

울산지역 해삼 종자방류사업의 경제적 효과 분석

곽석남 · 한지성* · 김두호** · 최종국*** · 신우철†

(주)환경생태공학연구원(대표) · *울인원진텍(대표) ·

한국수산자원공단(**센터장 · ***연구원) · †국립부경대학교(학생)

Analysis of Economic Effect of Sea Cucumber Seed Releasing Program in Ulsan

Seok-Nam KWAK · Ji Sung HAN* · Do Ho KIM** · Jong-kuk CHOI*** · Woo-Chur SHIN†

Environ-Ecological Engineering Institute Co., Ltd(ceo) · *All-In-One Gene Tech(ceo) · Korea Fisheries Resources

Agency(**center leader · ***researcher) · †Pukyong National University(student)

Abstract

This study aims to analyze the economic effect of sea cucumber seed releasing program in two fishing villages in Ulsan region. The economic effect of sea cucumber seed releasing program using the benefit/cost ratio method from 2020 to 2023, based on the data from field survey and recapture rate. The result showed benefit/cost ratio of 2.27 and 1.42, indicating that the seed releasing program was evaluated to be economically feasible. The sensitivity analysis results showed that higher market prices and recapture rates, as well as lower seed prices, lead to greater economic effect of sea cucumber seed releasing program in Ulsan.

Key words : Sea cucumber, Seed releasing program, Economic effect, Benefit/cost ratio method

I. 서 론

수산자원 조성을 위한 지속적인 방류로 인하여 방류품종의 유전적 다양성이 감소하고 열성화에 따른 생태계 교란 가능성이 제기되었으며(FIRA, 2023), 이에 따라 한국수산자원공단에서는 2011년부터 12개 품종에 대한 유전적 다양성 모니터링을 실시하고 있으며, 해양수산부에서는 방류종자 인증제 도입, 각 방류품종의 유전적 다양성 기준 마련, 방류용 종자생산관리 매뉴얼 및 유전자 검사 매뉴얼 제작 등의 수산종자방류 중장기 발전 방안을 마련하였다. 또한, 한국수산자원공단에서는 수산종자방류사업 가이드북을 제작 및 배포하

여 어업인 및 지자체에서 활용할 수 있도록 하였다.

울산광역시에서는 연안 수산자원 회복을 위해 해양 생태계 복원 사업, 수산생물 서식처 복원 사업 및 유용 수산자원 방류 사업 등을 지속적으로 추진하고 있다. 1996년부터 부가가치가 높은 정착성 수산 종자를 지속적으로 방류하고 있으며, 2023년까지 약 20,603백만원, 38,558천 마리를 마을어장 및 연안 해역에 방류하였다(Ulsan, 2024).

수산종자 방류사업의 경제적 효과에 대한 분석은 지금까지 다양한 방류품종을 대상으로 이루어져 오고 있다.

본 연구 주제인 해삼에 대한 선행연구로는

† Corresponding author : 051-757-0097, wcshin77@naver.com

※ 이 논문은 한국수산자원공단(2024년 울산광역시 수산종자 방류효과조사 사업)의 지원에 의해 연구되었습니다.

Park et al.(2013)은 경상북도 지역에서 2011년 방류된 해삼을 대상으로 제한된 해역에서 초기 방류량과 최종 채집된 표본의 비율로 구한 재포율을 30%와 평균 중량을 200g으로 가정하여 해삼 생산량을 산출하였다. 경제성 분석 결과, 경북지역의 해삼의 종자방류효과는 2.0배로 평가되었다.

또한, Lee and Choi(2022)는 2021년부터 2025년까지 시행되는 전라남도 해남군 해양생태계 서식지 개선사업(바지락, 해삼, 꼬막 방류 중심)의 경제성 분석을 실시하였다. 사회적 할인율은 한국개발연구원(KDI)에서 제시하는 4.5%를 적용한 결과, 편익비용비율(BCR)은 1.06배로 경제성이 있는 것으로 나타났다. 해삼의 경우 재포율을 55~60%로 가정하였을 경우 0.97~1.14배로 나타나 재포율이 56% 이하일 경우 경제성이 없는 것으로 나타났다.

