

생분해성 대게 자망 시범사업의 경제성 분석

박성쾌* · 박성욱 · 권혁준

부경대학교 해양산업경영학부, ¹국립수산과학원 수산공학과

Economic analysis of biodegradable snow crab gill net model project

Seong-Kwae PARK*, Seong-Wook PARK¹ and Hyeok-Jun KWON

Faculty of Marine Business & Economics, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹Fisheries Engineering Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

The main purpose of this research is to analyze economic feasibility of biodegradable sonw crab gill net model project. The results of benefit/cost analysis show that use of the biodegradable gear is economically feasible. Assuming that the rate of gill net lost is 5 percent, net present value was estimated 311,898,282 – 590,533,375won, benefit-cost ratio 1.816 – 1.923 and internal rate of return 7.96 – 10.59%. The development and diffusion of biodegradable fishing gear appear to make a significant contribution to fisheries resource conservation and marine ecosystem protection. In addition, biodegradable gear production firms may have a good opportunity of exporting it to other coastal states, depending on the progress of WTO subsidy negotiation.

Keywords: Benfit-cost analysis, Biodegradable, Gill net, Conservation, Ecosystem

서 론

해양환경과 해양생태계 그리고 수산자원에 대한 지구적 관심은 1972년 스톡홀름 선언과 동년 폐기물 및 기타물질의 투기에 의한 해양오염 방지에 관한 협약(런던 협약)에 의해 높아졌으며, 1992년 환경과 개발에 관한 리우선언, 의제 21을 통해 보다 구체화 되었다. 이어서 1995년

세계무역기구 탄생과 유엔식량농업기구(FAO)의 책임있는 어업규칙 제정, 2002년 세계 지속가능 발전 정상회의 요하네스버그 선언 등을 거치면서 점차 국제·국가 시행계획이 수립·시행되고 있다.

수산업 등 1차 산업은 여타 어떤 산업 보다 자연환경의 영향을 받고 공익 문제와 밀접한 연관

*Corresponding author: skpark@pknu.ac.kr, Tel: 82-51-629-5958, Fax: 82-51-629-5953

성을 지닌다. 그 공익적 기능과 역할이 크고, 그 역할의 확대가 새로운 환경친화적 기술개발에 의해 뒷받침되어야 한다는 사실을 고려할 때, 1차 산업부문에 대한 공공 R&D 투자는 환경친화적 연구기술개발을 확대·심화하는 방향으로 중대될 것으로 보인다.

한국의 경우, 해양환경과 해양생태계 보존을 통해 수산자원의 지속성 유지와 지속가능한 수산업 발전을 위한 환경 친화적 정책이 수립·시행되고 있다. 이는 중요한 정책전환이며, 친환경 양식 배합사료, LED 집어등, 생분해성 어구의 개발 및 보급 등은 친환경 수산정책을 뒷받침하는 친환경 수산 기술개발을 상징적으로 보여준다. 사실, 어구의 해양 유실과 그로 인한 유령어업 증가 그리고 해양 저층환경훼손은 한국뿐 아니라 전 세계적으로 해양환경 및 생물자원 보존에 중요한 제약요인이 다(Ayaz et al., 2006; Revill and Dunlin, 2003; Park et al., 2006, 2007a,b). 어구의 유실과 해양투기가 감소되지 않고 지속적으로 증가하는 이유는 해양생물자원과 해양환경이 지닌 이른바 공유성의 특징에 기인한다. 환언하면, 해양환경과 해양생물자원의 관리는 공공 영역에 속해있는 반면 수산자원이 용은 사적 영역에 놓여있기 때문이다.

그렇다면 이와 같은 중요하고도 심각한 어구 해양 유실 및 투기문제를 어떻게 해결할 것인가·광역적으로 해저에 누적·분포되어 있는 폐어구 등 해양쓰레기 문제를 해결할 수 있는 방법은 크게 두 가지가 있을 수 있다 그 중 하나는 해저에 침체되어 있는 폐어구 및 쓰레기를 수거·처리하는 것이고, 다른 하나는 해저에서 자연 분해되는 어구를 개발·보급하는 것이다. 그러나 그들을 수거·처리하는 데는 높은 비용이 소요되고 그 효과도 불확실하기 때문에 최근 생분해성 어구의 개발·보급이 이루어지기 시작했다. 생분해성 어구는 일정 기간이 경과하면 해양저층에 서식하는 박테리아에 의해 자연분해되기 때문에 폐어구에 의한 유령어획과 해양 저

층환경 파괴문제를 효과적으로 완화하는데 기여할 수 있다.

그러나 생분해성 어구의 개발은 막대한 자금이 소요되며, 불확실성으로 인해 민간부문은 투자를 주저하는 경향이 있다. 또한, 생분해성 어구는 기존의 나일론 어구보다 가격이 크게 높기 때문에 생산비에 민감한 어업인의 입장에서는 생분해성 어구의 사용을 수용하기가 쉽지 않다. 이런 문제는 일반적으로 친환경 신기술제품의 개발과 보급을 어렵게 하는 제약요인으로 작용한다. 이런 제약요인을 완화하기 위해 국립수산과학원은 2002년 생분해성 어구의 개발에 착수하여 2006년에 완료하였고, 2007년부터 생분해성 어구의 보급을 위하여 생분해성 대개 자망 가격과 나일론 대개 자망 가격의 차이만큼 보조금을 지급함으로써 동해안 울진지역 대개어업을 대상으로 시범사업을 추진하였다.

