



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

경 영 학 석 사 학 위 논 문

트랙형 축제식 해삼 양식업의 실물옵션 분석



부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 수 산 경 영 학 과

전 은 비

경 영 학 석 사 학 위 논 문

트랙형 축제식 해삼 양식업의 실물옵션 분석

지도교수 김 도 훈

이 논문을 경영학석사 학위논문으로 제출함.



2020년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 수 산 경 영 학 과

전 은 비

전은비의 경영학석사 학위논문을 인준함.

2020년 2월 21일



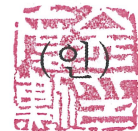
위 원 장 경영학박사 이 상 철



위 원 경영학박사 박 경 일



위 원 경영학박사 김 도 훈



목 차

I. 서론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 연구 방법 및 범위	3
II. 선행연구	4
1. 해삼에 관한 선행연구	4
2. 실물옵션에 관한 선행연구	6
III. 해삼 양식업 및 트랙형 축제식 해삼 양식업 현황	9
1. 국·내외 해삼 양식업 현황	9
2. 국내 지자체 해삼 양식업 정책	17
3. 지자체 해삼 양식 주요 사례: 전라남도	20
4. 트랙형 축제식 해삼 양식업의 개념 및 필요성	25
IV. 트랙형 축제식 해삼 양식업의 실물옵션 분석	31
1. 실물옵션 분석 개요	31
2. 실물옵션 분석 개념	34
3. 트랙형 축제식 해삼 양식업의 실물옵션 분석	36
4. 분석 자료	44
5. 분석 결과	52
V. 요약 및 결론	61
참고문헌	65
부록	70

표 목 차

<표 2-1> 해삼 관련 연구	5
<표 2-2> 실물옵션 관련 연구	8
<표 3-1> 국내 해삼 생산량 및 생산금액	10
<표 3-2> 중국 지역별 해삼 생산량	14
<표 3-3> 중국 월별 해삼 시장가격	15
<표 3-4> 정부와 지자체별 해삼 양식업에 대한 투자현황 및 계획	19
<표 3-5> 벼농사와 해삼 양식업의 소득 분석 비교 결과	24
<표 4-1> 트랙형 축제식 해삼 양식업 규모 시나리오	36
<표 4-2> 최근 5년간 양식해삼의 생산 및 평균단가	44
<표 4-3> 신안 소형과 진도 대형의 항목별 초기투자비용	46
<표 4-4> 신안 소형과 진도 대형의 항목별 운영비용	48
<표 4-5> 신안 소형과 진도 대형의 항목별 감가상각비	48
<표 4-6> GBM 확률과정 파라미터 도출 결과	50
<표 4-7> 실물옵션 분석모형의 파라미터 통계치	51
<표 4-8> 신안 소형 최적 투자임계점과 NPV 분석 결과	52
<표 4-9> 진도 대형 최적 투자임계점과 NPV 분석 결과	53
<부표 1-1> 신안 소형(6.6ha) 초기투자비용 항목	70
<부표 1-2> 진도 대형(220ha) 초기투자비용 항목	71
<부표 2-1> 신안 소형과 진도 대형의 운영비용 항목	72

그 립 목 차

<그림 3-1> 연도별 해삼 생산동향	11
<그림 3-2> 어업별 해삼 생산동향	11
<그림 3-3> 중국 해삼 연도별 월별 판매단가	16
<그림 3-4> 전라남도 연도별 해삼 생산동향	22
<그림 3-5> 전국 해삼 생산량 중 전라남도 해삼 생산량 비율	22
<그림 3-6> 전라남도 내 간척지 현황	23
<그림 3-7> 진도군 인근 해역의 냉수대 발생 범위	23
<그림 3-8> 중국 지역별 단위면적당 해삼 생산량	24
<그림 3-9> 트랙형 축제식 해삼 양식장 구조	27
<그림 3-10> 기존 축제식 양식장과 트랙형 축제식 양식장의 비교	28
<그림 4-1> 신안 소형의 시설비 변화에 따른 최적 투자임계점 변화	55
<그림 4-2> 진도 대형의 시설비 변화에 따른 최적 투자임계점 변화	56
<그림 4-3> 신안 소형의 해삼 생산량 변화에 따른 최적 투자임계점 변화	57
<그림 4-4> 진도 대형의 해삼 생산량 변화에 따른 최적 투자임계점 변화	58
<그림 4-5> 신안 소형의 종자비 변화에 따른 최적 투자임계점 변화	60

<그림 4-6> 진도 대형의 종자비 변화에 따른

최적 투자임계점 변화 60



An Real Option Analysis of Sea Cucumber Aquaculture

Eun Bi, Jeon

*Department of Marine Business and Economics, The Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

As awareness about the importance of health has been growing around the world, global demand for sea cucumbers continues to increase. However, Korea's sea cucumber production is approximately 2,000 tons per year, which is only 1% of the world's sea cucumber production. In order to revitalize the sea cucumber industry, production needs to be increased. Thus, Jeollanam-do Ocean & Fisheries Science Institute has developed the track-type sea cucumber culture production system.

The introduction of the track-type sea cucumber aquaculture is expected to contribute to the competitiveness of the sea cucumber industry through mass production and labor reduction. Despite the need for increasing the sea cucumber aquaculture, however, it is necessary to make prudent investment decisions for fishermen as it requires a lot of initial investment costs. This paper aims to analyze investment decision problems from the perspective of the fishery industry.

Thus, study targeted the Sinan area and Jindo area of Jindo Sea, which are known as Korea's representative cold water formation zones. From the results, Sinan small sea cucumber farming(6.6ha) complex showed economic feasibility could be achieved when the existing facility cost decreased by 10% and production increased by more than 5%. And Jindo large sea cucumber farming(220ha) complex showed economic feasibility could be gained even when the existing facility cost would increased by 55% and production would decreased by 20%.



I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

최근 경제협력개발기구(OECD)와 유엔 식량농업기구(FAO)가 발표한 ‘세계 수산물 소비전망(2019-2028)’에 따르면, 2028년 세계 평균 수산물 소비량은 2017년(20.4kg) 대비 4.2% 증가한 21.3kg 증가할 것으로 전망하였다. 이와 같이, 전 세계적으로 수산물이 건강식품으로 인식되면서 수산물의 수요가 전 세계적으로 증가하고 있는 가운데 특히 해삼에 대한 중국의 수요가 지속적으로 증가하고 있다.

이에 해양수산부에서는 우리나라 8대 수출전략 품목으로 해삼을 선정하여 고부가가치 품종으로 육성하고 있다. 이것은 경제 성장과 함께 고가의 식자재 소비의 상승세를 이어가고 있는 중국을 겨냥한 것이며, 수출을 통한 세계 해삼 수요에 대응하기 위한 것이다(정진택, 2017). 우리나라 해삼 양식은 수산물의 국제적 거래가 활발해질 경우 수출 전망이 매우 밝은 품종일 뿐만 아니라, 특히 중국과의 FTA 체결에도 국내 수산물 중 거의 유일하게 수출경쟁력이 있는 양식품종으로 수출 증대는 물론 양식어업인들의 소득을 크게 증가시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다(농림수산식품부, 2011).

해삼의 최대 생산국이자 소비국인 중국에서는 소득 증가 및 건강에 대한 의식이 높아지면서 수산물 구매 지출도 증가하고 있다. 또한, 해삼은 고급 사치품에서 대중 소비품으로 변하는 양상을 보이는 등 소비가 확대되고 있어 공급이 수요를 따라가지 못하고 있다(양이석, 2018).

그럼에도 불구하고 우리나라 해삼 산업은 여전히 영세한 규모를 벗어

나지 못하고 있다. 우리나라 해삼 생산량은 일반해면어업의 경우 2009년 2,789톤으로 가장 많이 생산된 이래 연간 2,000톤 내외에 머물고 있는 상황이다. 천해양식어업은 2011년 92톤의 최고 수준을 기록하였으나 계속 감소하는 추세를 보이며 2018년 기준 14톤을 기록하였다(통계청, 2019).

현재 우리나라 해삼 양식은 체중 1g 내외의 해삼종자를 바다에 방류하는 씨뿌림 방식인 일반해면어업에 의존하고 있어 생산량 정체가 지속되고 있다. 또한 이 방식은 자연환경을 활용하여 넓은 면적의 해양을 해삼 양식에 사용하여 해삼 도난 가능성의 문제가 대두되고 있다.

이에 따라 전라남도 해양수산과학원은 해삼 대량생산을 위한 트랙형 축제식 해삼 양식기술을 개발하였으며, 실험양식 중에 있다. 그러나 트랙형 축제식 해삼 양식업은 간척지를 이용하는 특성상 육지에 위치하고 있어 해수를 지속적으로 공급하기에 전기료가 추가 발생하고 사육 수조마다 방수 시설과 주수¹⁾, 배수 배관을 시설하기 때문에 초기투자비용이 높아 도입되었을 경우 그 경제적 효과는 예측하기 어렵다.

이에 본 연구의 목적은 해삼의 대량생산을 위하여 개발된 트랙형 축제식 해삼 양식업 투자에 대한 경제성을 분석하는 것에 있다. 이를 위해 전통적 순현재가치법(NPV)의 한계점을 극복하고, 해삼 가격의 불확실성과 투자의 비가역성을 고려한 실물옵션 기법을 적용하여 트랙형 축제식 해삼 양식업 투자를 위한 최적 투자임계점을 도출하고, 민감도 분석을 시행하여 파라미터 변화에 따른 최적 투자임계점의 변화를 알아보고자 한다.

1) 사육수조에 새로운 물을 들여보내는 것

2. 연구 방법 및 범위

본 연구는 전라남도 해양수산과학원에서 개발한 트랙형 축제식 해삼 양식업 투자에 대한 경제성을 분석하였다. 연구의 진행을 보다 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

첫째, 현재 국내 해삼 양식업의 실태와 문제점을 분석하고, 트랙형 축제식 해삼 양식업의 도입이 요구되는지의 배경과 필요성을 제시하였다.

둘째, 트랙형 축제식 해삼 양식업 도입에 있어서 불확실성을 고려한 해삼 양식 투자의사 결정 문제를 분석하였다. 해삼 가격의 불확실성을 고려한 실물옵션(Real Option) 기법을 사용하여 전라남도 신안과 진도지역의 양식장 규모에 따른 경제성을 분석하였다.

마지막으로 초기시설비용, 해삼의 생산량과 종자비의 불확실성을 고려하여 해삼 양식업 투자자의 투자의사 결정이 어떻게 달라지는지를 민감도 분석을 통해 분석하였다.

본 연구는 제1장 서론, 제2장 선행연구, 제3장 해삼 양식업 및 트랙형 축제식 해삼 양식업 현황, 제4장 트랙형 축제식 해삼 양식업의 실물옵션 분석 그리고 제5장 요약 및 결론으로 구성되어 있다.

제1장에서는 해삼 양식업 연구의 배경과 목적, 연구의 내용에 관해 서술하고 있다. 제2장에서는 해삼과 실물옵션에 관한 선행연구로 나누어 살펴본다. 제3장에서는 국내 해삼 양식업의 현황과 해삼 양식기술의 문제점에 대해 지적하고, 대책 방안으로 트랙형 축제식 해삼 양식업 도입의 필요성을 제시한다. 다음으로 제4장에서는 실물옵션을 이용하여 신안과 진도지역의 트랙형 축제식 해삼 양식업의 경제성을 분석하고, 파라미터 변화에 따른 민감도를 분석한다. 마지막으로 제5장에서는 본 연구의 요약 및 결론을 제시하고, 연구의 한계점 및 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 선행연구

1. 해삼에 관한 선행연구

우리나라의 해삼 연구는 주로 양식기술 개발에 관한 연구가 많이 이루어졌으며, 해삼 양식업의 경제성 분석은 마을어장의 종자방류사업에 대한 효과 분석만이 단편적으로 되어 있을 뿐 양식업과 관련된 직접적인 경제성 분석은 없는 실정이다.

박경일 외(2013)는 비용편익분석 방법을 이용하여 경북지역 내 어촌계 2곳을 선정하여 해삼 종자방류사업의 경제적 효과를 분석하였다. 분석 결과, 채취업자와 수익을 5:5로 분배하고 있어 방류비용을 정부에서 부담하지 않는 한 수익성이 없는 것으로 평가되었다. 전라남도 해양수산과학원(2016)은 기존 축제식 양식과 트랙형 축제식 양식의 생산성 분석을 실시하였으며, 트랙형 축제식 양식이 기존 축제식 양식보다 해삼 생산성이 높은 것으로 나타났다. 국립수산물과학원(2017)은 통영 굴 양식장 바닥에 해삼 은신처를 조성한 후 종자살포 양식에 따른 경제성을 분석하였으며, 은신처 종류나 여부와는 무관하게 모두 수익성이 없는 것으로 나타났다.

국외의 경우 包鵬云 외(2011)는 중국 축제식 해삼 양식의 문제점을 분석하였으며, 이 문제점을 해결하기 위한 효율적인 방안을 제시하였다. 蔣濤 외(2014)는 중국의 해삼 축제식 양식의 종자 투입량, 밀도 등에 따른 경제성을 분석하였다. 분석 결과, 종자의 밀도가 생산량과 경제적 효과에 중요한 요소를 차지하는 것으로 나타났다. 吳楊鎬 외(2015)는 중국 랴오닝성의 축제식 해삼 양식의 최근 3년간 생산 자료를 통하여 양식생산 변화의 원인을 분석하고, 랴오닝성 축제식 해삼 양식산업의 발전 전략을 제안

하였다. Qiu(2017)은 해삼 생산량이 가장 많은 중국 산둥지역을 대상으로 중국의 대표적인 해삼 양식방법인 방류양식, 축제식 양식, 순환여과식 양식의 경제성을 비교 분석하였다. 분석 결과, 순환여과식 양식이 경제적 효율이 높은 양식방법으로 나타났다.

<표 2-1> 해삼 관련 연구

저자 (연도)	제목	분석 방법
국립수산물과학원 (2017)	해삼 혼합양식 경제성 분석	• 은신처 조성 후 종자살포 양식의 경제성 분석
Qiu (2017)	중국 해삼양식의 양식방법별 경제성 비교	• 중국의 대표적인 해삼양식 방법 분석 • 방류양식, 축제식 양식, 순환여과식 양식의 경제성 비교 분석
전라남도 해양수산과학원 (2016)	트랙형 축제식 해삼양식 기술개발	• 기존 축제식 양식과 트랙형 축제식 양식의 비교 분석
吳楊鎬 외 (2015)	遼寧省池塘海參養 殖生產形勢變化 分析	• 중국 랴오닝성의 축제식 해삼양식 생산 분석 • 랴오닝성 축제식 해삼 양식산업 발전 전략 제안
蔣濤 외 (2014)	刺參池塘養殖經濟 效益分析	• 중국 해삼 축제식 양식의 종자 투입량, 밀도 등의 경제성 분석
박경일 외 (2013)	경북지역 해삼 종묘방류사업의 경제적 효과 분석	• 경북지역 방류사업 현황 분석 • 해삼종자 방류사업 경제성 분석
包鵬云 외 (2011)	我國海參池塘養殖 存在的問題及應對 措施	• 중국 축제식 해삼양식의 문제점 분석 • 문제점 해결방안 제시

2. 실물옵션에 관한 선행연구

본 연구의 분석 방법인 실물옵션 기법과 관련된 선행연구는 주로 적정 투자시기를 결정하거나, 투자의 경제성을 평가하는 것 등에 이용하고 있다. 우리나라 실물옵션 관련 선행연구는 금융, 농업, IT 등이 대부분이며, 수산양식 분야에 있어서 실물옵션 연구는 이현동(2019)이 유일하다.

이현동(2019)은 넙치 양식경영체 관점에서 순환여과양식시스템(RAS) 투자에 대한 경제성 평가와 정부 관점에서 사회적 후생과 투자비의 균형을 고려한 투자의 적정 규모를 분석하였다. 분석 결과, 넙치양식 경영체가 RAS 투자함에 있어 생산성 향상의 불확실성이 매우 중요한 투자요인이 될 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 막대한 초기투자비용이 소요되어 신중한 의사결정이 요구되어야 한다고 분석하였다.