선행연구에서 해삼은 재포율을 가정하여 경제성 분석을 진행한 것을 알 수 있다. 이와 같은 방법은 방류 품종의 혼획률 판정의 부정확성 등의 문제로 새로운 기술이 요구되었으며, 이를 보완하기 위해 DNA 마커를 이용한 유전자 분석 방법이 고안되었다. 그리고 최근에는 수산종자 방류사업의 효과 분석을 위한 방법으로 유전학적 특성 등을 반영한 연구가 다수 이루어지고 있다(Nam et al., 2019; FIRA 2022). 특히 한국수산자원공단의 경우 수산종자 방류효과조사를 위해 유전형 정보를 활용하여 방류품종의 혼획률 조사를 실시하고 있으며, 이를 기반으로 다양한 방류품종에 대한 경제성 평가를 실시하고 있다(FIRA, 2022, Hong and Kim, 2023). 또한, 최근 Kwak et al.(2025)의 연구에서는 경상북도 경주 지역에서 2019년부터 2022년까지 방류된 해삼을 대상으로 재포획 조사를 통해 표본을 수집하여 평균 중량을 측정하고, 유전형 분석을 통하여 혼획율을 계산하였다. 편익/비용기법을 활용하여 경제적 효과를 분석한 결과, 방류를 시작한 2019년을 제외하고 2020년 3.13배, 2021년 1.28배, 2022년 1.15배로 평가되었다.

본 연구에서는 울산광역시 지역에서 지속적으로 진행되고 있는 해삼 종자방류사업의 경제적 효과를 분석하였다. 정확한 분석을 위하여 유전형 분석을 통한 혼획률을 산정하고자 하였으며, 연도별 혼획률 산정을 위해서는 이전 연도의 방류산이 포함되어 있으므로 연도별 편익/비용비율의 과대추정을 방지하기 위하여 방류 비용 등을 누적하여 분석을 진행하였다. 또한, 어촌계 탐문조사를 통한 해삼 종자방류사업 실태 조사 및 경제적 효과를 분석하고자 하였다.

II. 연구 방법

본 연구에서는 울산광역시 동구 일산어촌계와 울주군 신암어촌계의 해삼 종자 방류 어장을 조사대상으로 하였다. 해삼 종자방류사업의 경제적 효과를 분석하기 위해서는 방류된 종자의 혼획률 조사가 필요하다. 혼획률 조사 결과를 기반으로 방류사업 현황 및 통계 자료를 활용하여 경제적 효과를 분석할 수 있다.

여기서 혼획률은 어획된 전체 어종 중에서 방류된 어종이 차지하는 비율을 의미하는 것으로, 일반적으로 방류된 어종에 대한 확인은 유전자 분석 등을 통해 가능하다(FIRA, 2022). 본 연구에서는 해삼에 대한 혼획률 파악을 위해 방류사업이 이루어진 어촌계 지역을 대상으로 한 현장 조사 결과를 활용하였다. 구체적으로 현장 조사에서는 해삼 종자 방류 지역인 일산 및 신암어촌계의 협조를 통해 시료를 확보하여 외부형질을 측정하고 유전형 분석을 실시하여 혼획률을 산출하여 경제성 분석에 활용하였다.

공공투자사업에 따른 경제적 효과를 평가하기 위해서 다양한 방법이 이용되지만, 일반적으로 편익/비용분석 기법(Benefit-Cost Ratio method)이 가장 널리 활용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 울산광역시 지역 해삼 종자방류사업의 경제적 타당성을 평가하기 위한

분석기법으로, 편익/비용분석을 실시하여 해삼 종자방류사업의 비용 대비 편익 효과를 검증하였다.

편익/비용분석 기법은 사업의 수행으로 인하여 발생하는 편익흐름의 현재가치를 비용흐름의 현재가치로 나눈 비율을 이용하여 경제성을 평가하는 방법을 의미한다. 즉, 사업 수행으로 인하여 여러 기간에 걸쳐 발생하는 편익과 비용을 적절한 사회적 할인율에 의해 일정 시점의 현재가치로 환산하여 비교하는 방법이다. 이에 대한 일반적인 평가기준은 해당 사업에 대한 편익/비용비율(B/C Ratio)이 '1' 이상으로 나타날 경우 경제적 효과 즉, 경제성이 있는 것으로 평가된다. 이때 편익은 방류 후 방류산 품종을 어획함에 따라 얻는 어획금액이라고 할 수 있으며, 비용은 방류사업의 사업비용을 의미한다.

방류사업의 편익을 산출하기 위해서는 해삼 종자의 방류량, 전체 확보 시료의 평균 중량, 혼획률, 그리고 시장가격 자료 등이 필요하고 방류사업의 비용은 실제 해삼 종자 방류사업을 위해 소요된 사업비 자료가 필요하다.