생분해성 어구에 대한 보조금은, WTO를 중심으로 OECD, FAO 등 주요 수산관련 국제기구의 보조금 논의에서 보듯이, 환경의 개선·유지와 자원의 보호·증대에 관한 보조금으로써 허용보조금으로 분류 될 수 있다. 이는 현재 수산부분 보조금을 허용보조금으로 전환해 갈 수 있는 중요한 기회가 될 수 있으며, 해양환경을 보존하기 위한 친환경 수산기술 개발에 정부의 보조금 지원이 확대될 수 있음을 의미한다.

그러나 정부의 공공 R&D 투자에 따른 효율성에 대한 문제가 지속적으로 제기됨에 따라 그 역할과 효과에 대한 평가의 필요성이 대두되었다. 생분해성 어구의 경우 정부에서 기술 개발을 위해 투자하고, 보조금을 지급함으로써 보급되고 있기 때문에 그 효율성에 대한 평가 및 어구의 보급·확대를 위해 경제성 분석이 이루어질 필요가 있다.

생분해성 어구 경제성에 관한 연구는 국내·외를 막론하고 거의 이루어지지 않았지만, 기술개발 또는 공공투자에 대한 경제성 분석은 광범위하게 이루어졌다. 공공투자에 대한 경제적·

정책적 분석을 위해 가장 효과적인 방법으로 비용·편익 분석을 들 수 있다(KDI, 2004). 비용·편익 분석은 1950년 미국『The Green Book』을 통해 처음 소개되었으며, 이후 많은 나라에서 기술개발 등 공공투자 정책에 대한 비용·편익 분석이 이루어졌다. 우리나라의 경우 KDI(1999)에서 경제적 타당성 분석을 위한 지침서를 최초로 발간했다. 최근 Bae(2000)는 두 도시 간 도로시설 확장 투자사업의 경제적 타당성을 분석하였으며, Kim(2006)은 영남권 화훼종합유통단지 조성사업에 대한 타당성을 분석하였다. Han et al.(2009)은 임대형 민자사업(BTL)을 통한 도시의 하수관거 정비사업의 경제적 타당성과 정책적 타당성을 검증하였다. 그러나 비용·편익 분석 연구는 일반적으로 비용과 편익의 범위 결정, 사회적 할인율 선택, 자료의 가용성 등으로 인해 그 자체로 상당한 한계를 지닌다.

이상의 관점에서 본 연구는 생분해성 대개 자당 시범사업이 이루어진 울진지역 대개 자당어업을 대상으로 비용·편익을 통한 경제성을 분석하는 데 주된 목적을 두고 수행되었다. 또한, 생분해성 어구의 개발 배경 및 어구 사용실태와 비용·편익 등에 대한 분석 결과를 바탕으로 생분해성 어구의 보급·확대를 위한 정책함의를 도출하고자 하였다.

재료 및 방법

비용·편익 분석법

한정된 투자자원을 여하히 효율적으로 사용할 수 있는가 하는 점이 비용·편익 분석에 있어서 가장 중요한 관심사항이며, 이를 위해 충분한 분석과 합리적인 선택이 요구된다. 특히 국가적인 차원에서 정해진 공공목표를 달성하기 위하여 예상되는 여러 대안들 각각의 비용과 편익을 측정하고, 비교 평가하여 최선의 대안을 도출하는 기술적 방법이 요구되는데 이는 공공사업의 경우 가장 중요시 된다. 사업에 있어서 편익이란 기본적으로 소비자의 편익을 증가시키는 효과

를 말한다. 소비는 모든 경제활동의 목적이고 동시에 생산의 목적이기 때문이다. 일반적으로 경제학에서 말하는 비용이란 기회비용을 의미하며, 비용과 편익은 부호만 다를 뿐 내용은 동일하다.

비용과 편익의 판별을 위해서 사업 효과를 사업의 유무에 따라 비교해야 한다(KDI, 2004). 예컨대, Fig. 1은 어떤 사업에 의해 어획량을 증가시키는 경우를 예시적으로 보여주고 있다. AB는 사업이 없을 경우 해양오염으로 어획량이 줄어들고 있다. AD 경우 해양환경을 개선하는 사업을 시작함으로 기대되는 어획증대 추세선이다. 단순히 사업 전과 후를 비교할 경우 어획량 증대는 20톤에 불과하다. 그러나 미래에 사업이 없을 경우(without)와 있을 경우(with)를 비교하면 어획량 감소로 인한 20톤까지 편익으로 전환되어 △ABD가 사업을 통한 실질적 편익이다.

사업에 있어서 이를 평가하고 경제적 타당성을 분석하기 위해서는 할인율 및 분석기간의 선택은 매우 중요하다. 할인율과 분석기간에 따라 평가결과가 달라질 수 있으며, 이는 정책대안들의 우선순위가 달라질 수 있기 때문이다. 비용과 편익은 일시에 발생하는 것이 아니라 수년 또는 장기에 걸쳐 발생하기 때문에 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 비교할 필요가 있다. 편익 또는 비용을 현재가치로 환산한다는 것은 현재 가치로 할인한다는 의미이며, 이 때 적용 되는 이자율을 할인율이라고 한다.

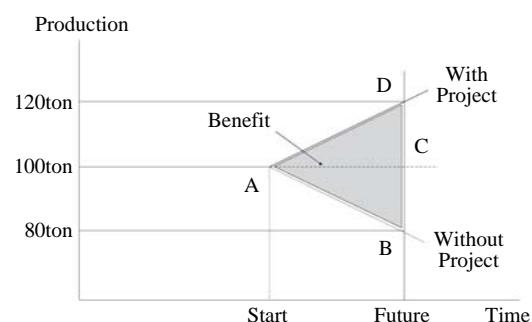


Fig. 1. Conceptual benefit with or without project.