이동훈(2018)은 스마트 팜 투자비용의 비가역성과 미래 농가수익이 불확실하다는 점을 반영하여 스마트 팜 투자 사업의 경제성을 평가하였다. 분석 결과, 스마트 팜 투자비용, 생산비용의 절감과 편익을 할인한 잔존가치의 증가를 위한 대책이 필요한 것으로 제안하였다. 박호정(2014)은 인삼 재배 투자 자체가 아직 이루어지지 않은 상황에서 인삼의 투자임계점과 연장 옵션가치를 계산하였다. 분석 결과, 고전적인 NPV 하에서는 인삼투자의 경제성이 있는 것으로 나타났다. 그러나 가격변동성을 고려할 경우 경제성이 충분히 확보되지 않는 것으로 나타났다.

정우석 외(2013)는 실물옵션을 이용하여 파프리카 농가가 지열에너지 시스템에 투자를 결정하는데 최적 투자임계점에 대한 분석을 수행하였다. 분석 결과, 순현재가치법에 비해 투자임계점이 매우 높은 것으로 나타났다. 이에 파프리카의 생산 및 시장 상황에 따른 불확실성과 투자의 비가역성을 고려할 때에 투자 결정에 있어서 기회비용이 반영되어야 한다고

분석하였다. 서상택 외(2007)는 사과가격의 불확실성 하에서 투자옵션과 실물옵션을 모두 고려하여 사과 재배농가의 투자임계점과 퇴출임계점을 분석하였다. 분석 결과, 연간 운영비용과 투자비용의 변화가 투자임계점에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

이 외에도 실물옵션을 이용하여 투자의 경제성을 분석한 선행연구는 다양한 분야에서 활발하게 활용되고 있으며, 국외의 연구에서도 다양한 분야에 걸쳐 활용되고 있다. Hannevik et al.(2015)의 연구에서는 실물옵션을 이용하여 노르웨이 연어 양식의 육상 해수양식 시설의 투자 경제성 여부를 분석하였다. 분석 결과, 연어 양식 회사가 투자를 실행한 후에 양식시설의 이점을 얻을 수 없다면 투자를 지연시키는 동기가 더 강한 것으로 나타났다.

Livingston, Roberts & Zhang(2014)의 연구에서는 실물옵션 기법을 적용하여 가격 불확실성에 따른 옥수수와 콩의 최적의 재배(optimal sequential plantings) 시기 결정에 대해 분석하였으며, 옥수수 단일 재배 및 비료적용 비율이 1ac당 4달러 이하의 장려책으로 지불할 수 있는 것으로 나타났다. Price et al(1999)는 복숭아 가격과 산출량의 불확실성 하에서 조지아(Georgia)주 복숭아 재배농가의 투자임계점과 퇴출임계점을 분석하였다. 분석 결과, 복숭아 생산으로 인한 수입은 생산시기에 영향을 받으며, 복숭아를 생산하는 재배업자들과 잠재적 재배업자들이 수확량을 높일 수 있는 능력이 없다면 투자를 지연시키는 것으로 나타났다.

<표 2-2> 실물옵션 관련 선행연구

저자 (연도)	제목	연구방법
이헌동 (2019)	불확실성을 고려한 넙치 양식산업 투자 의사결정 연구	- 넙치양식 경영체 관점의 순환 여과양식시스템(RAS) 실물옵션 분석 - 정부 관점의 투자 적정 규모 실물옵션 분석
이동훈 (2018)	스마트 팜 투자 사업의 실물옵션 분석: -딸기·토마토 농가를 중심으로-	- 스마트 팜 투자 사업 실물옵션 분석 - 가격의 증가율, 변동률, 할인율 민감도 분석
Hannevi k et al. (2015)	Real options valuation under technological uncertainty: A case study of investment in a post-smolt facility	노르웨이 연어 육상 해수양식 시설 실물옵션 분석
박호정 (2014)	연장 옵션을 포함한 인삼 재배사업의 실물옵션 분석	4년근 인삼재배 실물옵션 분석 5년근 인삼 연장 옵션 분석 - 가격의 변동률, 프리미엄과 보 험료율 민감도 분석
Michael J et al. (2014)	Optimal Sequential Plantings of Corn and Soybeans Under Price Uncertainty	옥수수와 콩의 재배시기 결정 실물옵션 분석
정우석 외 (2013)	실물옵션을 이용한 지열에너지 시스템의 투자 임계점 분석 - 파프리카 농가를 중심으로-	- 지열난방시스템의 파프리카 농 가 실물옵션 분석 - 생산량, 유류비, 정부보조의 민 감도 분석
서상택 외 (2007)	실물옵션을 이용한 사과 재배농가의 투자 및 퇴출임계점 분석	- 사과 재배농가 실물옵션 분석 - 투자 및 퇴출의 결정기준 제시
T. Jeffrey Price et al. (1999)	Irreversible investment decisions in perennial crops with yield and price uncertainty	복숭아 재배농가 투자임계점과 퇴출임계점 실물옵션 분석

Ⅲ. 해삼 양식업 및 트랙형 축제식 해삼 양식업 현황

1. 국내·외 해삼 양식업 현황

가. 국내 해삼 생산현황

해삼은 예로부터 기력과 원기를 보충하는데 큰 효능이 있어 자양강장 효과가 있는 것으로 유명하다. 또한 해삼의 효능에 대한 연구자료들이 많아짐에 따라 소비자들의 소득 증가와 건강에 관한 관심이 높아지면서 전 세계적으로 해삼 소비가 꾸준히 증가하고 있다.

우리나라의 최근 10년간의 해삼 생산현황을 살펴보면, 마을어장 잠수기 또는 해녀에 의해 자연산 채취, 씨뿌림 등의 일반해면어업 생산이 대부분을 차지하고 있다. 일반해면어업의 해삼 생산량은 2009년 2,789톤으로 최고치를 기록하였다. 그러나 계속 감소하는 추세를 보이며 2018년 24.6% 감소한 2,102톤을 생산한 것으로 나타났다. 생산금액은 2009년 약 27억 원에서 반복적으로 증감형태를 보이며 2018년 5.9% 감소한 약 28억 원을 기록하였다(<표 3-1>과 <그림 3-1> 참조).

천해양식어업의 경우 2011년 92톤의 최고 수준을 기록하였으나, 생산량이 계속 감소하는 추세를 보이며 2018년 14톤을 기록하였다. 2018년 기준으로 생산금액은 2011년 대비 86.8% 감소한 2억 5천만 원으로 나타났다.

우리나라 해삼 생산량은 연간 2천 톤 내외의 정체 상태로 중국 생산량 대비 1.2% 수준에 그치고 있으며, 우리나라 해삼 생산은 천해양식어업의 비중보다 일반해면어업에서 차지하는 비중이 높아 해삼 산업 활성화를 위

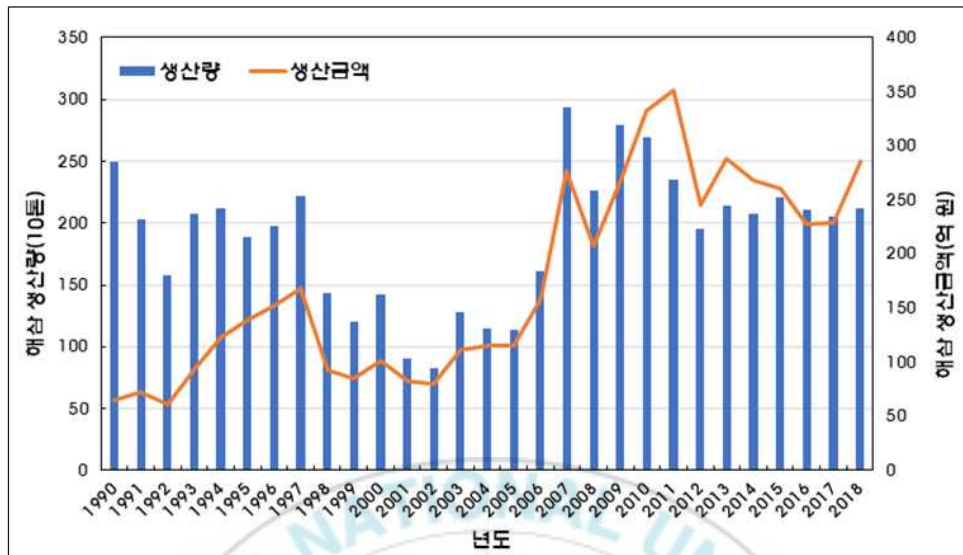
해서는 생산량 증대가 필요한 실정이다(<그림 3-2> 참조).

<표 3-1> 국내 해삼 생산량 및 생산금액

(단위: 톤, 천만 원)

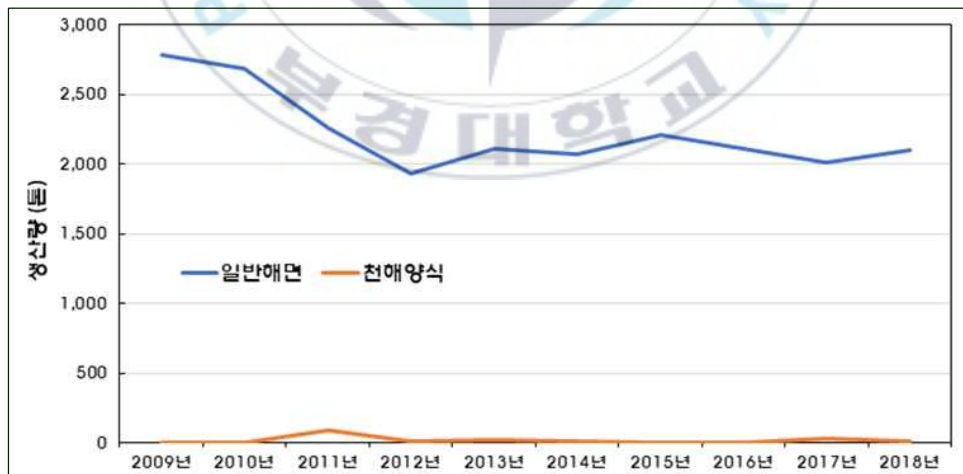
구분	해삼				계	
	일반해면어업		천해양식어업			
	생 산 량	생 산 금 액	생 산 량	생 산 금 액	생 산 량	생 산 금 액
2009	2,789	2,679	-	-	2,789	2,679
2010	2,687	3,330	-	-	2,687	3,330
2011	2,259	3,333	92	190	2,351	3,523
2012	1,935	2,433	10	16	1,945	2,449
2013	2,112	2,848	23	37	2,135	2,884
2014	2,074	2,662	9	13	2,084	2,675
2015	2,210	2,600	-	-	2,211	2,600
2016	2,110	2,275	4	7	2,112	2,282
2017	2,013	2,238	32	50	2,045	2,288
2018	2,103	2,836	14	25	2,116	2,861

자료 출처: 통계청, 「어업생산동향조사」



자료 출처: 통계청, 「어업생산동향조사」

<그림 3-1> 연도별 해삼 생산동향



자료 출처: 통계청, 「어업생산동향조사」

<그림 3-2> 어업별 해삼 생산동향

나. 중국 해삼 생산량

해삼의 최대 생산국이자 최대 소비국인 중국의 최근 10년간의 해삼 생산량을 살펴보았다. <표 3-2>에서 볼 수 있듯이 중국의 해삼 생산량은 2009년 102,159톤을 기록하였으며, 2017년까지 지속적인 증가 추이를 보이고 있으나 2013년 이후부터는 해삼 생산량의 증가세가 둔화하고 있는 것을 볼 수 있다.

이는 2013년 중국 정부의 청렴강화 정책 및 사치품 제한 규제에 따른 소비 위축, 과도 채취, 경제 개발에 따른 공업화 그리고 자원보호와 금어기 연장 등으로 해삼 생산량의 증가세가 둔화되고 있기 때문이다. 2018년에는 2017년 대비 해삼 생산량이 약 0.2% 감소한 174,340톤을 기록하였는데, 이는 여름철 고수온으로 인한 해삼의 폐사 증가로 해삼 생산량이 큰 폭으로 감소하였기 때문이다.

중국의 주요 해삼 생산지는 허베이성, 랴오닝성, 푸젠성, 산둥성이다. 2018년 기준으로 중국 내 최대 해삼 생산지는 산둥지역(92,228톤)으로 나타났다. 산둥지역 다음으로 생산량이 많은 지역은 랴오닝성(47,096톤), 푸젠성(28,829톤) 그리고 허베이성(4,764톤)의 순으로 나타났으며, 그 중 산둥성과 랴오닝성의 해삼 생산량은 중국 전체 해삼 생산량의 79.9%를 차지하고 있다. 중국의 해삼 생산지는 북방 해안지역에 집중되어 있으나, 푸젠성, 저장성, 강소성, 광둥성 등 남방 해안지역의 해삼 양식업이 발달하면서 남방지역의 해삼 생산이 꾸준히 증가하는 추세다.

<표 3-3>과 <그림 3-3>은 2010년부터 2019년까지 10년간의 월별 중국 해삼의 1kg당 가격을 정리한 것이다. 해삼의 판매단가는 월별로 변동하고 있으며, 일반적으로 10월~12월에 가장 높다. 2018년에는 4월 해삼의 평균단가가 104.64위안(한화 17,000원)으로 가장 낮은 것으로 나타났으며,

가장 높은 시기는 11월로 kg당 200위안(한화 33,100원)에 거래되었다. 2019년 9월에는 전년 9월 대비 해삼의 평균단가는 30.2% 증가한 210위안(한화 34,734원)으로 나타났다.

중국 해삼의 가격은 매년 상승하는 추세를 보이고 있으며, 연평균 단가는 2017년에서 2018년 사이에 21.5% 상승하였다. 2016년부터 2018년까지 3년간의 월별 평균 판매단가는 118.41위안(한화 19,600원)이었으며, 2018년 기준 연평균 판매단가는 140.78위안(한화 23,300원)이다.