우선 편익을 산출하기 위하여 울산광역시의 최근 4개년 해삼 방류사업 자료를 <Table 1>과 같이 확보하였다. 동구 일산어촌계는 매년 상반기에 종자 방류를 실시하였고, 울주군 신암어촌계는 2020~2021년 상반기, 2022년 하반기에 종자 방류를 실시하였으며, 2023년에는 종자 방류가 실시되지 않았다.

다음으로 방류 종자의 전체 어획량 및 어획금액을 산출하기 위한 자료는 시료의 평균 중량 자료가 필요하다. 평균 중량 자료의 경우 확보한 시료 전체에 대한 중량을 측정하여 평균하였으며, 연도별 시료수는 동구 일산어촌계는 2020년 203마리, 2021~2023년 각 180마리, 울주군 신암어촌계는 2020년 120마리, 2021~2023년 각 180마리였다.

혼획률 산정을 위해서는 채포확조사를 통해 확보한 시료와 유전적 정보를 비교하기 위한 대상이 필요하다. 분석 비교 대상은 어미 정보가 있

<Table 1> Sea cucumber seed releasing program in Ulsan

Year	Date	Count	Cost(1,000 won)
Dong-gu Ilsan			
2020	19 June	37,500	15,300
2021	9 June	33,134	15,300
2022	23 June	52,445	15,300
2023	28 June	32,116	15,000
Ulju-gun Sinam			
2020	27 May	55,337	30,000
2021	10 June	74,704	36,000
2022	7 Dec	32,626	17,400
2023	-	-	-

Source : Ulsan(2024) and FIRA(2024)

으면 최대한 활용하였으며, 어미 정보가 없을 시 방류 종자 정보를 이용하였다. 동구 일산어촌계는 2020년 종자 50개체, 2021년 종자 100개체, 2022년 어미 189개체, 2023년 어미 120개체 및 종자 130개체의 정보를 확보하였고, 울주군 신암어촌계는 2020년 종자 50개체, 2021년 종자 100개체, 2022년 어미 189개체, 2023년 종자 30개체의 정보를 확보하였다. 연도별 혼획률 산출에 있어서 비교 대상 자료를 누적하여 활용하였으며, 방류가 이루어지지 않은 해에는 직전년도까지 자료를 활용하였다.

마지막으로 방류사업의 편익, 즉 방류산 어획금액을 산출하기 위해서는 해삼에 대한 시장가격 자료가 필요하여 통계청의 울산광역시 전체 생산 현황 자료를 활용하였다(<Table 2>).

<Table 2> Market price of Sea cucumber in Ulsan

Year	Catch (A) (ton)	Amount (B) (1,000 won)	Market price (B/A)
2020	14	193,277	13,806
2021	53	749,520	14,142
2022	29	375,321	12,942
2023	4	51,561	12,890

Source : Statistics Korea(2024)

경제성 평가를 위한 방류품종의 어획금액 산정은 먼저 전체 방류마리수에 혼획률을 곱하여 총 어획 마리수를 산출한 후 어획 마리수에 시료의 평균 중량을 곱하여 총 어획량을 산출하고, 여기에 시장가격을 곱하여 최종적으로 방류품종의 어획금액을 산출하였다. 그리고 분석에 활용한 비용의 경우 종자 방류사업에 소요된 사업비용을 한국개발연구원이 제시하는 사회적 할인율 4.5%를 적용하여 분석 시점별 현재가치로 환산한 금액을 적용하였다.

본 연구에서는 2020년부터 2023년까지 최근 4개년 간 이루어진 해삼 종자방류사업을 대상으로 경제적 효과를 분석하고자 한다. 2020년을 제외하고 2021~2023년 기간 혼획률은 이전 연도에 방류된 종자가 포함되어 있으므로 연도별 편익과

비용 계산 시 방류량 및 사업비는 연도별로 누적하여 활용하였다. 예를 들어, 2023년에 어획 조사한 표본에서는 2020년부터 2023까지 방류된 종자가 포함되어 있으므로 2023년도 기준 경제적 효과 산출 시 방류량 및 사업비는 4개년 합계치로 산정하였다(<Table 4, 6>).

추가적으로 특정 변수의 변화에 따라 경제성 분석의 결과의 변동을 확인하는 민감도 분석을 실시하였다. 본 연구에서 편익과 비용은 혼획률, 종자 가격, 시장가격, 재포획된 개체의 중량 그리고 사회적 할인율에 의해 영향을 받을 수 있다. 이 중 불확실성이 가장 큰 시장가격, 종자 가격 및 혼획률의 변화에 대해 2023년을 기준으로 경제적 효과의 변동을 확인하였다.

