

위험 하에서의 외해가두리양식업 투자의사결정에 관한 연구

김도훈* · 최종열** · 이정희***

A Study on the Investment Decision of Offshore Aquaculture under Risk

Kim, Do-Hoon*, Choi, Jong-Yeol** and Lee, Jung-Uie***

< 목 차 >

I. 서론	IV. 요약 및 결론
II. 분석 방법 및 자료	참고문헌
III. 분석 결과	Abstract

I. 서 론

최근 우리나라를 비롯하여 국제적으로 외해가두리양식업(offshore aquaculture)¹⁾에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 이는 외해가두리양식의 경우 연안가두리양식에 비해 해양환경에 대한 오염 영향이 다소 적을 것으로 기대되기 때문이다. 또한 적조나 태풍 발생 시 수심이 깊은 외해에서 가두리를 침하시킴으로써 생존을 향상 등 안정적인 생산이 가능할 것으로 기대되기 때문이기도 하다(NOAA Fisheries, 2007; Hoagland *et al.*, 2003; Kite - Powell *et al.*, 2003).

접수 : 2008년 8월 11일 최종심사 : 2008년 9월 11일 게재확정 : 2008년 9월 19일

*국립수산과학원 연구기획본부 수산경제실(Corresponding author: 051-720-2081, kimdh@nf.rdi.re.kr)

**부산대학교 상과대학 경영학부

***국립수산과학원 양식연구부 양식관리과

1) Offshore aquaculture은 기존의 연안(해상) 가두리양식과 달리 비교적 먼 바다 수심이 깊은 곳에서 사육을 행하는 방식으로, '심해양식(deep-sea aquaculture)', '열린바다양식(open-sea aquaculture)', '열린해양양식(open-ocean aquaculture)' 등 다양한 이름으로 불리고 있지만, 본 연구에서는 '외해가두리양식'으로 통일하여 사용하였다.

국의적으로 미국에서는 2007년에 외해가두리양식법(Offshore Aquaculture Act)을 제정하고, 본격적 시행에 앞서 공청회와 뉴햄프셔, 푸에르토리코, 그리고 하와이 등에서 시범사업을 펼치고 있다. 우리나라의 경우 현재 연안가두리양식에 따른 어장환경 오염이 가중되어 어장생산성이 저하되고 있으며(해양수산부, 2008), 외국 양식수산물과의 시장경쟁력이 약화됨에 따라 양식업에 대한 구조조정사업의 필요성이 크게 대두되고 있는 실정이다(옥영수 외 2인, 2006; 김성귀 외 2인, 2002). 이러한 양식업 구조조정사업의 일환으로 외해가두리양식업에 대한 정책적 관심이 증가하고 있으며, 본격적인 외해가두리양식업 도입에 앞서 시범사업을 행해 오고 있다.

우리나라 외해가두리양식업 시범사업은 2005년부터 국가연구소와 민간기업이 공동으로 참여하여 제주도 표선지역에서 행해지고 있다. 정부에서 표선지역 3.5km 해역 10ha에 대한 3년간(2005.05~2008.05) 시범양식사업 면허를 허가하였고, 미국으로부터 외해가두리 양식시설(Seastation 3000™) 3조를 도입하여²⁾ 운용해 오고 있다. 양식대상종으로는 돌돔(*oplegnathus faciatus*)이 선정되어 입식·사육되고 있는데, 이는 시범사업 대상종으로 기존 양식대상종과의 시장경합성을 피할 수 있을 뿐만 아니라 사육성과 시장가치가 비교적 높은 어종으로 기대되었기 때문이다.

외해가두리양식업의 본격적인 산업화를 위해서는 무엇보다 기술적 요인, 제도적 요인, 그리고 사회경제적인 요인 등에 대한 검토가 신중히 행해져야 한다. 이 중에서 경제적인 요인의 경우 사업투자 평가를 통해 수익사업으로서의 타당성 여부를 판단해야 한다. 특히 외해가두리양식업의 경우 해양환경에 대한 긍정적인 효과가 클 수 있지만, 이러한 기대효과는 높은 투자비용과 운영경비, 그리고 운영상 위험과 불확실성의 경제적 비용 등에 의해 상쇄될 수 있으므로 사전적인 사업타당성분석은 아주 중요하다³⁾. 더욱이 위험과 불확실성의 경제적 비용이 클수록 양식업자들이 외해가두리양식업에 대한 투자를 꺼리게 되고, 위험과 불확실성의 경제적 비용을 경감시킬 수 있는 합리적인 방안이 강구되지 않을 경우 결국 외해가두리양식업의 발전을 도모할 수 없게 된다.

이러한 연구의 필요성을 배경으로 본 연구에서는 위험을 고려한 투자의사결정 방법 중 폰노이만 - 모르겐슈테른(von Neumann-Morgenstern, VNM)의 기대효용이

2) 미국 외해가두리 양식시설을 도입하게 된 이유는 우선, 태풍 등에 대한 시설물 안전성이 검증되었고, 그리고 가두리 형태가 중층잠수식으로 항해 등에 영향이 없는 장점 때문이었다(이정희 외 4인, 2006).
3) 외해가두리양식에 대한 사업타당성분석은 Jin et al(2005)와 Kam et al(2003) 등에 의해 행해졌다. Jin et al(2005)의 연구에서는 뉴잉글랜드 남부의 대서양 대구(Atlantic Cod) 외해가두리양식을 대상으로 기업수준의 생산-투자모형을 구축하여 수익성을 분석하였다. 그리고 Kam et al(2003)은 하와이 지역 Pacific threadfin 외해가두리양식에 대한 가상적인 자료를 이용하여 경제성을 분석하였다. 분석에 있어서는 시장가격, 사료비, 입식량 등에 대한 민감도 분석을 실시하여 각 변수의 변화에 따른 수익성 변화를 추정하였다.