일반적으로 할인율의 종류에는 시장이자율, 정부공채이자율, 기업할인율, 사회적 할인율이 있다. 그러나 할인율의 결정에 있어서 명확한 판단을 내리기가 쉽지 않다. 외국의 경우를 살펴보면 미국은 민간투자에 대해서는 7%, 정부의 내부투자의 경우 국채이자율로 할인할 것을 제안하고 있다(OMB, 1992). 영국은 20년 이내의 경우 3.5%, 30년 이상 75년 이내 사업에 대해서는 3%를 제시하고 있다(HM Treasury, 2003). EU는 장기 채권의 실질 수익률의 약 두 배인 5%를 정하고 있지만, 각 지역·국가 간, 행정 기관별로 분석 방법론상의 차이가 존재하기 때문에 EU 평균 성장을 2.5~3%를 선호하고 있다. 호주는 국채의 기대 실질이자율인 4%를 사회적 할인율로 제안하고 있다(BTE, 1999).

위와 같이 할인율의 결정에 있어서 명확한 판단을 하기란 쉽지 않다. 적정할인율에 대한 생각들은 주관적인 선택의 문제이기 때문이다. 완전자본시장 할인율은 사회적 시간선호율, 민간부문의 한계투자 수익률, 공공부분의 기회비용, 소비자이자율, 생산자이자율 및 시장이자율 등이 모두 동일하지만, 실제로 시장은 불완전성과 위험도의 상이성이 존재하기 때문에 할인율의 수준은 각기 다르다.

정책에 대한 경제성 분석 시 할인율은 크게 두 가지 차원에서 주의를 기울일 필요가 있다. 첫째, 분석 시 미래의 현금 유입과 유출에 따른 할인율의 적용에 있어서 일관성을 유지할 필요가 있으며, 둘째, 선택의 기준과 예상 인플레이션율(expected inflation rate)을 반영하는 방법에 대한 것이다. 첫 번째의 경우 우리가 관찰할 수 있는 시장이자율이지만, 이는 실질이자율이 아닌 명목 이자율이라는 점이다. 두 번째는 예상 인플레이션이 반영될 경우 안정성이 떨어지기 때문에 장기 평가에는 적절하지 않다고 할 수 있다. 따라서 상대적으로 민감성이 낮은 무위험 이자율이 이용되며, 일반적으로 은행 예금금리와 국공채 이자율이 채택된다. 그러나 은행 예금금리의

경우 장기할인율로 이용하기가 어렵기 때문에 일반적으로 장기적으로 안정적인 국공채 수익률이 할인율로 채택된다.

본 연구에서는 생분해성 자당의 경우 장기간에 걸쳐 그 효과가 발생하고 시장은 행 이자율은 단기적이고 불안정한 성격이 강하기 때문에 안정적인 무위험 할인율로 고려될 수 있는 10년 만기 국공채 2000~2007년 평균치인 5.6%를 할인율로 적용하였다. 또한, 일반적으로 경제적 타당성 조사에서 편익이 발생하는 기간은 사업 후 30년으로 설정하기 때문에 생분해성 대개 자망 시범사업의 분석기간도 30년으로 하였다.

비용·편익 분석을 위한 방법으로는 순현재 가치법(Net Present Value: NPV), 편익비용 비율(Benefit · Cost Ratio: BCR), 내부수익율(Internal Rate of Return: IRR) 세 가지를 활용하여 경제적 타당성을 평가하게 된다.

NPV는 사업시행으로 인해 장래에 발생하는 연차별 편익 및 비용을 기준시점으로 현재가치화 한 편익의 합에서 비용의 합을 뺀 개념이다. 여기서 B 는 편익, C 는 비용을 나타내며, r 은 과거와 미래의 가격을 현재가치로 환산하는 할인율, n 은 사업기간을 나타낸다. 현재 가치화된 편익(PB)이 비용(PC)보다 클 경우($NPV > 0$) 경제성이 있음을 의미한다.

$$NPV = \frac{(B - C)_0}{(1 - r)^0} + \frac{(B - C)_1}{(1 + r)^1} + \dots + \frac{(B - C)_n}{(1 + r)^n}$$

$$= \sum_{i=0}^n \frac{(B - C)_i}{(1 + r)^i} \quad n = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

그러나 이 경우 사업의 규모에 대한 표준화가 되어있지 않기 때문에 대규모 사업이 소규모 사업에 비해 큰 순 현재 가치를 발생하게 되어 유리하게 평가되는 경향이 있다. 이로 인해 NPV는 규모의 문제를 수용할 수 없다는 단점이 있다.

BCR은 현재가치화법과 연관된 다른 평가방법으로 편익비용 비율(BCR)을 통해 사업의 경제적 타당성을 판단할 수 있다. 여기서 현재가치

에 따른 편익비용 비율로 $BCR \geq 1$ 인 경우 사업의 경제성이 있다고 판단한다.

$$BCR = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{B_n}{(1+r)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_n}{(1+r)^n}} \quad n=0,1,2,\dots,n \quad (2)$$

BCR 은 사업의 경제성을 판단하는데 명확한 기준을 제시해주기는 하지만, 재투자 비용이 발생하는 사업을 평가할 경우, 재투자 비용을 비용으로 산정할 것인지 혹은 음의 편익으로 산정할 것인지에 따라 다른 값을 가지게 된다.

