다.

어획효율성 증대효과

생분해 어구의 사용에 따른 어획효율성 증대효과는 앞선 분석과 같이 어구의 특성에 따른 효율성 증대이다.

현재 생분해 어구 보급률(8.7%)에서 어획효율성 증대효과는 3,979백만원으로 분석된다. 전체 자망 및 통발의 10%, 20%, 30%를 생분해 어구로 사용하였을 경우, 각각 4,574백만원, 9,146백만원, 13,720백만원의 어획효율성 증대효과가 나타날 것으로 분석되었다(Table 6). 이는 생분해 어구 사용시 발생되는 어획물 선별 및 작업시간 단축 등으로 인해 해상에 머무는 시간을 단축할 수 있어 발생하는 효율성 증대로, 전체 자망 및 통발을 생분해 어구로 사용하였을 때에는 어획효율성 증대효과가 45,734백만원에 달할 것으로 분석된다.

생분해 어구 보급 확대에 따른 경제적 효과

생분해 어구 사용에 따른 효과는 해양생태계 보전, 어획효율성 증대, 수산자원 증대 등의 직접적인 효과로 분석할 수 있다(Table 7). 현재 생분해 어구 보급률은 8.7%로 미비한 수준이지만 이에 따른 해양생태 보전효

Table 5. Augmentation effect of fishing resource of biodegradation mandatory in total gill net and trap

Factor	Ghost fishing scale in fishing product scale (million won)	Penetration rate (%)			
		8.7 (current)	10	20	30
Gill net	271,114	23,587	27,111	54,223	81,334
Trap	145,981	12,700	14,598	29,196	43,794
Augmentation effect of fishing resource (million won)		36,287	41,709	83,419	125,128

Table 6. Augmentation effect of fishing efficiency biodegradation mandatory in total gill net and trap

Factor	Average fishing porduct costs (million won)	Penetration rate (%)			
		8.7 (current)	10	20	30
Gill net	2,711,142	2,586	2,973	5,945	8,918
Trap	1,459,811	1,393	1,601	3,201	4,802
Augmentation effect of fishing efficiency (million won)		3,979	4,574	9,146	13,720

Table 7. Economic effect of biodegradation mandatory in total gill net and trap

Factor	Penetration rate (%)			
	8.7 (current)	10	20	30
Conservation effect of the marine ecosystem (million won)	5,666	6,512	13,025	19,537
Augmentation effect of fishing resource (million won)	36,287	41,709	83,419	125,128
Augmentation effect of fishing efficiency (million won)	3,979	4,574	9,146	13,720
Total economic effect (million won)	45,932	52,795	105,590	158,385

과 5,666백만원, 수산자원 증대효과 36,287백만원, 어획효율성 증대효과 3,979백만원으로, 생분해 어구 사용에 따른 경제적 효과는 45,932백만원으로 분석되었다.

전체 자망 및 통발에서 생분해 어구 보급이 10%로 확대 될 경우, 해양생태 보전효과 6,512백만원, 수산자원 증대효과 41,709백만원, 어획효율성 증대효과 4,574백만원으로, 생분해 어구 사용에 따른 경제적 효과는 52,795백만원으로 분석되었다.

전체 자망 및 통발에서 생분해 어구 보급이 20%로 확대 될 경우, 해양생태 보전효과 13,025백만원, 수산자원 증대효과 83,419백만원, 어획효율성 증대효과 9,146백만원으로, 생분해 어구 사용에 따른 경제적 효과는 105,590백만원으로 분석되었다.

전체 자망 및 통발에서 생분해 어구 보급이 30%로 확대 될 경우, 해양생태 보전효과 19,537백만원, 수산자원 증대효과 125,128백만원, 어획효율성 증대효과 13,720백만원으로, 생분해 어구 사용에 따른 경제적 효과는 158,385백만원으로 분석되었다.

결 론

우리나라 연근해에서 유실어구와 폐어구로 인한 유령어업으로 연간 약 3,800억원의 수산물 피해가 발생하는 것으로 추정되고 있다(MOF, 2016). 유령어업 저감을 위해 물과 이산화탄소로 완전 분해되는 생분해 어구 개발 연구가 진행되어 자망과 통발 어업에 보급 중에 있으나, 현재 보급률은 8.7%로 미비한 실정이다.

