creative commons
COMMONS DEED

저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 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

dCollection

경 제 학 석 사 학 위 논 문

우리나라 광어양식업의 효율성에 관한 연구

2011年 2月

부 경 대 학 교 대 학 원

자 원 경 제 학 과

강 효 군

경 제 학 석 사 학 위 논 문

우리나라 광어양식업의 효율성에 관한 연구

지도교수 유 동 운

이 논문을 경제학석사 학위논문으로 제출함.

2011年 2月

부 경 대 학 교 대 학 원

자 원 경 제 학 과

강 효 군

강효군의 경제학석사 학위논문을 인준함

2011년 2월 25일

주 심 경제학박사 박 철 형 (인)

위 원 경제학박사 윤 형 모 (인)

위 원 경제학박사 유 동 운 (인)

<목 차>

제Ⅰ장 서 론 ····· 1

1. 연구 배경 및 목적 ····· 1
2. 연구내용 및 방법 ····· 2
3. 선행연구의 검토 ····· 3

제Ⅱ장 광어양식업의 실태 ····· 5

1. 광어양식업의 특성 및 발달과정 ····· 5
2. 광어양식업의 현황 ····· 6

제Ⅲ장 생산환경에 관한 설문조사 ····· 16

1. 설문조사의 개요 ····· 16
2. 설문 조사 결과 ····· 17

제Ⅳ장 DEA모형을 이용한 효율성분석 ····· 29

1. 자료포락분석(DEA)의 이론적 검토 ····· 29
2. 효율성분석 결과 ····· 42
3. 효율성 제고방안 ····· 52

제Ⅴ장 결 론 ····· 58

1. 요약 및 시사점 ····· 58
2. 연구의 한계점 및 연구방향 ····· 60

참고문헌 ····· 61

광어양식어업인 설문조사서 ····· 63

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

<표차례>

<표 Ⅱ-1> 최근 광어 입식량 동향 ····· 7
<표 Ⅱ-2> 연도별 양식광어 생산고 및 점유율 추이 ····· 9
<표 Ⅱ-3> 연도별·국별 광어 수출동향 ····· 14
<표 Ⅲ-1> 지역별 설문 응답 현황 ····· 17
<표 Ⅳ-1> 투입변수와 산출변수의 기술적 통계량 ····· 42
<표 Ⅳ-2> DMU별 투입변수와 산출변수 ····· 43
<표 Ⅳ-3> 광어양식업 생산자들의 효율성 분석결과 ····· 44
<표 Ⅳ-4> 전체 기술효율성 값(θ_o)과 순위 ····· 46
<표 Ⅳ-5> 참조조합과 람다값(λ) ····· 48
<표 Ⅳ-6> 최적 투입변수($\hat{x}$)와 최적산출변수($\hat{y}$)의 수준(1) ····· 49
<표 Ⅳ-7> 최적 투입변수($\hat{x}$)와 최적산출변수($\hat{y}$)의 수준(2) ····· 50
<표 Ⅳ-8> 최적 투입변수($\hat{x}$)와 최적산출변수($\hat{y}$)의 수준(3) ····· 51
<표 Ⅳ-9> 최적 투입변수($\hat{x}$)와 최적산출변수($\hat{y}$)의 수준(4) ····· 52
<표 Ⅳ-10> DMU별 투입요소의 감축정도 ····· 54
<표 Ⅳ-11> DMU별 최적수준 ····· 55
<표 Ⅳ-12> 500평 이하 최적수준 ····· 56
<표 Ⅳ-13> 500평~999평 최적수준 ····· 56
<표 Ⅳ-14> 1000평~1500평 최적수준 ····· 57

<그림차례>

[그림 Ⅱ-1] 월별·연도별 광어 양성물량 동향 ····· 8
[그림 Ⅱ-2] 양식광어 지역별 생산량 및 점유율 추이(2008～2009) ····· 10
[그림 Ⅱ-3] 월별 양식광어 출하 동향 ····· 10
[그림 Ⅱ-4] 월별·크기별 양식광어 출하 동향(2009년) ····· 11
[그림 Ⅱ-5] 월별·크기별 양식광어 출하 비율(2009년) ····· 12
[그림 Ⅱ-6] 최근 월별 광어 수출단가 및 수출 동향 ····· 12
[그림 Ⅱ-7] 광어 크기별 산지가격 월별 추이(제주) ····· 15
[그림 Ⅱ-8] 완도지역 광어크기별 산지가격 변화 추이(2008～2010) ····· 15
[그림 Ⅲ-1] 광어양식어업 종사기간 및 육성어종 ····· 17
[그림 Ⅲ-2] 양식수조 시설면적 현황 ····· 18
[그림 Ⅲ-3] 광어양식 경영곤란 사유 ····· 19
[그림 Ⅲ-4] 광어양식 출하지와 출하방법 ····· 20
[그림 Ⅲ-5] 양식광어 출하시기 현황 ····· 21
[그림 Ⅲ-6] 양식광어 수출국 및 수출비중 현황 ····· 22
[그림 Ⅲ-7] 수출시 애로사항 및 수출기피 원인 ····· 23
[그림 Ⅲ-8] 광어양식 사료 이용형태 ····· 24
[그림 Ⅲ-9] 소비자 양식광어 기피 요인 ····· 24
[그림 Ⅲ-10] 양식장 환경관리 실태 평가 ····· 25
[그림 Ⅲ-11] 광어양식어업 국제경쟁력 제고 수단 ····· 26
[그림 Ⅲ-12] 광어양식어업 발전 가능성 평가 ····· 26
[그림 Ⅲ-13] 광어양식어업 장단점 비교 ····· 27
[그림 Ⅲ-14] 정부지원 희망 분야 ····· 28
[그림 Ⅳ-1] Farrell의 효율성 개념 ····· 36
[그림 Ⅳ-2] 1개의 투입물과 산출물 공간의 효율성 ····· 40
[그림 Ⅳ-3] DMU별 θ_o 그래프 ····· 47
[그림 Ⅳ-4] θ_o 순위별 그래프 ····· 47