IRR 은 사업에 있어서 사업이 원만하게 진행된다고 할 때 그 사업으로부터 기대되는 예상수익률로써 그 사업의 NPV 를 0으로 하는 할인율을 의미한다. IRR 이 사회적 할인율보다 높으면 ($IRR > r$), 그 사업은 타당성이 있는 것으로 평가된다. IRR 은 일종의 이익률 개념으로 내부수익률이 높을수록 사업의 타당성도 그만큼 높아진다. 그리고 이는 사업이 서로 독립적인 관계를 가지고 있을 경우에만 적용될 수 있는 기준이다.

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{(B - C)_n}{(1 - IRR)^n} - (B - C)_0 \quad n=1,2,\dots,n \quad (3)$$

IRR 은 결과가 사업규모에 영향을 받지 않는다는 장점이 있으나 사업의 규모가 다양한 경우 적절한 기준을 제시 못한다는 단점도 있다. 또한 평가과정과 결과를 이해하는데 용이하지만, 수익률이 극히 높거나 낮은 경우 계산이 어려운 단점을 지닌다. 사업의 경제적 타당성의 유·무 판단기준으로서 어느 한 기준에 의존하는 것은 어려우며, NPV , BCR , IRR 세 가지를 모두 적절하게 고려한 후 평가하는 것이 바람직하다.

데이터

편익을 산출하기 위해 2000 – 2005년까지 울진군 해양폐기물 처리사업의 수거량과 사업비용 및 동해지역 폐어구 분포량 조사자료를 활용하였다. 생분해성 어구의 경우 해양오염을 완화

함으로써 해양환경 및 수산자원을 보존할 수 있다. 그러나 어업인들 입장에서는 상대적으로 크게 비싼 생분해성 어구를 사용할 이유가 없기 때문에 환경오염이라는 시장실패가 일어나게 된다. 일반적으로 나일론 어구 사용시 어구의 분실 또는 유실로부터 해양환경오염 및 유령어획으로 인해 어업자원의 지속성 등에 부정적인 영향 즉, 부정적 외부효과를 발생시키게 되며, 이는 사회적 비용을 증가시키는 원인이 된다. 생분해성 어구도 유실 후 최소한 1년 동안은 나일론 어구와 같이 유령어획 피해가 발생할 수 있지만, 21개월 후부터 분해가 시작되기 때문에 수산자원, 해양저서생태계 등에 대한 해양오염 영향이 완화될 수 있고 그에 따른 사회적 편익이 증가될 수 있다. 생분해성 대개 자망 사용으로 인한 편익은 생분해성 자망의 사용으로 인해 나일론 자망을 해저로부터 수거·처리하는 비용의 절감 효과를 편익으로 환원할 수 있다.

Table 1은 침체어구의 종류에 따른 종류별 단위면적 당 중량 및 비율을 나타낸 것이다. 동해안에서 주로 사용되는 대개어구는 통발과 자망이며, 100m²당 분포량을 보면 통발은 1.8개, 자망은 0.38쪽으로 조사되었다(NFRDI, 2007). 통발 한 개당 무게를 0.6kg, 자망 한 쪽 당 무게를 20kg라면, 자망이 차지하는 무게는 9.18kg으로 총 중량에서 78.5%를 차지한다.

울진군에서 시행한 침체어망 인양사업 중 인양된 중량과 비용을 Table 2에 나타내었다. 비율과 무게를 이용하여 전체 침체어망 인양중량 중

Table 1. Bottom-stay net scrap distribution · density · estimation

Category	Trap	Gill Net	Other
Density(g/m ²)	0.11	0.68	0.10
Weight	0.6kg/EA	20kg/panel	
Distribution	1.8EA/100m ²	0.38pok/10m ²	1kg/100m ²
Reduced quantity(kg)	1.08	9.18	1
Distribution ratio(%)	11.16	78.51	10.33

1 panel = number of horizontal mesh number of vertical mesh (mesh size)
= 2,530 × 17 (240mm)

자망이 차지하는 비율에 따라 사업량 및 집행비를 추정하면 Table 3과 같으며, 자망 1kg당 인양·처리비 용은 2,638.3원이다. 이를 대개자망 1폭 당 무게에 따라 인양·처리 비용을 계산하면, $2,638.3\text{원} \times 20\text{kg} = 52,766\text{원}$ 이고 이는 생분해성 어구를 사용함으로써 절약할 수 있는 금액이다. 이는 생분해성 대개 자망 사용에 따른 적접적인 편익으로 환산될 수 있다.

생분해성 대개 자망에 의한 유령어획 감소 효과는 유실 후 분해가 시작되는 2년 동안 일반 나일론 어구와 같이 유령어획률을 보이게 된다. 이는 침체 어구에 의한 유령어획 피해기간은 해저 환경(조류, 저질상태)에 따라 상이하며, 짧게는 1년에서 길게는 7년간 계속되기 때문에 나일론 자망과 생분해성 자망 간 유령어획 영향 차이를 명확하게 구분하여 측정하기는 현실적으로 쉽지 않다(Erzini 1997; Santos et al., 2003). 그러나 나일론 어구는 장기간에 걸쳐 해양저서생태계에 지속적인 피해를 초래하지만, 생분해성 자망의 경우 2년 후부터 분해가 시작되고, 그 후 서서히 완전 분해되기 때문에 대개의 면이가 되는 새우, 갯지렁이 등 해양저서생태계에 긍정적인 영향을 줄 수 있고, 궁극적으로는 전체 면이사슬의

지속성을 회복·유지함으로써 대개 자원을 증대시킬 수 있다.