론(expected utility theory)을 바탕으로 한 확실성등가법(certainty equivalent method)을 이용하여 위험을 고려한 외해가두리양식업의 투자의사결정 모형을 수립하고, 사업타당성을 분석해 보았다. 분석에 있어서는 시범사업 운영결과로부터 수집된 자료를 바탕으로 우선 전통적인 투자의사결정방법인 순현재가법으로 사업타당성을 분석하고, 다음으로 확실성등가법에 의한 분석결과와 비교해 보았다. 특히 확실성등가법에 의한 사업타당성 분석에 있어서는 투자에 대한 불확실성과 위험에 따른 위험프리미엄의 수준을 평가하고, 이에 따른 기대수익 변화를 구체적으로 파악해 보았다.

본 연구의 구성으로 우선 제2장에서는 외해가두리양식업의 사업타당성 분석을 위한 이론 및 방법, 분석 자료에 관하여, 그리고 제3장에서는 분석 결과를 기술하였다. 마지막으로 제4장에서는 분석 결과에 대한 요약과 향후 외해가두리양식업 발전을 위한 시사점 등의 결론을 맺으면서 본 연구를 마무리하였다.

II. 분석 방법 및 자료

1. 분석 이론 및 방법

전통적으로 민간 및 공공사업뿐만 아니라 상업적 양식업에 대한 투자의사결정을 위한 분석방법으로는 순현재가법(net present value method, NPV)이 가장 널리 사용되어 왔다(Fong *et al.*, 2005; Kam *et al.*, 2003; Sottorio, 2002; Jolly and Clonts, 1997; Shang, 1990). 순현재가법(NPV)은 간단히 말해, 식 (1)에서 보는 바와 같이, 투자로 인하여 발생할 미래 특정기간(T) 동안의 모든 현금흐름[cash flow(CF): t 시점의 총수입(R_t)에서 운영비용 등 총비용(C_t)을 뺀 금액]을 적절한 사회적 할인율(δ)로 할인한 현금으로 나타내어 초기 투자비용(I_0)과 비교함으로써 투자의사결정 및 사업타당성분석에 이용하는 기법이다.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+\delta)^t} - I_0 \quad \text{식 (1)}$$

하지만 순현재가법의 경우 투자안의 현금흐름과 관련된 사회적 이자율을 포함한 변수들이 가지는 미래의 확률분포가 처음 투자결정을 할 때 예측되었던 것과 다르지 않다는 상황의 안정성을 가정하고 있으므로, 생산량 및 시장가격의 변동이나, 운영경비 등의 변화에 따른 미래 현금흐름에 불확실성이 존재할 경우 합리적인 투자의사결정을 위한 분석방법이 아닐 수도 있다(박정식 외 2인, 2007; Jolly and Clonts, 1997).

이러한 순현재가법의 문제점을 보완하여 위험이나 불확실성을 투자안의 평가에 적절

히 반영하기 위한 투자의사결정 방법⁴⁾ 중의 하나가 확실성등가법이다. 이는 위험이 있고, 불확실한 미래 현금흐름을 위험이나 불확실성이 없는 확실한 현금에 해당되도록 조정하고, 이 확실한 현금흐름을 무위험이자율로 할인하여 투자안의 가치를 평가하는 방법이다. 여기서, 확실성등가란 구체적으로 투자자들이 불확실한 수익과 동일한 효용을 가져다준다고 느끼는 확실한 수익을 의미한다. 이에 따라 이러한 확실성등가법의 개념은 불확실성 하에서 투자자의 선택을 설명하는 폰노이만 - 모르겐슈테른(VNM)의 기대효용이론으로 보다 구체적으로 설명될 수 있다.

즉, 특정사업(q)에 대한 수익(w_i)과 이에 대한 확률을 p_i 라고 하면, 이 특정사업에 대한 기대수익[$E(q)$]은 다음의 식 (2)과 같이 나타낼 수 있게 된다.

$$E(q) = \sum_{i=1}^n p_i w_i \quad \text{식 (2)}$$

그리고 여기서 효용함수를 $u(\cdot)$ 라고 가정할 경우, 특정사업(q)에 대한 효용함수 [$u(q)$]와 기대효용함수 [$u(E(q))$]는 식 (3)과 식 (4)와 같이 각각 나타낼 수 있게 된다.

$$u(q) = \sum_{i=1}^n p_i u(w_i) \quad \text{식 (3)}$$

$$u(E(q)) = u\left(\sum_{i=1}^n p_i w_i\right) \quad \text{식 (4)}$$

VNM의 기대효용이론에 따르면, 기대수익의 극대화를 위한 투자결정은 투자에 따르는 위험이나 불확실성을 고려하지 않지만 기대효용의 극대화를 목적으로 하는 투자결정은 투자의 기대수익뿐만 아니라 위험(risk)을 고려하게 된다. 따라서 위험과 불확실성을 고려한 투자의사결정의 기준은 단순히 효용의 극대화가 아니라 기대효용의 극대화가 된다(Jehle and Reny, 2001).

그리고 VNM의 기대효용이론에 있어서는 투자자의 위험에 대한 태도에 따라 효용함수의 형태가 크게 3가지로 구분된다. 즉, 젠센의 부등호(Jensen's inequality)와 같이 효용함수의 2차 미분계수(u'')가 영(0)보다 작으면($u'' < 0$) 효용함수는 원점에 대해 오목한 형태를 가지게 되며, 이러한 태도를 위험회피(risk aversion)라고 한다. 그리고 $u'' = 0$ 이면 효용곡선은 선형으로 되고, 이는 위험중립(risk neutrality), 또한 $u'' > 0$ 일 경우 효용곡선은 원점에 대해 볼록하게 되고, 이러한 행위를 위험선호(risk loving)라고 한다.

