

고등어 외해가두리양식의 경제성 분석

김도훈*

An Economic Feasibility Study of Mackerel Offshore Aquaculture Production System

Do-Hoon Kim*

Abstract

This study aimed to analyze the economic feasibility of Mackerel offshore aquaculture production performance in Jeju region, Korea. Based on the collected biological, costs and market price data, farming revenue and expenses during the farming period were evaluated, and the net present value and the internal rate of return of a 10-year cash inflow and cash outflow were estimated to determine the economic feasibility of Mackerel offshore aquaculture production system.

Model results indicated that the Mackerel offshore aquaculture production performance would have high profitability under the current production and market situation. This is because of the relatively high survival rate, relatively low feed conversion ratio and good market prices. However, sensitivity analyses of main important biological and economic variables showed that the economic viability of Mackerel offshore aquaculture production system would be highly vulnerable to production and market condition changes.

Key words : Mackerel, Offshore aquaculture, Economic feasibility, Aquaculture management, Sensitivity analysis

I. 서론

연안가두리양식에 따른 어장환경오염 문제와 외국 양식수산물과의 시장경쟁력이 약화됨에 따라 양식업에 대한 구조조정의 필요성이 정책적으로 크게 제기되어 오고 있다(농림수산식품

부, 2010; 최재선·김도훈, 2003). 양식업 구조조정사업의 일환으로는 특히 연안가두리양식의 대체 안으로 외해가두리양식에 대한 정책적 관심이 증대되고 있다. 이는 외해가두리양식의 경우 연안가두리양식에 비해 해양환경에 대한 오염 영향이 다소 적을 것으로 기대되기 때문이다

접수 : 2012년 12월 10일 최종심사 : 2012년 12월 17일 게재확정 : 2012년 12월 20일

*부경대학교 해양산업경영학과 조교수(Corresponding author : 051-629-5954, delaware310@pknu.ac.kr)

(Kalantzi and Karakassis, 2006). 또한 적조나 태풍 발생 시 수심이 깊은 외해에서 가두리를 침하시킴으로써 생존율 향상 등 안정적인 생산이 가능할 것으로 기대되기 때문이다(Hoagland et al., 2003; Kite-Powell et al., 2003; Knapp, 2008).

우리나라 외해가두리양식은 2005년부터 시범사업으로 추진되었는데, 이 시범사업에는 국가 연구소와 민간기업이 공동으로 참여하여 제주도 표선지역에서 행해졌다. 정부에서 제주도 표선지역 3.5km 해역에 3년간(2005.05~2008.05) 시범사업 면허를 허가하였고, 미국으로부터 외해가두리시설(Seastation 3000™)을 도입하여 운용해 오고 있다. 초기 양식대상종으로는 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*)이 선정되어 입식·사육되었는데, 최근에는 참돔, 넙치, 고등어 등에 대한 양식생산이 이루어지고 있으며, 향후에는 참다랑어 양식까지도 고려되고 있다.

외해가두리양식의 본격적인 산업화를 위해서는 무엇보다 기술적 요인, 제도적 요인, 해양환경적 요인, 그리고 사회경제적인 요인 등에 대한 검토가 신중히 행해져야 한다. 이 중에서 경제적인 요인의 경우 사업투자평가를 통해 수익사업으로서의 타당성 여부를 판단해야 한다. 외해가두리양식의 경우 해양환경에 대한 긍정적인 효과가 연안가두리양식에 비해 클 수 있지만, 이러한 기대효과는 높은 투자비용과 운영경비, 그리고 운영상 위험과 불확실성의 경제적 비용에 의해 상쇄될 수 있으므로 사전적인 사업타당성분석은 아주 중요하다. 특히 처음 도입되어 시도되는 외해가두리양식의 본격적인 사업화를 위해서는 대상어종별 경제성을 분석해 보는 등 수익성 확보 및 향상 방안을 강구하는 것이 필요하다.