<표 3-2> 중국 지역별 해삼 생산량

(단위: 톤)

	허베이성	랴오닝성	푸젠성	산둥성	그 외 지역	전국 총계
2009	1,508	36,134	1,338	62,792	387	102,159
2010	2,128	59,764	1,643	66,300	468	130,303
2011	4,024	54,954	7,082	71,011	451	137,754
2012	6,649	64,512	15,459	82,905	774	170,830
2013	7,976	70,687	17,555	96,523	702	193,705
2014	9,837	68,754	22,227	99,560	591	200,969
2015	9,215	70,465	24,381	100,643	1,087	205,791
2016	10,172	74,124	26,219	92,843	1,001	204,359
2017	9,262	82,796	27,358	99,641	850	219,907
2018	4,764	47,096	29,829	92,228	399	174,340

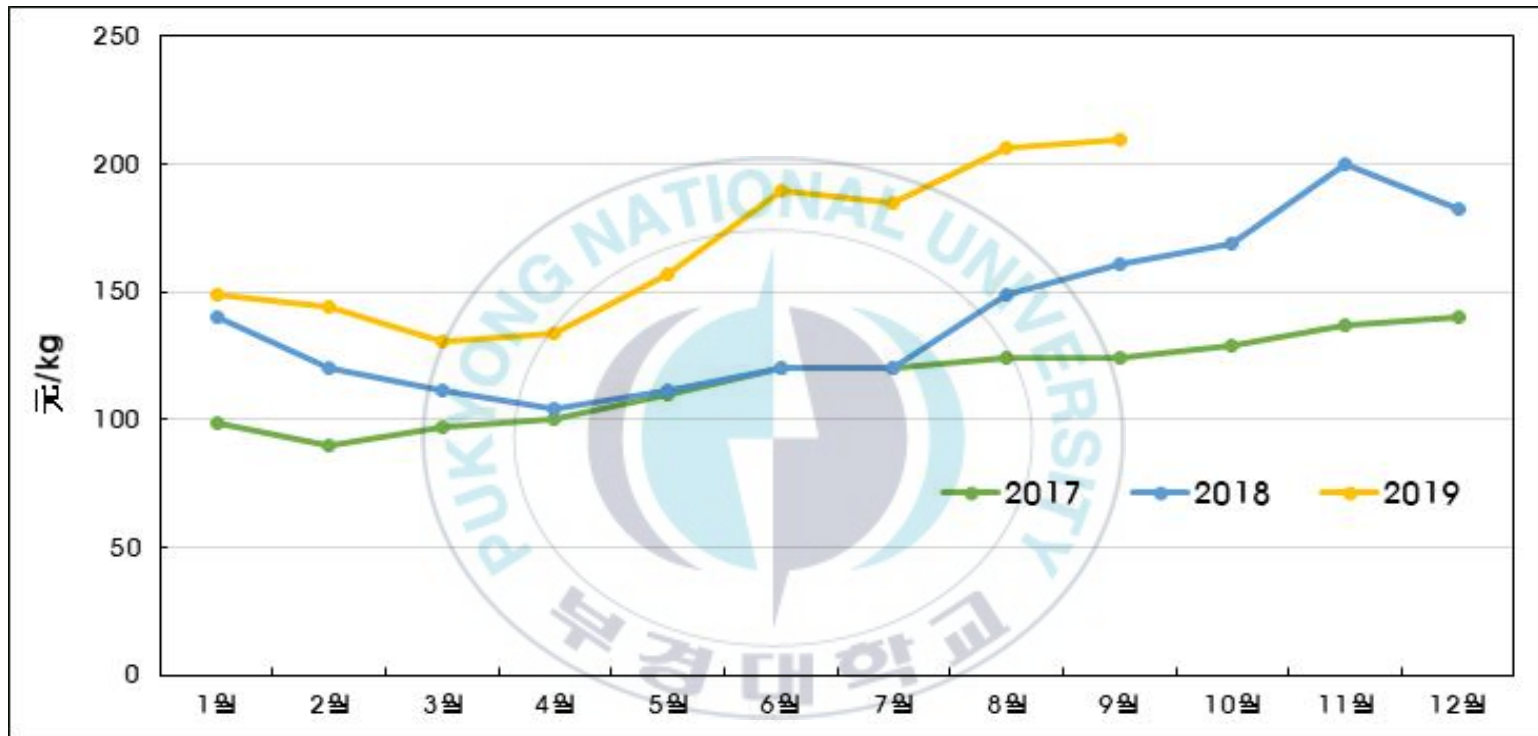
자료 출처: 中国渔业统计年鉴(2018)

<표 3-3> 중국 월별 해삼 시장가격

(단위: 元/kg)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1월	189	209.05	210.4	200	140.22	120	104	99.03	140	149.16
2월	172	206.25	189.1	200	138.57	120	90	89.86	120	144
3월	163	184.96	173.33	186	128.33	109.63	90	96.87	111.33	131
4월	171.87	166.5	171.79	151.93	103.63	103.21	89	100.41	104.64	133.73
5월	186	166.89	160	143.79	107.31	101.82	89.14	110.27	111.71	156.62
6월	185.2	171.26	160	150	120	100	90	120	120	189.73
7월	179.09	173.9	160	140.67	117.81	95.42	83	120	120	185.11
8월	176	180.26	156.73	140	140.13	100	86.55	124	148.73	206.8
9월	180	186.1	184	169.29	128.93	98.93	97.73	124	161.29	210
10월	186	210.33	195.33	182.2	108.33	101.07	112.78	129.2	169.03	-
11월	198.32	218.73	190	173.17	108.29	105.93	125.73	137.33	200	-
12월	201.09	211.76	190.48	150.4	110.26	104	124.39	140	182.58	-
평균	182.30	190.50	178.43	165.62	120.98	105.00	98.53	115.91	140.78	167.35

자료 출처: 新农村商网



자료 출처: 新农村商网

<그림 3-3> 중국 해삼 연도별 월별 판매단가 (2017~2019)

2. 국내 지자체 해삼 양식업 정책

우리나라는 중국의 대규모 시장 공략을 위해 2000년대 초반부터 정부와 지자체에서 행정 지원과 재정 투자를 본격화하였다. 구체적으로 지자체별 해삼 산업 투자를 살펴보면 다음과 같다(<표 3-4> 참조).

충청남도는 인공구조물을 쌓아 축제식 양식장을 만들어 해삼 양식시험에 성공하여 태안과 보령 등의 해역에 해삼특화단지 조성을 추진하였다. 충청남도가 계획한 해삼특화단지 조성사업의 세부 투자에는 해삼 종자생산단지 조성, 중간크기 해삼 육성업체 지원, 씨뿌림 해삼단지 6개소, 축제식 양식단지 5개소, 육상양식단지 조성과 해삼 가공식품 개발 및 연구개발 지원 등이 있으며, 예산 규모는 총 360억 원이다.

경상남도는 2014년 10월 정부가 성장동력 전략품목으로 해삼을 선정함에 따라 1단계 산업으로 매년 50억 원을 투입하여 ‘해삼 씨뿌림사업’을 추진하였다. 2단계 사업은 민간 주도의 혼합 양식장을 개발하는 것으로, 이는 어류 가두리 양식장과 굴, 홍합 등의 수하식 양식장 바닥에 해삼을 양식하여 해양공간을 입체적으로 이용하는 방법이다.

경상북도는 2014년부터 2023년까지 10년간 총 800억 원을 투자하는 것으로 해삼 특화단지 조성을 계획하였다. 해당 계획은 우량종자 생산 및 동해안 고유품종인 돌기해삼 복원에 관한 내용이다. 이는 해삼자원 복원과 함께 친환경적인 생산단지를 조성하고, 해삼 가공시설을 확충하는 것이다.

전라남도는 총 40억 원을 투자하여 해삼산업 연구센터를 건립과 해삼종자 대량생산 기술체계를 정립하고, 트랙형 축제식 및 고밀도 육상수조 양식기술을 개발하고 있다.

강원도는 2011년 돌기해삼 브랜드 특화전략 사업을 계획하였으며, 2012

년부터 2017년까지 5년간 총 870억 원을 투자하였다. 사업 내용에는 동해안 연안 6개의 시·군 연안의 마을어장에 해삼섬 30개소(300ha²)를 조성하고, 해삼 종자 배양장과 견해삼 가공공장 건립 등이 포함되어 있다.

제주도는 2007년부터 홍해삼 방류 및 바다 양식 기술개발을 지원하였다. 제주 해양수산연구소에서 홍해삼 방류효과를 조사한 결과에 따르면, 회수율이 40%로 다른 품종에 비해 방류효과가 높은 것으로 나타났다. 또한, 제주도는 바다 양식단지 조성, 중간육성 시설, 양식섬 조성, 해삼 가공시설 확충 등 총 150억 원을 투자하여 홍해삼 양식산업발전 5개년 계획을 수립하였다.

해삼 관련 주요 연구기관은 국립수산물과학원 산하 수산연구소 및 분야별 센터와 지자체의 수산연구소 등이 있다. 주요 연구는 해삼 종자, 중간육성 및 양식과 관련한 것으로, 양식기술은 씨뿌림 방식을 이용한 해삼섬 조성을 중점으로 두어 축제식과 같은 양식기술의 도입은 미비한 실정이다.

2) 1km² = 100ha = 302,500평 = 1,000,000m²

<표 3-4> 정부와 지자체별 해삼 양식업에 대한 투자현황 및 계획

구분	지자체 투자현황 및 계획
충남	국립해삼연구소 설립 및 해삼특화단지 조성(총 360억 원) - 종자생산업체 지원, 씨뿌림 해삼단지, 축제식 양식단지, 가공업체 육성 - 국립해삼연구소 설립 추진(100억 원 규모, 2만m^2부지) - 충남 해삼산업 클러스터 조성 기본계획 2018~2032 (15개년 계획)을 위한 연구용역 착수(2018년 6월)
경남	성장 동력 전략품목으로 해삼 선정(2014년 10월, 500억 원) - 1단계) 10년간 매년 50억 원을 투입해 '해삼 씨뿌림 사업'추진 - 2단계) 민간 주도 혼합 양식장 개발
경북	해삼 특화단지 조성계획 수립(2014~2023년, 800억 원) - 우량종자 생산 및 돌기해삼 복원, 생산단지 조성, 가공시설 확충 등
전남	해삼산업 연구센터 건립, 대량생산 기술개발(총 40억 원) 종자생산 기술확립, 트랙형 축제식양식, 가두리 해삼 양식 시도 단계
강원	돌기해삼 브랜드 특화전략 사업 추진(2012~2017년, 총 870억 원) - 해삼섬 300ha(30개소) 조성, 종자배양장, 가공공장 건립 등
제주	홍해삼 양식산업발전 5개년 계획 수립(총 150억 원) - 바다 양식단지 조성, 중간육성장, 양식섬조성, 가공유통산업 육성 등 - 2007년부터 홍해삼 방류, 바다 양식 기술개발 지원(방류효과 : 회수율 40%)

3. 지자체 해삼 양식 주요 사례: 전라남도

해삼은 바다에서 나는 ‘인삼’이라 불리며, 전 세계에서 연간 약 22만 톤이 생산되고 있다(FAO, 2019). 대부분 해삼은 중국에서 소비가 이뤄져 대중국 수출 전략품종으로 각광받고 있다. 하지만 국내 생산은 모두 자연 상태에서 포획하고 있으며, 전국 생산량은 2천여 톤으로 이 중 전라남도의 2018년 생산 규모는 104톤 수준이다.

최근 10년간의 전라남도 해삼 생산량을 살펴보면, 2009년 237톤을 기록한 이후 2014년까지 지속적인 감소추세를 보였으며, 2014년 이후 소폭 증가하여 2018년 104톤을 기록하였다. 전라남도의 해삼 생산금액은 2010년 2,413백만 원으로 최고치를 기록한 이후 지속적으로 감소하여 2018년에는 976백만 원으로 나타났다(<그림 3-4> 참조). 전라남도 해삼 생산이 전국에서 차지하는 비율을 살펴보면, 2009년 8.5%로 가장 높았으며, 2012년 8.1% 이후 크게 감소하여 2018년 4.9%를 차지하고 있다(<그림 3-5> 참조).

전남은 농·어촌 인구가 고령화되면서 농업을 포기하는 농가가 늘어나 간척농지가 증가하고 있는 상황이다. 이에 농업이용으로 한정되었던 간척지를 어업 목적으로도 활용할 수 있도록 2014년 9월 25일 『간척지의 농어업적 이용 및 관리에 관한 법률』이 개정되었다.

2017년 1월에는 『간척지의 농어업적 이용 및 관리에 관한 법률, 시행령, 시행규칙』이 공포되어 쌀 생산에 주력해 오던 간척지가 수산양식장으로 전환될 수 있는 계기가 만들어졌다. 이에 따라 해양수산부는 간척지를 어업적 활용 가능성을 확인하기 위해 2016년 4월 고흥·새만금·시화 등 12개 지구(30,529ha)에 대한 실태조사를 실시하였다. 간척지의 농어업적 이용을 위한 실태조사 결과, 12개 지구의 30,529ha 중 889ha가 수산단지

용도로 활용 가능한 것으로 나타났으며, 이를 기초로 해양수산부는 농어업적으로 간척지를 활용할 계획이라 고시하였다(농림축산식품부, 2019).

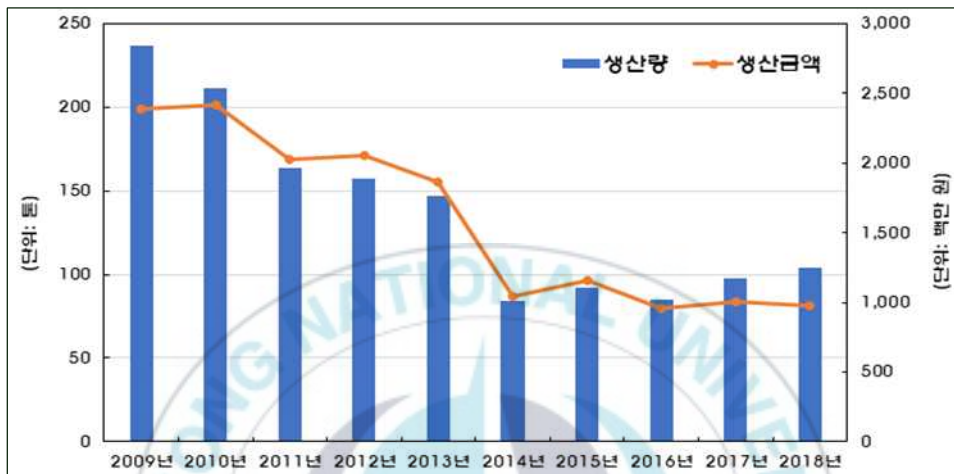
전라남도 해양수산과학원이 전라남도 내 간척지를 조사한 결과 총 895 지점으로 나타났으며, 이 간척지를 활용하여 해삼 양식을 할 경우 적은 노동력으로 고수익을 올릴 수 있는 것으로 판단되었다(<그림 3-6> 참조).

우리나라 서해안에서 냉수대 형성 지역으로는 진도해역, 태안반도, 경기만으로 알려져 있다. 전남도 해양수산과학원에서 서해 연안 냉수대 3개소에 대한 냉수대 지속성과 강도를 비교 조사해 본 결과, 진도군 해역이 여름철에도 2~3℃ 낮은 저수온 해역이 분포하고, 여름철 수온이 22℃ 내외 유지되는 조건이 있어 일반 해역보다 해삼이 하면(夏眠, 여름잠) 하는 기간이 짧거나 하면(夏眠)을 하지 않기 때문에 해삼의 생리 및 생태에 적합하다는 결과가 나왔다. 또한 환경상태를 비교했을 때에 진도해역은 다른 해역에 비해 청정한 환경상태를 유지하고 있으며, 특히 많은 섬과 리아스식 해안을 이루고 있다(<그림 3-7> 참조).

전라남도 해양수산과학원의 연구사업 『트랙형 축제식 해삼 양식 시험』에 따르면, 중국 랴오닝성 지역은 해삼 체중 1g 이외의 종자를 입식하면 3년이 지나야 평균 체중 150g으로 성장하지만, 진도 냉수대 해역은 중국 평균 생산량인 m^2 당 0.131kg보다 약 11배 이상의 생산성을 나타냈다. 이는 중국 지역별 단위 면적당 해삼 생산량을 보았을 때, 중국 지역별 평균 해삼 생산량에 비해 진도가 단위 면적당 생산량이 더 우수한 것으로 나타났다(<그림 3-8> 참조).

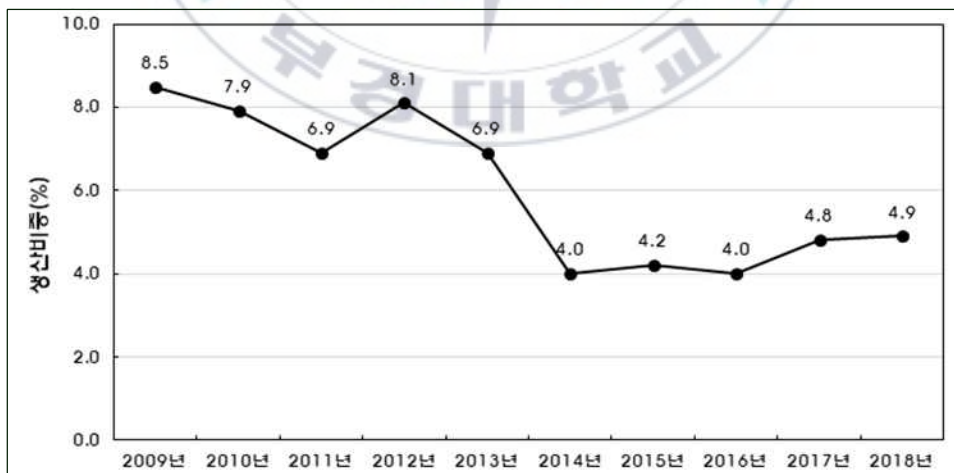
그리고 트랙형 축제식 해삼 양식업과 벼농사의 경제적 효과를 비교하면, 트랙형 축제식 해삼 양식업이 벼농사의 순소득보다 약 13배 높게 나타났다(<표 3-5> 참조). 즉, 진도지역에 트랙형 축제식 해삼 양식업을 도

입할 경우 우리나라 해삼 산업의 가장 큰 문제점인 해삼의 낮은 생산량을 해결할 수 있으며, 대량생산 후 가공하여 수출할 경우 높은 부가가치를 창출할 것으로 기대된다.