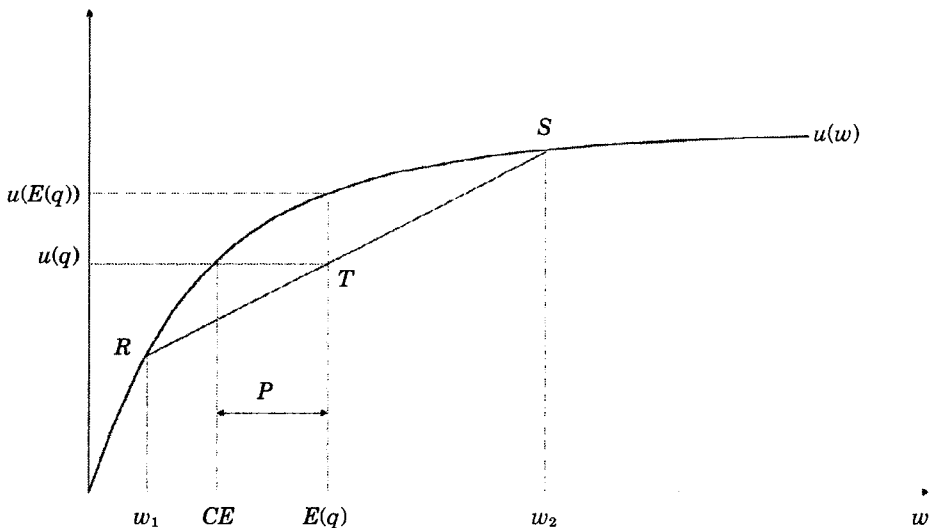
4) 순현재가치의 단점을 보완하기 위한 투자의사결정방법 중의 하나로 확실성등가법 외에 위험조정할인율법(risk adjusted discount rate method)이 있다. 이는 투자안에서 기대되는 현금흐름을 투자위험을 반영한 위험조정할인율로 할인하여 순현재가치를 계산하고 투자안을 평가하는 방법이다. 하지만 향후 특정기간 동안 매기간마다 위험조정할인율을 사용하여 투자안을 평가하는 것은 오히려 정확하지 않을 수 있으며, 또한 매기간별로 다른 위험조정할인율을 추정하는 것이 투자안 평가에 있어 오히려 더 큰 불확실성을 가질 수 있는 단점이 있다.

만약, 대부분의 경제 분석에서 가정하는 바와 같이, 투자자가 위험회피자로 효용함수의 형태가 <그림 1>과 같이 원점에 대해 오목한 형태를 가질 경우, 위험 및 불확실성 하에서의 기대효용은 $u(E(q))$ 이고, 이에 상응하는 기대수익은 $E(q)$ 가 된다. 하지만 기대효용과 동일한 효용을 주는 수익은 CE 에 불과하다. 여기서 CE 점은 확실성등가법에서의 확실한 소득을 의미하고, 식 (5)에서 보는 바와 같이, 불확실성과 위험 하의 기대효용과 같은 수준의 효용을 주는 이러한 확실한 소득과 기대수익 $E(q)$ 간의 차이를 위험프리미엄(risk premium, P)이라고 한다.

$$P \equiv E(q) - CE \tag{5}$$

위험프리미엄은 간단히 말해 위험회피 투자자가 투자안에 내재된 위험을 피하기 위해 지불하는 금액(비용)으로, 위험회피도가 크면 클수록 기대효용함수는 더욱 강한 오목성을 나타내고 위험프리미엄(P)은 커지게 된다. 이에 따라 투자의사결정 기준으로 서도 투자안에 따른 기대수입은 총비용과 위험프리미엄을 합한 값보다 커야 한다.

그리고 Pratt(1964)과 Arrow(1965, 1971)는 VNM 기대효용함수를 식 (6)과 같이 테일러급식의 1차항과 2차항 함수의 비율을 통해 기대수익 $E(q)$ 의 불확실성(기대수익의 분산, σ^2)과 투자자의 위험회피에 대한 태도를 바탕으로 한 위험프리미엄을 식 (7)과 같이 추정하였다(Davies and Satchell, 2007; Levy and Levy, 2002; Montesano, 1991).



<그림 1> 위험회피에 따른 VNM 효용곡선 및 위험프리미엄

$$-\frac{u''_{VNM}(E(q))}{u'_{VNM}(E(q))} = \lim_{\sigma^2 \rightarrow 0} 2 \frac{E(q) - CE}{\sigma^2} \quad \text{식 (6)}$$

$$P = [E(q) - CE] \cong -\frac{\sigma^2}{2} \frac{u''}{u'} \quad \text{식 (7)}$$

여기서, u''/u' 는 위험회피에 대한 투자자의 태도(Pratt-Arrow risk aversion attitude, λ)로, 투자자의 위험회피도(λ)가 클수록 또한 미래 기대수익에 대한 불확실성(σ^2)이 높을수록 위험프리미엄(P)은 커지게 된다. 그리고 식 (7)을 식 (5)에 대입하여 계산하면 확실성등가법에 따른 확실한 소득(CE)은 최종적으로 식 (8)과 같이 정리될 수 있다.

$$\begin{aligned} CE &= E(q) - P && \text{식 (8)} \\ &= E(q) - \frac{\sigma^2}{2} \lambda \end{aligned}$$