이러한 배경 하에서 본 연구에서는 향후 외해가두리양식의 주요 대상종으로 대두되고 있는 고등어를 대상으로 2006~2008년 약 15개월 기간 동안 제주도 외해가두리양식 시범생산으로부터 수집된 생물학적 자료와 양식비용 및 시장가격 자료를 이용하여 외해가두리양식 생산의

경제성을 분석해 보고자 한다. 선행연구로 Lipton and Kim(2007)은 이미 제주지역 돌돔 외해가두리양식 시범사업에 대한 경제성 분석을 행했으며, Kim and Lipton(2011)은 돌돔을 대상으로 한 외해가두리양식과 연안가두리양식의 경제성을 비교 분석하였다. 국외 선행연구로는 Jin et al.(2005)과 Kam et al.(2003)이 각각 미국의 뉴잉글랜드 대서양 대구(Atlantic cod)와 하와이 Pacific threadfin 외해가두리양식에 대한 경제성을 분석하였다.

II. 분석 방법 및 자료

1. 분석 방법

고등어를 대상으로 한 외해가두리양식의 경제성 분석에 있어서는 일반적으로 양식업 경제성 분석에서 널리 적용되고 있는 개별 양식기업의 재무적 타당성 평가를 중심으로 하였다(Adams et al., 2001; Brown et al., 2002; Fong et al., 2005; Goode et al., 2002; Kim and Lipton, 2011; Lipton and Kim, 2007; Liu and Sumaila, 2007; Sathiadhas and Najmudeen, 2004). 즉, 고등어 외해가두리양식의 생산으로부터 수집된 자료를 바탕으로 양식기간 동안의 양식수입과 비용을 계산하고, 향후 10년 기간 동안의 현금흐름에 대한 순현재가치(net present value, NPV)와 내부수익률(internal rate of return, IRR)을 계산함으로써 고등어 외해가두리양식의 경제성을 평가하였다.

선행연구에서는 양식생산 조건 및 시장환경의 변화 등 불확실성을 최대한 고려하기 위해 몬테카를로(monte carlo) 시뮬레이션 기법을 이용하여 수집된 자료를 바탕으로 주요 변수의 확률분포를 설정하여 분석함으로써 보다 현실적인 분석결과가 도출될 수 있도록 하였다(Jin et al., 2005; Kazmierczak and Soto, 2001; Lipton and Kim, 2007; Zucker and Anderson, 1999). 하지만 고등어 외해가두리양식이 처음으로 시도되었고, 한 번

의 양식생산 주기에 의해 도출된 자료를 사용하는 본 연구의 특성상 주요 변수의 확률분포를 가정하고, 시뮬레이션 기법을 적용하는 것이 불가능하였다. 따라서 본 연구에서는 수집된 자료를 바탕으로 한 기본 모델(baseline model)을 우선 분석하고, 주요 변수별 민감도 분석을 통해 양식생산 조건 및 시장환경의 변화 등 불확실성을 고려한 고등어 외해가두리양식의 경제성 변화를 추정하였다. 민감도 분석에 있어서는 다른 외해가두리양식 경제성 분석연구(Jin, 2008; Kam et al., 2003)에서 가정되었던 변수들을 고려하여 생존율, 사료계수, 출하중량, 시장가격, 그리고 사료비 및 치어비 등을 주요 변수로 하였다.

2. 분석 자료

고등어 외해가두리양식에서는 2006년 11월 제주 표선지역 외해가두리 수조 1개(a 3000-m³ biconical sea cage)에 총 120,000마리의 고등어 치어(평균 중량 80g)가 입식되어 2008년 2월까지 약 15개월 동안 사육되었다. 양식생산 결과, 생물학적인 변수로 생존율은 평균 95%로 상당히 높은 것으로 나타났으며, 사료계수(feed conversion ratio, FCR)는 1.6으로 조사되었다. 양식기간 이후의 출하중량은 평균 800g로 조사되었고, 출하된 고등어 시장가격은 kg당 평균 10,000원 수준이었다.

양식기간 동안 고등어 외해가두리양식의 생산비용은 <표 1>에서 보는 바와 같다. 양식기간 동안 총 생산비용은 640,130천원으로, 이 중에서는 고정인부와 임시인부의 인건비를 합한 인건비의 비중이 약 32.8%로 가장 높은 것으로 조사되었다. 다음으로 사료비 비중이 30.1%, 치어비 13.1% 그리고 감가상각비 9.9% 순으로 나타났다. 고정인건비의 경우 사료 급이와 양식시설을 관리하는 다이버 2명의 인건비와 경영주 2명의 인건비가 기회비용으로 포함되었다. 그리고 임시인건비에는 초기 고등어 입식과 출하 그리고 외해가두리 수리 시 고용된 인부들의 인건비가 포함되어 있다.