A Study on Efficiency of Flatfish aquaculture in Korea

Kang Hyo Gun

Department of Resource Economics, The Graduate School,
Pukyung National University

Abstract

In the condition of increasing demand of fishery products due to continuous increase GDP, our fisheries face on serious crisis caused by decrease in fisher men and fish resources. Followed by the increase in demand, imports of fishery products are extremely increasing, and rapidly encroaching Korean market. In contrast to this situation, fishery has been getting worse since fishery products' foundation are becoming weak.

Therefore, the government has promoted aquaculture with slogan, saying that 'from catching to cultivating', and also started to prepare industrial foundation in 1980s'. Nowadays, it is able to provide more than 20 times of the ouput, and the influences of which contribute to fishery developments and improvements in nutrition of people.

However, there are also numbers of unfavorable consequences in flatfish aquaculture such as financial difficulties caused by fluctuation of price, limits of price growth caused by limited general consumption, deterioration of fishing ground, increase in death rate because of recessiveness species, and increase in operational expenses and various kinds of materials.

This study is to strengthen the flatfish aquaculture in the face of the rapid changes in conditions. so the actual conditions will be researched to find out where difficulties are and what should be improved. Furthermore, it'll evaluate what is the effective level of output from input is effective, and optimum level to produce more effectively will be

analyzed.

This study examined how producers think about recent production circumstances, and also studied their production efficiency through the DEA model and survey. As a result, 4 of 17 DMUs were found to contribute to producing efficiently, and other DMUs were relatively inefficient in production. The reason of inefficiency was overinput, and it was found that the level input should be decreased by about 30%.

In addition, another reason of inefficiency was producers' thoughtless investments of inputs without considering the death of flatfish. It is adjudged that they can produce better when production becomes efficient, and more advanced aquaculture is also expected.

This study was started with hope for being a great guide for producers to produce better flatfish, and that development in aquaculture was necessary to all of us without doubt. Finally, aquaculture shouldn't remain a just producing and selling industry. It must be instructive and helpful to solve a shortage of food and to develop global dietary life among people.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

제 Ⅰ 장
서 론

1. 연구 배경 및 목적

국민 소득향상에 따른 수산물에 대한 수요가 계속 증가하고 있는 실정에서 우리 수산업은 어업인력과 수산자원의 감소로 인해 심각한 위기에 직면하고 있다. 증가하는 수요에 맞추어 수산물 수입은 큰 폭으로 증가하고 있는 실정이며 그 속도 또한 점점 빠르게 국내시장을 잠식하고 있다. 이에 비해 수산자원을 기반으로 하는 어선어업은 생산기반이 열악해지고 있는 실정 때문에 점점 더 어려운 상황에 직면하고 있다.

이에 따라 정부는 “잡는 어업에서 기르는 어업으로”라는 슬로건을 내걸고 양식업을 육성하기 시작하였고, 1980년대부터 산업기반을 갖추기 시작하여 불과 20여년 만에 수십 배에 달하는 생산량의 증가를 보여 수산업 발전과 국민 식생활 개선에 큰 기여를 하였다. 그 중에서도 넙치양식은 총 어류양식 생산량의 절반이상을 차지하는 대표적인 양식업으로 발전하였으며 다른 어종에 비해 품질이나 가격에 있어 대내·외 경쟁력을 갖추고 있기 때문에 최근에는 일본뿐만 아니라 미국으로도 수출되고 있다.

그러나 이러한 광어양식업의 외적인 성장 내면에는 극심한 가격변동으로 인한 양식경영 수지의 악화, 전반적인 소비 한계 등으로 인한 가격 상승의 한계, 지속된 양식으로 인한 어장 노후화, 품종의 열성화로 인한 폐사율 증가, 외적 요인에 의한 각종 자재 및 운영경비의 상승 등 많은 어려움에 봉착하고 있다. 그러한 어려움에도 불구하고 그나마 양식업이 존립 가능한 것은 2000년대 이후 일본, 대만, 미국, EU 등으로의 수출 증가에 힘입었다고 할 수 있다. 이와 같은 수출증가는 다른 산업에서와 마찬가지로 우리나라 양식업의 존립을 가능하게 하는 원동력이 되고 있다.

하지만 일본이외 국가로의 수출수준은 아직까지 많이 저조한 편이기 때문에 일본 수요에만 의지하는 형태를 보이고 있는 것이 사실이다. 미국과 중국으로의 수출증대 또한 매우 중요하다. 이를 위해서는 우리나라 광어의 우수성을 지속적으로 홍보하고 또한 다른 국가들의 활어보다 훨씬 더 경쟁력 있는 상품을 생산해내야 할 과

제를 안고 있다.

