

IBK 순환여과 시스템 도입에 따른 무지개송어 양식업의 경제성 분석

오지민 · 백진이[†]

국립수산과학원(연구원) · [†]국립수산과학원(연구사)

An Economic Analysis of Rainbow Trout Aquaculture with the Introduction of IBK Recirculating Aquaculture System

Ji-Min OH · Jin-Yi PAEK[†]

National Institute of Fisheries Science(researcher · [†]senior researcher)

Abstract

Recently, climate change has led to significant issues in inland aquaculture, such as rising water temperature and groundwater shortage. Therefore, there is an urgent need for the commercial dissemination of eco-friendly aquaculture methods, such as recirculating aquaculture system. This study aimed to conduct the economic analysis of the rainbow trout aquaculture farms utilizing the IBK recirculating aquaculture system. For analysis, we collected the data for management through 8 rainbow trout aquaculture farms. The average production cost was 370,041,000 KRW and the average cost for establishing the IBK recirculating aquaculture system was 283,588 KRW per square meter. The economic analysis revealed an average NPV of 814,565,000 KRW and an average BCR of 1.23, indicating that the rainbow trout farms using the IBK recirculating aquaculture system were economically viable. A scale-based analysis showed that the medium-scale(1,500~2,500m²) farms exhibited the highest economic viability.

Key words : IBK recirculating aquaculture system, Rainbow trout, Economic analysis

I. 서론

우리나라 수산물 생산량은 2023년 367만 톤이며, 이 중 연근해어업 생산량은 95만 톤으로 2015년 105만 톤 이후 100만 톤 이하로 감소하고 있다. 반면, 양식 생산량은 2023년 226만 톤을 기록하며 전체 수산물 생산량의 61.6%를 차지하고 있어 양식산업의 중요성이 커지고 있는 상황이다(KOSIS, 2024).

2023년 내수면어업 생산량은 42,879톤으로 전

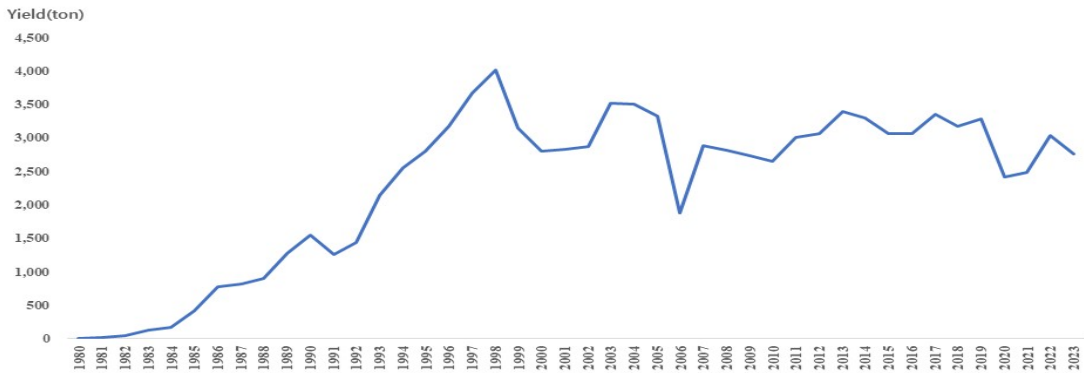
체 수산물 생산량의 1.1%를 차지하고 있다. 그중 어류 생산량은 31,088톤으로 뱀장어 16,100톤, 송어류 2,757톤, 메기 2,528톤, 붕어 2,047톤, 향어 1,729톤 순이다(KOSIS, 2024).

주요 내수면 양식어종인 무지개송어는 1965년 발안란 도입 후 양식기술 개발이 시작되어 1980년대부터 정부의 지원과 송어용 배합사료가 개발되면서 1990년대에는 300여 개 이상의 양식장이 운영되었다(NIFS, 2017).

무지개송어 생산량은 국내 양식이 시작된 1980

[†] Corresponding author : 055-540-2770, comgigu@korea.kr

* 이 논문은 2024년도 국립수산과학원 수산시험연구사업(R2024035)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.



Source: KOSIS, Korean Statistical Information Service(www.kosis.kr)

[Fig. 1] Production of Rainbow Trout (1980~2023).

년 이후 지속적으로 증가하여 1998년 4,018톤으로 최대 생산량을 기록하였다(KOSIS, 2024). 하지만 1991년 에로모나스 및 비브리오 파동, 2005년 말라카이트그린 사태로 2006년 생산량은 1998년 생산량의 절반 이하인 1,878톤까지 감소하였다(KOSIS, 2024).