<Table 3> Recapture rate and weight by fishing investigation in Dong-gu Ilsan

Year	Number of total sample (A)	Number of released sample (B)	Recapture rate (B/A)	Weight (g)
2020	203	66	32.5%	16.4
2021	180	66	36.7%	73.8
2022	180	89	49.4%	28.9
2023	180	143	79.4%	93.3

Note : Weights are in average value.

<Table 4> Benefit, Cost and B/C ratio in Dong-gu Ilsan

(Benefit and cost unit : 1,000 won)

Year	Benefit	Cost	B/C Ratio	Note
2020	2,759	15,300	0.18	Accumulated in 2020 - Number of seed releasing : 37,500
2021	27,055	31,289	0.86	Accumulated in 2020 and 2021 - Number of seed releasing : 70,634[(‘20) 37,500 + (‘21) 33,134] - Cost of program : 31,289[(‘20) 15,989 + (‘20) 15,300]
2022	22,741	47,997	0.47	Accumulated in 2020 and 2022 - Number of seed releasing : 123,079[(‘20) 37,500 + (‘21) 33,134 + (‘22) 52,445] - Cost of program : 47,997[(‘20) 16,708 + (‘21) 15,989 + (‘22) 15,300]
2023	148,195	65,156	2.27	Accumulated in 2020 and 2023 - Number of seed releasing : 155,195[(‘20) 37,500 + (‘21) 33,134 + (‘22) 52,445 + (‘23) 32,116] - Cost of program : 65,156[(‘20) 17,460 + (‘21) 16,708 + (‘22) 15,989 + (‘23) 15,000]

<Table 5> Recapture rate and weight by fishing investigation in Ulju-gun Sinam

Year	Number of total sample (A)	Number of released sample (B)	Recapture rate (B/A)	Weight (g)
2020	120	24	20.0%	18.4
2021	180	74	41.1%	23.0
2022	180	98	54.4%	25.4
2023	180	120	66.7%	93.3

Note : Weights are in average value.

<Table 6> Benefit, Cost and B/C ratio in Ulju-gun Sinam (Benefit and cost unit : 1,000 won)

Year	Benefit	Cost	B/C Ratio	Note
2020	2,811	30,000	0.09	Accumulated in 2020 - Number of seed releasing : 55,337
2021	17,384	67,350	0.26	Accumulated in 2020 and 2021 - Number of seed releasing : 130,041[(‘20) 55,337 + (‘21) 74,704] - Cost of program : 67,350[(‘20) 31,350 + (‘20) 36,000]
2022	29,089	87,781	0.33	Accumulated in 2020 and 2022 - Number of seed releasing : 162,667[(‘20) 55,337 + (‘21) 74,704 + (‘22) 32,626] - Cost of program : 87,781[(‘20) 32,761 + (‘21) 37,620 + (‘22) 17,400]
2023	130,485	91,731	1.42	Accumulated in 2020 and 2023 - Number of seed releasing : 162,667[(‘20) 55,337 + (‘21) 74,704 + (‘22) 32,626 + (‘23) 0] - Cost of program : 91,731[(‘20) 34,235 + (‘21) 39,313 + (‘22) 18,183 + (‘23) 0]

Ⅲ. 연구 결과

울산광역시 해삼의 외부형질 조사 및 유전자 분석 결과를 통해 파악한 연도별 혼획률, 평균 중량 분석 결과는 <Table 3, 5>에서 정리된 바와 같다. 동구 일산어촌계는 2020년에 확보한 총 시료는 203마리로 이 중 유전자 분석을 통해 확인한 방류산은 66마리로 혼획률은 32.5%로 나타났다. 2021~2023년 혼획률은 각각 36.7%, 49.4%, 79.4%로 나타나 혼획률이 높아지는 것으로 분석되었다. 2020~2023년 평균 중량은 각각 16.4g, 73.8g, 28.9g, 93.3g으로 나타났다.

울주군 일산어촌계는 2020~2023년 혼획률은 각각 20.0%, 41.1%, 54.4%, 66.7%로 동구 일산어촌계와 마찬가지로 혼획률이 높아지는 것으로 분석되었다. 2020~2023년 평균 중량은 각각 18.4g,

23.0g, 25.4g, 93.3g으로 나타났다.

울산광역시 해삼의 2020~2023년 시장가격은 각각 13,806원/kg, 14,142원/kg, 12,942원/kg, 12,890원/kg으로 확인되었다(<Table 2>).