본 연구는 급변하는 여건에서 광어양식업의 경쟁력 강화를 위해 현재 광어양식업의 실태를 파악하여 어떠한 부분에서 어려움을 겪고 있으며 또한 어떠한 부분에서 개선되어져야 하는지 알아보고자 한다. 나아가 현재 양식광어생산에 있어서 투입요소를 통한 산출요소의 수준이 어느 정도 효율적으로 이루어지고 있는지를 분석해보고 보다 더 효율적으로 생산하기 위한 적정 수준의 양식량을 도출을 해보고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구는 문헌조사를 통한 이론적 연구와 각종 통계자료와 설문조사를 통하여 DEA[1)]기법을 이용한 실증분석 및 설문지 응답을 정리하여 실시하였다. 제1장에서는 국내 양식업이 처한 대내외적 환경과 광어양식업 발전방안의 필요성을 바탕으로 본 연구의 목적과 연구방법 및 기존의 선행연구를 설명하였다. 제2장에서는 광어양식업에 대한 각종 문헌 조사를 통해 해당 산업에 대해 개념을 정립하고 각종 통계자료들을 이용하여 현재 광어양식업의 현황을 생산, 유통, 시장동향 등에 대해서 정리하였다. 제3장에서는 본 연구를 위해 이루어진 설문조사에 대한 개요와 광어생산의 효율성을 분석하기 위한 기법으로서의 DEA분석 기법에 대한 설명을 정리하였다. 제4장에서는 광어양식 생산자들을 대상으로 실시한 설문조사 응답내용을 가지고 생산자들이 현재 양식광어 생산에 있어서 겪고 있는 어려움이나 더 나은 생산을 위해 어떠한 부분에서 개선되어야 하는지를 정리하였고, 또한 생산자들의 생산효율성을 DEA기법을 이용하여 분석하였다. 설문지 조사 대상자들은 우리나라 (사)한국광어양식연합회 회원 총 469명의 생산자들이며, 그 중 설문조사에 응해주신 10%의 생산자들의 응답내용을 통해 분석을 실시하였다. 그 중에서도 생산현황에 대하여 자세히 응답해주신 17명의 생산자들의 대답을 통해 DEA분석을 실시하였다. 그리고 DEA분석을 통해서 얻은 결과를 토대로 생산효율성을 높일 수 있는 방안을 제시하여 보았다. 제5장에서는 광어양식업 발전의 정책적, 경제적 시사점을 도출한 동시에 본 연구의 한계점 및 향후 연구방향을 제시하였다.

---

1) Data Envelopement Analysis : 자료 포락 분석.

3. 선행연구의 검토

어류양식업에 대한 선행연구를 살펴보면, 우선 김정봉 등(1992)이 UR협상에 따른 양식업의 부문별 생산구조와 경영실태, 양식기술 지보, 기술개발체계분석을 통하여 양식업의 경쟁력 제고를 양식기술개발 구축에서 모색하려했다. 김성귀 등(2002)은 양식업자와 소비자의 설문조사를 통하여 양식업의 실태를 분석하여 어류양식업의 경쟁력 향상을 위한 정책방향을 제시하였다. 신영태 등(2002)은 기르는 어업의 생산, 기술, 경영실태 분석과 잠재력 조사 및 정책평가를 어류, 패류, 해조류의 주요 품목별로 분석하였다. 신영태 등(2003)은 기르는 어업의 발전방향 제시에 주안점을 두었으며 외국의 양식제도와 양식현황을 소개하였다. 옥영수(2004)는 어촌계 어류양식업의 어장이용 실태를 조사와 문헌연구를 통해 정책 개선방안을 제시하였다. 島秀典 등(1996)은 일본 방어양식의 경제적 제문제, 시장, 유통, 양식경영의 전개방향, 경영존립 조건, 현재의 당면 문제 등에 대하여 연구하였다. 小野征一郎 등(2001)은 일본의 해면양식업의 현상과 전망, 어류양식업의 시대별 특질을 분석하고 전망하였다.

양식광어에 대한 선행연구를 살펴보면, 옥영수 등(2007)은 시계열분석을 통해 양식넙치의 가격변동이 규칙적 요소에 의해 크게 좌우된다고 보고 가격변동의 규칙성을 규명함으로써 넙치생산 제 관계자들의 의사결정에 도움을 주고자 하였다. 이남수 등(2006)은 산지활어 유통인, 유사 도매시장 및 활어수출업체와의 면담조사를 통해 양식넙치의 유통구조를 파악하였으며, 또한 설문조사를 통해 소비자의 선호도, 구매행태 등의 소비행태 분석과 새로운 소비문화의 변화를 파악하였다. 고봉현(2009)은 Bollerslev(1986)의 GARCH 모형[2]을 이용하여, 국내 양식 활어시장에서의 가격변동성에 대한 구조적 특성을 노량진수산시장의 넙치와 조피볼락을 중심으로 분석하였다.