기대효용이론을 바탕으로 제주지역 외해가두리양식업(OA)의 기대수익[$E(OA)$]은 식 (9)와 같이 나타낼 수 있고, $E(OA)$ 를 간단히 EV 라고 표기할 경우 기대효용함수는 식 (10)과 같이 각각 나타낼 수 있다.

$$E(OA) = E(NPV) = E\left(\sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+\delta)^t} - I_0\right) \quad \text{식 (9)}$$

$$u(E(OA)) = u(EV) \quad \text{식 (10)}$$

그리고 식 (10)의 기대효용함수를 평균-분산모형(mean-variance model)에 적용하고, 식 (8)을 대입하면 확실성등가법에 따른 확실성등가액(certainty equivalent net revenue, NPV_{CE})은 간단히 다음의 식 (11)과 같이 나타낼 수 있게 된다(Jin *et al.*, 2005; Cruces *et al.*, 2003).

$$NPV_{CE} = \left[\sum_{t=1}^T \frac{R(t) - C(t)}{(1+\delta)^t} - I_0 \right] - \frac{\sigma_{NPV}^2}{2} \lambda \quad \text{식 (11)}$$

식에서 보는 바와 같이, 확실성등가법의 경우 전통적인 순현재가법과 달리 투자 의사결정 분석 시 위험과 불확실성에 대한 위험프리미엄을 추가적으로 고려하게 되고, 위험프리미엄 값이 영(0)보다 클 경우 확실성등가액은 순현재가액보다 적게 평가되게 된다. 만약 기대수익의 불확실성과 투자자의 위험에 대한 태도에 따라 위험프리미엄이 크게 평가될 경우 확실성등가액은 순현재가액보다 크게 감소하게 되며, 이에 따라 확실성등가법에 의한 투자 의사결정은 순현재가법에 의한 투자 의사결정과 달라질 수도 있게

된다.

2. 분석 자료

제주지역 외해가두리양식업의 사업타당성 분석에 있어서는 앞에서 설정한 투자의사결정 모형을 바탕으로 2005~2007년 기간동안 시범사업 양식운영 결과로부터 도출된 생물학적 자료(생존율, 사료계수, 중량 등)와 경제적인 자료(시설투자비 등의 고정비용, 운영경비 등의 변동비용, 시장가격 등)를 바탕으로 하였다.

외해가두리 양식생산 결과를 살펴보면, < 표 1 > 에서 보는 바와 같이, 2005년 8월 외해가두리 2개조에 총 40만 마리의 들돔 치어(마리당 5~10g)를 입식하여 2007년 1월에 약 108톤 정도가 생산되었다. 평균 출하중량은 약 300g 정도로 나타났으며, 생존율은 평균 90%, 그리고 사료계수(FCR)는 약 1.35 수준으로 평가되었다.

< 표 1 > 외해가두리양식 시범사업 생산 결과

변 수	생산 결과
입식수량	400,000마리(마리당 5~10g)
총생산중량	108톤
평균 생존율	90%
평균 출하중량	300g
사료계수(FCR)	1.35

외해가두리 2개조의 양식기간 동안 총 운영경비는 약 9.7억 원 수준으로, 이 중에서 다이버 등을 포함한 인건비의 비중이 약 35%로 가장 높고, 다음으로 사료비 16.7%, 감가상각비 12.5%, 그리고 치어구입비 12.4% 순으로 나타났다. 외해가두리 양식시설 설치(2개조)를 위한 초기 투자비용은 아래 < 표 2 > 에서 정리된 바와 같이, 가두리, 그물, 스쿠버장비 등을 포함하여 약 6.7억 원 정도 소요된 것으로 분석되었다. 그리고 각 시설물들의 내용연수는 가두리(cages) 및 그물(nursery nets)의 경우 평균 8년, 스쿠버 장비 등은 5년, 차량(트럭)은 약 10년 정도로 평가되었다.

분석에 있어서는 우선 이들 자료를 바탕으로 전통적인 순현재가법을 이용하여 외해가두리양식업의 사업타당성을 분석해 보았다. 사업타당성 분석에 있어서 경제적인 변수로 사회적 할인율은 8%로 가정하였으며, 이를 이용하여 향후 10년 기간동안의 NPV 값을 평가하였다. 그리고 주요 생물학적 그리고 경제적 투입변수를 확률(stochastic) 변수화하여 투입변수의 확률적 분포에 따른 기대수익(NPV)의 변화를 몬테카를로(monte carlo) 시뮬레이션 기법을 이용하여 추정해 보았다. 외해가두리양식업 운영에 있어서는 특히 생존율(survival rate, s), 사료계수(FCR), 출하중량(weight, wt), 그리

〈표 2〉 초기 양식시설 투자비용과 연간 감가상각비

항목	내용연수 (년)	단위비용 (천원)	수량	총구입비용 (천원)	연간 감가상각비* (천원)	%
가두리	8	306,519	2	613,038	76,630	90.1
그물	8	8,085	2	16,170	2,021	2.4
사료저장실	10	4,000	1	4,000	400	0.5
스쿠버장비	5	20,000	1	20,000	4,000	4.7
트럭	10	20,000	1	20,000	2,000	2.3
합계				673,208	85,051	100.0

*양식시설물에 대한 연간 감가상각비는 정액법(straight-line depreciation method)으로 계산되었음.