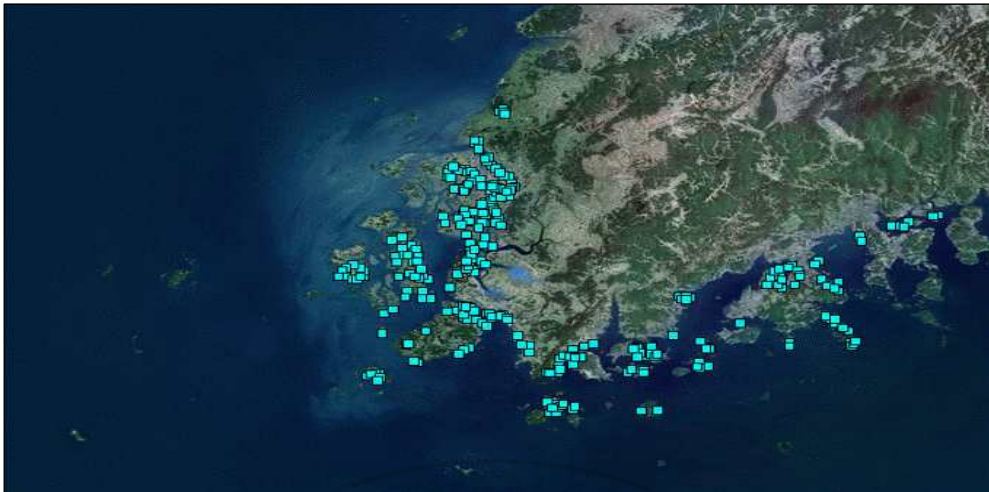
자료 출처: 통계청, 「어업생산동향조사」

<그림 3-4> 전라남도 연도별 해삼 생산동향



자료 출처: 통계청, 「어업생산동향조사」

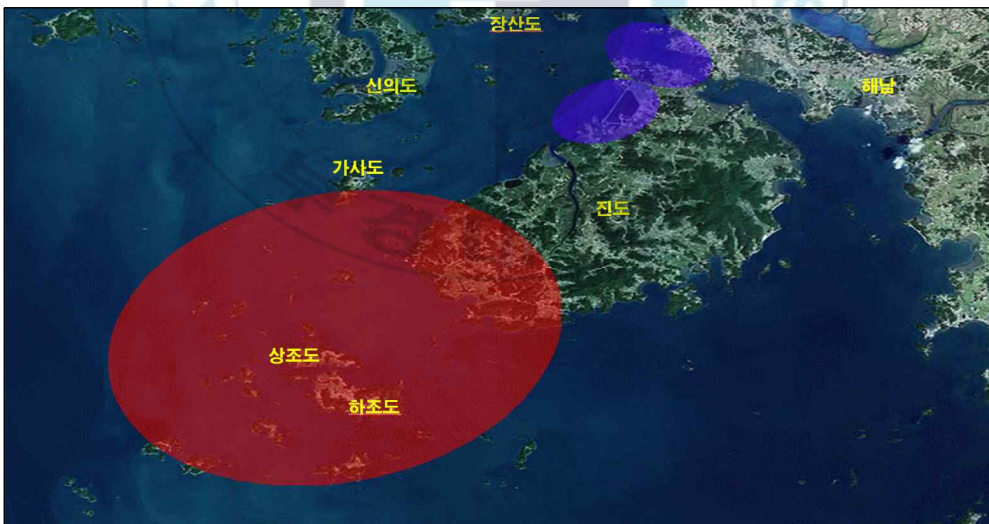
<그림 3-5> 전국 해삼 생산량 중 전라남도 해삼 생산량 비율



■ : 간척지

자료 출처: 전라남도 해양수산과학원(2016)

<그림 3-6> 전라남도 내 간척지 현황

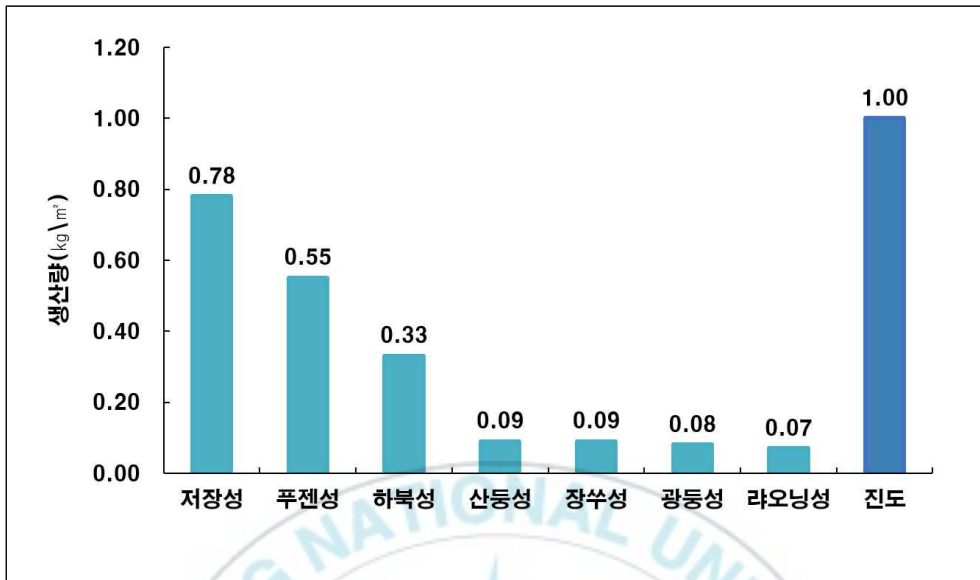


● : 매년 냉수대가 발생하는 지역

● : 불규칙한 간격으로 냉수대가 발생하는 지역

자료 출처: 전라남도 해양수산과학원(2016)

<그림 3-7> 진도군 인근 해역의 냉수대 발생 범위



자료 출처: 中国渔业统计年鉴

<그림 3-8> 중국 지역별 단위면적당 해삼 생산량(2016)

<표 3-5> 벼농사와 해삼 양식업의 소득 분석 비교 결과

항목	벼농사	해삼 양식
면적	33,000m ²	
수면적 ³⁾	-	19,800m ²
생산량	-	22,770kg
조수입	36,960천 원	341,550천 원
순소득	22,110천 원	294,644천 원

자료 출처: 전라남도 해양수산과학원(2016) 재가공

3) 사육수가 담겨 있는 평면적, 실제 양식장 생산면적

4. 트랙형 축제식 해삼 양식업의 개념 및 필요성

가. 트랙형 축제식 해삼 양식업의 개념

현재 해삼 양식은 체중 1g 내외의 해삼 종자를 생산하여 바다에 방류하는 자원조성사업에 의존하고 있어 생산량 정체가 지속되고 있다. 또한 이 방식은 자연환경을 활용하므로 넓은 면적의 해양을 해삼 양식에 사용해야 하며, 해삼 도난 가능성의 문제가 대두되고 있다.

기존 축제식 해삼 양식은 친해 지형 조건을 갖추어야 하기 때문에 연안에 위치해야 한다는 면에서 적지가 제한되는 단점이 있다. 또한 기존 축제식 해삼 양식은 자연의 영향을 많이 받기 때문에 해안 조건 의존도가 높다. 그러므로 해삼의 대량생산을 위해서는 씨뿌림 방식에 의존하기보다는 새로운 해삼 양식기술의 도입이 필요하여 전남도 해양수산과학원에서는 트랙형 축제식 해삼 양식업을 개발하였다.

전라남도 해양수산과학원(2016)이 개발하여 추진 중인 트랙형 축제식 양식장은 수조가 타원형 모형에 중앙이 분리되어 있다. 그러므로 해수를 주수하거나 수차를 가동하면 물의 흐름이 수조 전체에서 일정하게 흐르게 되고 물이 정체되는 사수구역(死水區域)⁴⁾이 없기 때문에 찌꺼기가 바닥에 고르게 쌓이게 된다. 이는 해삼 성장과 생존에 영향을 주는 암모니아(ammonia)⁵⁾와 황화수소(hydrogen sulfide, 黃化水素)⁶⁾의 발생 원인이 되는 단백질이 빠르게 분해하여 수조 외부로 배출되기 때문에 수질환경 관리에 유리하다. 또한 폭이 좁기 때문에 청소, 관찰, 수확이 편리하며, 여름철 태양광이 강한 시기에는 차광막을 이용해 햇볕을 차단할 수 있어 사육

4) 물이 흐르지 못하고 정체되어 찌꺼기가 쌓이는 장소로 양식장 생산성을 낮추는 원인이 된다.

5) 물에 용해되어 수산화암모늄을 형성, 동물의 세포막 지질을 파괴한다.

6) 수소의 황화물로 악취를 가진 무색의 유독한 기체이다.

수의 수온이 상승하는 것을 예방할 수 있는 양식장이다(<그림 3-9>와 <그림 3-10> 참조).

실제로 전라남도 국립수산물과학원은 2014년 트랙형 축제식 해삼 양식업 도입을 위해 양식장을 구축하여 실험양식을 실시하였다. 실험양식 결과, 1차연도 트랙형 수조를 이용한 축제식 해삼 양식업은 약 10개월 양성하여 평균체중 110g으로 2,900마리가 생존하였으며, 최대 319kg이 생산(m^2 당 생산량 1.1kg)되었다.

2차연도 축제식 양식은 1차연도 수조를 보완하여 신설하였다. 약 12개월 양성한 결과, 평균 체중 116g으로, 2,095마리가 생존하여 243kg이 생산(m^2 당 생산량 1.2kg) 되었으며, 중국의 m^2 당 생산량 0.2kg보다 5배 이상의 높은 생산량을 나타냈다. 이는 기존 사각형 수조보다 트랙형 수조가 생산성이 높다는 것을 의미하며, 우량 종자를 입식하여 양성하면 보다 높은 성장과 생존율을 나타내어 대량생산으로 이어질 수 있을 것으로 판단된다.



출처 자료: 전라남도 해양수산과학원(2016)

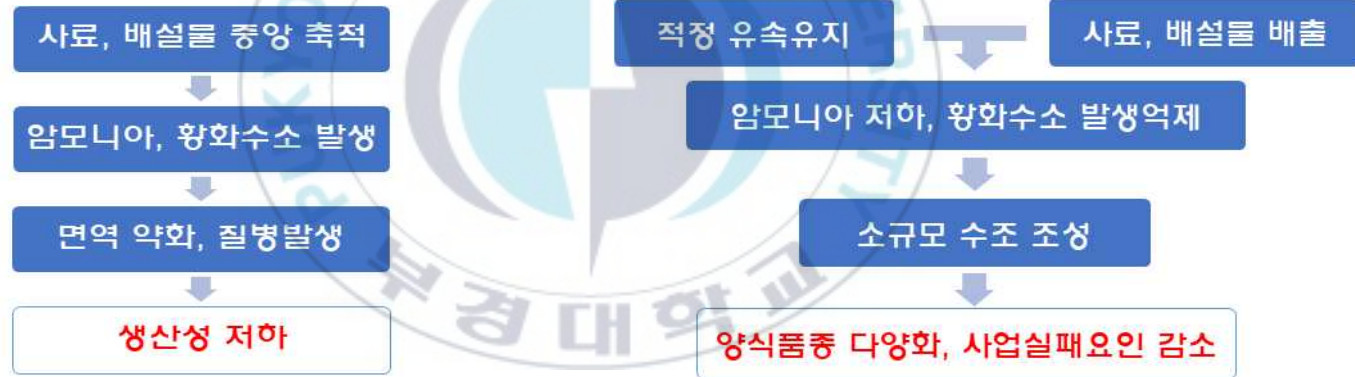
<그림 3-9> 트랙형 축제식 해삼 양식장 구조



축제식 양식장



트랙형 축제식 양식장



자료 출처: 전라남도 해양수산과학원(2016)

<그림 3-10> 기존 축제식 양식장과 트랙형 축제식 양식장의 비교

나. 트랙형 축제식 해삼 양식업 도입의 필요성

해삼의 최대 생산국이자 소비국인 중국은 급속한 공업화로 인한 연안 해역의 오염, 연안을 대규모 관광지, 주택단지로 인한 양식면적 감소와 여름철 대량 폐사 등으로 인하여 생산량이 줄어들고 있다. 하지만 중국의 소득 증가 및 건강에 대한 의식은 높아지고 해삼이 고급 사치품에서 대중 소비품으로 변화하면서 공급이 수요를 따라가지 못하고 있으며, 부족한 공급은 수입에 의존하고 있어 대량 수입국으로 전환되고 있다(한국해양수산개발원, 2018).

일본의 경우 일찍이 해삼의 전략적 가치를 인지하고 종자 생산부터 가공하여 수출하기까지 수직적인 일괄시스템을 구축하였으며, 자국 내 글로벌 수산기업의 해삼산업 진출을 적극적으로 유도하고 있다(충남연구원, 2015). 반면, 우리나라 해삼산업은 중간 종자 생산과 양식업이 없는 산업 구조적인 문제를 가지고 있으며, 규모의 산업으로 발전하기 위해서는 양식업의 육성이 필요하다.

우리나라가 현재까지 추진한 해삼 방류사업은 사후관리가 되지 않아 생산량 증대 효과를 거두지 못하고 있으며, 중국에서 대부분 적용하고 있는 축제식 양식은 양식생산량이 단위면적당 $0.2 \sim 0.3\text{kg}/\text{m}^2$ 정도에 그쳐 토지가격이 비싼 우리나라의 현실에는 맞지 않은 부분이 있다. 또한 주로 저수온에서 성장하는 해삼의 생리적 특성을 볼 때 서해안에 산재해 있는 일반 축제식 양식장을 활용한 양식은 환경적 여건에서도 좋지는 않다(이기채 외, 2018).

우리나라의 해삼 양식기술 또한 인공종자 대량생산 기술과 씨뿌림 방류기술은 일정 수준에 있으나, 종자 수요량이 많은 축제식 양식과 육상수조식 양식에 활용하기에는 대량생산 기술개발은 미흡하여 해삼 양식업이

발전하지 못하고 정체되어있는 실정이다(김수정, 2019).

따라서 국내 해삼 양식업의 발전을 위해서는 씨뿌림 방식의 자연환경 의존형인 해면어업에서 벗어나 대량 양식생산의 기반을 확보할 수 있는 새로운 양식기술인 트랙형 축제식 해삼 양식업의 도입을 검토할 필요가 있다.



IV. 트랙형 축제식 해삼 양식업의 실물옵션 분석

1. 실물옵션 분석 개요

가. 경제성 평가 방법

(1) 순현재가치법(NPV)

순현재가치는 사업의 최초 투자 시기부터 사업이 끝나는 시기까지 발생하는 순편익의 합계를 현재가치로 환산한 값으로, 고려하는 사업의 대상이 하나일 경우에는 NPV가 0보다 큰 경우 해당 사업은 경제적으로 타당성이 확보되어 사업을 시행할 수 있는 것으로 해석된다. 그리고 사업의 대상이 다수일 경우에는 0 이상의 NPV가 되는 사업 중에서 가장 큰 NPV 사업을 채택하도록 한다. 구체적인 순현재가치에 의한 사업의 가치 평가는 아래와 같다.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{E(B_t - C_t)}{(1+r)^t} - I_0 \quad (4-1)$$

B_t : t 기의 편익의 현금흐름

C_t : t 기의 비용의 현금흐름

I_0 : 초기 투자비용

r : 사회적 할인율

T : 사업의 기대수명

순현재가치법은 적절한 할인율 선정, 목표자본구조의 설정이 따른 할인율 변화, 비용 및 편익의 확률적 요소의 처리, 사업의 시행여부에 대한 의사결정자의 신중한 경영재량권의 가치 등의 측면에서 한계가 있기 때문에 순현재가치법의 결과는 제한된 범위 내에서 해석하는 것이 바람직하다 (박호정, 2009).