수산업 연구 분야에서 DEA기법을 응용한 사례를 살펴보면, 김도훈(2006)은 DEA기법을 이용하여 우리나라 대형선망어업의 어획능력을 측정하였다. 투입변수로 어선 척 수, 톤, 마력, 조업일 수 4개로 정하였고, 산출변수로 고등어 어획량을 이용하였다. 분석결과 어획능력 활용도 값이 50%에 불과하였고, 어획능력의 과소투입분이 많은 것으로 분석되었다. 이정삼 등(2006)은 우리나라 기선권현망어업을 대상으로 PTP[3]와 DEA기법을 이용하여 측정하였다. 측정 결과 1978년~2004년 기간 동안의 평

2) Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity : 과거 변화율의 변동성의 자기상관성을 직접 모형화하여 변동성의 계수를 추정하는 기법

균 유휴 어획능력이 약79%로 분석되었다. 이는 투입변수의 과다투입으로 인해 어획능력을 과다 사용하였음을 의미한다. 이동우 등(2008)은 DEA를 이용하여 우리나라 쌍끌이 대형기선저인망어선의 어선 규모별 어획능력 및 어획능력의 효율성을 평가하였다. 그 결과 쌍끌이 대형기선저인망 어선의 적정 규모는 100톤급 600마력 이하인 것으로 분석되었다.

지금까지의 선행연구들을 살펴보면 어류양식업에 대한 연구들은 주로 전반적인 양식 산업에 대한 실태와 정책방안 및 기술적 개발방안들을 위주로 연구하였으며, 대체로 정책적인 목적에 부합하여 연구가 되어 왔다고 볼 수 있다. 즉, 아직까지 특정 어종의 양식업에 대한 연구들이 많이 없는 실정이다. 그리고 특정 어종에 대한 수산과학 분야의 연구들은 많이 있지만, 경제적·경영적인 분야에서의 연구들이 많이 부족하다. DEA기법을 이용한 수산업 연구 분석에서도 아직까지 양식업에 대한 분석은 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 기존의 선행연구에 더하여 양식업 연구에 DEA기법을 도입하였고, 양식업이라는 산업전체의 연구가 아닌 특정 어종의 양식산업을 분석하였다. 광어양식업에 대하여 분석함에 있어 현재 광어양식업의 실태와 각 생산자들의 생산활동에 대하여 면밀히 분석하고 문제점들을 제시하면서 광어양식업의 미래를 위해 어떠한 부분들이 필요한지를 살펴보고자 한다. 이를 통해 본 연구는 개별생산업자들이 보다 더 나은 생산과 유통, 홍보, 판매를 하기 위한 참고자료로 활용하는데 그 의의를 찾을 수 있다.

3) Peak to peak : 정점비교법. 단일변수 시계열 모델릴 방법으로써 흐름에 따른 능력(capacity)을 평가하는데에 이용된다.

제Ⅱ장
광어양식업의 실태

1. 광어양식업의 특성 및 발달과정

광어(넙치)는 저서성 어류로서 그 유사종들이 전 세계에 걸쳐 분포하고 있으나, 그 체형과 생태는 조금씩 차이가 난다. 서식온도는 일반적으로 10~27℃ 범위이고 최적 사육수온은 21~24℃로서 수온 10℃ 이하와 27℃ 이상에서는 거의 먹이를 섭취하지 않는다.

광어는 암수에 따라 차이가 있으나 대체로 자연 상태에서 부화 후 만 1년이면 25㎝ 정도, 2년이면 35㎝, 3년이면 45㎝ 정도로 자란다. 광어의 수명은 13~19년 정도로 알려져 있으며, 10년이 넘은 개체는 60~80㎝ 크기로 자란다. 체중은 암수에 따라 그 차이가 더 크게 나타나는데, 자연 상태에서 1㎏이 되는 데 암컷은 3년, 수컷은 4년 정도 걸린다.

이에 비해 양식산 특히, 그중에서도 육상수조식에 의한 양식산은 인위적인 관리에 의해 이러한 자연상태 보다 성장속도가 훨씬 빠르다. 지역에 따라 차이를 보이고는 있으나 1㎏으로 성장하는데 빠르면 13개월(제주), 늦어도 1년 6개월(완도)에서 1년 8개월(포항) 정도 걸린다고 한다. 2㎏ 정도로 성장하는 데는 대체로 2~3년 정도 소요된다고 한다.

광어 양식이 보편화되기 시작한 것은 1990년대 이후의 일이다. 그러나 광어종묘 생산기술이 처음 개발된 것은 1965년 일본 긴키대학이었다. 이후 1970년대에 어업자들에 의해 해상에서 소규모로 양식되기 시작하다가, 본격적인 양식이 이루어진 것은 1980년 인공종묘 생산기술이 보편화 된 후이다. 이때부터는 해상이 아닌 육상수조식 양식방법이 개발되어 상업적으로 큰 성공을 거두게 되었다.

우리나라에서 광어 양식이 처음 이루어진 것은 1980년대 중반 국립수산과학원 거제수산종묘시험장(현재의 어류육종연구센터)에서였다고 한다. 이때는 주변 수역에서 자연산 광어를 채포한 후 인공종묘를 생산하거나 일본에서 우량 광어 수정란을 도입하여 광어종묘를 양식어가에 보급하기 시작하였다. 이후 1980년대 후반에서 1990년대 초에 걸쳐 제주도 등에서 육상수조에 의한 광어 양식이 크게 성공한 이후, 완

도를 거쳐 현재는 동서남해안 곳곳에서 양식이 이루어지고 있다.