〈표 3〉 확률적 변수와 확률분포의 가정(Case 1과 Case 2)

변수	평균값	분포	Case 1	Case 2
생존율(s)	90%	$ND(mu_s, mv_s \pm x)$	$x_s = 5\%$	$x_s = 10\%$
사료계수(FCR)	1.35	$ND(mu_{FCR}, mv_{FCR} \pm x)$	$x_{FCR} = 5\%$	$x_{FCR} = 10\%$
출하중량(w_t)	0.3kg	$ND(mu_{w_t}, mv_{w_t} \pm x)$	$x_{w_t} = 5\%$	$x_{w_t} = 10\%$
시장가격(mp)	20,000원/kg	$ND(mu_{mp}, mv_{mp} \pm x)$	$x_{mp} = 5\%$	$x_{mp} = 10\%$

고 시장가격(market price, mp) 등이 중요한 변수로 나타났다. 구체적으로 분석에 있어서 이들 변수는 시범사업 결과로부터 도출된 최대 및 최소치 범위에 따라 정규분포(normal distribution, ND)를 가정하고, 평균값(mean value, mu)에 대해 각각 $\pm 5\%$ 와 $\pm 10\%$ 의 범위가 다른 2가지 경우(Case 1과 Case 2)를 가정하여(〈표 3〉 참조) 각 Case에 따른 향후 10년 기간동안의 NPV 변화를 분석해 보았다⁵⁾.

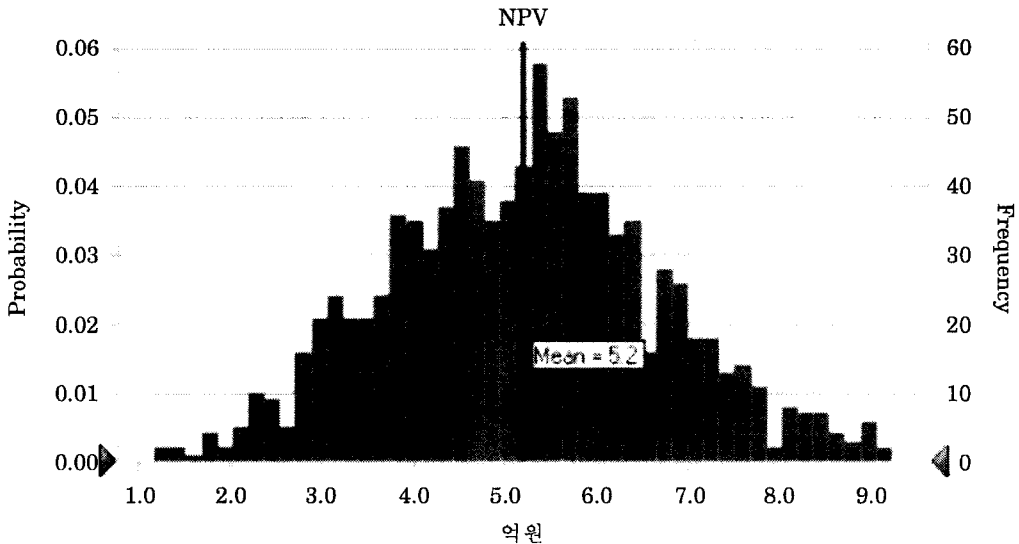
또한 추정된 각 Case별 NPV의 분산(σ^2_{NPV})을 식 (9)에 대입하고, 위험회피에 대한 투자자의 태도(λ)를 다양한 범위로 가정함으로써 외해가두리양식업의 기대수익 [$E(NPV)$]과 위험프리미엄(P), 그리고 이 값들의 차이인 확실성등가액(NPV_{CE})을 각각 평가해 보았다. 여기서 λ 의 범위는 King and Robinson(1981)과 Jin et al.(2005)의 연구결과를 참고하여 $10^{-4} \sim 10^{-1}$ 사이로 설정하여 분석에 이용하였다⁶⁾.

- 5) 확률변수에 대한 분포를 설정하기 위해서는 각 변수별의 시계열자료를 이용하여 가정하는 것이 타당하나, 본 외해가두리양식의 경우 초기 시범단계에 있어 장기간적인 시계열자료를 얻는 것이 현실적으로 불가능하였다. 따라서 본 연구에서는 시범사업으로부터 도출된 각 변수들의 평균값을 중심으로 최소값과 최대값을 가지는 정규분포를 가정하였으며, 각 변수의 불확실성을 최대한 고려하기 위해 최대값과 최소값의 범위를 $\pm 5\%$ 그리고 $\pm 10\%$ 로 각각 설정하여 분석에 이용하였다.
- 6) 투자자가 위험회피형일 경우 λ 는 양(+)의 값을 가지고, 위험중립형일 경우 λ 는 영(0), 그리고 위험선호형일 경우는 λ 가 음(-)의 값을 가지게 된다. 투자자의 위험태도에 관한 선행 연구결과를 살펴보면, 대부분의 사람들은 위험회피형인 것으로 나타났다(Binswanger, 1980). 그리고 노르웨이 연어 양식업자들의 위험태도를 조사한 결과 모두 위험회피형으로 나타났으며(Kumbhakar, 2002), 스웨덴 상업적 어업인들의 위험태도에 대한 조사연구에서는 조사대상 어업인의 48%가 위험중립형 그리고 나머지는 모두 위험회피형인 것으로 분석되었다. 특히 위험회피형 중에서도 약 50% 정도는 위험회피에 대한 강도가 아주 높은 것으로 나타났다(Eggert and Martinsson, 2004).