(2) 내부수익률법

내부수익률(internal rate of return: IRR)은 기회비용 관점에서 최소한의 요구수익률을 파악함으로써 사업의 타당성을 평가한다. 사업 투자계획에서 발생하는 비용과 편익의 현재가치를 동일하게 만들어 해당 투자계획의 순현재가치(NPV)가 0이 되도록 만드는 할인율 내부수익률이며, 식으로 나타내면 아래와 같다.

$$IRR = \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+IRR)^t} \quad (4-2)$$

식을 만족하는 내부수익률(IRR)을 구한 후 내부수익률이 자본의 기회 비용인 사회적 할인율보다 높으면 해당 사업의 경제적 타당성이 확보되는 것으로 판단한다. 내부수익률은 사업의 규모가 다른 경우 우선순위를 판단하기 어렵고 내부수익률이 여러 개가 나올 가능성이 있으며, 생산성에 대한 왜곡된 값을 제공할 가능성이 있으며, 순현재가치의 평가방법에 의해 얻은 대안의 서열을 변경시킬 가능성이 있다.

(3) B/C 비율

B/C 비율(Benefit Cost Ratio)은 편익과 비용의 비율로 나타내며, 이 비율이 1보다 크면 편익이 비용을 상쇄하므로 사업의 경제성은 확보되는 것으로 판단한다. 즉, B/C 비율이 높으면 높을수록 사업의 비용 한 단위 당 편익의 발생이 크므로 경제적으로 효과가 큰 사업이라고 할 수 있다.

$$B/C \text{ ratio} = \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (4-3)$$

2. 실물옵션 분석 개념

기업의 가치 평가나 투자사업 평가에 가장 널리 사용되고 있는 순현재가치법(Net Present Value, NPV)은 투자안의 미래 현금흐름을 정확하게 예측할 수 있으며, 시간이 경과 하면서 현금흐름이 변화하지 않는 것으로 가정한다. 그리고 투자 초기에 전체 투자에 대한 의사결정이 이루어져야 하므로 단계별로 나누어 의사결정을 하는 것이 불가능하다.

그러므로 의사결정권자는 상황변화에 따른 투자 전략의 변경을 고려할 필요가 없으며, 최초 투자의사 결정 시의 상황이 지속적으로 유지된다고 가정한다. 하지만 미래의 상황은 최초 투자의사 결정 시의 상황과는 다르게 변할 수 있다(박오원, 2010). 즉, 이 방법은 비용과 편익의 불확실성, 사업의 동적 성격을 고려할 수 없으며, 할인율 선정에 임의적이며, 불확실한 상황에 대처할 수 있는 의사결정권자의 신축적인 재량권을 평가할 수 없다는 한계가 있다. 이와 같은 한계점을 극복하기 위한 대안으로 실물옵션 기법이 대두되고 있다(박호정, 2012).

옵션(option)은 재무관리 분야에서 많이 알려진 개념으로 미래의 특정 시점에 의사결정을 할 수 있는 권리를 의미한다. 옵션은 불확실성을 최소화하면서 미래의 잠재적인 가치를 평가할 수 있는 장점이 있다. 미래에 대한 불확실성이 높을 경우에 보다 많고 정확한 정보를 수집한 후 의사결정 시 이것이 가지는 가치는 매우 높다고 할 수 있다. 옵션은 크게 재무옵션(financial option)과 실물옵션(real option)으로 구분할 수 있다(박오원, 2010).

실물옵션(Real Option, RO)은 Myers(1977)에 의해 처음 제안되었으며, 실물자산에 금융옵션의 개념을 적용한 투자분석 방법이다. 이 분석 기법은 의사결정자가 미래가치의 불확실성에 따라 투자에 대한 좀 더 높은 이

익을 확보할 수 있도록 하는 유연한 구조를 가진다. 이는 미래의 상황변화에 대응하여 의사결정을 수정할 수 있다. 그러므로 이익창출의 실현 가능성을 보다 크게 하고 손실발생의 가능성을 제한하여 투자안의 가치를 상승시킨다. 따라서 실물옵션 분석은 이러한 장점들 때문에 다양한 분야에서 널리 활용되고 있다.

실물옵션에서는 투자의 진행 과정에서 발생할 수 있는 시장의 변화에 따라 사업을 연기(delay), 확장(expand), 축소(reduction) 또는 포기(abort) 등에 대한 다양하고 신축적인 의사결정의 기준을 제공한다. 실물옵션에서는 순현재가치법에서 간과되는 의사결정에 대한 권리(the value of investment right) 자체를 하나의 옵션가치로 해석한다(박호정, 2018). 즉, 순현재가치가 양의 값을 가진다고 할지라도 불확실성 하에서 고려된 투자의 수익성이 확보되기 전에는 투자를 연기하는 것이 바람직하며, 이를 ‘기다림의 가치(waiting value)’라 한다.

3. 트랙형 축제식 해삼 양식업의 실물옵션 분석⁷⁾

우리나라 해삼 생산은 대부분 씨뿌림 방식으로 양식과 채취가 이루어지고 있는데, 최근 전남도 해양수산과학원에서 트랙형 축제식 해삼 양식업을 개발하여 실험양식 중에 있다. 그러나 트랙형 축제식 해삼 양식업은 아직 도입되지 않은 단계로서 투자비, 경영비와 생산성 등이 실제 양식업을 도입했을 경우 기대와 달리 상당한 차이를 보일 수 있다.

이에 따라 본 연구에서는 우리나라 대표 냉수대 형성지역으로 알려진 전라남도 신안과 진도지역의 트랙형 축제식 해삼 양식업의 실물옵션을 분석하였다. 먼저 트랙형 축제식 해삼 양식업 도입에 따른 경제성 분석의 대상은 신안 소형 해삼 양식단지의 사육수 면적 $39,832m^2$ 와 진도 대형 해삼 양식단지의 사육수 면적 $968,886m^2$ 규모를 분석하였다(<표 4-1> 참조).

<표 4-1> 트랙형 축제식 해삼 양식업 규모 시나리오

구분	세부 내용
신안 소형	사육수 면적 $39,832m^2$
진도 대형	사육수 면적 $968,886m^2$

7) 실물옵션 분석에 대한 설명은 박호정(2018)의 내용을 재정리하였음.

본 연구에서는 양식 해삼의 판매가격 p 가 시장의 불확실성을 반영하여
실물옵션에서 널리 이용되는 기하학적 브라운운동(Geometric Brownian
Motion: GBM)을 따르는 것으로 가정하였다.

$$dp(t) = \alpha p(t)dt + \sigma p(t)dw \quad (4-4)$$

α : 보행추세율(*drift trendrate*)

σ : 순간변동률(*volatilityrate*)

dt : 시간증가량

dw : 위너과정(*Wienerprocess*)

위 식 (4-4)에서 p 는 해삼 가격(원/kg)이며, α 는 보행추세율, σ 는 순간변동률을 의미하고, 시간의 불변 파라미터(time invariant parameter)로 가정된다. 그리고 dw 는 위너과정으로 기하학적 브라운운동의 불확실성을 반영한다.

위너과정의 평균과 분산은 각각 $E(dw) = 0$, $Var(dw) = E[(dw)^2] = dt$ 로 시간의 흐름에 따라 불확실성이 커짐을 알 수 있다.

위와 같이 트랙형 축제식 해삼 양식업 도입 시의 이윤 함수식과 해삼 가격의 GBM 확률과정식이 주어질 경우 투자의사결정 모형은 다음과 같이 나타낼 수 있다. 매 기간당 해삼 생산량 q 와 생산비용 $C(q)$ 는 시간에 대해 불변이라 가정한다. 트랙형 축제식 해삼 양식업의 도입 이전의 실물 옵션 가치 평가는 아래 식 (4-5)와 같이 표현될 수 있다.

$$V(p) = E_0 \int_0^{\infty} (p(t)q - cq)e^{-pt} dt \quad (4-5)$$

$$dp(t) = \alpha p(t)dt + \sigma p(t)dw(t)$$

트랙형 축제식 해삼 양식업을 도입할 경우 해삼의 가격 p 가 최적 투자 임계점 p^* 에 도달하게 되는 최적의 투자시점을 r^* 라 한다. 이 시점을 최초의 도달시점(first-hitting time)이라고 하면, $\tau^* = \inf\{t | p(t) \geq p^*\}$ 로 정의된다. 트랙형 축제식 해삼 양식업의 최적 투자임계점(p^*)을 도출하기 위해서는 벨만의 동적계획법으로 $V(p)$ 를 전개하면 다음과 같다.

$$\rho V(p) = pq - C(q) + \frac{1}{dt} E_0[dV(p)] \quad (4-6)$$

위 식에서 확률과정을 따르는 해삼 가격의 가치함수를 미분이 가능하도록 해주는 이토 보조정리(Ito's Lemma)를 활용하여 전개할 수 있다.

$$\begin{aligned} E_0[dV(p)] &= E_0[V_p(p)(\alpha p dt + \sigma p dw) + \frac{1}{2} V_{pp}(p)(\alpha p dt + \sigma p dw)^2] \\ &= \alpha p V_p(p)dt + \sigma p V_p(p)E_0(dw) \\ &\quad + \frac{1}{2} V_{pp}(p)[\alpha^2 p^2 dt^2 + 2\alpha\sigma p^2 dt E_0(dw) + \sigma^2 p^2 E_0(dw^2)] \\ &= \alpha p V_p(p)dt + \frac{1}{2} \sigma^2 p^2 V_{pp}(p)dt \end{aligned} \quad (4-7)$$

위 식 (4-7)의 결과를 식 (4-6)에 대입하여 항을 재정리한 후 아래의 해밀턴-자코비-벨만(Hamilton-Jacobi-Bellman: HJB) 방정식을 구할 수 있다.

$$\rho V(p) = pq - C(q) + \alpha p V_p(p) + \frac{1}{2} \sigma^2 p^2 V_{pp}(p) \quad (4-8)$$

미분방정식 식 (4-8)의 해를 구하는데, 이는 일반적인 미분방정식 해법과 마찬가지로 동차방정식과 비동차방정식 해의 합으로 구성된다. 먼저, 동차방정식인 아래의 식 (4-9)의 해를 구한다.

$$\rho V(p) = \alpha p V_p(p) + \frac{1}{2} \sigma^2 p^2 V_{pp}(p) \quad (4-9)$$

위의 구조의 미분방정식 해는 $V(p) = Ap^\beta$ 의 형태를 보이는 것으로 알려져 있다. A는 옵션상수(option constant)로서 아래에 도입되는 경계조건식을 통해 구하게 되며, β 는 동차방정식의 해를 구하는 과정에서 얻게 되는 계수다. 식 (4-9)의 해가 $V(p) = Ap^\beta$ 라고 하면 $V_p(p) = \beta Ap^{\beta-1}$ 과 $V_{pp}(p) = \beta(\beta-1)Ap^{\beta-2}$ 를 식 (4-9)에 다시 대입하여 관계식이 만족해야 한다. 그 과정은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \rho Ap^\beta &= \alpha p \beta Ap^{\beta-1} + \frac{1}{2} \sigma^2 p^2 \beta(\beta-1) Ap^{\beta-2} \\ \Rightarrow \alpha \beta + \frac{1}{2} \sigma^2 \beta(\beta-1) - \rho &= 0 \end{aligned} \quad (4-10)$$

식 (4-10)은 특성방정식(characteristic equation)으로 불리는데, 2차 방정식인 이를 만족하는 β 는 근의 공식에 따라 산출하여 다음의 해를 도출한다.

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} > 1 \quad (4-11)$$

$$\beta_2 = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} - \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} < 0 \quad (4-12)$$

β 의 값은 2가지가 존재하므로 동차방식의 해는 아래의 식과 같이 두 개의 항으로 구성된다.

$$V(p) = A_1 p^{\beta_1} + A_2 p^{\beta_2} \quad (4-13)$$

식 (4-8)의 비동차방정식은 미정계수법(method of undetermined coefficient)을 통해 구하며, 비동차방식의 특수해는 아래와 같은 형태를 고려해 볼 수 있다.

$$V(p) = \frac{pq}{M} - \frac{C(q)}{N} \quad (4-14)$$

(where $V_p(p) = q/M$, $V_{pp}(p) = 0$)

식 (4-14)을 식 (4-8)의 HJB 방정식에 대입하여 다음과 같은 식이 나타난다.

$$\rho\left(\frac{pq}{M} - \frac{C(q)}{N}\right) = pq - C(q) + \alpha p \frac{q}{M} \quad (4-15)$$

위 식에서 만족하는 M 과 N 는 $M=\rho-\alpha$, $N=\rho$ 이며, 식 (4-8)의 해는 동차방정식과 비동차방정식의 해를 합하여 아래와 같이 구성한다.

$$V(p) = \frac{pq}{\rho-\alpha} - \frac{C(q)}{\rho} + A_1 p^{\beta_1} + A_2 p^{\beta_2} \quad (4-16)$$

식 (4-16) 우변의 첫째 항과 둘째 항은 투자에서 발생하는 순수입의 현재가치, 즉 본원적 가치를 나타낸다. 그러나 식 (4-16) 우변의 셋째 항인 $A_1 p^{\beta_1}$ 은 p 가 증가함에 따라 지수적으로 증가하기 때문에 실물옵션 관련 문헌에서는 이 항을 일종의 투기적 거품(speculative bubbles)으로 해석한다(Dixit and Pindyck, 1994, 박호정, 2018).

본 연구에서는 분석대상이 투기적인 거래 동기를 갖는 실물옵션이 아니므로 $A_1=0$ 이라 가정하여 소거한다. $A_2 p^{\beta_2}$ 은 $\beta_2 < 0$ 이므로 해삼 가격 p 가 매우 낮은 수준에서는 트랙형 축제식 해삼 양식업에 투자할 확률이 매우 낮으므로 투자옵션의 가치는 0에 가깝다($A_2=0$). 따라서 식 (4-16)에서 비동차방정식의 해만 남게 되기 때문에 다음과 같다.

$$V(p) = \frac{pq}{\rho-\alpha} - \frac{C(q)}{\rho} \quad (4-17)$$

트랙형 축제식 해삼 양식업은 아직 투자가 이루어지지 않아 수입이 발생하지 않은 $[K]=0$ 이기 때문에, 투자옵션이 존재하고 이를 $F(p)$ 라 표기한다. 이토 보조정리에 의하여 GBM을 따르는 p 의 함수인 $F(p)$ 는 아래와 같다.

$$\rho F(p) = \alpha p F_p(p) + \frac{1}{2} \sigma^2 p^2 F_{pp}(p)$$

$$F(p) = Ap^\beta \quad (4-18)$$

트랙형 축제식 해삼 양식업의 최적 투자임계점(p^*)은 두 개의 경계조건(boundary conditions)인 등가조건(value-matching condition)과 한계조건(smooth-pasting condition)으로 풀어서 구할 수 있다.

등가조건(value-matching condition)은 트랙형 축제식 해삼 양식업의 초기투자비용(K)이 투입되었을 때, 트랙형 축제식 해삼 양식업 미도입과 도입의 가치를 일치시켜주는 것을 의미한다.

$$Ap^\beta = \frac{pq}{\rho - \alpha} - \frac{C(q)}{\rho} - K \quad (4-19)$$

한계조건(smooth-pasting condition)은 이윤극대화 일계조건으로서 트랙형 축제식 해삼 양식업의 도입을 통해서 얻을 수 있는 한계수익과 투자 옵션의 가치가 포함된 트랙형 축제식 해삼 양식업 미도입의 한계수익이 일치하는 점에서 투자가 이루어지는 것이 최적임을 보여준다.

$$\beta Ap^{\beta-1} = \frac{q}{\rho - \alpha} \quad (4-20)$$

식 (4-20)의 항을 Ap^β 의 중심으로 재정리하여 식 (4-19)에 대입하면 아래 식 (4-21)과 같은 최적 투자임계점(p^*)이 도출된다.

$$p^* = \left(\frac{C(q)}{\rho} + K\right) \left(\frac{\rho - \alpha}{q}\right) \left(\frac{\beta}{\beta - 1}\right) \quad (4-21)$$

최적 투자임계점(p^*)에서 $\beta/(\beta-1)$ 은 옵션승수(option multiplier)라 부르며, 보행추세율 α 과 변동률 σ 이 포함되어 있으므로 옵션승수를 통해 최적 투자임계점(p^*)에 영향을 미친다.