말라카이트그린 사태 이후 무지개송어 소비가 급감하고 출하가격이 하락하여 많은 어가와 횡집의 휴·폐업영향으로 2000년대 이후 가장 적은 생산량을 기록하였다. 무지개송어 생산량을 회복하기 위해 양식업계와 정부, 지방자치단체는 식품안전에 대한 국제 세미나와 2008년 평창송어축제를 개최하였다(Korea trout aquaculture association, 2015). 또한 송어에 대한 인식 변화와 소비 촉진을 위해 홍보하는 등의 노력을 하였다. 이러한 적극적인 노력으로 송어에 대한 인식 변화와 함께 송어 소비 시장 활성화로 수요 확대를 가져올 수 있었다.

이후 송어 업계의 자구적 노력 및 정부의 지원을 통해 생산량을 회복하며 2013년 생산량은 3,390톤으로 2000년대 이후 최고 생산량을 기록하였다. 하지만 2020년 COVID-19로 인해 송어 축제가 취소되고 외식 소비가 감소하면서 2020년 생산량은 2,414톤으로 감소하였다(KOSIS, 2024). 이후 2021년 2,483톤, 2022년 3,043톤, 2023년

2,757톤으로 현재 무지개송어 생산량은 3,000톤 내외의 규모로 유지되고 있다(KOSIS, 2024).

최근 해수 온도가 상승하고 오염도가 심해지면서 내수면 양식산업의 중요성이 증가하고 있다. 기후변화로 인해 고수온 현상이 발생하고, 이로 인해 유수식 양식장에서 수질이 악화되는 문제가 발생하고 있다. 양식장에서 사육 용수 문제로 질병 발생이 증가하고 있으며, 집단 폐사 등의 피해가 발생하고 있는 상황이다. 이 문제를 해결하기 위해 정부는 양식장 수질관리 기술인 순환여과식 양식장 기술 보급을 지속적으로 확대할 예정이다(MOF, 2023).

한편 Park and Kam(2024)에 따르면 2080년 최소 300만 명이 지하수 고갈을 경험할 가능성이 있으며, 특히 한반도 남서부 지역(제주, 경남, 전남)의 피해가 크게 나타날 것으로 예측하고 있다.

이와 같이 기후변화와 지하수 부족 문제는 물이 유입되고 배출되는 양식인 유수식 방법을 사용하는 무지개송어 양식장에 치명적인 문제를 발생시킨다. 많은 양의 물이 필요하고 자연환경에 의존적인 방법을 사용하다 보니 가뭄으로 인한 사육수 부족 현상과 지하수의 고수온화 등의 문제가 발생하고 있다. 또한 유수식 양식장에서 배출된 배출수에 포함된 슬러지와 같은 영양염이 제대로 정화되지 못하고 배출되어 주변 자연환경

에 영향을 미치기도 한다(Park, 2019). 이러한 문제를 해결하기 위해 무지개송어 양식업계에서는 물을 유입하고 배출하는 기존의 우수식 양식에서 여과과정을 통해 물을 순환하여 재사용하는 순환여과식 양식 방법을 도입하고 있다.

현재 순환여과식 방법을 도입한 무지개송어 양식장에는 1973년 부산수산대학교(현 부경대학교)에서 개발된 IBK(Intensive Bio-production system in Korea) 순환여과 시스템이 보급되어 있다. IBK 순환여과 시스템은 양수 수위 차이를 낮게 이용하며 압상고가 낮고 배수량이 많은 수직축류 지상펌프를 운용하기 때문에 사육수 순환에 소모되는 에너지 소비량을 절약하는 특징이 있다(Susan times, 2020). 또한 침전조 내부에 PVC 재질의 플라스틱 골판을 이용해 수류를 일정하게 조절하고 질산화 여과와 아울러 라멜라층에 의한 고품질 침전 효과가 있다. 또한 생물 여과조 상층 표면에 담수 수생식물을 번식시켜 축적되는 수중의 질산염 농도를 낮추며, 탈질 공정 시스템을 별도로 운영하지 않는다(Susan times, 2020).

기후변화로 인한 가뭄과 고수온으로 양식용수 부족 문제가 심각해지면서 현재의 생산량을 유지하거나 증대시키기 위한 친환경 양식기술 개발과 현장 보급의 중요성이 높아지고 있다. 상업적인 기술 보급을 위해서는 과학·기술적인 측면에서의 연구뿐만 아니라 기술을 도입했을 때의 사회·경제적 측면에 대한 연구도 함께 진행되어야 한다. 따라서 IBK 순환여과 시스템을 도입한 양식업체의 경영성과 분석이 필요하다.