현장 조사 및 혼획률 분석을 바탕으로 울산광역시의 종자방류사업의 경제적 효과를 분석한 결과는 <Table 4, 6>에 나타난 바와 같다.

동구 일산어촌계는 2020년의 경우 방류 37,500마리에 평균 중량(16.4g)과 혼획률(32.5%)을 고려하면 방류산 어획량은 약 0.20ton이라고 할 수 있다. 이에 시장가격(13,806원/kg)을 곱하면 방류산 해삼의 어획금액은 약 2,759천원이다. 2019년 방류 사업비용은 15,300천원으로 어획금액에 비해 많은 것으로 나타났으며, 이를 적용한 편익/비용 비율은 0.18배로 평가되어 경제적 효과는 없는 것으로 추정되었다.

2021년에는 혼획률과 평균 중량은 전년도 대비 증가하였고, 시장가격은 4개년 중 가장 높게 확인되었다. 혼획률 분석 결과는 2020년과 2021년 방류산이 포함되어 있으므로 어획량 산출에 있어서 방류마리수를 합산하여 70,634마리를 고려하면 방류산 어획량은 약 1.91톤으로 전년 대비 증가한 것으로 나타났으며, 시장가격을 곱한 방류산 어획금액은 27,055천원으로 전년 대비 증가하였다. 이에 2개년 합계 사업비용 31,289천원을 적용하면, 2021년 편익/비용비율은 0.86배로 나타나 2020년과 마찬가지로 경제적 효과는 없는 것으로 추정되었다.

2022년에는 전년 대비 평균 중량과 시장가격은 감소, 혼획률은 증가한 것으로 확인되었다. 2020년부터 2022년까지의 결과를 포함하고 있기 때문에 분석 과정에서 방류마리수와 방류 사업비용의 3개년 합계 자료를 활용하였다. 방류산 어획량은 약 1.76톤이고 시장가격을 곱한 어획금액은 22,741천원으로 전년도 대비 낮게 나타났다. 이에 3개년 합계 사업비용 47,996천원을 적용하면, 2022년 편익/비용비율은 0.47배로 나타나 2020~2021년과 마찬가지로 경제적 효과는 없는 것으로 추정되었다.

2023년에는 평균 중량과 혼획률은 4개년 중 가장 높게 확인되었고, 시장가격은 가장 낮게 확인되었다. 2020년부터 2023년까지의 결과를 포함하고 있기 때문에 분석 과정에서 방류마리수와 방류 사업비용의 4개년 합계 자료를 활용하였다. 방류산 어획량은 약 11.49톤이고 시장가격을 곱한 어획금액은 148,195천원으로 전년도 대비 증가한 것으로 나타났다. 이에 4개년 합계 사업비용 65,156천원을 적용하면 2023년 편익/비용비율은 2.27배로 나타나 지난 3개년 결과와는 달리 경제적 효과가 있는 것으로 추정되었다.

울주군 신암어촌계는 2020년의 경우 방류 55,337마리에 평균 중량(18.4g)과 혼획률(20.0%)를 고려하면 방류산 어획량은 약 0.20ton이라고 할 수 있다. 이에 시장가격을 곱하면 방류산 해삼의 어획

금액은 약 2,811천원이다. 2019년 방류 사업비용은 30,000천원으로 어획금액에 비해 많은 것으로 나타났으며, 이를 적용한 편익/비용비율은 0.09배로 평가되어 경제적 효과는 없는 것으로 추정되었다.

2021년에는 혼획률과 평균 중량은 전년도 대비 증가하였다. 어획량 산출에 있어서 2개년 방류마리수를 합산하여 130,041마리를 고려하면 방류산 어획량은 약 1.23톤으로 전년 대비 증가한 것으로 나타났으며, 시장가격을 곱한 방류산 어획금액은 17,384천원으로 전년 대비 증가하였다. 이에 2개년 합계 사업비용 67,350천원을 적용하면, 2021년 편익/비용비율은 0.26배로 나타나 2020년과 마찬가지로 경제적 효과는 없는 것으로 추정되었다.

2022년에는 전년 대비 평균 중량과 혼획률은 증가한 것으로 확인되었다. 3개년 방류마리수 합계 162,667마리를 고려한 방류산 어획량은 약 2.25톤이고 시장가격을 적용한 어획금액은 29,089천원으로 전년도 대비 높게 나타났다. 이에 3개년 합계 사업비용 87,781천원을 적용하면, 2022년 편익/비용비율은 0.33배로 나타나 2020~2021년과 마찬가지로 경제적 효과는 없는 것으로 추정되었다.