현재 광어는 대부분 육상수조식으로 양식되고 있는데, 이 방법은 광어의 체색, 먹이섭취 활동, 유영 등의 관찰이 용이해서 대량양식이 가능한 이점이 있다. 또한 수온, 염분, 용존산소량 및 빛 조절 등 환경요인의 제어가 용이하며, 바닥 생활을 하는 광어의 생태에 가장 적합한 양식방법이라고 할 수 있다. 이에 반해 단점으로는 육상의 토지를 구입해야 하는 등 대규모 자본이 소요될 뿐만 아니라, 사육수조와 양수펌프 등의 설비에 많은 비용이 들며, 전기료 등 운영자금도 많이 든다. 또 전기가 필수적이기 때문에 정전 및 기타 사고에 의해 양식장 전체가 큰 피해를 입을 수도 있으며, 부착생물 생성과 해수에 의한 부식으로 시설물이 손괴될 우려가 많기 때문에 빈번한 수리와 시설교체가 필요하다.

광어 양식에서 가장 많은 운영비는 사료비가 차지하게 된다. 따라서 사료의 적정 공급과 양질의 사료 선택은 광어 양식의 성공여부를 결정짓는 중요한 관건이 된다. 광어 양식 원가에 있어서 사료비의 비중은 대략 30~50% 정도가 되기 때문에 그동안 국내외 대학, 연구기관, 사료회사 등에서는 광어의 배합사료를 개발하기 위해 많은 노력을 기울여왔다. 국내에서는 1990년대 중반 이후 광어사료 전문회사가 생기기 시작하여 현재는 다수의 회사가 광어 전문사료를 생산하고 있다.

그럼에도 불구하고 실제 양식장에서 배합사료의 사용비율은 선진국에 비해서 매우 낮은 상태에 있는데, 그 이유로는 배합사료에 대한 불신, 상대적으로 낮은 생사료 가격 등을 들 수 있다. 즉 현재 광어 양식장에서 사용되고 있는 배합사료의 비율은 20% 정도밖에 되지 않으며, 대부분은 냉동 고등어, 까나리, 전갱이, 잡어 등 생사료나 생사료에 일정량의 분말사료를 혼합한 습사료를 사용하고 있다. 정부에서는 배합사료의 사용을 장려하기 위해 2004년부터 배합사료 직불제를 도입하고 있으며, 양질의 배합사료 개발을 위해 지속적인 노력을 기울이고 있다.

2. 광어양식업의 현황

1) 생산동향

가. 입식동향

한국해양수산개발원(KMI) 수산업관측센터의 자료에 의하면, 2009년 광어 종묘 입식량은 1억여만 마리로 추정되는데 이는 2008년보다 35% 가량 증가한 것으로 예년

보다도 20% 가량 늘어난 것이다. 이는 2008년에 부족했던 입식공간이 당해 출하량 증가로 인해 다시 늘어났기 때문이다. 2010년에는 8월 현재까지 약 5,500여만 마리가 입식되어 예년보다 8% 가량 적은 물량이 입식되었는데, 이 추세가 지속된다면 연말 입식량이 8,700여만 마리에 이를 것으로 보인다.

아래의 표와 그림은 이러한 최근의 광어 입식 동향을 나타낸 것이다.

<표 Ⅱ-1> 최근 광어 입식량 동향

구분	2008년		2009년	
	입식량(천마리)	비율(%)	입식량(천마리)	비율(%)
1월	5,700	7.1	320	3.0
2월	5,100	6.3	410	3.8
3월	3,200	4.0	680	6.3
4월	15,000	18.6	940	8.7
5월	15,000	18.6	1,700	15.7
6월	5,300	6.6	1,800	16.6
7월	2,500	3.1	850	7.8
8월	800	1.0	720	6.6
9월	2,300	2.9	640	5.9
10월	6,000	7.4	1,460	13.5
11월	18,000	22.3	700	6.5
12월	1,800	2.2	610	5.6
합계	80,700	100.0	10,830	100.0