최근 전 세계적으로 해양 쓰레기, 해양 플라스틱 문제가 심각해짐에 따라 이를 해결하기 위한 다양한 방안이 제시되고 있으며, 생분해 어구 사용이 하나의 대안으로 제시되고 있다. 본 연구에서는 생분해 어구 보급 확대에 따른 경제적 효과를 해양생태계 보전, 수산자원 증대, 어획효율성 증대 등의 직접적인 효과로 분석하였다. 전체 자망 및 통발에서 생분해 어구 보급이 10%, 20%, 30%로 확대됨에 따라 52,795백만원, 105,591백만원, 158,386백만원의 경제적 효과가 발생하는 것으로 분석되었고, 생분해 어구 사용이 의무화가 되어 보급이 100%로 확대될 경우 527,953백만원의 경제적 효과가 발생하는 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 생분해 어구 사용에 따른 효과만으로 경제성 분석을 실시하였으나, 추후 연구에서는 수산자원의 미래 가치 보전, 폐어구 저감으로 인한 조업시간 증대, 폐어구에 의한 어구훼손 방지로 인한 어획량 증대 등 유령어업 방지로 인한 간접효과에 대한 분석도 필요하다. 또한 생분해 어구 사용으로 유령어업이 방지되어 보호된 수산 자원의 장기적인 자원증대 효과에 대한 연구를 통해 생분해 어구의 보급 확대뿐만 아니라 사용의무화에 따른 경제적 효과를 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 2019년도 국립수산과학원 수산과학연구사업(R2019014)의 일환으로 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. (DOI:10.1111/j.1444-2906.2007.01409.x).

Ayaz A, Acarli D, Altinagac U, Ozekinci U, Kara A and Ozen O. 2006. Ghost fishing by monofilament and multifilament gillnets in izmir bay, Turkey. Fish Res 79, 267-271. (DOI:10.1016/j.fishres.2006.03.029).

Bae BS, Cho SK, Park SW and Kim SH. 2012. Catch characteristics of the biodegradable gill net for flounder. J Kor Soc Fish Tech 48(4), 310-321. (DOI:10.3796/KSFT.2013.49.2.095).

Brown J and Macfadyen G. 2007. Ghost fishing in European waters: Impacts and management responses. Marine Policy 31, 488-504. (DOI:10.1016/j.marpol.2006.10.007).

Greenpeace Germany. 2019. Ghost gear: The abandoned fishing nets haunting our oceans. 1-8.

Jung DJ and Chang JS. 2017. Valuing traffic noise cost based on the damage cost approach. J Kor Soc Transp 35, 292-306. (DOI:10.7470/jkst.2017.35.4.292).

Kim SH, Park SW and Lee KH. 2014a. Fishing performance of an Octopus minor net pot made of biodegradable twines. Turk J Fish Aquat Sci 14, 21-30. (DOI: 10.4194/1303-2712-v14_1_03).

Kim SH, · Park SW and Lee KH. 2014b. Fishing performance of environmentally friendly tubular pots made of biodegradable resin (PBS/PBAT) for catching the conger eel *Conger Myriaster*. Fish Sci 80, 887-895. (DOI: 10.1007/s12562-014-0785-z).

Kim SH, Kim PK, Lim JH and Suuronen P. 2016. Use of biodegradable driftnets to prevent ghost fishing: physical properties and fishing performance for yellow croaker. Animal Conservation 19, 309-319. (DOI:10.1111/acv.12256).

Kim SH, Kim PK, Jeong SJ, Bae JH, Lim JH and Oh WS. 2018. Fishing performance of a coastal drift net in accordance with materials of the environmentally-friendly biodegradable net twine. J Kor Soc Fish Tech 54, 97-106. (DOI:10.3796/KSFOT.2018.54.2.097).

National Federation of Fisheries Cooperatives (NFFC). 2018. Fishery management survey report. 1-195.

Ministry of Oceans and Fisheries (MOF). 2016. A study on the analysis of regulation costs and benefits in maritime and fisheries sector. 1-175.

Ministry of Oceans and Fisheries (MOF) and Korea marine Environment Management Corporation (KOEM). 2017. Marine debris management report. 1-89.

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. (DOI:10.3796/KSFT. 2007.43.1.028).

Park SW, Kim SH, Choi HS and Cho HH. 2010. Preparation and physical properties of biodegradable polybutylene succinate/polybutylene adipate-co-terephthalate blend monofilament by melt spinning. J Kor Soc Fish Tech 46, 257-264. (DOI:10.3796/KSFT.2010.46.3.257).

2019. 11. 04 Received
2019. 11. 14 Revised
2019. 11. 19 Accepted