무지개송어 양식업의 경제성 분석에 관한 연구로, Paek and Park(2016)은 무지개송어 양식장 7 곳을 대상으로 매출이익률, NPV(Net Present Value, 순현재가치법), IRR(Internal Rate of Return, 내부수익률)과 손익분기점을 도출하였고, 출하가격과 생산량에 대한 민감도 분석을 실시하였다. 연구 결과, 순환여과식이 우수식보다 비용은 많이 사용하지만, 경제성 분석 결과 순환여과식의 경영 상황이 더 양호한 것으로 나타났다. 동일한

무지개송어 양식장에서 단 년이 아닌 3개년의 데이터를 활용하여 우수식과 순환여과식에 따른 경제성을 분석한 선행연구(Park, 2019)에 따르면 우수식 방법보다 순환여과 방법의 경제성이 우수한 것으로 분석되었다.

반면 순환여과 시스템에 대한 연구는 기술에 대한 연구와 생물학적 연구가 진행되고 있다. 기술적인 연구는 Kim and Jo(1998)에서 IBK 순환여과 시스템을 정의하고 시스템의 원리와 구조에 관해 연구하였으며 Park et al.(2013)의 연구에서는 순환여과 시스템의 생물막 공정에서 질산화를 발생시키는 영향인자를 연구하였다.

현재 순환여과식 무지개송어 양식장의 수처리 시스템의 비용과 경제성을 분석한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 무지개송어 양식어가 중 IBK 순환여과 시스템을 사용하고 있는 어가들의 생산 및 비용 현황을 조사하여 경제성 분석을 실시하였다. 또한 손익분기점을 도출하여 경영을 지속할 수 있는 최소한의 생산량, 출하가격, 생존율을 파악하였으며, 양식장 수면적을 기준으로 규모별 분석을 진행하였다.

II. 연구 방법

2. 분석대상 및 방법

가. 분석대상

2024년 5월부터 2024년 7월까지 무지개송어 양식업체 중 IBK 순환여과 시스템을 사용하는 양식업체 총 8개소를 직접 방문하여 심층 면담조사를 실시하였다. 조사 내용은 입식량, 출하량, 생존율, 시장가격 등의 생산실태, 양식비용과 특히 IBK 순환여과 시스템 구축비용을 중심으로 한 경영실태이다. 조사지역은 강원 1개소, 경기 1개소, 충북 3개소, 경북 1개소, 전북 2개소이다.

나. 분석방법

수집된 자료를 바탕으로 순현재가치법(NPV)과 편익비용비율법(BCR)을 활용하여 개별 양식업체

의 경제성을 평가하였다. 그리고 양식장 경영에 중요한 요소인 생산량, 출하가격과 생존율에 대한 손익분기점을 산출하였다.

(1) 순현재가치

순현재가치법(Net Present Value method, NPV)은 사업의 진행기간 동안 발생한 편익에서 비용을 차감한 순편익의 흐름을 현재가치화하는 분석 기법이다(Kim, 2023).

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{TB_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{TC_t}{(1+r)^t} \dots\dots\dots (1)$$

식에서 TB_t 는 t 기의 총편익, TC_t 는 t 기의 총비용, r 은 사회적 할인율, n 은 분석기간을 의미한다. NPV가 0보다 크면 투자가치의 경제성이 있고, 0보다 작으면 그렇지 않은 것으로 평가한다.

(2) 편익비용비율법

편익비용비율법(Benefit-Cost Ratio method, BCR)은 사업의 결과에서 발생하는 비용의 현재가치 대비 편익의 현재가치를 비율로 나타낸 방법이다. 즉, 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값을 말한다(Kim, 2023). BCR이 1보다 크면 사업의 경제성이 있는 것으로 판단한다.

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{TB_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{TC_t}{(1+r)^t}} \dots\dots\dots (2)$$

2. 분석자료

가. 무지개송어 양식업 일반 현황

IBK 순환여과 시스템을 사용하고 있는 무지개송어 양식장 경영 관련 면담조사 결과를 <Table 1>에 제시하였다.

조사 대상 양식장의 경영정보 보호를 위해, 7개 업체는 무기명으로 표기하였다. H 양식장의 경우 수조 시설 후 시험 입식 증으로 생산이 완료되지 않은 상황으로 경제성 분석 대상에서 제외하였다.

조사 대상 양식장의 평균 수면적은 2,071㎡으로, 최소 732㎡에서 4,290㎡까지 다양한 면적의 양식장이 운영되고 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 평균 수면적을 기준으로 3개 그룹으로 구분하여 규모에 따른 경제성과 생존율, 출하가격의 차이를 비교하였다.

종자 입식량은 평균 105,429마리로 적게는 20,000마리부터 많게는 500,000마리까지 입식하는 것으로 나타나고 있다. 양식 생산량은 양식업체의 수면적에 따라 상이한 것으로 조사되었으나 최소 20톤부터 최대 100톤까지 생산하고 있으며 7개 양식장의 평균 생산량은 41톤으로 나타났다.

무지개송어 생존율의 경우 평균 73%의 생존율을 보였으며, 생존율이 가장 낮은 업체는 60%, 가장 높은 업체는 80%로 조사되었다.