III. 분석 결과

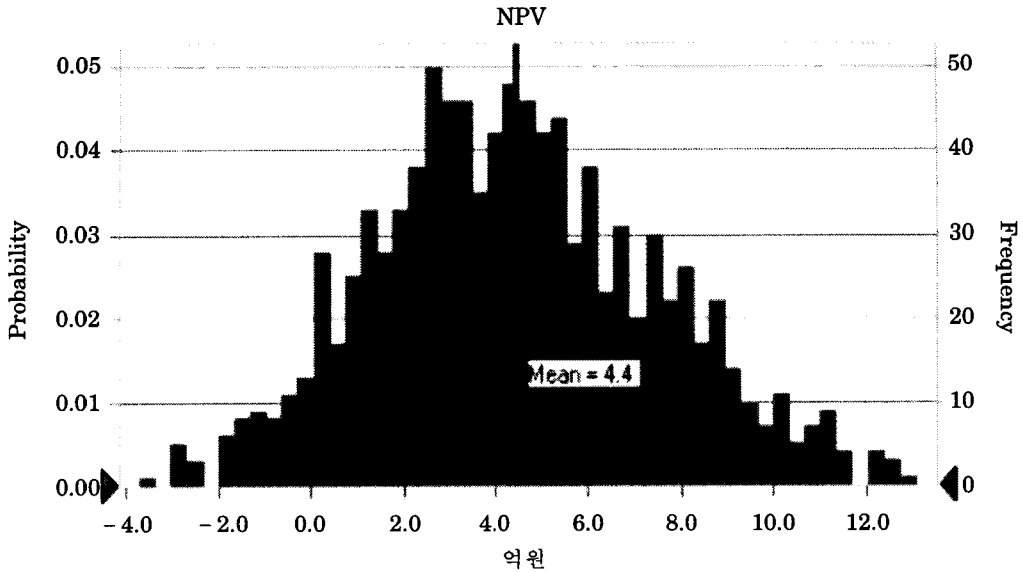
2005~2007년 외해가두리양식 시범사업으로부터 수집된 생물학적 그리고 경제적인 자료를 바탕으로 확정적(deterministic) 평균 변수를 이용하여 사업타당성을 분석한 결과, 양식기간(17개월)별 양식수입은 총 21.6억 원으로 나타난 반면, 양식운영비용은 약 9.7억 원으로 나타났다. 이에 따라 양식이익은 약 11.9억 원으로 평가되었다. 그리고 향후 10년간의 현금흐름에 대한 NPV 분석결과, 사회적 할인율(δ)을 8%로 가정할 경우 제주지역 외해가두리양식 시범사업의 NPV는 약 4.6억 원으로 추정되었다⁷⁾.

다음으로 <표 3>에서와 같이, 주요 생물학적 및 경제적 변수에 대한 확률적 분포모형을 가정하여 외해가두리양식 시범사업의 NPV를 분석한 결과, Case 1의 기대수익(NPV)은 <그림 2>에서 보는 바와 같이, 평균 약 5.2억 원(0.7억 원~9.5억 원) 수준으로 평가되었다. 이에 반해 주요 변수들의 최대값과 최소값이 보다 크게 가정된 Case 2의 기대수익(NPV)은 <그림 3>에서와 같이, 평균 약 4.4억 원으로 Case 1의 평균치보다 낮은 것으로 분석되었다. 하지만 Case 2의 기대수익 분포범위(-3.7억 원



<그림 2> Case 1의 기대수익(NPV) 분포도

7) NPV 분석에 있어 사회적 할인율의 선택은 아주 중요하다. 외해가두리양식업 경제성분석과 관련된 선행연구에 있어서는 Jin et al.(2005)의 경우 7%의 할인율을 사용하여 분석에 이용하였고, Kam et al.(2003)은 10%의 할인율을 사용하여 하와이지역 외해가두리양식업 분석에 활용하였다. 본 연구에 있어서는 8% 사회적 할인율(δ)을 가정하였으며, 불확실성을 고려하기 위해 할인율(δ)에 대한 민감도분석을 추가해 보았다. 그 결과, 이자율을 4%로 가정할 경우 NPV는 8.13억 원, 5%일 경우 7.15억 원, 10%일 경우 3.2억 원, 그리고 12%일 경우 NPV는 약 2억 원으로 각각 추정되어 사회적 할인율(δ)이 증가할수록 NPV는 감소하는 것으로 분석되었다.



〈그림 3〉 Case 2의 기대수익(NPV) 분포도

〈표 4〉 위험(λ)과 불확실성(σ^2) 수준에 따른 위험프리미엄과 확실성등가액 변화

(단위 : 억 원)

위험회피도(λ)	Case 1 : $\sigma^2(NPV) = 2.25$			Case 2 : $\sigma^2(NPV) = 21.66$		
	기대수익 [E(NPV)]	위험프리미엄 (P)	확실성등가액 (NPV _{CE})	기대수익 [E(NPV)]	위험프리미엄 (P)	확실성등가액 (NPV _{CE})
$\lambda = 10^{-4}$	5.19	0.0001	5.19	4.43	0.0005	4.43
$\lambda = 10^{-3}$	5.19	0.0011	5.19	4.43	0.0048	4.43
$\lambda = 10^{-2}$	5.19	0.0113	5.18	4.43	0.0475	4.38
$\lambda = 10^{-1}$	5.19	0.1125	5.08	4.43	0.4750	3.96

~15.5억 원)는 Case 1보다 훨씬 넓은 것으로 나타났는데, 이에 따라 기대수익(NPV)이 음(-)이 될 확률 또한 Case 1보다 훨씬 높은 것으로 평가되었다. 즉, 기대수익에 대한 분산(σ^2)의 범위가 커질수록 미래 기대수익(NPV)에 대한 위험과 불확실성 수준이 높아지는 것으로 확인되었다.