비용 산정에 있어서 가장 먼저 고려되는 것은 초기투자비 용인데, 생분해성 어구의 연구 개발은 2002년부터 2006년간 이루어 졌으며, 총 사업비(860,732,000 원)를 비용으로 산정하였다. 생분해성 대개 자망의 사용 기간에 나일론 어구를 혼합하여 사용할 경우에는 나일론 어구의 사용에 따른 침체어망 인양·처리 비용이 어구 비용으로 환산된다. 생분해성 대개 자망 시범사업의 보조금에 대한 비용은 정부의 입장에서는 지출이지만 어업인들의 입장에서는 편익으로 환원되기 때문에 이전지출에 해당된다. 따라서 보조금은 종국적으로 비용과 편익으로 상쇄되기 때문에 비용으로 간주되지 않는다.

잔체 자망 사용량을 산출하기 위해 시범사업 대상지역인 경북 울진 생분해성 자망을 사용하고 있는 어선 60척을 대상으로 생분해성 대개자망(PBS)의 사용량과 일반 나일론 대개자망(PE) 사용량을 조사하였으며, PBS와 PE의 사용량을 척당으로 환산하여 시범 사업 대상 어선 124척에 대하여 추정된 전체 사용량은 Table 4와 같다. 전체 PBS 사용량은 30,628 폭, PE는 17,484 폭으로 추정하여 분석에 활용하였다.

결과 및 고찰

Table 4. Estimation of snow crab gill nets used in Uljin of Korea

	Survey	Quantity per ship	Total quantity
PBS(Pannel)	14,820	247	30,628
PE(Pannel)	8,460	141	17,484

Table 2. Estimation of collection and cost

Year	Collection(ton)	Cost(won)
2000	16.49	55,628,260.50
2001	84.01	230,399,371.50
2002	58.10	165,687,504.00
2003	420.81	582,361,271.70
2004	251.23	904,571,807.40
2005	185.28	741,651,152.82

Table 3. Estimation of snow crab gill nets used in Uljin of Korea

Year	Trap		Gill Net		Other	
	Collection(ton)	Cost(won)	Collection(ton)	Cost(won)	Collection(ton)	Cost(won)
2000	2.3	7,907,418	16.5	55,628,260	2.2	7,319,322
2001	11.9	32,750,694	84.0	230,399,371	11.1	30,314,935
2002	8.3	23,552,064	58.1	165,687,504	7.6	21,800,432
2003	59.8	82,781,197	420.8	582,361,272	55.4	76,624,531
2004	35.7	128,582,618	251.2	904,571,807	33.1	119,019,574
2005	26.3	105,423,855	185.3	741,651,153	24.4	97,583,192

비용 · 편의 분석 결과

비용 · 편의 분석을 위해 자당 분실률은 『2006년 생분해성 자당 · 통발 어구자재 개발 연구, 국립수산과학원』에 언급된 5%와 자체 조사를 통해 얻은 10%를 적용하여 분실량을 산정하였다.

그리고 보다 현실적인 분석을 위해 다음과 같은 가정을 설정하였다

(i) 생분해성 대개 자당 보급이 매년 5%씩 증가하여 일정 기간이 경과한 후 생분해성 대개 자당의 100% 보급이 이루어 진다. (ii) 자당의 사용량과 폐어구 kg 당 수거 · 처리 비용은 매년 단위 면적 당 일정하다. (iii) 생분해성 대개 자당은 21개월 이후 분해가 시작되기 때문에 3년 차부터

편의이 발생한다. (iv) 생분해성 어구와 나일론 자당의 CPUE의 차이는 Park. et al(2007)에 의해 유의한 차이가 없었으며, 설문조사에 의해 어민들이 느끼는 어획량 변동에도 차이가 없는 것으로 조사되었다. 따라서 생분해성 어구의 어획량은 매년 일정하다. 유령 어획에 의한 피해는 해양여전에 따라 1 ~ 7년 동안 무차별적으로 일어나기 때문에 분석에서는 고려하지 않았다.

나일론 자당은 분실에 의해 계속적인 처리 비용이 발생하게 되는 반면, 생분해성 자당은 일정 기간이 경과하면 완전 분해되기 때문에 수거 · 처리 비용은 편의으로 환산될 수 있다. 예컨대, 완전 분해기간을 3년으로 설정할 경우 2007년에

Table 5. Benefit-cost(lost rate: 5%, discount rate: 5.6%)

Year	Cost	Estimated PBS (Panel)	Estimated PE (Panel)	Lost PBS (Panel)	Lost PE (Panel)	Benefit(won)	Net benefit (won)
2007	860,732,000	30,628	17,484	1,531	874		- 860,732,000
2009	0	33,767	14,345	1,688	717	80,805,852	80,805,852
2011	0	37,229	10,883	1,861	544	89,088,452	89,088,452
2013	0	41,044	7,068	2,052	353	98,220,019	98,220,019
2015	0	45,252	2,860	2,263	143	108,287,571	108,287,571
2017	0	48,112	0	2,406	0	119,387,047	119,387,047
2019	0	48,112	0	2,406	0	126,933,890	126,933,890
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2034	0	48,112	0	2,406	0	126,933,890	126,933,890
2035	0	48,112	0	2,406	0	126,933,890	126,933,890
2036	0	48,112	0	2,406	0	126,933,890	126,933,890
PV	815,087,121					1,567,458,017	590,533,375