만일 $p(t) < p^*$ 일 경우, $F(p)$ 가 $V(p) - K$ 보다 크므로 현재 옵션을 행사하기보다는 투자를 연기하는 것이 바람직하다. 이러한 의미에서 $F(p) - [V(p) - K]$ 를 ‘기다림의 가치(waiting value)’로 정의할 수 있다(박호정, 2018). 만약 불확실성이 존재하지 않아 $p(t) = pe^{pt}$ 의 확정적인 추세를 따르는 경우, 고전적인 순현재가치(NPV)를 적용하는데, 그때의 최적 투자임계점(p^*_{NPV})은 옵션승수를 제외한 다음과 같다.

$$p^*_{NPV} = \left(\frac{C(q)}{\rho} + K\right) \left(\frac{\rho - \alpha}{q}\right) \quad (4-22)$$

4. 분석 자료

가. 해삼 가격

본 연구에서는 양식해삼의 시장가격은 현재와 유사한 최근 5년간의 연도별 가격 자료를 이용하여 GBM 확률과정의 파라미터를 도출하였다. 해삼의 가격은 통계청 「어업생산동향조사」에서 제공하는 양식해삼 1kg당 단가(생산금액/생산량)를 이용하였다(<표 4-2> 참조).

<표 4-2> 최근 5년간 양식해삼의 생산 및 평균단가

구분	총 생산량 (톤)	총 생산금액 (천 원)	평균단가 (원/kg)
2012	10	155,853	15,585
2013	23	367,222	15,966
2014	9	124,702	13,856
2017	32	499,275	15,602
2018	14	248,462	17,747
평균	17.6	279,103	15,751

자료: 통계청, 어류양식동향조사

실물옵션 분석에 이용된 해삼 가격의 초기 파라미터값은 최근 5개년의 해삼 kg당 평균단가인 15,751원을 적용하였다.

나. 초기투자비용

트랙형 축제식 해삼 양식업 도입에 따른 신안 소형(6.6ha)과 진도 대형(220ha)의 초기투자비용의 항목은 다음과 같다(<표 4-3> 참조). 이때 초기투자비용은 단가와 수량을 곱한 것에 노무비를 더한 것을 의미한다. 배관은 주수관과 해수 공급배관, 배수로관 등으로 구성되어 있으며, 건축은 토목과 건축, 전기를 포함, 펌프는 인수 펌프와 배수 펌프로 구성되어 있다.

신안 소형(6.6ha)의 초기투자비용은 총 18억 9,409만 원이 소요되는 것으로 나타났다. 초기투자비용의 항목 중 배관이 약 12억 2,529만 원으로 전체의 약 64.69%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 다음으로 건축비가 약 5억 4,080만 원으로 전체의 약 28.55%를 차지하는 것을 알 수 있다. 마지막으로 펌프는 약 1억 2,800만 원(6.76%)으로 초기투자비용의 항목 중 가장 적은 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

진도 대형(220ha)의 초기투자비용은 총 329억 3,750만 원이 소요되는 것으로 나타났다. 초기투자비용의 항목 중 배관이 약 250억 4,600만 원으로 전체의 약 76.04%로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 배관 다음으로는 건축비가 약 59억 3,950만 원(18.03%), 펌프가 약 19억 5,200만 원(5.93%) 순으로 나타났다.

신안 소형(6.6ha)과 진도 대형(220ha)의 초기투자비용을 살펴보면, 공통적으로 배관이 차지하는 비중이 높은 것으로 나타났다. 이는 트랙형 축제식 양식장이 간척지를 이용하는 특성 상 육지에 위치하고 있어 해수를 지속적으로 공급해야 하고 사육 수조마다 시설하기 때문에 배관이 초기투자비용 항목 중 가장 높은 비중을 차지할 수밖에 없다.

<표 4-3> 신안 소형과 진도 대형의 항목별 초기투자비용

(단위: 원)

항목	신안 소형(6.6ha)	진도 대형(220ha)
건축 (토목, 건축, 전기)	540,800,000	5,939,500,000
배관	1,225,290,000	25,046,000,000
펌프	128,000,000	1,952,000,000
총계	1,894,090,000	32,937,500,000

다. 운영비용

트랙형 축제식 해삼 양식업 도입에 따른 신안 소형(6.6ha)과 진도 대형(220ha)의 운영비용의 항목은 다음과 같다(<표 4-4> 참조). 이때 종자비는 종자수량에 종자단가를 곱한 것이며, 감가상각비는 양식시설비의 감가상각비를 뜻한다(<표 4-5> 참조). 인건비는 상시고용과 임시고용을 합한 것이며, 전기료는 한국전력공사⁸⁾의 전기요금 계산기를 이용하였다. 또한, 유지보수비는 양식시설물과 장비 등을, 기타비용은 식대와 출하비 등이 포함되어 있다.

신안 소형(6.6ha)의 운영비용은 총 4억 5,479만 원으로 면적당 운영비용은 6,662원/ m^2 이 소요되는 것으로 나타났다. 운영비용의 대표적 항목들을 자세히 살펴보면, 감가상각비가 약 1억 8,947만 원으로 전체의 약 41.65%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 다음으로는 종자비가 약 1억 1,950만 원으로 전체의 약 26.28%를 차지하였다. 그 외 전기료 약 8,098만 원(17.81%), 인건비 약 4,810만 원(10.58%), 유지보수비 약 1,200만 원(2.64%) 및 기타비용 약 480만 원(1.06%) 순으로 나타났다.

진도 대형(220ha)의 운영비용은 총 84억 500만 원으로 면적당 운영비용은 5,275원/ m^2 이 소요되는 것으로 나타났다. 운영비용의 대표적 항목들을 자세히 살펴보면, 감가상각비가 32억 9,375만 원으로 전체의 약 39.19%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 다음으로는 종자비가 약 20억 9,666만 원으로 전체의 약 34.58%를 차지하였다. 그 외 전기료 약 16억 1,959만 원(19.27%), 인건비 약 4억 3,200만 원(5.17%), 유지보수비 약 1억 500만 원(1.25%) 및 기타비용 약 4,800만 원(0.57%) 순으로 나타났다.

8) 한국전력공사 <http://cyber.kepco.co.kr/ckepco/front/jsp/CY/J/A/CYJAPP000NFL.jsp>

<표 4-4> 신안 소형과 진도 대형의 항목별 운영비용

(단위: 원)

항목	신안 소형(6.6ha)	진도 대형(220ha)
종자비	119,496,000	2,906,658,000
감가상각비	189,409,000	3,293,750,000
인건비	48,100,000	432,000,000
전기료	80,979,480	1,619,590,800
유지보수비	12,000,000	105,000,000
기타비용	4,800,000	48,000,000
총계	454,784,480	8,404,998,800

<표 4-5> 신안 소형과 진도 대형의 항목별 감가상각비

(단위: 원)

항목	신안 소형(6.6ha)		진도 대형(220ha)	
	수량	감가상각비	수량	감가상각비
인수 펌프	2	6,400,000	38	97,600,000
배수 펌프	2	6,400,000	38	97,600,000
인수로배관	400	12,000,000	4,000	289,000,000
헛다배관	20	1,900,000	100	9,500,000
주수관	600	20,200,000	15,000	305,000,000
해수공급 배관	740	2,572,000	36,000	110,800,000
배수로관	300	13,600,000	7,500	290,000,000
배수로 주배관	740	2,572,000	36,000	110,800,000
방수천막지	50,542	30,271,000	1,229,400	664,700,000
셸터	74	28,200,000	150	500,000,000
칸막이	8,214	11,214,000	199,800	224,800,000
터파기 및 되메우기	74	12,580,000	2,500	312,500,000
도로구조물 터파기	1,000	2,450,000	2,000	4,900,000
단지내도로공사	1,000	2,850,000	7,000	19,950,000
배수장	100	15,000,000	400	60,000,000
취수장	10	3,500,000	90	31,500,000
건축공사	10	5,000,000	100	50,000,000
전기공사	1	10,300,000	1	68,500,000
단지내 CCTV 공사	1	1,000,000	1	20,000,000
한전불입금	1	1,400,000	1	26,600,000

라. 추세율 및 변동률

기하학적 브라운운동의 확률과정을 따르는 해삼 가격 $p(t)$ 의 추세율(drift rate) α 와 순간 변동률(volatility rate) σ 는 Tsay(2002)를 참고하여 도출하였다. 로그정규분포 전제 하에 새로운 변수 $x_t = \log(p_t) - \log(p_{t-1})$ 로 정의하고, 시차(time interval)를 Δ 라고 할 때 GBM의 확률과정을 따르는 $p(t)$ 에 의해 x_t 는 정규분포를 따른다(이동훈, 2018). 따라서 x_t 의 평균과 분산은 다음과 같이 정의된다.

$$E(x(t)) = (\alpha - \frac{\sigma^2}{2})\Delta \quad (4-23)$$

$$Var(x(t)) = \sigma^2\Delta \quad (4-24)$$

이때 x_t 의 표본평균과 표준편차는 아래의 공식을 이용하여 산출한다.

$$\bar{x} = (\alpha - \frac{1}{2}\sigma^2)\Delta t = \frac{\sum x_t}{n} \quad (4-25)$$

$$s = \sigma\sqrt{\Delta t} = \sqrt{\sum (x_t - \bar{x})^2 / (n-1)} \quad (4-26)$$

식 (4-25)와 식 (4-26)의 α 와 σ 를 중심으로 항을 정리하면, GBM에서의 α 와 σ 의 추정 공식을 아래와 같이 구할 수 있다.

$$\hat{\alpha} = \frac{\bar{x}}{\Delta} + \frac{1}{2} \hat{\sigma}^2 \quad (4-27)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{\Delta t}} \quad (4-28)$$

위의 공식에 근거하여 GBM 확률과정을 따르는 해삼 가격 $p(t)$ 의 추세율(α)과 순간변동률(σ), 양의 특성근(β_1) 그리고 옵션승수를 도출한 결과는 아래와 같다(<표 4-6> 참조).

<표 4-6> GBM 확률과정 파라미터 도출 결과

구분	보행추세율 (α)	순간변동률 (σ)	β_1	β_2	옵션승수
파라미터 값	0.038	0.125	1.149	-5.013	7.711

마. 분석모형에 설정된 파라미터

지금까지 논의한 트랙형 축제식 해삼 양식업의 파라미터를 요약하면 <표 4-7>에서 정리된 바와 같다.

<표 4-7> 실물옵션 분석모형의 파라미터 통계치

구분	표기	파라미터	
		신안 소형(6.6ha)	진도 대형(220ha)
해삼 가격(원/kg)	p	15,751	
수조규모	m^2	39,832	968,886
초기투자비용(원)	K	1,894,090,000	32,937,500,000
운영비용(원)	C	454,784,480	8,404,998,800
연간 생산량(kg)	q	39,832	968,886
보행추세율	α	0.038	
순간변동률	σ	0.125	
할인율 ⁹⁾	ρ	0.045	
양의 특성근	β_1	1.149	

9) 본 논문에서는 기획재정부의 ‘예비타당성조사 수행 총괄지침’에서 규정한 사회적 할인율 4.5%를 적용하였다.

5. 분석 결과

가. 신안 소형(6.6ha)

최적 투자임계점 p^* 는 트랙형 축제식 해삼 양식업을 도입할 수 있는 최저 수준의 해삼 가격을 의미하며, 이를 통해 트랙형 축제식 해삼 양식업에 대한 경제성을 판단할 수 있다.

먼저, 신안 소형(6.6ha)은 양식장 수면적 $39,832m^2$ (12,049평)으로 연간 약 39,832kg의 해삼을 생산한다는 기준으로 해삼 가격의 불확실성이 존재할 경우의 최적 투자임계점(p^*)을 분석하였다.

실물옵션 분석을 통해 도출된 최적 투자임계점(p^*)은 16,262원으로 최근 5년간의 해삼 평균가격인 15,751원과 비교하면 511원 높은 가격으로 경제성이 없는 것으로 분석되었다(<표 4-8> 참조). 반면, 순현재가치법(NPV)에서는 12,672원으로 해삼의 평균가격보다 낮아 경제성을 확보하는 것으로 나타나 실물옵션 분석의 최적 투자임계점(p^*)과는 대조적인 결과가 나타났다. 이처럼 불확실성이 고려된 실물옵션 분석은 순현재가치법에 비해 더욱 전략적인 투자의사 결정이 이루어지도록 하고 있다.

<표 4-8> 신안 소형 최적 투자임계점과 NPV 분석 결과

사육수 면적 $39,832m^2$ (12,049평)		
	실물옵션(원/kg)	NPV(원/kg)
최적 투자임계점(p^*)	16,262	12,672

나. 진도 대형(220ha)

진도 대형(220ha)은 양식장 수면적 $968,886m^2$ (293,088평)으로 연간 약 968,886kg의 해삼을 생산한다는 기준으로 최적 투자임계점(p^*)을 분석하였다. 실물옵션 분석을 통해 도출된 최적 투자임계점(p^*)은 12,240원으로, 해삼의 평균가격인 15,751원에 비해 낮기 때문에 현재의 진도 대형(220ha) 트랙형 축제식 해삼 양식업은 가격의 불확실성, 그리고 투자의 비가역성 등을 반영했을 때 투자가치가 매우 높은 수준이라 볼 수 있다. 순현재가치법(NPV) 또한 9,572원으로 해삼의 평균가격보다 낮아 경제성을 충족하는 것으로 나타났다(<표 4-8> 참조).

<표 4-9> 진도 대형 최적 투자임계점과 NPV 분석 결과

사육수 면적 $968,886m^2$ (293,088평)		
	실물옵션(원/kg)	NPV(원/kg)
최적 투자임계점(p^*)	12,240	9,572

즉, 신안 소형(6.6ha)은 현재로서 트랙형 축제식 해삼 양식업에 투자를 실행할 경우 충분한 수익을 기대하기 어려우므로 양식업자는 해삼 가격이 더 증가할 때까지 기다리는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 그러나 진도 대형(220ha)은 현재 트랙형 축제식 해삼 양식업 투자를 실행할 경우 투자가치가 높은 것으로 나타났다.

다. 민감도 분석

<표 4-7>에서의 각종 파라미터는 경제성 평가에 있어서 하나의 기준 값이라 할 수 있다. 그러나 이 역시도 불확실성이 존재하기 때문에 개별 파라미터의 변화에 따라 최적 투자임계점(p^*)이 어떻게 변화하는지를 민감도 분석을 통해 살펴보았다. 민감도 분석에서는 특히 시설비와 생산량, 그리고 종자비의 변화를 통해 최적 투자임계점(p^*)이 어떻게 변화하는지를 살펴보았다.

(1) 시설비 변화에 따른 민감도 분석

트랙형 축제식 해삼 양식업의 경우 간척지를 활용하기 때문에 기존 축제식 양식 방법보다 해수를 지속해서 공급해야 한다. 즉, 전기료가 추가적으로 발생하고 소규모의 수조마다 방수시설과 주수, 배수 배관을 시설하기 때문에 초기투자비용이 높다. 그러므로 시설비의 변화가 트랙형 축제식 해삼 양식업에 미치는 경제성의 변화를 파악해야 한다.

시설비가 증가하면 통상적으로 최적 투자임계점(p^*)은 상승하는데, 미래 수익의 현재가치가 감소하기 때문에 투자의 관점에서는 충분한 수익성이 보장될 때까지 투자를 보류하는 것이 바람직하다. <그림 4-1>과 <그림 4-2>는 시설비 변화에 따른 트랙형 축제식 해삼 양식업에 따른 규모별 최적 투자임계점(p^*)의 변화를 보여준다.