각 Case별 NPV의 분산(σ_{NPV}^2)과 위험회피에 대한 투자자의 태도(λ)를 식 (9)에 대입하여 외해가두리양식 시범사업의 기대수익[E(NPV)]과 위험프리미엄(P), 그리고 이 값들의 차이인 확실성등가액(NPV_{CE})을 각각 평가한 결과는 〈표 4〉에 나타난 바와 같다. 우선, 전체적으로 투자자의 위험회피 경향(λ)이 증가할수록 위험프리미엄(P) 수준이 높아지는 것으로 나타났으며, 이에 따라 확실성등가액(NPV_{CE})은 감소하는 것으로 분석되었다. 반대로, 투자자의 위험회피 경향(λ)이 낮아질수록 위험프리미엄(P) 또한 적어지는 것으로 나타났으며, 더욱이 투자자의 위험회피 경향(λ)이 영(0)에 가까워

질수록 위험중립형(risk-neutrality)화되어 기대소득과 확실성등가액이 거의 같아지는 것으로 평가되었다.

구체적으로, Case 1의 경우 투자자의 위험회피 경향(λ)이 낮을 때($\lambda=10^{-4}$) 위험프리미엄 수준은 0.0001억 원에 지나지 않았지만, 위험회피 경향이 높아질수록($\lambda=10^{-1}$) 위험프리미엄은 0.1125억 원으로 크게 증가하였다. Case 2에 있어서도 투자자의 위험회피 경향(λ)이 낮을 경우($\lambda=10^{-4}$) 위험프리미엄 수준은 0.0005억 원 정도로 낮게 나타났지만, 위험회피 경향이 높아질 경우($\lambda=10^{-1}$) 위험프리미엄도 크게 증가되는 것(0.475억 원)으로 분석되었다.

확실성등가액(NPV_{CE}) 기준으로, Case 1과 Case 2 조건 하에서는 위험(λ)과 불확실성(σ^2)의 범위에 따라 다소 차이는 있지만, 양식경영에 따른 수입이 운영경비, 초기투자비용, 그리고 위험프리미엄을 더한 값보다 큰 것($NPV_{CE} > 0$)으로 평가되어 시범사업 결과 제주지역 외해가두리양식업의 사업타당성이 있는 것으로 분석되었다. 이러한 외해가두리양식 시범사업의 사업타당성을 좀더 구체적으로 평가하기 위해 <표 4>에서 분석된 기대수익과 각 Case별 확실성등가액을 바탕으로 한 내부수익률(IRR)을 계산하여 살펴보면, <표 5>에서 보는 바와 같이, 위험회피도에 따른 내부수익률(IRR_{CE}) 평균이 Case 1의 경우 16.1% 그리고 Case 2의 경우 15.6%로 각각 평가되었다. 즉, 위험(λ)과 불확실성(σ^2)이 증가할수록 이에 대한 경제적 비용이 증가하여 내부수익률(IRR_{CE}) 또한 감소하는 것으로 나타났다.

< 표 5 > 위험(λ)과 불확실성(σ^2) 수준에 따른 내부수익률(IRR) 변화

(단위: %)

위험회피도(λ)	$E(IRR)$	IRR_{CE}	
		Case 1	Case 2
$\lambda=10^{-4}$	16.2	16.2	16.2
$\lambda=10^{-3}$	16.2	16.2	16.1
$\lambda=10^{-2}$	16.2	16.1	15.9
$\lambda=10^{-1}$	16.2	15.9	14.0

IV. 요약 및 결론

제주지역 외해가두리양식 시범사업으로부터 수집된 자료를 바탕으로 확실성등가법을 이용하여 위험과 불확실성을 고려한 외해가두리양식업의 투자의사결정 모형을 수립하고, 사업타당성을 분석한 결과 현재와 같은 이상적인 양식상황 하에서는 사업수익성이 다소 높은 것으로 평가되었다. 하지만 위험과 불확실성이 클수록 기대수익의

분산정도가 커지게 되고, 그 결과 사업수익성이 크게 하락할 수 있을 것으로 전망되었다. 특히 위험과 불확실성 수준이 높아짐에 따라 이에 대한 비용(위험프리미엄)이 커지게 되고, 그 결과 확정적인 기대수익은 감소하는 것으로 분석되었다.

만일 Case 1과 Case 2에서 가정한 것 이상으로 기대수익에 대한 불확실성(σ^2)이 커지고, 위험(λ) 회피경향이 높아진다면 위험프리미엄이 크게 증가하여 확실성등가액은 더욱 크게 감소하거나, 극단적으로는 영(0) 혹은 그 이하로 평가되어 전통적인 순현재가법에서 평가된 결과와 다르게 평가될 수도 있을 것이다. 따라서 위험과 불확실성 하에서 투자의사결정을 행할 경우 전통적인 순현재가법에 의한 투자의사결정 방식은 이러한 위험과 불확실성의 비용을 포함하는 보다 효과적인 방법으로 수정되어야 할 것이다.

제주지역 외해가두리양식업 사업타당성 분석에 있어서 비용항목으로는 인건비, 사료비, 치어비 등이 중요한 변수로 나타나 수익성을 더욱 향상시키기 위해서는 이들 변수에 대한 절감이 필요한 것으로 분석되었다. 그리고 양식생산에 있어서는 생존율, 성장률의 향상이 중요한 것으로 나타났는데, 생존율과 성장률을 향상시키고 양식기간을 더욱 단축시킬 수 있다면 양식경영 수익성이 크게 높아질 수 있을 것으로 전망되었다. 이 외에도 시장가격 또한 양식수익성 향상에 아주 중요한 변수로, 만일 향후 생산량 증대에 따라 시장가격이 하락할 경우 그 하락폭 정도에 따라 양식경제성이 크게 저하될 수도 있을 것으로 우려된다.