Table 6. Benefit-cost(lost rate: 10%, discount rate: 5.6%)

Year	Cost	Estimated PBS (Panel)	Estimated PE (Panel)	Lost PBS (Panel)	Lost PE (Panel)	Benefit(won)	Net benefit (won)
2007	860,732,000	30,628	17,484	3,063	1,748		- 860,732,000
2009	0	33,767	14,345	3,377	1,434	161,611,705	161,611,705
2011	0	37,229	10,883	3,723	1,088	178,176,905	178,176,905
2013	0	41,044	7,068	4,104	707	196,440,037	196,440,037
2015	0	45,252	2,860	4,525	286	216,575,141	216,575,141
2017	0	48,112	0	4,811	0	238,774,093	238,774,093
2019	0	48,112	0	4,811	0	253,867,779	253,867,779
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2034	0	48,112	0	4,811	0	253,867,779	253,867,779
2035	0	48,112	0	4,811	0	253,867,779	253,867,779
2036	0	48,112	0	4,811	0	253,867,779	253,867,779
PV	815,087,121					3,134,916,035	1,996,153,871

Table 7. Result of Economic Analysis.

Category	Lost rate 5%	Lost rate 10%
NPV(won)	590,533,375	1,996,153,871
BCR	1.923	3.846
IRR(%)	10.59	19.36

침체된 생분해성 자망은 침체 당시에는 처리비용을 수반하지만, 3년 후 완전 분해되어 4년 차인 2010년부터 더 이상 폐어구에 의한 해양생태계에 대한 피해가 발생하지 않기 때문에 그 이후로는 침체 어망에 대한 처리비용이 편익으로 전환된다. 따라서 생분해성 자망의 순편익은 나일론 자망의 사용과 비교하여 어구처리비용의 절감비용을 편익으로 추정할 수 있다. 생분해성 자망의 보급이 매년 5%씩 증가할 경우 2017년에는 전량 생분해성 자망으로 대체되고 이에 따라 생분해성 자망의 사용량 전체가 편익으로 환산될 수 있다. 분실율 5%와 10% 일 때 비용과 편익을 Table 5와 Table 6에 나타내었다.

식 (1), (2), (3)에 의해 위에서 언급한 분실율 5%와 10%에 대해 각각 비용·편익 분석 결과는 Table 7과 같다. 분석 결과 분실률을 5%와 10%로 설정 할 경우 NPV는 590,533,375 원과 1,996,153,871 원, BCR는 1.923과 3.846, IRR은 10.59%와 19.36%로 나타나, 모두 높은 경제적 타당성을 보였다.

민감도 및 기타 효과

사업시행에는 미래의 불확실성이 존재하고 있기 때문에 공공사업에 대한 타당성을 평가하기 위해서는 여러 변동사항을 미리 고려하여 분

석하는 것이 중요하다. 왜냐하면 이를 토대로 사전에 예방조치를 강구할 수 있고, 다양한 변동상황에 대하여 능동적으로 대처할 수 있기 때문이다. 이러한 분석을 민감도 분석이라 하며, 이는 비용·편익 분석에서 중요하다.

본 연구에서는 생분해성 어구의 분해기간이 매우 중요하기 때문에 생분해성 대개자망의 완전 분해 기간을 달리하여 그에 대한 민감도를 분석하였다. 5%와 10% 분실률에 따른 생분해성 대개 자망의 완전 분해기간은 각각에 대하여 3년, 4년, 5년 등 세 경우를 설정하여 민감도 분석을 실시하였으며, 분석결과는 Table 8과 같다. 5%의 분실율과 5년의 분해기간일 경우, BCR은 1.816, IRR은 8.70%를 나타났으며, 분실율 10%와 분해기간 2년일 경우 BCR은 3.846, IRR은 19.36%로 나타났다. 6가지 기준에서 생분해성 대개 자망의 경제성 분석결과, NPV, BCR, IRR의 값이 모두 높게 나타나, 생분해성 대개 자망 시범사업은 높은 경제적 타당성을 보였다.

이상과 같은 계량분석 외에도, 불확실하지만 정성적으로 나타날 수 있는 효과도 무시하기 어렵다. 해양생태계는 시·공간적으로 매우 다양하고 그에 따른 다양한 특성이 나타난다. 그리고 이는 유동적 물리·화학작용을 통해 상호 영향을 주고받는다. 그러나 이러한 동태적 생태계는 주로 인위적 스트레스에 의해 영향을 받게 되며, 그 결과 수산자원의 감퇴와 서식환경 파괴가 일어나게 된다. 현재 총허용어획량제도(TAC), 사용어구의 제한 등을 통해 수산자원을 보호하고 증대하기 위한 노력이 이루어지고 있지만, 이는

Table 8. Sensitivity analysis by degrading period and lost rate.

Lost rate	Category	Degrading period			
		2 years	3 years	4 years	5 years
5%	NPV(won)	590,533,375	492,550,815	339,765,300	311,898,282
	BCR	1.923	1.898	1.953	1.816
	IRR(%)	10.59	9.56	8.70	7.96
10%	NPV(won)	1,996,153,871	1,800,188,751	1,614,615,721	1,438,883,685
	BCR	3.846	3.778	3.707	3.631
	IRR(%)	19.36	17.01	15.24	13.83

부분적인 접근이며 생태계를 기반으로 하는 자원 관리의 필요성이 대두되고 있다(Jang, 2008).