외해가두리 양식시설 설치(1개조)를 위한 초기 투자비용은 아래 <표 2>에 정리된 바와 같이, 가두리, 그물, 스쿠버장비들을 포함하여 총 402,701천원 소요되었다. 이 중에서는 각종 부속품(예를 들어, 닻, 부표, 가두리기둥, 기타구조물들)을 포함한 가두리의 비용이 348,231천원으로, 전체 초기 투자비용의 약 87%로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 조사되었다. 각 시설물들의 내용연수는 가두리 및 그물의 경우 각 평균 8년, 다이버장비 등은 5년, 그리고 차량(트럭)은 10년으로 가정하였다. 그리고 시설물들의 연간 감가상각비는 각각의 총액에 대한 내용연수를 나누는 정액법으로 계산되었다.

<표 1> 고등어 외해가두리양식 운영비용(양식기간 15개월 기준)

항 목	단위비용(원)	총비용(천원)	비중(%)
치어비(원/마리)	700	84,000	13.1
사료비(원/kg)	1,320	192,614	30.1
전기료(원/월)	150,000	2,250	0.4
유류비(원/월)	500,000	7,500	1.2
수선유지비(원/월)	833,333	12,500	2.0
고정인건비(원/인/월)	2,500,000	195,000	30.5
임시인건비(원/월)	1,000,000	15,000	2.3
주부식비(원/월)	500,000	7,500	1.2
제세공과금(원/월)	1,500,000	22,500	3.5
감가상각비(원/년)	50,512,625	63,141	9.9
임대료(원/년)	29,000,000	36,250	5.7
기타비용(원/월)	125,000	1,875	0.3
합 계		640,130	100.0

〈표 2〉 초기 양식시설 투자비용과 연간 감가상각비

항목	내용연수 (년)	단위비용 (천원)	수량 (개)	총비용 (천원)	비중 (%)	연간비용 (천원)
가두리	8	348,231	1	348,231	86.5	43,529
가두리망(그물)	8	25,470	1	25,470	6.3	3,184
사료저장실	5	4,000	1	4,000	1.0	800
스쿠버다이빙장비	5	5,000	1	5,000	1.2	1,000
차량(트럭)	10	20,000	1	20,000	5.0	2,000
합계		402,701		402,701	100.0	50,513

Ⅲ. 분석 결과

1. 기본 모델(baseline model) 결과

고등어 외해가두리양식에 대한 기본 모델(baseline model) 분석 결과, 양식기간에 따른 매출액이익률은 평균 29.8%로 평가되었다. 그리고 양식생산에 따른 장기적 수익성 역시 양호한 것으로 나타났는데, 다양한 기준의 할인율로 향후 10년간 현금흐름에 대한 NPV와 IRR을 계산한 결과는 〈표 3〉에서 보는 바와 같다. 고등어 외해가두리양식의 IRR은 24.5%로 나타났는데, 이는 경제성이 높은 것으로 평가된 돌돔 외해가두리양식의 IRR 값 18~20%(Lipton and Kim, 2007)보다 높고, 넙치 육상수조식양식의 IRR 값 11%(황진욱·김도훈, 2009)보다도 상당히 높은 것으로 분석되었다. NPV 역시 할인율을 4% 기준으로 할 경우 689,374천원으로 높게 평가되었다. 할인율이 증가할수록 NPV는 감소하는 것으로 분석되었다.