2023년에는 평균 중량과 혼획률은 4개년 중 가장 높게 확인되었다. 4개년 방류마리수 합계 162,667마리를 고려한 방류산 어획량은 약 10.12톤이고 시장가격을 적용한 어획금액은 130,485천원으로 전년도 대비 증가한 것으로 나타났다. 이에 4개년 합계 사업비용 91,731천원을 적용하면 2023년 편익/비용비율은 1.42배로 나타나 지난 3개년 결과와는 달리 경제적 효과가 있는 것으로 추정되었다.

최근 4개년 간 해삼 종자방류사업의 연도별 경제적 효과를 분석한 결과, 동구 일산어촌계 울주군 신암어촌계에서 모두 2020~2022년에는 경제성이 없었고, 2023년에만 경제성이 있는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 방류산 해삼의 성장 속도, 시장

가격 및 종자 가격 변동, 시료수 및 혼획률 증감에 따른 결과로 판단된다. 이 중 불확실성이 높은 주요 변수인 시장가격, 종자 가격 및 혼획률 변화에 대해 2023년 기초자료를 기준으로 하여 민감도 분석을 실시하였다.

울산광역시 2006~2023년 해삼 시장가격은 7,577~21,092원/kg(평균 14,017원/kg)의 범위로 확인되었으며, 조사 시기인 2020~2023년 해삼의 시장가격은 13,806~14,142원/kg(평균 13,445원/kg)의 범위로 확인되었다. 또한, 동구 일산어촌계와 울주군 신암어촌계의 사매매 현황을 조사한 결과 2020~2023년 사매매 단가는 동구 일산어촌계는 13,000원/kg, 울주군 신암어촌계는 10,000~15,000원/kg으로 조사되어 해삼의 시장가격과 유사한 것으로 확인되었다. 민감도 분석은 최근 4개년 평균 시장가격에서 -50%(6,722원/kg)까지의 변화를 확인하였다(<Table 7>). 동구 일산어촌계의 민감도 분석 결과, 편익/비용비율이 1.19~2.37배로 나타났고, 시장가격이 5,639원/kg 밑으로 감소할 경우 편익/비용비율이 1.0배 이하로 나타나 경제적 효과가 없는 것으로 확인되었다. 울주군 신암어촌계의 민감도 분석 결과, 편익/비용비율이 0.74~1.48배로 나타났고, 시장가격이 9,017원/kg 밑으로 감소할 경우 편익/비용비율이 1.0배 이하로 나타나 경제적 효과가 없는 것으로 확인되었다.

<Table 7> Sensitivity analysis result for market price changes in 2023

Market price (won/kg)	B/C Ratio	
	Dong-gu Ilsan	Ulju-gun Sinam
Average (13,445)	2.37	1.48
-10% (12,100)	2.14	1.34
-20% (10,756)	1.90	1.19
-30% (9,411)	1.66	1.04
-40% (8,067)	1.42	0.89
-50% (6,722)	1.19	0.74

2017~2023년 전국 해삼 종자 가격은 마리당 164~878원(연평균 가격 442.78~516.46원)의 범위로 확인되었고 울산광역시의 해삼 종자 가격은 454.74~541.75원(평균 484.10원)이며, 조사 시기인 2020~2023년 해삼 종자 가격은 456.80~541.75원(평균 488.38원)의 범위로 확인되었다(FIRA, 2025). 민감도 분석은 종자 가격을 200~800원으로 가정하여 변화를 확인하였다(<Table 8>). 동구 일산어촌계의 민감도 분석 결과, 편익/비용비율이 1.02~4.46배로 나타났고, 종자가격이 897원보다 높아질 경우 편익/비용비율이 1.0배 이하로 나타나 경제적 효과가 없는 것으로 확인되었다. 울주군 신암어촌계의 민감도 분석 결과, 편익/비용비율이 0.91~3.65배로 나타났고, 종자가격이 732원보다 높아질 경우 편익/비용비율이 1.0배 이하로 나타나 경제적 효과가 없는 것으로 확인되었다.