생분해성 어구의 사용을 통한 자원 증대효과를 정량적으로 추정하기란 극히 어려운 일이다. 폐그물에 의한 유령어업은 심각한 피해를 주지만 이에 대한 정확한 추정과 판단에는 많은 기술적 한계가 있다. 그러나 환경 친화적인 생분해성 어구 사용의 자원증대효과를 예상하는 데는 의문의 여지가 없다. 지금까지 사용하고 있는 나일론 어구는 자연에서 분해되지 않는 플라스틱종류이다. 플라스틱류가 미세한 입자로 분해된다고 할지라도 이는 여과섬식을 하는 폐류나 해조류 등에 축적되어 먹이사슬을 통해 결국 이를 소비자의 인체에 축적된다. 또한 나일론 어구는 반영구적으로 분해가 되지 않으며, 어류들은 침체그물을 감지하지 못하기 때문에 유령어업의 피해는 상당할 것으로 예상된다. 그리고 유실된 어망은 해저 면을 덮어버림으로써 해양 저서동물에게 피해를 주게 된다.

그러나 생분해성 자망은 유실되더라도 바다에서 21개월 이후 분해가 시작되기 때문에 단기간의 피해를 감안하더라도 장기적으로는 해양 생태계에 긍정적 영향을 미칠 수 있다. 그리고 해양저서생태계의 회복으로 해양의 먹이사슬의 작용이 활발해지고 특히 소형갑각류, 패류, 다모류 등은 대개에게 중요한 먹이자원이기 때문에 회복된 생태계를 통한 대개자원 증대효과를 기대할 수 있다.

생태계의 회복으로 인한 자원증대 효과는 대개뿐만 아니라 다른 수산생물에도 영향을 미치게 된다. 특히, 소형어류나 갑각류 등 수산자원의 증가는 어민들의 생산성 증대를 가져올 수 있으며, 이를 통한 편익은 계량화하기 어렵지만, 그 효과는 광범위하게 나타날 수 있기 때문에 생분해성 어구사용의 과급효과는 적지 않을 것으로 예상된다. 이 외에도 해양환경정화는 관광자원으로써 간접적 편익을 창출할 수 있다. 울진지역은 대개의 주 생산지 중 한 곳으로 대개축제

등을 통해 관광수입 증대여전을 조성하고 있다. 이처럼 해양환경 개선을 통해 수산자원이 증대되고 이를 통한 관광자원의 개발은 생분해성 어구사용의 부가적 편익이라 할 수 있다.

생분해성 대개자망의 시범사업이 1년 밖에 이루어지지 않았기 때문에 편익과 비용을 정확하게 측정하는 데는 많은 기술적 한계가 있다. 정확한 편익을 추정하기 위해서는 장기간에 걸친 조사와 분석이 필요하고, 연구와 평가가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 보인다.

결 론

생분해성 어구의 개발은 환경친화적 어업발달을 위한 국제적 선언 및 규범을 그 배경으로 하고 있으며, 세계무역기구(WTO)의 규범, 즉 보조금·상계조치 협정(SCM)과 보조금 협상(subsidies negotiations)은 생분해성 어구 개발의 적절적인 동기가 되고 있다. 2006년까지 대개어업은 나일론 자망어구를 사용하였지만, 2007년 울진지역을 대상으로 한 생분해성 대개자망 시범사업이 성공적으로 이루어진 결과, 대개자망 어업인들의 큰 호응을 얻었다. 생분해성 대개자망의 시범사업은 단지 8억6천 여 만원의 개발비용을 투입함으로써 (i) 해저 폐어구(예: 나일론어구)의 수거 및 처리비용을 절약할 수 있게 되었고, (ii) 중장기적으로 해저 환경 및 생태계를 회복시키고 수산자원 회복에 기여할 수 있는 기반을 조성할 수 있다. 이를 뒷받침하는 증거로서 생분해 자망어구 사용에 따른 편익과 비용을 현재 가치로 환산한 비율(즉, 편익·비용 비율(BCR))과 내부수익률(IRR)을 계산한 결과 각각 1.816 – 3.846와 7.96 – 19.36%로 나타났다. 최저 NPV가 나타난 5% 분실율과 5년 분해기간을 적용한 경우 NPV는 3억 1천 만원으로 나타났다. 그러나 이는 생분해성 자망의 사용여선 124척에 대한 편익이고 향후 사업이 확대될 경우 규모에 대한 편익을 반영하지 못한다. NPV의 단점을 보완하기 위해 BCR과 IRR을 함께 추정하였는데,

BCR은 1.816으로 나타나 생분해성 어구의 초기 투자비용 8억 6천 만원의 1.8배 수준의 편익이 발생한 것으로 나타났고, IRR의 경우 7.96%로 할인율 보다 높은 수익률을 나타냈다. 분실율 10%를 가정할 경우 BCR과 IRR은 각각 3.631 – 3.846과 13.83% – 19.36%로 나타남에 따라 투자 수익은 3.6배에서 3.8배까지 발생하고, 수익률 또한 13% 이상이기 때문에 생분해성 자망 어구 개발·보급의 경제적 타당성이 높음을 보여준다.