본 연구에서 실시한 외해가두리양식업 사업타당성은 제주지역의 지역적 상황(예를 들어, 연중 수온이 비교적 높아 양식 환경에 적합하며, 특히 월동(越冬)도 가능한 점 등)과 시범사업이라는 다소 특수한 상황 하에서 분석되었다. 따라서 제주지역 외해가두리양식업의 사업타당성 분석결과를 우리나라 전 연안지역으로 일반화하여 외해가두리양식업 발전을 위한 정책적 근거자료로 활용하기에는 무리가 있을 것으로 판단된다. 향후 우리나라 전 연안을 대상으로 한 본격적인 외해가두리양식업의 도입 및 운영을 위해서는 각 지역여건에 맞는 사업타당성 분석이 개별적으로 수행되어 합리적인 양식사업 투자의사결정이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 김성귀 · 이승우 · 홍장원, 해산어류 양식어업 발전방향의 정립에 관한 연구, 기본연구 002 - 15, 한국해양수산개발원, 2002, p.189.
- 박정식 · 박정원 · 조재호, 현대재무관리, 다산출판사, 2007, p.935.
- 옥영수 · 김상태 · 고봉현, 양식업의 수급요인 분석과 가격변동에 관한 연구, 수시연구 2006 - 36, 한국해양수산개발원, 2006, p.140.
- 이정의 · 김경민 · 정성재 · 정래홍 · 김도훈, 외해가두리양식 기반기술 개발, 2006 MCP과제 최종 발표자료, 국립수산물과학원, 2006, p.80.
- 해양수산부, 양식어업의 경쟁력 강화를 위한 합리적 구조재편 방안 연구, 2008, p.820.
- Arrow, K., *Aspect of the Theory of Risk Bearing*, Helsinki: Yrjo Jahnssonin Saatio, 1965, p.230.
- Arrow, K., *Essays in the Theory of Risk - Bearing*, North - Holland, Amsterdam, 1971, p.278.
- Binswanger, H., "Attitudes toward risk: Experimental measurement in rural India", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 62, 1980, pp.395 - 407.
- Cruces, G., Makdissi, P., and Wodon, Q., *Poverty Measurement Under Risk Aversion Using Panel Data*, Working Papers 03 - 06, University of Sherbrooke, 2003, p.24.
- Davies, G. and Satchell, S., "The behavioural components of risk aversion", *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 51, 2007, pp.1 - 13.
- Eggert, H. and Martinsson, P., "Are commercial fishers risk - lovers?" *Land Economics*, Vol. 80, 2004, pp.550 - 560.
- Fong, Q., Ellis, S., and Haws, M., "Economic feasibility of small - scale black - lipped pearl oyster farming in the central pacific", *Aquaculture Economics & Management*, Vol. 9, 2005, pp.347 - 368.
- Hoagland, P., Riaf, K., Jin, D., and Kite - Powell, H., *A comparison of access systems for 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.
- Jehle, A. and Reny, P., *Advanced Microeconomic Theory*, Addison Wesley, 2001, p.560.
- Jin, D., Kite - Powell, H., and Hoagland, P., "Risk assessment in open - ocean aquaculture: A firm - level investment - production model", *Aquaculture Economics & Management*, Vol. 9, 2005, pp.369 - 387.
- Jolly, C. and Clonts, H., *Economics of Aquaculture*, Food Products Press, 1997, p.319.
- Kam, L., Leung, P., and Ostrowaki, A., "Economics of offshore aquaculture of Pacific threadfin in Hawaii", *Aquaculture*, Vol. 223, 2003, pp.63 - 87.
- King, R. and Robinson, L., "An interval approach to measuring decision maker preferences", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 63, 1981, pp.510 -

520.

Kite – Powell, H., 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.

Kumbhakar, S., “Risk preferences and technology: A joint analysis”, *Marine Resource Economics*, Vol. 17, 2002, pp.77 – 89.

Levy, H. and Levy, M., “Arrow – Pratt Risk Aversion, Risk Premium and Decision Weights”, *The Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 25, 2002, pp.265 – 290.

Montesano, A., “Measure of Risk Aversion with Expected and Nonexpected Utility”, *Journal of the Risk and Uncertainty*, Vol. 4, 1991, pp.271 – 283.

NOAA Fisheries. *NOAA 10 – Year Plan for Marine Aquaculture*, National Oceanic and Atmospheric Administration, US Department of Commerce, 2007, p.25.

Pratt, J., “Risk aversion in the small and in the large”, *Econometrica*, Vol. 32, 1964, pp.122 – 136.

Shang, Y. *Aquaculture Economic Analysis*, The World Aquaculture Society, 1990, p.221.

Sottorio, L., “Economic analysis of finfish mariculture operations in Spain”, *Aquaculture Economics and Management*, Vol. 6, 2002, pp.65 – 79.

A Study on the Investment Decision of Offshore Aquaculture under Risk

Kim, Do-Hoon, Choi, Jong-Yeol and Lee, Jung-Uie

Abstract

This study is aimed to establish an investment decision model for offshore aquaculture project of rock bream in Korea using a certainty equivalent method (CEM) based on the expected utility theory and to investigate its economic viability under risk and uncertainty. In the analysis with CEM, the effects of risk attitude and risk level on investment and risk premium were examined and the impacts of various risk and uncertainty factors on the investment decision were also assessed. In addition, the outcomes were compared to those evaluated by the traditional net present value (NPV) method. Results show that risk premium grew as the investors became more risk averse and uncertainty level (the variance of NPV) increased. Consequently, the certainty equivalent value was predicted to decrease from the value assessed by the traditional NPV method.

key words : offshore aquaculture, certainty equivalent method, expected utility theory, risk, aquaculture economics