〈표 3〉 기본 모델(baseline model) 분석 결과

	Discount rate				
	2%	4%	6%	8%	10%
NPV (천원)	825,304	689,374	571,743	469,751	381,154
IRR(%)	24.5				

2. 주요 변수에 대한 민감도분석 결과

1) 생존율

양식생산으로부터 도출된 고등어 외해가두리

양식의 생존율은 95%로 다른 어종들의 가두리 양식에 비해 상대적으로 높은 수준으로 나타났다. 이는 시범사업기간 동안 크고 작은 태풍이 있었지만, 그래도 높은 생존율을 보여줌으로써 해양환경 변화에 대한 고등어 외해가두리양식의 안정성이 어느 정도 입증되었다고 볼 수 있다. 하지만 연안가두리양식에서 자주 발생하여 폐사를 일으키는 바이러스성 질병은 아직 외해가두리양식에서 발생하지 않았고, 이에 대한 안정성도 양식사업 초기단계에서 아직 검증되지 않은 상태이다. 본 연구에서는 연안가두리양식에서의 평균 생존율(60~80%)과 돌돔 외해가두리양식의 평균 생존율(90%) 수준을 감안하여 생존율을 최소 60%에서 최대 95%의 범위로 설정하여 민감도 분석을 실시하였다.

분석 결과는 〈표 4〉에서 보는 바와 같이, 생존율 하락에 따라 고등어 외해가두리양식의 경제성은 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 특히 생존율이 80% 미만으로 하락할 경우 고등어 외해가두리양식의 NPV와 IRR은 마이너스(-)가 되어 경제성이 없는 것으로 나타났다. 반대로 생존율이 향상될 경우 경제성은 크게 높아지는 것으로 분석되었다. 이에 따라 경영안정적인 고등어

〈표 4〉 생존율에 대한 민감도 분석 결과

생존율	NPV (천원)	IRR (%)
60%	-693,621	-
70%	-298,652	-
80%	96,558	8.1
90%	491,769	19.9
95%	689,734	24.5

외해가두리양식을 위해서는 생존율이 최소 80% 이상 유지되어야 하는 것으로 평가되었다.

2) 사료계수

고등어 외해가두리양식에서 사료는 일반 배합사료를 공급하고 있고, 양식생산 결과 사료계수(FCR)는 1.6 수준으로 분석되었다. 향후 외해가두리양식의 생산 및 경영안정을 위해서는 사료비를 줄이고, 보다 친환경적인 급이를 위한 효율적인 사료 공급방안이 마련되어야 한다. 분석에서는 현재 고등어 외해가두리양식에서 도출된 사료계수를 중심으로 -30~+30%의 범위로 설정하여 민감도분석을 실시하였다.

분석 결과, <표 5>에서 보는 바와 같이, 사료계수 감소에 따라 고등어 외해가두리양식의 경제성은 크게 증대되는 것으로 나타났다. 반대로 사료계수가 증가할 경우 사료소비량이 증가하고, 이에 따른 생산비용 증가로 인해 경제성은 감소하는 것으로 나타났다. 만약 현재 수준보다 사료계수가 30% 증가할 경우 NPV는 328,849천원으로 현 수준 NPV보다 무려 약 52% 감소하는 것으로 분석되었다.

<표 5> 사료계수에 대한 민감도 분석 결과

사료계수(FCR)	NPV (천원)	IRR (%)
1.12(-30%)	1,049,899	32.7
1.28(-20%)	929,724	30.0
1.44(-10%)	809,549	27.3
1.60	689,374	24.5
1.76(10%)	569,199	21.6
1.92(20%)	449,024	18.5
2.08(30%)	328,849	15.2

3) 출하중량

제주지역 외해가두리양식의 경우 양식생산 결과 겨울철 해양환경이 나쁠 경우 먹이공급의 문제(다이버들이 직접 사료를 공급하는데 해양환경이 나쁠 경우 주기적인 공급이 불가능) 등으로 성장이 다소 느린 단점이 있을 것으로 우려되고 있다. 이에 따라 자동먹이공급기를 설치하

거나 다이버들의 정기적인 먹이 공급 노력을 통해 출하중량을 증대시키는 방안이 강구되고 있다. 출하중량에 대한 민감도 분석에서는 현재와 같은 문제점을 고려하여 출하중량을 현재 수준에서 -30~+30%의 범위로 설정하였다.