자료: KMI 수산업관측센터.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

나. 양성 물량

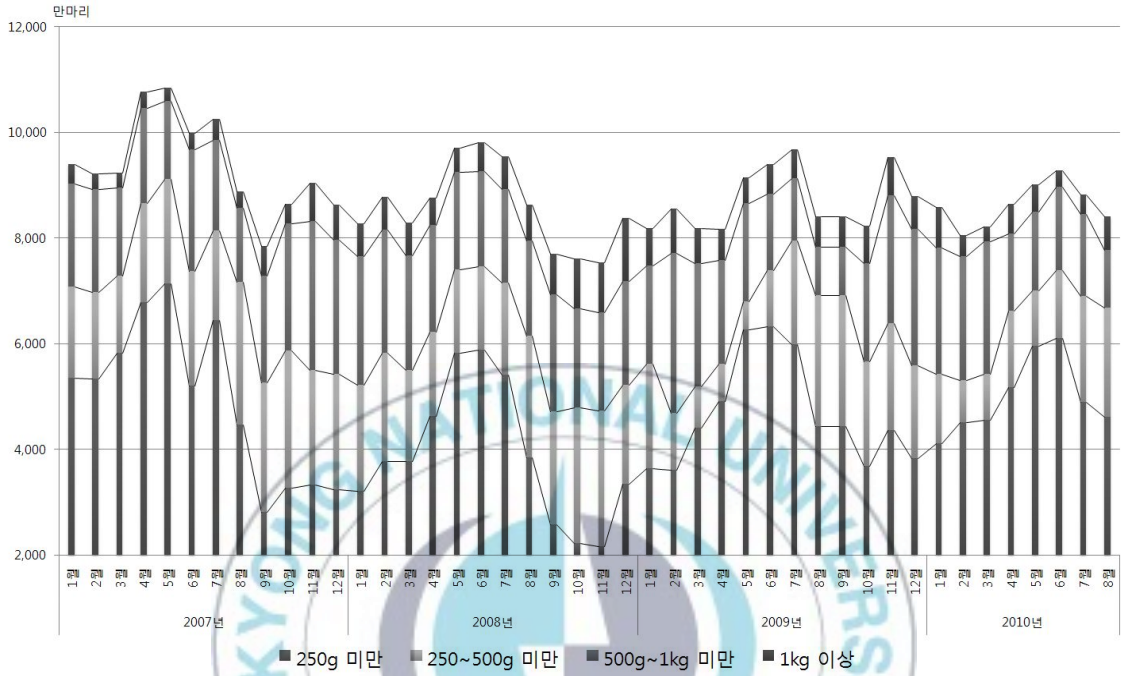
광어 월별 양성물량은 5월~7월이 연중 많은 수준을 보이며, 이후 감소하다 10월과 11월에 소폭 증가하고 다시 감소하는 추이를 보이고 있다. 이는 동 시기가 광어의 주요 입식기로 대량의 입식이 이뤄지기 때문이다.

특히 2006년말~2007년초에 대량 입식된 물량이 대형어로 성장한 2008년 6월 이후부터는 출하 적체 현상이 발생하여 1kg 이상 대형어의 양성량이 이전보다 많은 상태가 지속되었다. 이 시기 입식량은 평년에 비해 약 1,000만 마리나 많은 4,400여만 마리로 추정된다. 게다가 양식어류에 대한 백신지원사업이 확대되면서 폐사량이 감소하여 대형어 양성물량은 2007년 12월부터 높은 수준을 유지하였다.

이러한 상태에서 상기 입식물량이 성장함에 따라 2008년 6월부터는 대형어 출하 적체 현상이 더욱 가중된 것이다. 한편 2010년 8월말 기준 양성물량은 작년 동월과

비슷한 8,400여만 마리로 추정되었다. 크기별로도 대부분의 크기에서 작년과 비슷한 것으로 나타났다([그림 Ⅱ-1]참조).

[그림 Ⅱ-1] 월별·연도별 광어 양성 물량 동향



자료: KMI 수산업관측센터.

다. 연도별 생산동향

우리나라에서 광어가 본격적으로 생산되기 시작한 것은 1990년대 이후의 일이다. 물론 그 이전에도 양식이 이루어졌으나 산업적인 측면에서 대대적으로 생산이 이루어진 것은 1990년대 이후의 일이라 할 수 있다. 이후 광어 양식량은 지속적으로 증가하여 공식통계에 의한 양식량이 1993년 4,029M/T에서 2009년에는 54,675M/T에 이르러 14배 가까운 증가세를 보이게 되었다(<표 Ⅱ-2> 참조).

이와 같은 광어 양식량의 증가는 양식어류 전체의 생산증가에도 크게 영향을 미쳐 1993년 5,471M/T이던 전체 어류양식 생산량이 2009년에 이르러서는 109,478M/T를 기록하여 동 기간대비 20배 가까운 증가세를 보이게 되었다. 전체 어류양식 생산량이 이처럼 크게 늘어난 것은 광어 양식의 급증 외에 1990년대 중반 이후 조피볼락, 참돔 등의 양식이 성행한 데도 원인이 있다. 2009년 현재 광어 생산량은 전체 양식어류 생산량의 절반인 49.9%를 차지하고 있다.

한편 생산금액을 보면 1993년 전체 어류양식의 생산금액은 688억원이었던 데 비

해 광어양식 생산액은 524억 원이었다. 이후 양식어류의 가격이 점차 하락추세를 보이고는 있으나 생산량이 크게 늘어남에 따라 생산금액도 큰 폭으로 늘어나게 되었다. 그 결과 2009년 전체 양식어류 생산금액은 9,816억 원에 이르렀으며, 광어 양식금액은 5,458억 원으로 전체의 55.6%를 차지하고 있다.

<표 Ⅱ-2> 연도별 양식광어 생산고 및 점유율 추이

연도	생산량(M/T)		생산금액(억원)		광어 점유율(%)	
	양식어류	광어	양식어류	광어	생산량대비	금액대비
1993년	5,471	4,029	688	524	73.6	76.2
1994년	6,643	5,270	966	793	79.3	82.1
1995년	8,360	6,733	971	784	80.5	80.7
1996년	11,402	8,861	1,329	1,071	77.7	80.6
1997년	39,121	26,274	4,195	3,039	67.2	72.4
1998년	37,323	22,277	3,732	2,641	59.7	70.8
1999년	33,453	21,368	3,795	2,628	63.9	69.2
2000년	25,986	14,127	2,986	1,901	54.4	63.7
2001년	29,297	16,426	2,935	1,914	56.1	65.2
2002년	48,073	23,348	3,726	2,289	48.6	61.4
2003년	72,393	34,533	6,390	3,671	47.7	57.4
2004년	64,476	32,141	6,137	3,309	49.8	53.9
2005년	81,437	40,075	7,232	3,536	49.2	48.9
2006년	91,105	43,834	8,044	4,574	48.1	56.9
2007년	97,803	41,528	8,484	4,629	42.5	54.6
2008년	98,506	46,426	7,558	4,082	47.1	54.0
2009년	109,478	54,675	9,816	5,458	49.9	55.6