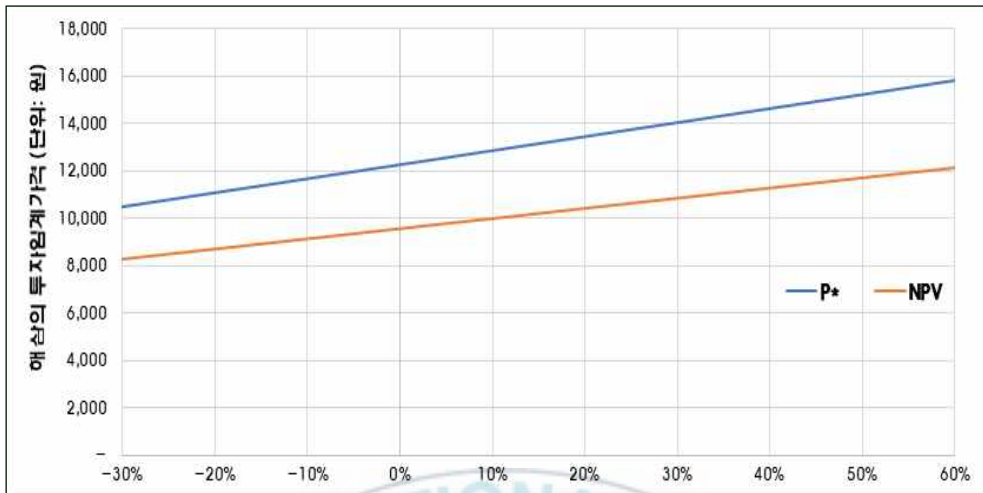
민감도 분석은 현재 수준에서 $\pm 10 \sim 30\%$ 하의 경우를 반영하여 도출하였다. 분석 결과, 신안 소형(6.6ha)의 경우 기존 시설비에서 10% 감소하였을 경우, 최적 투자임계점(p^*)이 15,435원으로 나타났으며 NPV는 12,071원으로 해삼의 평균가격보다 낮아 경제성이 있는 것으로 나타났다(<그림

4-1> 참조).

진도 대형(220ha)의 경우 기존 시설비에서 60% 증가하였을 경우, 최적 투자임계점(p^*)이 15,789원으로 해삼의 평균가격보다 높아 경제성이 없는 것으로 나타났다. 즉, 기존 시설비 329억 3,750만 원에서 60% 증가한 527억 원일 경우에는 투자를 보류하는 것이 바람직하다는 의미로 해석된다. 반면, NPV는 최적 투자임계점(p^*)과는 상반된 결과를 얻게 되었는데, NPV는 12,149원으로 해삼의 평균가격보다 낮아 경제성이 있는 것으로 나타났다(<그림 4-2> 참조). 즉, 시설비 변화에 따른 민감도 분석 결과, 트랙형 축제식 해삼 양식업의 투자에 따른 시설비의 증가는 최적 투자임계점(p^*)을 증가시켜 투자 결정을 유보시킨다.



<그림 4-1> 신안 소형의 시설비 변화에 따른 최적 투자임계점 변화



<그림 4-2> 진도 대형의 시설비 변화에 따른 최적 투자임계점 변화

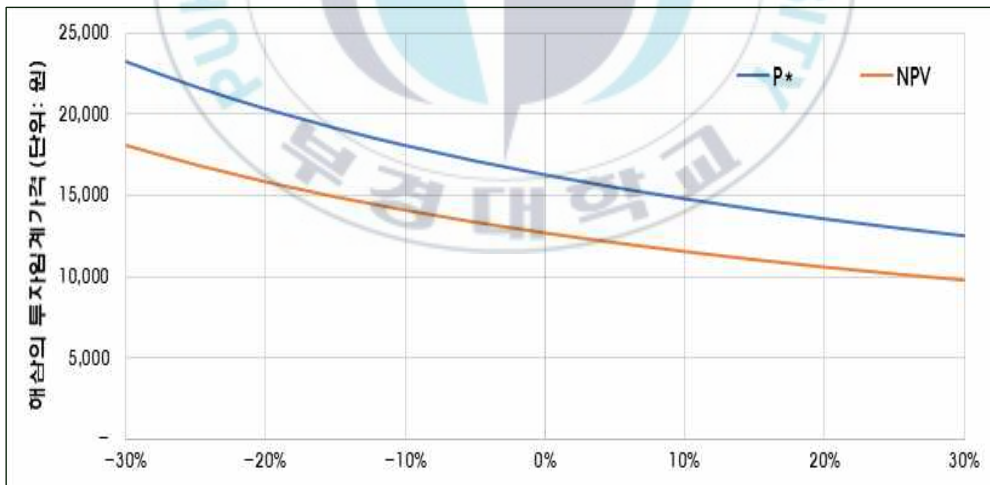
(2) 생산량 변화에 따른 민감도 분석

다음으로는 해삼 생산량의 불확실성에 따라 최적 투자임계점(p^*) 대비 실제 해삼 가격(p)이 어떻게 변화하는지를 살펴보았다. 생산량은 수익과 직결되는 요소이므로 생산량의 변화가 트랙형 축제식 해삼 양식업에 미치는 경제적 효과를 살펴보아야 한다.

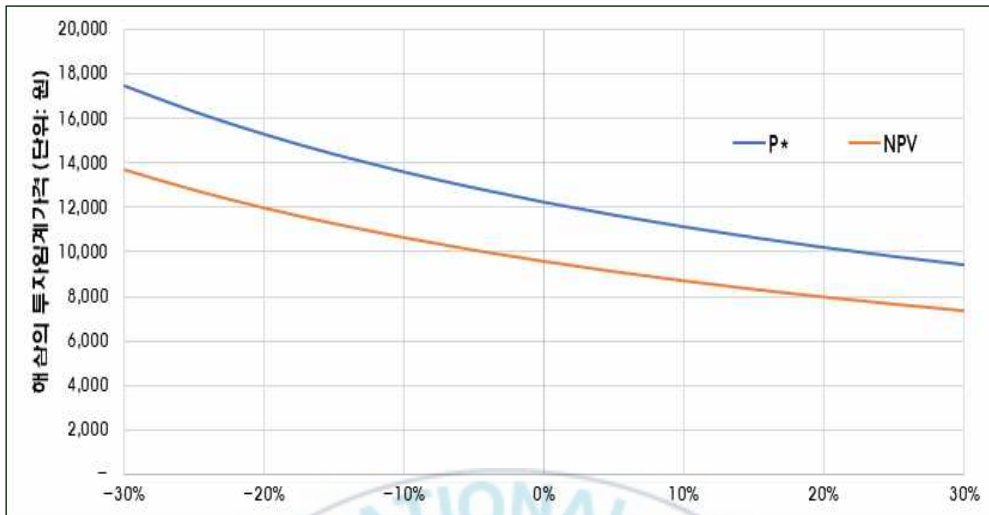
민감도 분석은 현재 수준으로부터 $\pm 10 \sim 30\%$ 하의 경우를 반영하여 도출하였다. 분석 결과, 신안 소형(6.6ha)의 경우에는 기존 생산량에서 5% 이상 상승할 경우 최적 투자임계점(p^*)이 15,487원으로 해삼의 평균가격보다 낮아 경제성이 있는 것으로 나타났다. 반면, NPV는 생산량이 15% 하락하였을 경우 14,908원으로 경제성이 있는 것으로 나타났다(<그림 4-3> 참조).

진도 대형(220ha)의 경우 기존 생산량에서 25% 이상 하락하였을 경우, 최적 투자임계점(p^*)이 16,320원으로 경제성이 없는 것으로 나타났다. 이 경우에는 진도 대형(220ha)의 트랙형 축제식 해삼 양식업에 대한 투자의 경제성이 없다. 따라서 양식업자는 해삼시장의 상황을 살피며 투자의 시기를 기다리는 것이 바람직하다. 반면, NPV는 12,762원으로 경제성이 확보된다는 결과를 얻어 최적 투자임계점(p^*)과의 상반된 결과를 얻었다(<그림 4-4> 참조).

생산량 변화에 따른 민감도 분석을 통해 트랙형 축제식 해삼 양식업 투자에 따른 생산량의 증가는 최적 투자임계점(p^*)을 감소시켜 투자 결정을 촉진시킨다는 사실을 알 수 있다.



<그림 4-3> 신안 소형의 해삼 생산량 변화에 따른 최적 투자임계점 변화



<그림 4-4> 진도 대형의 해삼 생산량 변화에 따른 최적 투자임계점 변화

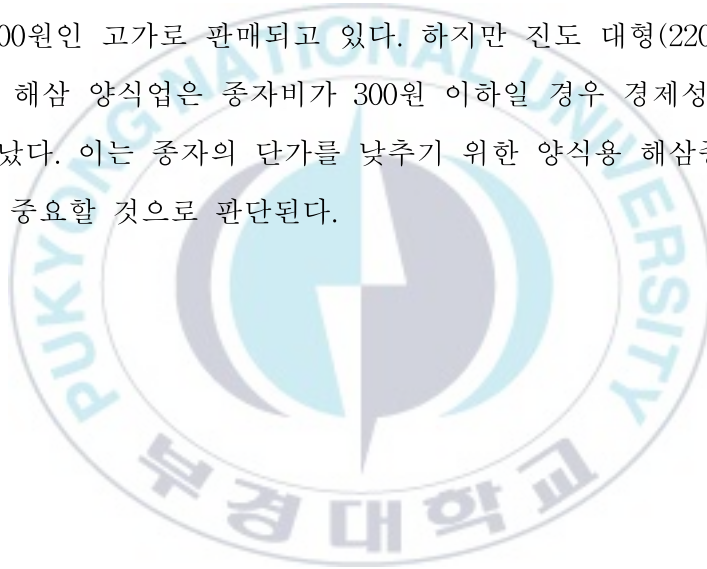
(3) 종자비 변화에 따른 민감도 분석

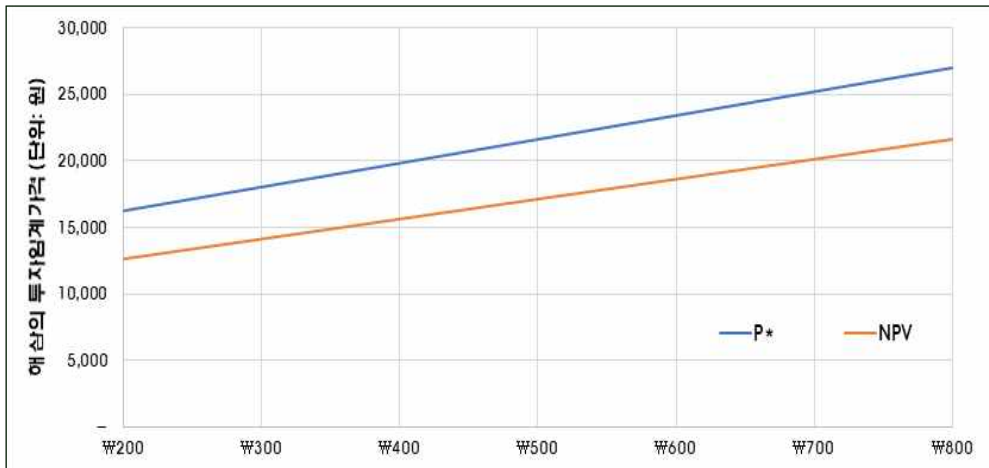
마지막으로 <그림 4-5>와 <그림 4-6>은 종자비가 변화할 때 최적 투자임계점(p^*)의 변화를 보여주고 있다. 해삼의 종자비가 높아질수록 비용이 증가하게 되므로 종자비의 변화가 트랙형 축제식 해삼 양식업에 미치는 경제적 효과를 살펴볼 필요가 있다.

민감도 분석은 종자비가 200원에서 800원까지의 경우를 반영하여 도출하였다. 신안 소형(6.6ha)은 종자비 최저 수준으로 책정한 200원부터 최적 투자임계점(p^*)이 16,262원으로 해삼의 평균가격인 15,751원보다 높아 경제성이 없는 것으로 나타났다. 그러나 NPV는 종자비가 400원일 경우 15,672원으로 해삼의 평균가격보다 낮아 경제성이 확보되는 것으로 나타났다.

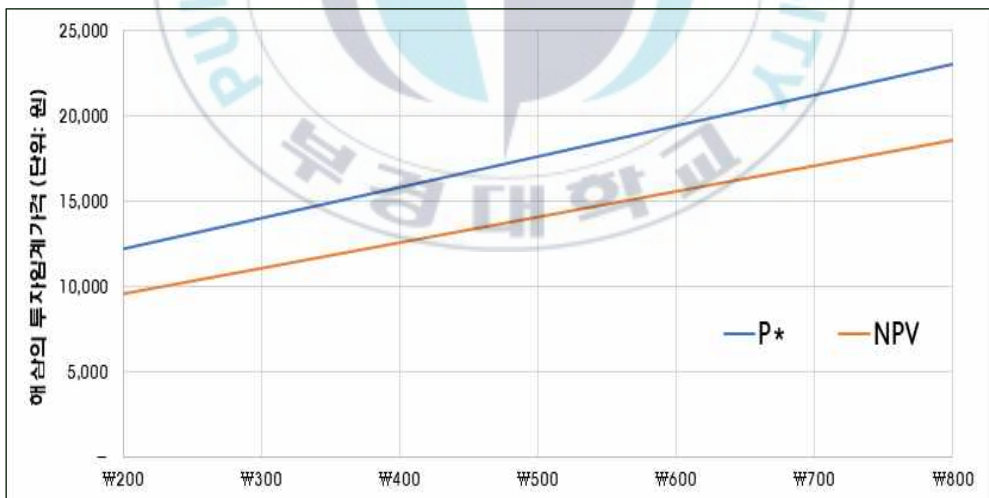
진도 대형(220ha)은 종자비가 300원일 때에 최적 투자임계점(p^*)이 14,040원으로 해삼의 평균가격보다 낮아 경제성이 확보되는 것으로 나타났다. 즉, 종자비가 400원일 경우에 투자하는 것보다는 종자비가 300원으로 떨어질 때까지 기다리는 것이 좋다는 의미로 해석된다. 반면, NPV는 종자비가 600원일 경우 15,572원으로 해삼의 평균가격인 15,751원보다 낮아 경제성이 있는 것으로 나타났다.

민감도 분석 결과, 종자비의 증가는 최적 투자임계점(p^*)을 증가시켜 투자 결정을 유보시킨다. 현재 우리나라에서 생산되고 있는 해삼 종자비는 1마리당 500원인 고가로 판매되고 있다. 하지만 진도 대형(220ha)의 트랙형 축제식 해삼 양식업은 종자비가 300원 이하일 경우 경제성이 있는 것으로 나타났다. 이는 종자의 단가를 낮추기 위한 양식용 해삼종자의 대량생산 또한 중요할 것으로 판단된다.





<그림 4-5> 신안 소형의 종자비 변화에 따른 최적 투자임계점 변화



<그림 4-6> 진도 대형의 종자비 변화에 따른 최적 투자임계점 변화

V. 요약 및 결론

전 세계적으로 건강 및 참살이에 대한 의식이 높아져 해삼에 대한 중국 수요는 지속적으로 증가하고 있으며 특히, 세계 해삼의 90%는 중국이 소비하고 있다. 최대 생산국이자 소비국인 중국은 급속한 공업화로 인해 연안 해역의 오염과 2013년 중국 정부의 사치품 제한 규제로 인하여 생산량은 줄어들고 있어 공급이 수요를 따라가지 못하고 있어 수입에 의존하고 있는 실정이다.

이에 우리나라 정부와 각 지자체는 일찍이 중국을 겨냥한 해삼 양식업에 많은 관심과 예산을 투입하였으며, 해양수산부는 10대 수출전략 품목으로 해삼을 선정하였다. 하지만 많은 관심과 투자에도 불구하고 우리나라 해삼 양식업은 좋은 성과를 내지 못하고 있을 뿐만 아니라 해삼 생산량은 연간 2천 톤 내외로 전 세계 생산량의 1% 수준에 그치고 있다.

본 연구에서는 아직 보급되지 않은 전라남도 해양수산과학원에서 개발한 트랙형 축제식 해삼 양식업 투자의 경제성을 분석하였다. 분석기법으로는 실물옵션 기법을 이용하여 최적 투자임계점(p^*)을 도출하여 이를 기준으로 경제성의 여부를 판단하고자 한다. 그리고 최적 투자임계점(p^*) 도출에 사용된 파라미터의 변화에 따른 최적 투자임계점(p^*)의 변화 양상을 분석하기 위해 민감도 분석을 수행하였다.