분석 결과, 출하중량에 따른 경제성 변화가 큰 것으로 나타났는데, 특히 출하중량이 감소할 경우 고등어 외해가두리양식의 경제성은 크게 줄어드는 것으로 나타났다. 예를 들어, 출하중량이 10% 감소할 경우에도 NPV는 무려 약 54% 정도 감소하는 것으로 분석되었다. 반대로 출하중량이 증가할 경우 경제성은 크게 개선되는 것으로 나타났는데, 출하중량이 10% 증가할 경우 10% 감소 시와 마찬가지로 NPV는 약 54% 정도 증대되는 것으로 추정되었다. 따라서 주기적인 먹이 공급과 사육 관리를 통해 출하중량을 증대시킬 수 있다면 고등어 외해가두리양식의 경제성은 크게 개선될 수 있을 것으로 전망된다.

<표 6> 출하중량에 대한 민감도 분석 결과

출하중량 (kg)	NPV (천원)	IRR (%)
0.56(-30%)	-436,976	-
0.64(-20%)	-61,526	0.7
0.72(-10%)	313,924	15.2
0.80	689,374	24.5
0.88(10%)	1,064,825	32.0
0.96(20%)	1,440,275	38.6
1.04(30%)	1,815,725	44.6

4) 시장가격

향후 고등어 외해가두리양식의 생산량 증감이나 판매 문제 등으로 인한 시장상황의 변화에 따른 시장가격의 변화 효과를 살펴보기 위하여 시장가격에 대한 민감도 분석을 실시해 보았다. 민감도 분석에서는 현재 평균 시장가격(10,000원/kg) 기준으로 -30~30%의 범위를 설정하고, 시장가격 변화에 따른 고등어 외해가두리양식의 경제성 변화를 평가하였다.

분석 결과, 시장가격의 변화에 따라 NPV의 변

화율이 큰 것으로 나타났는데, 시장가격이 하락할수록 경제성은 크게 저하하는 것으로 나타났다. 특히 고등어의 kg당 가격이 9,000원 미만이면 NPV는 마이너스(-)가 되어 경제성이 없는 것으로 분석되었다. 이에 반해 시장가격이 10% 증가할 경우 NPV는 약 72% 증가하는 것으로 나타났고, 시장가격이 20% 증가할 경우에는 NPV가 약 144%나 증가하는 것으로 나타나 시장가격 상승으로 인한 경제성 증대 효과가 큰 것으로 분석되었다.

〈표 7〉 시장가격에 대한 민감도 분석 결과

시장가격 (원)	NPV (천원)	IRR (%)
7,000(-30%)	-797,501	-
8,000(-20%)	301,876	-
9,000(-10%)	193,749	11.4
10,000	689,374	24.5
11,000(10%)	1,185,000	34.6
12,000(20%)	1,680,625	43.3
13,000(30%)	2,176,250	51.2

5) 사료비 및 치어비

고등어 외해가두리양식 생산비용에서 많은 비중을 차지하고 있는 사료비(30%) 및 치어비(13.1%)에 대해서 민감도분석을 실시하였다. 특히 사료비의 경우 국제적 수급문제 및 원재료 가격의 상승 등 양식업 경영에 있어 그 중요성이 날로 증대되고 있다. 사료비에 대한 민감도분석 결과, 사료비가 상승하면 고등어 외해가두리양식의 경제성은 감소하는 것으로 나타났는데, 사료비가 10% 상승할 경우 NPV는 569,199천원으로, 약 17% 정도 감소하고, 20% 상승할 경우에는 NPV가 약 35% 감소하는 것으로 분석되었다. 반대로 사료비가 감소하면 경제성은 증대되는 것으로 나타났는데, 사료비가 10% 감소하게 되면 NPV는 약 17% 정도 증가하고, 20% 그리고 30% 감소할 경우에는 NPV가 각각 35%와 52%씩 증가하는 것으로 나타났다.

다음으로 치어비에 대한 민감도분석에 있어

서는 치어비가 상승하면 고등어 외해가두리양식의 경제성은 감소하는 것으로 나타났는데, 치어비가 10% 상승할 경우 NPV는 635,958천원으로, 약 8% 정도 감소하고, 20% 상승할 경우에는 NPV가 약 16% 감소하는 것으로 분석되었다. 반대로 치어비가 감소하면 경제성은 증대되는 것으로 나타났는데, 치어비가 10% 감소하게 되면 NPV는 약 8% 정도 증가하고, 치어비가 20% 그리고 30% 감소할 경우에는 NPV가 각각 16%와 23%씩 증가하는 것으로 나타났다.