<Table 8> Sensitivity analysis result for seed price changes in 2023

Seed price (won/seed)	B/C Ratio	
	Dong-gu Ilsan	Ulju-gun Sinam
200	4.46	3.65
300	2.98	2.43
400	2.23	1.82
500	1.79	1.46
600	1.49	1.22
700	1.28	1.04
800	1.12	0.91

2020~2023년 해삼의 혼획률은 동구 일산어촌계는 32.5~79.4%(평균 49.5%), 울주군 신암어촌계는 20.0~66.7%(평균 45.6%)로 확인되었다. 민감도 분석은 혼획률을 30~60%로 가정하여 변화를 확인하였다(<Table 9>). 동구 일산어촌계의 민감도 분석 결과, 편익/비용비율이 0.86~1.72배로 나타났고, 혼획률이 34.8% 밑으로 떨어질 경우 편익/비용비율이 1.0배 이하로 나타나 경제적 효과가 없는 것으로 확인되었다. 울주군 신암어촌계의 민

감도 분석 결과, 편익/비용비율이 0.64~1.28배로 나타났고, 혼획률이 46.7% 밑으로 떨어질 경우 편익/비용비율이 1.0배 이하로 나타나 경제적 효과가 없는 것으로 확인되었다.

본 연구에서 민감도 분석을 실시한 시장가격, 종자 가격, 혼획률은 편익(어획금액)에 영향을 주는 요소로써 시장가격과 혼획률은 증가 시, 종자 가격은 감소 시 경제적 효과가 커지는 것으로 추정되었다.

<Table 9> Sensitivity analysis result for recapture rate changes in 2023

Recapture rate	B/C Ratio	
	Dong-gu Ilsan	Ulju-gun Sinam
30%	0.86	0.64
35%	1.00	0.75
40%	1.15	0.85
45%	1.29	0.96
50%	1.43	1.07
55%	1.58	1.17
60%	1.72	1.28

IV. 결 론

본 연구에서는 울산광역시 지역에서 이루어진 최근 4개년 간의 해삼 종자방류사업의 경제적 효과를 분석하였다.

연도별 경제적 효과는 동구 일산어촌계와 울주군 신암어촌계 모두 2023에 편익/비용비율이 각각 2.27배, 1.42배로 경제적 효과가 있는 것으로 추정되었고, 나머지 시기에서는 경제적 효과가 없는 것으로 나타났다.

한국수산자원공단(2025)의 해삼의 경제적 효과 분석 선행연구 결과 중 2015~2017 인천 지역 1.37배, 전남 지역 1.46배, 경남 지역 1.60배, 2016~2017년 경북 지역 1.19배, 2017년 강원 지역 2.14배 등으로(FIRA, 2024), 본 조사 결과에서도 유사한 결과가 나타나 해삼 종자방류사업에 대한

경제적 효과를 확인할 수 있었다.

해삼 종자방류사업에 영향을 미칠 수 있는 주요 변수에 대해 민감도 분석을 실시하였다. 해삼 시장가격은 동구 일산어촌계는 5,639원/kg, 울주군 신암어촌계는 9,017원/kg 밑으로 감소할 경우 경제적 효과가 없는 것으로 추정되었다. 2020~2023년의 각 어촌계의 매매 가격을 조사한 결과, 동구 일산어촌계는 13,000원/kg, 울주군 신암어촌계는 10,000~15,000원/kg으로 확인되어, 민감도 분석 결과를 고려하면 적정 판매 가격을 유지하고 있는 것으로 확인되었다. 해삼 종자 가격은 동구 일산어촌계는 897원/마리, 울주군 신암어촌계는 732원/마리 이상 높아질 경우 경제적 효과가 없는 것으로 추정되었다. 2020~2023년 울산광역시 가 계약을 체결한 해삼 종자 가격은 해당 가격보다 낮은 것으로 확인되어, 경제성을 확보하는 것으로 확인되었다. 해삼의 혼획률은 동구 일산어촌계는 34.8%, 울주군 신암어촌계는 46.7% 밑으로 떨어질 경우 경제적 효과가 없는 것으로 추정되었다.

해당 지역의 기초 조사 결과를 합산 및 평균하여 경제성 분석을 실시한 결과, 2023년 기준 편익/비용비율이 1.93배로 나타나 경제적 효과가 있는 것으로 추정되었고, 민감도 분석 결과에서는 시장가격이 6,630원/kg, 혼획률이 40.9% 밑으로 떨어질 경우, 종자 가격이 882원/마리 이상 높아질 경우 경제적 효과가 없는 것으로 추정되었다.

울산광역시의 해삼 종자방류사업은 시장가격과 혼획률이 높아질수록, 종자 가격이 낮아질수록 경제적 효과가 커지는 것으로 확인되었다.

본 연구의 한계점으로는 조사 시기에 따른 분석 시료의 작은 중량이라고 할 수 있다.