<Table 1> Survey results on rainbow trout farms

| | Region | Water area (㎡) | Annual adding seed numbers | Production amount(ton) | Survival rate(%) |
|---|-----------|----------------|----------------------------|------------------------|------------------|
| A | Gyeongbuk | 4,290 | 500,000 | 100 | 75 |
| B | Gangwon | 1,035 | 60,000 | 20 | 80 |
| C | Gyeonggi | 1,018 | 33,000 | 22 | 70 |
| D | Chungbuk | 1,650 | 20,000 | 40 | 65 |
| E | Chungbuk | 732 | 30,000 | 35 | 80 |
| F | Chungbuk | 2,475 | 60,000 | 50 | 60~65 |
| G | Jeonbuk | 3,300 | 35,000 | 20 | 75~80 |

<Table 2> Cost rate from the survey

(Unit: %)

| | A | B | C | D | E | F | G | Average |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Market price (won/kg) | 12,000 | 11,500 | 12,000 | 12,000 | 11,000 | 16,000 | 12,000 | 12,357 |
| Seed | 5.23 | 12.81 | 5.64 | 1.56 | 6.55 | 6.92 | 14.55 | 7.61 |
| Feed | 49.43 | 25.61 | 35.85 | 55.38 | 45.25 | 51.27 | 20.71 | 40.50 |
| Electric charges | 10.98 | 15.37 | 19.20 | 14.67 | 14.29 | 12.92 | 6.35 | 13.40 |
| Full-time labor | 18.05 | 18.44 | 24.30 | 14.08 | 28.58 | 21.53 | 37.04 | 23.14 |
| Part-time labor | 3.14 | - | - | - | - | - | - | 3.14 |
| Medicine | 0.65 | 2.56 | 2.00 | 1.56 | 1.79 | 1.28 | 2.20 | 1.72 |
| Facilities maintenance | 1.02 | 5.12 | - | - | - | - | - | 3.07 |
| Liquid oxygen | 3.14 | 1.54 | - | 5.09 | - | 3.08 | 5.29 | 3.63 |
| Loan interest | 1.31 | 5.89 | 9.60 | 3.29 | - | - | - | 5.02 |
| Depreciation | 4.48 | 12.67 | 3.41 | 4.36 | 3.54 | 3.00 | 13.86 | 6.47 |
| Etc. | 2.56 | - | - | - | - | - | - | 2.56 |

나. 무지개송어 양식업 비용 현황

무지개송어 양식 기간 동안 출하가격 및 생산 비용을 <Table 2>에 정리하였다. 양식장의 비용 자료는 경영상 개인정보이며, 양식장 규모와 출하량에 따른 비용 차이가 크게 발생하여 객관적인 비교가 어려우므로 전체 생산 비용 총액에서 각 항목이 차지하는 비율로 환산하여 표기하였다.

무지개송어는 1~2kg으로 출하하고 있으며, 평균 1.2kg을 기준으로 출하되고 있는 것으로 조사되었다. 낚시터 등 레저용(600g 내외)으로 판매하는 비중이 줄어들고 횃집 및 식당으로의 출하 증가로 출하크기와 출하량이 증가하였다.

출하가격은 지역별, 계절별 차이가 있지만, kg 당 11,000~16,000원 사이로 형성되어 있으며 평균 12,000원대로 나타났다. 한국해양수산개발원 수산업관측센터에 따르면 2023년 송어의 평균 산지가격은 kg 당 13,739원으로 나타났으며, 강원지역 13,896원, 충청북도 14,206원, 경상북도 13,167원

으로 지역별로 차이가 있는 것으로 나타났다(KMI, 2024). 무지개송어의 산지가격은 2021년 kg 당 8,744원에서 2022년 kg 당 13,125원으로 약 4,300원이 증가하였다(KMI, 2024). 이는 출하 가능한 큰 크기의 양성물량은 적은 반면 사회적 거리두기의 완화로 수요가 증가하였기 때문이다(KMI, 2022).

무지개송어 양식장에서 종자는 7곳 중 1곳만 발안란을 구입하는 것으로 나타났고 나머지 6곳은 5~10g의 치어를 마리당 350~500원으로 구입하여 사육하고 있었다. 인건비 항목에서는 고정인부는 3곳에서 1~3명이 고용되고 있으며 3곳을 제외한 어가들은 경영주가 직접 양식장을 관리하고 운영하는 것으로 나타나 경영주의 자가 인건비도 고정인부 인건비에 포함하였다. 어가 1곳에서만 임시 인부를 고용하고 있었다. 약품비의 경우, 질병 감염 시 약육을 위한 약품비와 질병을 예방하고 품질을 높이기 위해 사료와 함께 투여하는 영양제 비용도 포함하였다.