본 연구의 결과는 생분해성 자망 어구 개발과 보급이 높은 경제성과 경제적 잠재력을 지니고 있음을 시사한다. 현재와 같이 나일론 어망의 단위 가격과 생분해성 자망의 단위 가격의 차이를 보전할 수 있는 보조금을 지금 할 경우, 생분해성 어구의 보급이 타 어업의 호응에도 긍정적 영향을 미칠 수 있고, 생분해성 어구의 전반적 보급·확대 또한 성공적으로 이루어질 수 있음을 보여준다. 특히, 생분해성 어구의 보급 확대는 나일론 어구에 의한 해양 생태환경 파괴를 근본적으로 완화할 수 있기 때문에 중장기적으로 해양생물 서식 환경과 수산자원을 보호함으로써 정부가 막대한 예산을 투입하여 적극적으로 추진하고 있는 자원회복정책에 보완적으로 기여할 수 있을 것으로 보인다. 또한 유엔식량농업기구(FAO, 1995, 2000) 등 국제수산기구는 환경친화적 어구의 개발 및 보급을 적극 권장하고 있고, 생분해성 어구개발은 바로 새로운 환경친화적 기술이다. 이러한 환경친화적 어구개발을 위한 보조금은 WTO/SCM상 허용보조금으로 분류되어 있기 때문에 우리나라에는 보조금 협상의 결과에 따라 생분해성 어구산업을 수출산업으로 육성할 수 있는 좋은 기회를 가질 수 있을 것으로 보인다. 본 연구는 생분해성 대개 자망의 사용에 따른 자원 증대 효과 등 직접적인 편익과 비용을 도출하지 못한 한계점을 지니고 있다. 본 연구가 이루어진 2008년은 생분해성 대개 자망 시범사업이 불과 1년 정도 시행되었기 때문에 편익과 비용을 정확하게 측정하는 데는 한계가 있다. 정확한 편익을

측정하기 위해서는 장기간에 걸친 조사와 데이터 축적이 필요하고, 이를 토대로 지속적인 연구와 평가가 이루어져야 할 것이다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원(생분해성 어구 경제성 평가, RP-2009-FE-013)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Ayaz, A.D. Acarli, U. Altinagac, U. Ozekinci, A. Kara and A. Ozen, 2006, Ghost fishing by monofilament and multifilament gill nets in izmir bay, Turkey. *Fisheries Research*, 79, 267 – 271.
- Bae, Y.J., 2000, On the feasibility analysis of public projects using benefit-cost analysis. *The Journal of Industrial Sciences*, 8, 21 – 31.
- BTE, 1999, Facts and furphies in benefit-cost analysis: Transport. BTE Report, 57 – 78.
- Erzini, K., 1997. An experimental study of gill net and trammel net ‘ghost fishing’ off the Algarve (shoutern Portugal). *Marine Ecology Progress Series*, 158(17), 257 – 265.
- FAO, 1995, Code of conduct for responsible fisheries. 1 – 41.
- FAO, 2000, Expert consultation on economic incentives and responsible fisheries, Final Draft. 3 – 7.
- Han, I.S., D.H. Chang, B.H. Woo and C.H. Lim, 2009, A study on feasibility analysis of sewer rehabilitation. *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 23(1), 89 – 96.
- HM Treasury, 2003, The Grean Book: Appraisal and Ebvaluation in Central Gverment. 97 – 100.
- Jung, D.J., 2008. An Economic analysis of agricultural water development: Icheon-si and Yeoju-gun. *Journal of Rural Development*, 31(1), 113 – 136.
- Kim, J.S., 2006, A feasibility analysis on the flower marketing complex in Yeoungnam region. *Korean Journal of Food Marketing Economics*, 23(3), 87 – 112.

- KDI, 1999, A study on standard of preliminary feasibility study(1st), 1 – 7.
- KDI, 2004, A study on standard of preliminary feasibility study / Revision?Complement(4th). 44 – 150.
- OMB, 1992, Guidelines and discount rates for benefit-cost analysis of federal programs. OMB Circular, No. A – 94.
- Park, S.J., Y.T. Kim, E.S. Hwang, 1998, A study on the proposed comprehensive fund system for agriculture administration. Korea Rural Economic Institute, 7 – 9.
- Park, S.K., K.N. Lee, H.J. Kwon and J.H. Jung, 2008, An economic analysis of biodegradable fishing gear model project. National Fisheries Research & Development Institute, 79 – 109.
- Park, S.W., C.D. Park, J.H. Bae and J.H. Lim, 2007, Catching efficiency and development of the biodegradable monofilament gill net for snow crab(*Chionoecetes opilio*). Journal of The Korean Society of Fisheries Technology, 43(1), 28 – 37.
- Park, S.W., H.C. Ahn, Y.S. Yang, J.H. Bae, B.J. Cha, K.H. Lee, E.C. Jung, H.W. Park, B.S. Bae, C.D. Park., S.K. Cho and H.Y. Kim,, 2006, Development of biodegradable fishing gear material for gill net and trap. National Fisheries Research & Development Institute, 21 – 28.
- Park, S.W., J.H. Bae, J.H. Lim, B.J. Cha, C.D. Park, Y.S. Yang and H.C. Ahn, 2007, Development and physical properties on the monofilament for gill nets and traps using biodegradable aliphatic polybutylene succinate resin. Journal of The Korean Society of Fisheries Technology, 43(4), 281 – 290.
- 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.
- Santos, M.N., H.J. Saldanha, M.B. Gaspar, C.C. Monterio, 2003, Hake(*Merluccius Merluccius* L., 1758) ghost fishing by gill nets off the Algarve(southern Portugal). Fisheries Research, 64, 119 – 128.
- UNEP, 1999, Fisheries and the environment: Fisheries subsidies and overfishing: Towards a structured discussion. 4 – 7.
-
- 2009년 10월 23일 접수
- 2009년 11월 9일 1차 수정
- 2009년 11월 16일 수리