일반적으로 해삼은 자연환경에서 5~8월(주 산란기 6~7월)에 산란하는 것으로 알려져 있고 산란시작 수온범위는 13~16℃이며, 18~22℃에서 산란을 거의 종료하며, 산란이 가능한 최소 크기는 중량 58~60g 정도이다. 또한, 해삼의 성장은 자연에서 유생 부착 후 1년에 5.9cm(15.5g), 2년

13.3cm(122.5g), 3년 17.6cm(307.0g), 4년 20.8cm(472.5g) 크기로 성장하고 해삼의 성장은 16~17℃ 이하에서 나타나며, 연간 실질적인 성장은 10~12월, 3~6월까지 7개월에 불과하고 17℃ 이상에서는 체중이 역으로 감소하는 경향이 나타난다(MFAFF, 2012). 수산자원관리법 시행령(2024.06.04. 일부개정) ‘별표2 수산자원의 포획·채취금지 채장 또는 채중’에 따르면 해삼에 대한 사항은 정해져 있지 않다. 또한, 본 연구에서 조사 시기는 여름철을 포함하고 있어 성장이 이루어지지 않는 시기에 채집된 개체도 포함되어 있으며, 해삼의 크기가 상업적인 거래가 이루어지지 않는 작은 개체도 포함되어 있다. 따라서 시료 채집 시기를 연중으로 확장하고, 성장성을 고려하여 분석에 활용하면 경제적 효과는 더욱 클 것으로 예상된다.

유전적 다양성이 높은 개체군은 환경스트레스에 대한 저항성과 회복력이 높아져서 생존율과 성장률에 긍정적인 영향을 미치고, 그에 따라 어획량이 증가되어 편익(어획금액)이 증가되어 편익/비용 비율이 높아져서 경제성 확보가 가능하다. 따라서 지자체와 공단에서는 지속적인 유전적 모니터링을 실시하여 데이터베이스를 구축하고, 유전적 다양성이 확보된 종자를 대상 해역에 방류하여 해당 지역 어업인 소득에 기여할 수 있도록 수산종자 방류 사업을 시행해야 할 것으로 판단된다.

References

- Hong JB and Kim DH(2023). Economic effectiveness of black scraper (*Thamnaconus modestus*) Fry releasing program in Busan, Republic of Korea. The Journal of Fisheries and Marine Science Education, 35(2), 204~213.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2023.4.35.2.204>
- Korea Fisheries Resources Agency (FIRA)(2022).
<https://www.fira.or.kr/>. Accessed 30 Dec 2022.
- Korea Fisheries Resources Agency (FIRA)(2023).
<https://www.fira.or.kr/>. Accessed 28 Feb 2023.
- Korea Fisheries Resources Agency (FIRA)(2024).
<https://www.seed.fira.or.kr/>
- Kwak SN, Kim SS, Shin SH, Han JS, Lee WS, Kim DH, Choi JK and Shin WC(2025). Analysis of economic effect on sea cucumber fry releasing program in Gyeongsangbuk-do, Korea. The Journal of Fisheries and Marine Science Education, 37(3), 678~687.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2025.6.37.3.678>
- Lee C and Choi SD(2022). Economic feasibility analysis of fisheries resources enhancement project of haenam county : Focusing on the release of clam, sea cucumber and cockle. The Journal of Fisheries and Marine Science Education, 34(2), 191~200.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2022.4.34.2.191>
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF)(2012). Sea cucumber farming guidebook.
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF)(2022). Guidelines for fry releasing in fishery.
- Nam JO, Cho HS and Lim SM(2019). Economic analysis of fisheries seed release program in Chungnam province : Focusing on the swimming crab. Ocean Policy Research, 34(1), 177~198.
<https://dx.doi.org/10.35372/KMIOPR.2019.34.1.007>
- Park KI, Kim YJ and Kim DH(2013). Analyzing economic effectiveness of the sea cucumber seed releasing program in Gyeongsangbuk-do region. The Korean Society of Fisheries Business Administration, 44(1), 81~90.
<https://dx.doi.org/10.12939/FBA.2013.44.1.081>
- Seo JM(2020). Improvement plan for the sea cucumber(*Stichopus japonicus*) released projects. The graduate school, Chonnam National University.
- Seo JN, Paek JY and Kim DH(2010). Economic effectiveness of the olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fry releasing program in Korea. Ocean and Polar Research, 32(4), 483~488.
<https://doi.org/10.4217/OPR.2010.32.4.483>
- Statistics Korea(2024). Fishery production survey.
<https://kosis.kr>.
- Ulsan Metropolitan City(2024). Annual report of the city administration.

-
- Received : 03 July, 2025
 - Revised : 30 July, 2025
 - Accepted : 05 August, 2025