<Table 3> Initial facility cost

(Unit: won/m²)

| | A | B | C | D | E | F | G | Average |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Total | 230,093 | 275,845 | 164,965 | 338,739 | 159,016 | 112,687 | 224,242 | 283,588 |
| Water tank facilities | 151,515 | 11,111 | 3,928 | 242,424 | 4,098 | 3,838 | 163,636 | 139,167 |
| Water treatment facilities | 78,578 | 264,734 | 161,037 | 96,315 | 154,918 | 108,848 | 60,606 | 144,421 |

감가상각비의 경우 양식장에 따라 차이가 있지만 수조의 경우 대부분 초기시설 후 수리와 관리를 통해 30년 이상 수조를 교체하지 않고 사용하는 경우가 많다. 이에 수조의 내용연수는 조사대상 양식장의 경영자 인터뷰를 바탕으로 기대되는 수조의 수명이 35년 이상으로 판단하였다. 그리고 IBK 순환여과 시스템을 운영하기 위한 장비에 대한 내용연수는 10년으로 계산하였다. 여과재의 경우 반영구적으로 사용할 수 있어 감가상각비에서 제외하였으며 양식장 시설물의 고장 및 수리 비용을 시설유지비로 처리하였다.

양식 기간 동안 평균 생산비용은 사료비, 인건비, 전기료, 종자비 순으로 높았고, 평균 생산비용은 370,041천 원이었다. 사료비의 평균 비중은 40.5%로 G 양식장을 제외한 양식장에서 가장 지출이 높은 항목이었다. 다음으로 인건비 비중(23.6%), 전기료 비중(13.4%), 종자비 비중(7.6%) 등 상위 5개 비용 항목의 합이 85.1%로 생산 비용에서 매우 높은 비중을 차지하였다.

IBK 순환여과 시스템을 사용하는 무지개송어 양식업체별 초기시설비용은 <Table 3>과 같다. 초기시설비용은 부지매입비, 수조 시설비와 수처리 시설비로 분류되지만, 대부분의 조사 대상 양식업체들은 1980~1990년대부터 유수식 양식으로 시작하여 동일 부지에 IBK 순환여과 시스템을 추가로 설치한 상황이다. 따라서 부지매입비 산정이 어려워 부지매입비는 초기시설비용에서 제외하였다.

수조 시설비는 수조 내 콘크리트, 배관 및 수

조 차광막 등 수조를 시설하는 데 소요되는 비용이다. 수처리 시설비는 양식용수를 순환시켜서 사용할 수 있도록 하는 시설에 대한 비용으로 수처리 시설의 항목으로는 수차, 드럼스크린, 여과재, 순환용펌프, 급수용펌프, 블로워, 양수기 등이 해당된다. 수차, 드럼스크린과 여과재는 모든 양식장에서 사용되고 있고, 이외의 시설은 양식장 입지와 규모에 따라 설치된 장비에 차이가 있다.

무지개송어 양식업체별로 IBK 순환여과 시스템 구축 시기와 양식입지의 차이가 있으며 규모가 상이한 점을 고려하여 수면적을 기준으로 1m²당 소요되는 초기시설비용을 산출하였다. 1m²당 평균 초기시설비용은 283,588원으로 최소 112,687원, 최대 763,115원의 큰 차이를 가지는 것으로 분석되었다. 이는 양식장 입지에 따른 추가 공사유무, 인건비와 건축 자재 단가 상승의 영향으로 판단된다. 또한 양식장 건축물의 재료에 따라 수조 시설비에서 차이를 보이는 것으로 나타났다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 경제성 분석

무지개송어 양식업체별 출하량과 출하가격을 바탕으로 총수익을 산출하여 향후 10년 동안의 현금흐름에 대한 경제성을 분석하였다.

경제성 분석에서 중요한 요인으로 작용하는 사회적 할인율은 기획재정부의 「예비타당성조사 수행 총괄지침」에 명시된 사회적 할인율 4.5%를 적용하였다(MOEF, 2024). 그리고 추가로 현재

<Table 4> Results of economic feasibility analysis

| | A | B | C | D | E | F | G | Average |
|-------------------|-----------|---------|----------|----------|---------|-----------|----------|---------|
| NPV (1,000won) | 2,706,362 | 673,075 | -453,586 | -567,654 | 950,283 | 2,983,437 | -589,963 | 814,565 |
| BCR | 1.40 | 1.40 | 0.82 | 0.87 | 1.45 | 1.89 | 0.76 | 1.23 |

<Table 5> Break-even point

| | A | B | C | D | E | F | G |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Yields (Production amount/BEP Yields) | 71,498 (1.40) | 14,329 (1.40) | 26,777 (0.82) | 45,978 (0.87) | 24,082 (1.45) | 26,435 (1.89) | 26,213 (0.76) |
| Market price (won/kg) | 8,580 | 10,747 | 14,606 | 13,793 | 7,569 | 8,459 | 15,728 |
| Survival rate(%) | 14.30 | 20.67 | 81.14 | 114.95 | 61.75 | 33.89 | 57.61 |

무지개송어 경영상황에서의 출하량, 출하가격, 생존율의 손익분기점을 도출하였다. IBK 순환여과 시스템을 사용하는 양식업체 7개소의 경제성 분석 결과는 <Table 4>와 같다.