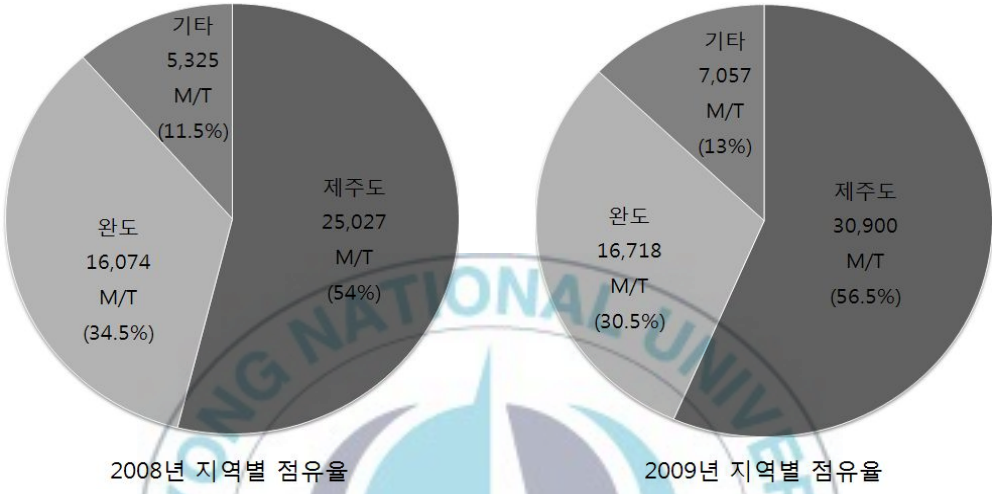
자료: 해양수산부, 해양수산통계연보, 각 년도.
농림수산식품부, 어업생산통계연보, 각 년도.

다. 지역별 생산 동향

2009년 전체 양식광어 생산량이 공식통계로 54,675M/T였음은 위에서 본 바와 같다. 이를 지역별로 살펴보면, 제주가 30,900M/T로 전체의 56.5%, 완도가 16,718M/T로 30.5%, 기타 지역이 7,057M/T로 13%를 점하고 있는 것으로 나타났다([그림 Ⅱ-2]

참조). 2008년도와 2009년도를 비교해 보면, 2009년도의 생산량이 54,675M/T로서 2008년도 생산량 46,426 M/T보다 크게 증가되었음을 알 수 있다. 이를 다시 지역별로 구분해 보면 제주는 2.5% 증가한 반면, 완도와 포항 등 기타 지역은 각각 4%, 1.5% 감소하였다([그림Ⅱ-2]참조).

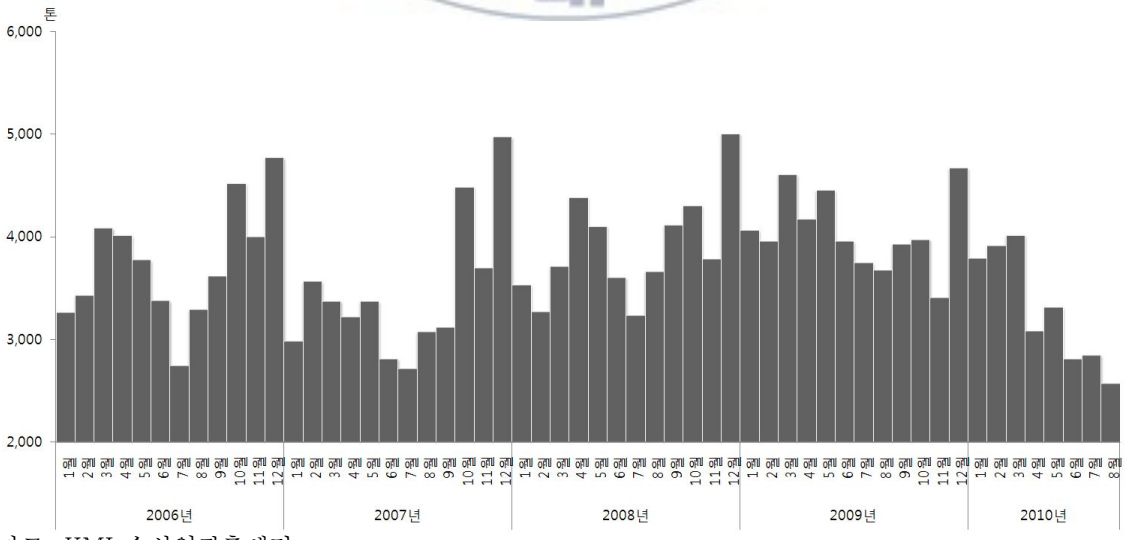
[그림 Ⅱ-2] 양식광어 지역별 생산량 및 점유율 추이(2008~2009)



자료: KMI 수산업관측센터.