〈표 8〉 사료비에 대한 민감도 분석 결과

시장가격 (원)	NPV (천원)	IRR (%)
924(-30%)	1,049,899	32.7
1,056(-20%)	929,724	30.0
1,188(-10%)	809,549	27.3
1,320	689,374	24.5
1,452(10%)	569,199	21.6
1,584(20%)	449,024	18.5
1,716(30%)	328,849	15.2

〈표 9〉 치어비에 대한 민감도 분석 결과

시장가격 (원)	NPV (천원)	IRR (%)
490(-30%)	849,622	28.5
560(-20%)	796,206	27.2
630(-10%)	742,790	25.8
700	689,374	24.5
770(10%)	635,958	23.1
840(20%)	582,542	21.7
910(30%)	529,127	20.3

IV. 요약 및 결론

고등어 외해가두리양식에 대한 경제성 분석 결과 현재의 생산여건 및 시장조건 하에서는 경제성이 아주 양호한 것으로 분석되었다. 이는 양식생산 결과 생존율이 높은 수준으로 평가되었으며, 사료계수는 상대적으로 낮게 나타나고, 그리고 시장가격 수준이 양호한 것으로 나타나 경제성 결과가 우수하게 나타난 것으로 분석된다.

이러한 결과는 같은 외해가두리양식에서 사육되었던 돌돔의 경제성 분석 결과와 비교해 볼 때 고등어 외해가두리양식의 IRR 값(24.5%)이 돌돔 외해가두리양식의 IRR 값(18%) 보다 높은 것으로 나타났다. 이를 통해 외해가두리양식 시설이 해양환경의 변화에 잘 대응하고, 고등어 양식생산이 효과적으로 이루어지고 있는 것으로 평가할 수 있다.

하지만 주요 변수별 민감도분석 결과에서와 같이, 생산 여건과 시장 환경의 변화에 따라 고등어 외해가두리양식의 경제성은 크게 변화할 수 있는 것으로 나타났다. 특히 시장가격의 변화에 따른 경제성 변화의 폭이 아주 큰 것으로 분석되었는데, 과잉생산이나 다른 어종들과의 시장경합 또는 판매 부진으로 인해 시장가격이 하락할 경우 경제성은 크게 하락할 수 있을 것으로 우려된다. 따라서 안정적인 판매처 확보와 다른 어종들의 생산량 변화를 고려하면서 적정 시장가격을 유지해 가는 것이 필요하다. 이 외에도 생존율 하락이나 출하중량 및 사료효율이 감소할 경우에도 경제성 감소가 우려되므로 효과적인 먹이공급과 양식생산 관리가 적절히 이루어져야 하고, 향후 외해양식기술개발에 있어서도 생존율과 성장률 증대에 대한 연구가 보다 집중적으로 이루어져야 할 것이다. 양식비용적 측면에서 사료비와 치어비의 비중이 높은 것으로 나타났다. 사료비의 경우 국제적 원재료 가격의 상승 및 국제수급 문제 등으로 향후 가격이 상승할 수 있을 것이다. 또한 치어비의 경에도 고등어 치어 자원량 감소 등에 따라 치어비가 상승할 가능성이 크므로 고등어 치어 공급을 걱정하게 확보해 가는 것이 무엇보다 중요한 과제이다.

본 연구는 제주도 고등어 외해가두리양식 시범사업으로부터 도출된 자료를 바탕으로 하였다. 시범사업의 특성에 따라 도출된 자료를 일반화하기에는 다소 한계가 있을 것으로 판단된다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 연구에서는 주요 변수에 대한 민감도분석을 통해 보다 현실적