우선 전체 양식장의 NPV 평균은 약 8억 원으로, 양식장별로 약 -5억 9천만 원에서 최대 약 29억 원 범위로 분석되었다. BCR 평균은 1.23으로 평균적으로 경제성이 있는 것으로 분석되었지만, 가장 낮은 업체는 0.76, 가장 높은 업체는 1.89로 업체 간 차이가 있는 것으로 나타났다.

경제성이 가장 높게 평가된 F 양식장은 출하가격이 kg 당 16,000원으로 가장 높았다. 반면 경제성이 가장 낮게 평가된 G 양식장은 수면적 대비 생산량이 6.1kg/m²로 상대적으로 낮은 것이 원인으로 분석되었다.

다음으로 현재의 경영상황에서 최소한의 경영을 유지할 수 있는 출하량, 출하가격과 생존율의 정도를 파악하기 위해 손익분기점을 산출하였다(<Table 5> 참고). 손익분기점 산출에 있어 양식장 경영에 소요되는 비용 중 양식장의 생산량에 관계없이 고정적으로 지불하는 비용인 고정인부인건비, 체세공과금, 시설유지비, 이자비용과 감가상각비는 고정비용으로 구분하였다. 반면 생산

량 변동에 따라 변하는 비용인 변동비에는 종자비, 사료비, 전기료, 약품비와 액화산소 비용이 해당된다.

출하량의 손익분기점과 현재 출하량을 비교하기 위해 손익분기점을 기준으로 현재 출하량의 비율을 산출하였다. G 양식장이 손익분기점 출하량 대비 현재 출하량은 0.76배로 가장 낮았고, F 양식장은 1.89배로 가장 높았다. 분석 대상 양식장 7개소 중 3개소의 현재 출하량이 손익분기점에 미치지 못하고 있는 것으로 나타나 출하량 증대가 필요한 것으로 분석되었다.

현재 출하가격과 손익분기점 출하가격의 차이를 비교하면, 평균적으로 3,325원의 차이가 있으며 최소 753원, 최대 7,541원으로 나타났다. 출하가격의 차가 클수록 수익은 안정적이다(Paek and Park, 2016).

생존율에 대한 손익분기점은 1개소를 제외하 나머지 양식업체에서 모두 달성하고 있으며, 현재 생존율과 손익분기점 생존율의 차는 최소 약 11%, 최대 약 61%로 생존율로 인해 경영상황이 악화될 가능성은 낮다. 하지만, 생존율은 효율적인 생산을 위한 양식 조건 중에서 중요한 요인이기에 지속적인 관리가 필요하다.

<Table 6> Analysis on scales

| | Small scale (Below 1,500m ²) | Medium scale (1,500~2,500m ²) | Large scale (Over 2,500m ²) |
|--------------------------|---|--|--|
| Survival rate(%) | 77 | 65 | 76 |
| Market price (won/kg) | 11,500 | 14,000 | 12,000 |
| NPV (1,000won) | 389,924 | 1,207,891 | 1,058,200 |
| BCR | 1.22 | 1.38 | 1.08 |

2. 규모별 분석

IBK 순환여과 시스템을 사용하는 무지개송어 양식장의 수면적을 기준으로 1,500m² 미만 3곳을 소규모, 1,500~2,500m² 미만 2곳을 중규모, 2,500m² 이상인 양식장 2곳을 대규모로 구분하여 평균 값을 비교하였다(<Table 6> 참조).

양식장 규모에 따라 생존율, 출하가격과 경제성을 비교한 결과 생존율은 소규모에서 77%로 가장 높게 나타났으며 중규모에서 65%로 가장 낮게 나타났다. 반면 출하가격은 중규모에서 14,000원으로 가장 높게 나타났지만, 소규모는 11,500원으로 가장 낮았다.

규모별 무지개송어 양식장의 경제성을 분석한 결과, 중규모에서 NPV와 BCR이 가장 높게 나타나 중규모의 경영상황이 가장 양호한 것으로 분석되었다. 이는 중규모의 가장 높은 출하가격의 영향을 받은 것으로 판단된다. 경제성이 가장 낮게 나타난 대규모 양식장의 경우 평균 생산비용이 약 5억으로 비용이 많이 소요되지만 수면적대비 양식 생산량은 15kg/m²로 가장 작아 양식의 효율이 떨어지는 것으로 판단된다.