본 연구에서는 우리나라 대표 냉수대 형성지역으로 알려진 전라남도 신안과 진도지역을 대상으로 분석하였다. 먼저, 신안 소형 해삼 양식단지($39,832m^2$)와 진도 대형 해삼 양식단지($968,886m^2$)를 비교하여 최적 투자임계점(p^*)을 도출하였다. 분석 결과, 신안 소형(6.6ha)의 트랙형 축제식 해삼 양식업은 최적 투자임계점(p^*)이 16,262원으로 최근 5년간 해삼의 평

균가적인 15,751원보다 높아 경제성이 없는 것으로 나타났다. 이는 신안 소형(6.6ha)의 트랙형 축제식 해삼 양식업에 투자를 실행할 경우 충분한 수익을 기대하기 어려워 충분한 수익을 확보할 수 있는 시점까지 기다리는 것이 좋다는 것으로 해석된다. 반면, 진도 대형(220ha)의 트랙형 축제식 해삼 양식업은 최적 투자임계점(p^*)이 12,240원으로 해삼의 평균가격인 15,751원보다 낮아 경제성이 있는 것으로 나타났다. 즉, 진도 대형(220ha)의 트랙형 축제식 해삼 양식업은 현재 투자를 실행할 경우 충분한 수익을 기대할 수 있는 것으로 해석된다.

이러한 결과를 바탕으로 분석에 사용된 기본 파라미터값의 변화가 최적 투자임계점(p^*)에 미치는 영향을 살펴보기 위해 민감도 분석을 실시하였다. 먼저 시설비 변화에 따른 민감도 분석은 기존 시설비에서 $\pm 10 \sim 30\%$ 하의 경우를 반영하여 도출하였다. 분석 결과, 시설비가 증가하면 통상적으로 최적 투자임계점(p^*)은 상승하는 것으로 나타났다. 신안 소형(6.6ha)은 기존 시설비가 10% 감소할 경우 최적 투자임계점(p^*)이 15,435원으로 해삼의 평균가격보다 낮아 경제성이 있는 것으로 나타났다. 반면, 진도 대형(220ha)은 시설비가 60% 이상 증가하는 경우 최적 투자임계점(p^*)이 15,789원으로 해삼의 평균가격보다 높아 경제성이 없는 것으로 나타났다.

생산량 변화에 따른 민감도 분석 또한 기존 생산량에서 $\pm 10 \sim 30\%$ 하의 경우를 반영하여 도출하였다. 민감도 분석 결과, 신안 소형(6.6ha)은 생산량이 5% 이상 상승할 경우 최적 투자임계점(p^*)이 15,487원으로 해삼의 평균가격보다 낮아 경제성이 있는 것으로 나타났다. 진도 대형(220ha)은 생산량이 25% 이하로 하락하였을 경우 최적 투자임계점(p^*)이 16,320원으로 경제성이 없는 것으로 나타났다.

마지막으로 종자비 변화에 따른 민감도 분석 결과, 신안 소형(6.6ha)은

종자비 최저 수준으로 책정한 200원부터 최적 투자임계점(p^*)이 16,262원으로 해삼의 평균가격인 15,751원보다 높아 경제성이 없는 것으로 나타났다. 그러나 진도 대형(220ha)은 종자비가 400원일 때에 최적 투자임계점(p^*)이 15,839원으로 해삼의 평균가격인 15,751원보다 높아 종자비가 300원 이하일 경우에 경제성이 확보되는 것으로 나타났다.

이러한 결과를 종합해 보면, 신안 소형(6.6ha)의 트랙형 축제식 해삼 양식업은 초기시설비가 10% 이상 감소하거나 또는 단위당 생산량 5% 이상 증가할 경우 경제성이 확보되는 것으로 나타났다. 진도 대형(220ha)의 트랙형 축제식 해삼 양식업은 초기시설비가 55%이하 증가하거나 또는 단위당 생산량 20%이하 감소하여도 경제성이 확보되는 것으로 나타났다.

본 연구에서 실물옵션의 분석 결과가 순현재가치법으로 분석했을 때보다 최적 투자임계점(p^*)이 더 높은 것으로 나타났다. 이를 통해 해삼의 생산 및 시장의 불확실성과 투자의 비가역성을 고려할 경우 트랙형 축제식 해삼 양식업 도입의 투자결정은 보다 신중한 의사결정이 필요함을 알 수 있다.

민감도 분석에서는 시설비, 생산량 그리고 종자비의 변화가 최적 투자임계점(p^*)에 얼마나 민감하게 변화하는지를 알 수 있다. 특히 트랙형 축제식 해삼 양식업의 시설비와 종자비의 절감을 위한 대책이 필요한 것으로 나타났다. 트랙형 축제식 해삼 양식업의 경우 아직 도입되지 않은 단계로서 도입을 위해서는 정부의 시설 투자비용의 지원이 필요할 것으로 보여진다. 정부의 시설 투자비용의 지원이 증가한다면 최적 투자임계점(p^*)을 낮춰 어업인들의 경제적 부담을 줄여주고 트랙형 축제식 해삼 양식업에 적극적으로 참여할 것이다.

현재 우리나라에서 생산되고 있는 해삼의 종자비가 1마리당 500원인 고가로 판매되어 해삼 양식의 경제성 확보가 어려워 해삼을 양식하려는

어업인은 적은 편이다. 따라서 해삼종자의 단가를 낮추기 위한 양식용 해삼 종자의 대량생산 또한 중요할 것으로 판단된다. 그러므로 적절한 정부 보조 정책의 시행으로 어업인의 초기 시설비용 부담을 완화하는 등 트랙형 축제식 해삼 양식업의 경제성(시설비, 운영비, 종자비 절감)을 확보하는 방향으로 4차 산업혁명과 어가의 고령화 문제에 대한 대응책으로 트랙형 축제식 해삼 양식업을 제고시킬 필요가 있다.

본 연구는 국내 수산양식 분야에서 불확실성을 고려하여 실물옵션 기법을 적용하여 해삼에 대한 경제성 분석을 하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 본 연구는 트랙형 축제식 해삼 양식업이 아직 도입되기 전이기 때문에 초기투자비용, 경영비용, 생산성 및 종자비 등의 파라미터 값이 불확실하다는 점에서 한계를 가지고 있다. 그러므로 트랙형 축제식 해삼 양식업이 도입된 후 어느 정도 수익성을 얻게 되었을 때 실물옵션 기법을 적용한 경제성 분석 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

[국내 문헌]

구설염(2017), 중국 해삼 양식의 양식방법별 경제성 비교, 부경대학교대학원 해양수산경영학과 석사학위논문.

국립수산물과학원(2017), 해삼 완전양식 기반 구축, 국립수산물과학원.

김도훈, 박현지, 이도경(2017), 해삼 혼합양식 경제성 분석, 국립수산물과학원 남동해수산연구소.

김수정(2019), 트랙형구조 이용 축제식 해삼 양식, 월간 수산양식, 2월호, 82-85p.

농림축산식품부(2019), 간척지의 농어업적 이용 종합계획 주요내용, 정책자료.

마창모(2015), 세계 수산물의 25%는 중국으로-양식시스템 수출도 고려할 만, Chinadia Plus, 104, 54-55p.

박경일, 김도훈, 김영준(2013), 경북지역 해삼 종묘방류사업의 경제적 효과 분석, 한국수산경영학회, 수산경영론집, 44(1), 81-90p.

박오원(2010), 실물옵션(real option)을 이용한 R&D 투자결정 - 옵션 실

- 행에 영향을 주는 요인 및 효과를 중심으로-, 産業經營研究, Vol.-No.18, 41-53p.
- 박호정(2012), 불확실성 하에서의 자원·환경 사업 경제성 평가와 실물옵션 연구동향, 생명자원연구, Vol.20, 1-15p.
- 박호정(2014), 연장옵션을 포함한 인삼 재배사업의 실물옵션 분석, 한국농업경제학회, 농업경제연구, 55(2), 1-22p.
- 박호정(2018), 실물옵션과 투자분석 - 불확실성과 경제성 평가, 리얼포털.
- 서상택, 우수근(2007), 실물옵션을 이용한 사과재배농가의 투자 및 퇴출임계점 분석, 한국농업경제학회, 농업경제연구, 48(2), 93-113p.
- 신동호(2015), 충남 해삼산업 클러스터 구축방안, 충남연구원.
- 양이석(2018), 고온 및 태풍 피해에 의한 중국 내 해삼 가격 상승, KMI 해외시장분석센터, 10-11p.
- 이기채, 김수정, 김영룡, 전영호, 박인배, 양사랑, 박종규, 오홍식, 이창혁 (2018), 트랙수조 이용, 축제식 양식 생산성 향상 연구, 전라남도 해양수산기술원 진도지원.
- 이동훈(2018), 스마트 팜 투자 사업의 실물옵션 분석: -딸기·토마토 농가를 중심으로-, 국회입법조사처, 학술저널, 10(2), 275-303p.

이헌동(2019), 불확실성을 고려한 넙치 양식산업 투자 의사결정 연구, 고려대학교대학원 식품자원경제학과 박사학위논문.

인하대학교 산학협력단(2013), 해삼 양식산업 기술개발 연구사업, 해양수산부.

전라남도 해양수산과학원(2016), 트랙형 축제식 해삼 양식 기술개발, 전라남도 해양수산과학원.

전제천(2009), 해삼 양식 기술개발, 국립수산물과학원.

정우석, 서상택(2013), 실물옵션을 이용한 지열에너지 시스템의 투자 임계점 분석 - 파프리카 농가를 중심으로-, 농업경영·정책연구, 40(1), 130-147p.

정진택(2017), 해삼 양식산업 활성화 방안, 인천대학교경영대학원 경영학전공 석사학위논문.

채동렬(2013), 경남 해삼 양식 전략적 육성 가능성 검토, 정책포커스, 1-39p.

통계청, 어업생산동향조사, <http://kosis.kr>

한국농수산물유통공사(2013), 수산물 수출전략품목 해외시장정보 굴·전복·해삼, 한국농수산물유통공사

한국해양수산개발원 중국연구센터(2018), 「KMI 중국리포트」, 18(7), 1-15p.

한국해양수산개발원(2018), 세계 해삼 교역 동향, 한국해양수산개발원

[국외 문헌]

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)(2015), The state of food insecurity in the world, 8-18p.

FAO, <http://www.fao.org/home/en/>

Hannevik, J., Naustdal, M., Struksnaes, H(2015), Real options valuation under technological uncertainty: A case study of investment in a post-smolt facility, Norwegian University of Science and Technology.

Michael Livingston, Michael J. Roberts, Yue Zhang(2014), Optimal Sequential Plantings of Corn and Soybeans Under Price Uncertainty, American Journal of Agricultural Economics, 97(3), 855 - 878p.

OECD/FAO(2019), OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028, OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome,

https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en

TJ Price, ME Wetzstein(1999), Irreversible investment decisions in perennial crops with yield and price uncertainty, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 24(1), 173-185p.

包鵬云，周德剛，蒲紅宇(2011)，我國海參池塘養殖存在的問題及應對措施，《科學養魚》，3-4p.

蔣濤，田傳遠，李琪，孫同秋，孔令峰(2014)，刺參池塘養殖經濟效益分析，《中國漁業經濟》，93-98p.

新農村商網，<http://nc.mofcom.gov.cn>

吳楊鎬，杜萌萌，韓振威(2015)，遼寧省池塘海參養殖生產形勢變化分析，*中國水產*，18-21p.

中國漁業統計年鑒(2018)，中國農業出版社

부 록

부록 1. 초기투자비용

<부표 1-1> 신안 소형(6.6ha) 초기투자비용 항목

	규격	단가	수량	노무비	총 금액
인수 펌프	125HP	₩24,000,000	2	₩16,000,000	₩64,000,000
배수 펌프	125HP	₩24,000,000	2	₩16,000,000	₩64,000,000
인수로배관	800mm PE	₩250,000	400	₩20,000,000	₩120,000,000
헛다배관	1,000mm PE	₩700,000	20	₩5,000,000	₩19,000,000
주수관	500mm PE	₩170,000	600	₩100,000,000	₩202,000,000
트랙수조(양쪽)해수공급 배관	200mm PVC	₩28,000	740	₩5,000,000	₩25,720,000
트랙수조 배수로관	1,000mm PE	₩320,000	300	₩40,000,000	₩136,000,000
트랙수조(양쪽)배수로 주배관	200mm PVC	₩28,000	740	₩5,000,000	₩25,720,000
트랙수조 방수천막지	0.5mm PE	₩5,000	50,542	₩50,000,000	₩302,710,000
트랙수조 셀터	-	₩3,000,000	74	₩60,000,000	₩282,000,000
트랙수조 칸막이	-	₩10,000	8,214	₩30,000,000	₩112,140,000
터파기 및 되메우기	-	₩1,200,000	74	₩37,000,000	₩125,800,000
도로구조물 터파기	-	₩11,500	1,000	₩13,000,000	₩24,500,000
단지내도로공사	-	₩16,500	1,000	₩12,000,000	₩28,500,000
배수장	-	₩1,500,000	100	₩0	₩150,000,000
취수장	-	₩3,500,000	10	₩0	₩35,000,000
건축공사	-	₩3,500,000	10	₩15,000,000	₩50,000,000
전기공사	-	₩93,000,000	1	₩10,000,000	₩103,000,000
단지내 CCTV 공사	-	₩10,000,000	1	₩0	₩10,000,000
한전불입금	-	₩14,000,000	1	₩0	₩14,000,000
초기시설비용					₩1,894,090,000

<부표 1-2> 진도 대형(220ha) 초기투자비용 항목

	규격	단가	수량	노무비	총 금액
인수 펌프	125HP	₩24,000,000	38	₩64,000,000	₩976,000,000
배수 펌프	125HP	₩24,000,000	38	₩64,000,000	₩976,000,000
인수로배관	800mm PE	₩660,000	4,000	₩250,000,000	₩2,890,000,000
헛다배관	1,000mm PE	₩700,000	100	₩25,000,000	₩95,000,000
주수관	500mm PE	₩170,000	15,000	₩500,000,000	₩3,050,000,000
트랙수조(양쪽)해수공급 배관	200mm PVC	₩28,000	36,000	₩100,000,000	₩1,108,000,000
트랙수조 배수로관	1,000mm PE	₩320,000	7,500	₩500,000,000	₩2,900,000,000
트랙수조(양쪽)배수로 주배관	200mm PVC	₩28,000	36,000	₩100,000,000	₩1,108,000,000
트랙수조 방수천막지	0.5mm PE	₩5,000	1,229,400	₩500,000,000	₩6,647,000,000
트랙수조 셀터	-	₩30,000,000	150	₩500,000,000	₩5,000,000,000
트랙수조 칸막이	-	₩10,000	199,800	₩250,000,000	₩2,248,000,000
터파기및 되메우기	-	₩1,200,000	2,500	₩125,000,000	₩3,125,000,000
도로구조물 터파기	-	₩11,500	2,000	₩26,000,000	₩49,000,000
단지내도로공사	-	₩16,500	7,000	₩84,000,000	₩199,500,000
배수장	-	₩1,500,000	400	₩0	₩600,000,000
취수장	-	₩3,500,000	90	₩0	₩315,000,000
건축공사	-	₩3,500,000	100	₩150,000,000	₩500,000,000
전기공사	-	₩615,000,000	1	₩70,000,000	₩685,000,000
단지내 CCTV 공사	-	₩200,000,000	1	₩0	₩200,000,000
한전불입금	-	₩266,000,000	1	₩0	₩266,000,000
초기시설비용					₩32,937,500,000

부록 2. 운영비용

<부표 2-1> 신안 소형과 진도 대형의 운영비용 항목

	신안 소형(6.6ha)	진도 대형(220ha)
	총 금액	
종자비(마리)	₩119,496,000	₩2,906,658,000
상시고용	₩24,000,000	₩360,000,000
임시고용	₩24,100,000	₩72,000,000
전기료	₩80,979,480	₩1,619,590,800
유지보수비	₩12,000,000	₩105,000,000
식대 등	₩4,800,000	₩48,000,000
연간 운영비용 총액	₩454,784,480	₩8,404,998,800
면적당 운영비용	₩6,662	₩5,275