인 경제성 분석 결과를 도출하고자 하였다. 향후 추가적인 양식생산 자료를 바탕으로 고등어 외해가두리양식에 대한 경제성 분석은 계속 도모되어야 할 것이다. 그리고 나아가 본격적인 외해가두리양식의 사업화를 위해 적정 입식밀도에 따른 최적의 양식생산 및 운영관리 방안 등에 대한 연구도 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- 농림수산식품부, 어업자원관실 업무편람 : 외해양식 활성화, 농림수산식품부, 2012, pp.92-95.
- 최재선 · 김도훈, 지속 가능한 양식어장 환경관리 방안, KMI 해양수산 현안분석 2003-16, 한국해양수산개발원, 2003.
- 황진욱 · 김도훈, “넙치 배합사료 및 생사료의 경제성 비교분석”, 수산경영론집, 40(3), 2009, pp.189-205.
- Adams, C. M., Sturmer, L., Sweat, D., Blake, N., and Degner, B., “The economic feasibility of small-scale, commercial culture of the southern bay scallop,” *Aquaculture Economics and Management*, 5, 2001, pp.81-97.
- Brown, J. G., Goller, C., Peters, T., Olean, A., Vernon-Gerstenfeld, S., and Gergerstenfeld, A., “Economics of cage culture in Puerto Rico,” *Aquaculture Economics and Management*, 6, 2002, pp.363-372.
- Fong, Q., Ellis, S., and Haws, M., “Economic feasibility of small-scale black-lipped pearl oyster pearl farming in the central pacific,” *Aquaculture Economics and Management*, 9, 2005, pp.347-368.
- Goode, T., Hammig, M., and Brune, D., “Profitability comparison of the partitioned aquaculture system with traditional catfish farms,” *Aquaculture Economics and Management*, 6, 2002, pp.19-38.
- Hoagland, P., Riaf, K. M., Jin, D., and Kite-Powell, H. L., *A comparison of access systems fo natural resources: drawing lessons for ocean aquaculture in the US Exclusive Economic Zone*. In: Open Ocean

- Aquaculture: From Research to Commerce Reality, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 2003, pp.23 – 44.
- Jin, D., Kite-Powell, H., and Hoagland, P., “Risk assessment in open-ocean aquaculture: A firm-level investment-production model,” *Aquaculture Economics and Management*, 9, 2005, pp.369 – 387.
- Kalantzi, I. and Karakassis, I., “Benthic impacts of fish farming: meta-analysis of community and geochemical data,” *Marine Pollution Bulletin*, 52, 2006, pp.484 – 493.
- Kam, L., Leung P., and Ostrowaki, A., “Economics of offshore aquaculture of Pacific threadfin in Hawaii,” *Aquaculture*, 223, 2003, pp.63 – 87.
- Kazmierczak, R. F. and Soto, P., “Stochastic economic variables and their effect on net returns to channel catfish production,” *Aquaculture Economics and Management*, 5(1/2), 2001, pp.15 – 36.
- Kim, D. and Lipton, D., “A comparison of the economic performance of offshore and inshore aquaculture production systems in Korea,” *Aquaculture Economics and Management*, 15, 2011, pp.103 – 117.
- Kite-Powell, H. L., Hoagland, P., Jin, D., and Murray, K., *Open ocean grow-out of finfish in New England: a bioeconomic model*. In: Open Ocean Aquaculture: From Research to Commerce Reality, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 2003, pp.319 – 324.
- Knapp, G., *Economic Potential for U.S. Offshore Aquaculture: An Analytical Approach*. In chapter 2, Offshore Aquaculture in the United States: Economic Considerations, Implications & Opportunities. NOAA Aquaculture Program. U.S. Department of Commerce, 2008, pp.15 – 50.
- Lipton, D. and Kim, D., “Assessing the Economic Viability of Offshore Aquaculture in Korea: An Evaluation Based on Rock Bream Production,” *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(4), 2007, pp.506 – 515.
- Liu, Y. and Sumaila, U. R., “Economic analysis of net cage versus sea-bag production systems for salmon aquaculture in British Columbia,” *Journal of the World Aquaculture Society*, 11(4), 2007, pp.371 – 395.
- Sathiadhas, R. and Najmudeen T. M., “Economic evaluation of mud crab farming under different production systems in India,” *Aquaculture Economics and Management*, 8, 2004, pp.99 – 109.
- Zucker, D. A. and Anderson, J. L., “A dynamic, stochastic model of a land-based summer flounder(*paralichthys dentatus*) aquaculture firm,” *Journal of the World Aquaculture Society*, 30(2), 1999, pp.219 – 235.