규모별 양식장의 경제성은 중규모가 가장 높게 분석되었지만, 생존율은 가장 낮은 것으로 나타났다. 생존율이 낮은 원인은 다양하지만, 중규모의 액화산소 비용이 평균 1,900만 원으로 가장 높게 나타났다. 반면 소규모 양식장의 액화산소 비용은 평균 100만 원으로 액화산소를 거의 사용하지 않고 있지만, 생존율은 가장 높다. 소규모와

중규모 양식장의 생존율과 액화산소 비용의 관계로 미루어보아 양식용수의 수질관리를 통한 수질 개선이 폐사율과 경영비용 절감으로 안정적인 양식장 경영을 위한 필수요소인 것으로 추정된다.

IV. 결론

연근해어업 생산량은 감소하고 있는 반면, 양식 생산량은 큰 비중을 차지하고 있어 양식산업의 중요성이 대두되고 있다. 하지만, 기후변화로 인해 양식장 수질이 악화되고 지하수가 부족한 문제가 발생하고 있다. 고수온으로 인한 폐사와 양식용수 부족 문제를 해결하기 위해 여과과정을 거쳐 물을 재사용하는 IBK 순환여과 시스템을 도입하고 있다. 현재 양식장 수처리시스템인 IBK 순환여과 시스템에 대한 사회·경제적 측면 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 IBK 순환여과 시스템을 사용하는 무지개송어 양식어가 8곳을 방문하여 경제성 분석을 실시하였다. 심층면담조사 자료를 바탕으로 순현재가치법(NPV)과 편익비용비율법(BCR)을 사용하여 경제성을 분석하였고, 생산량, 출하가격과 생존율에 대한 손익분기점을 산출하였다.

경제성 분석에 앞서 무지개송어 양식장의 평균 수면적은 2,071m²이며 종자 입식은 양식장 규모별로 상이했지만, 평균 105,429마리를 입식하는 것으로 나타났다. 생산량과 생존율의 평균은 각각 41톤, 73%로 분석되었다.

생산 비용 조사 결과 평균 생산비용은 370,041 천 원이며 사료비가 가장 높은 비중을 차지하고 인건비, 전기료, 종자비 순으로 나타났다. IBK 순환여과 시스템을 사용하는 양식업체의 평균 수조 시설비와 수처리 시설비의 합은 1㎡당 283,588원으로 분석되었다.

시험 양식 중인 1개소를 제외한 7개소의 경제성 분석 결과 평균 NPV는 814,565천 원, 평균 BCR은 1.23으로 경영상황이 양호한 것으로 나타났다. 현재 경영상태와 손익분기점을 비교한 결과 출하가격과 생존율은 경영을 유지하기에 충분한 수준이지만, 양식업체 3개소의 출하량은 손익분기점에 미치지 못하는 수준으로 출하량의 증대가 필요한 상황이다.

수면적을 기준으로 무지개송어의 규모별 생존율, 출하가격과 경제성을 분석한 결과 소규모(1,500㎡ 미만)에서 생존율이 77%로 가장 높게 나타났고, 출하가격은 중규모(1,500~2,500㎡ 미만)에서 14,000원으로 가장 높게 나타났다. 경제성 분석 결과 중규모의 NPV는 1,207,891천 원, BCR은 1.38로 가장 높게 나타나 중규모의 경영상황이 가장 양호한 것으로 판단된다.

최근 기후변화로 인한 고수온과 가뭄으로 지하수를 사육용수로 사용하는 내수면 양식업체에서 양식용수의 수온이 갑자기 상승하여 폐사가 발생하고, 지하수 공급이 부족하여 수질이 저하되는 등의 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하고 생산량을 증대시키기 위해서는 친환경 양식 방법인 순환여과방법으로의 전환이 필요하다.

하지만 선행연구(Kim, 2023)에 따르면 유수식의 초기시설비용은 1㎡당 230,000원인 반면, 순환여과 시스템은 1㎡당 306,000원으로 유수식보다 순환여과 시스템의 초기시설비용이 더 높다. 진입장벽이 높은 순환여과 시스템의 상업적 보급을 위해서는 지자체 및 국가 차원에서의 지원 사업이 뒷받침되어야 할 것으로 보인다. 또한 양식용수를 순환시키기 위해 전력사용이 많아지는 IBK 순환여과 시스템이 에너지 사용 증가로 인해 환

경에 미치는 영향에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

현장 인터뷰 조사 결과 현재 양식장 수처리 시스템 과정 중에서 살균 과정의 연구가 가장 먼저 필요하다는 의견이 있었다. 뿐만 아니라 현재 양식장 운영비용 중 상당 부분을 차지하는 전기료의 절감을 위해 에너지 효율을 높일 수 있는 시스템의 개발을 요청했다. 현장의 목소리를 반영하여 IBK 순환여과 시스템의 보완 및 보급을 위한 기술 개발이 시급한 상황이다.

본 연구는 수처리 시스템을 사용하는 무지개송어 양식장에 대한 경제성을 분석하여 수처리 시스템을 도입하였을 때 소모되는 비용과 그에 따른 경영 상황을 직접 현장 조사하여 분석하였다. 그러나 적은 표본 수를 대상으로 조사를 진행하여 대표성을 나타내기 어려운 한계가 있다. 향후 IBK 순환여과 시스템을 사용하는 양식여가의 지역별 규모별 조사를 통해 수처리 시스템의 경제성 분석 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

References

- Jung MJ, Paek JY and Yi JH(2018). Economic Analysis based on Estimation of Optimal Facilities of Oyster Aquaculture in Jaran Bay. *Journal of Fisheries Business Administration*, 49(4), 099~108. <http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2018.49.4.099>
- Kim DH(2012). An Economic Feasibility Study of Mackerel Offshore Aquaculture Production System. *Journal of Fisheries Business Administration*, 43(3), 023~030. <http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2012.43.3.023>
- Kim IB and Jo JY(1998). Recirculating aquaculture systems in Korea-development of an environmentally friendly aquaculture system, Intensive Bio-Production Korean (IBK) System. In *Proceedings of the second international conference on recirculating aquaculture*, Roanoke, Virginia, 139~146.
- Kim NL and Paek JY(2021). An Economic Analysis of Kelp (*Saccharina japonica*) and Sea mustard

- (*Undaria pinnatifida*) Aquaculture in Busan and Ulsan. *Journal of fisheries and marine sciences education*, 33(5), 1230~1242.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2021.10.33.5.1230>
- Kim NL, Park GI, Lee BJ and Kim DH(2021). An Economic Analysis of Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) Aquaculture in Wando region. *Journal of fisheries and marine sciences education*, 33(3), 734~743.
<https://dor.org/10.13000/JFMSE.2021.6.33.3.734>
- Kim YJ(2023). Comparative Economic Analysis of Trout Aquaculture Systems Considering Greenhouse Gas (GHG) Emissions. Master's Thesis, Pukyong National University, Busan, South Korea.
- Korea Maritime Institute Fisheries Outlook Center Statistics(www.foc.re.kr).
- Korea Maritime Institute(2022). *Montly Fisheries Outlook and Issue-Rainbow Trout*, 2022, vol.70.
- Korea trout aquaculture association(2015). 50-year history of Korean Trout aquaculture.
- Ministry of Economy and Finance(2024). 2024 Performance Guidelines for Preliminary Feasibility Study.
- Ministry of Oceans and Fisheries(2023). The 5th Basic Plan for the Development of Aquaculture Industry.
- Ministry of Oceans and Fisheries(2022). The 5th Basic Plan for the Promotion of Inland Water Surface Fisheries.
- National Institute of Fisheries Science(2022). Analysis of the Value Chain of Major Aquaculture Varieties(Rainbow Trout)
- National Institute of Fisheries Science(2017). *Rainbow Trout Farming Standard Manual*.
- Paek JY and Jeong MJ(2019). An Economic Feasibility Comparison Analysis on White Shrimp(*Litopenaeus Vannamei*) Aquaculture with Biofloc Technology. *Journal of fisheries and marine sciences education*, 31(5), 1408~1416.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2019.10.31.5.1408>
- Paek JY and Park KI(2016). An Economic Analysis of Rainbow Trout(*Onchorhynchus mykiss*) Aquaculture Farms. *Journal of fisheries and marine sciences education*, 28(5), 1280~1289.
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2016.28.5.1280>
- Park CK and Kam JH(2024). Spatiotemporal patterns of groundwater over South Korea. *Science of The Total Environment*, 928, 172221.
<https://doi.org/10.1019/j.scitotenv.2024.172221>
- Park DH(2019). A Comparative analysis on economic viability of Rainbow Trout Aquaculture by Farming method. Master's Thesis, Pukyong National University, Busan, South Korea.
- Park KI(2017). A Study on the competitiveness of Trout Aquaculture in Korea. Doctor's Thesis, Pukyong National University, Busan, South Korea.
- Park NB, Park MS, Lee JH and Myeong JI(2013). A Study of Nitrification Kinetics in the Biofilter Process for Aquaculture Water Treatment: A Review. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(6), 675~681.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0675>
- Statistical Korea KOSIS(www.kosis.go).
- Susan times(2020). Improve competitiveness with rainbow trout circulation filtration system, 2020-09-28.

-
- Received : 12 August, 2024
 - Revised : 12 September, 2024
 - Accepted : 18 September, 2024