라. 월별 생산 동향

[그림 Ⅱ-3] 월별 양식광어 출하 동향



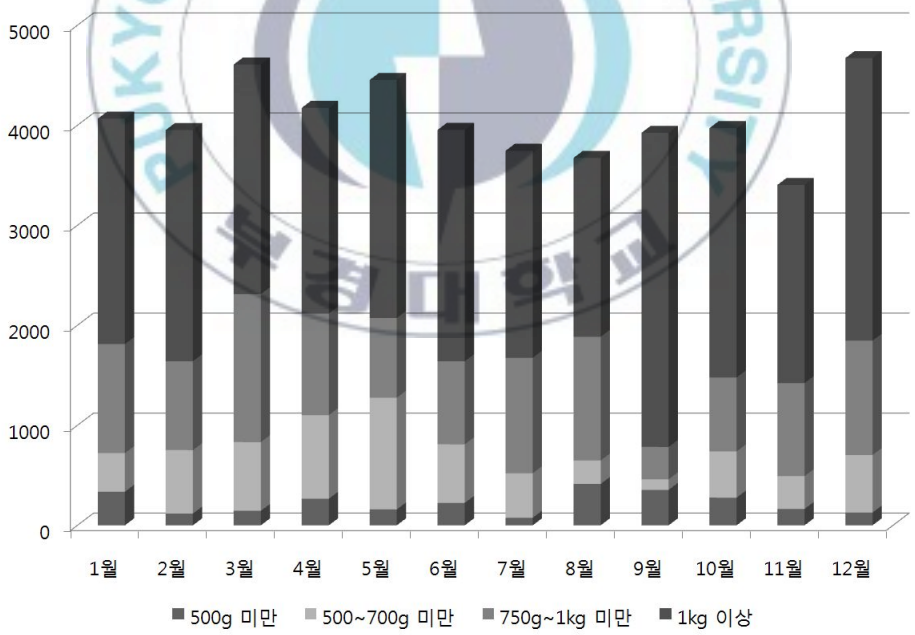
자료: KMI 수산업관측센터.

월별 출하동향을 살펴보면 연말과 봄철 입식기에 출하가 크게 늘어나는 경향이 있다. 이는 신규 입식을 위해 수조를 비워야 할 필요가 있을 뿐 아니라, 특히 이 과정에서 성장이 빠른 선두그룹과 성장부진그룹을 구분하여 성장부진그룹을 출하하려는 경향이 많기 때문이다. 2006년부터 수산업관측센터에서 조사한 바에 따르면, 2008년 말과 2009년 봄철 입식기에 출하량이 크게 늘어난 것을 알 수 있다([그림 Ⅱ-3] 참조).

마. 크기별 생산 동향

양식광어의 크기별 출하동향을 보면 500g~1kg과 1kg 이상 크기가 대부분을 점하고 있다. 2009년도 크기별 출하동향을 보면 [그림 Ⅱ-4] 및 [그림 Ⅱ-5]와 같은데, 월별 크기별 동향 중 가장 두드러진 특징으로는 4월과 5월의 경우 750g 이하 크기 출하량이 많고, 6~12월은 750g 이상 크기의 비율이 높아진다는 것을 들 수 있다.

[그림 Ⅱ-4] 월별·크기별 양식광어 출하 동향(2009년)

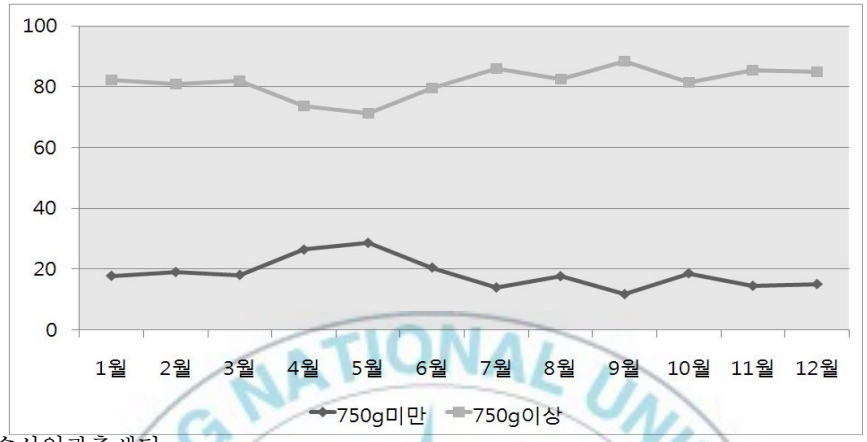


자료: KMI 수산업관측센터.

월별 크기별 출하동향을 점유율을 통해 살펴보면, 1kg이상 크기의 광어 출하비율은 연중 40~60%대의 점유율을 보여 대체로 일정한 반면, 750g~1kg 크기는 1~4월에 20~30%의 점유비를 보였지만 5월부터 점차 줄어들어 8월 이후에는 10%대로 낮아짐을 알 수 있다.

이에 비해 750g 미만의 경우 5월 이후 점유비가 크게 낮아지고 있는데, 특히 9월에는 10% 정도로 높아졌다. 이에 비해 1kg 이상 크기의 경우 생선초밥에 사용되기 때문에 연중 일정한 소비경향을 보이고 있다.

[그림 Ⅱ-5] 월별·크기별 양식광어 출하 비율(2009년)

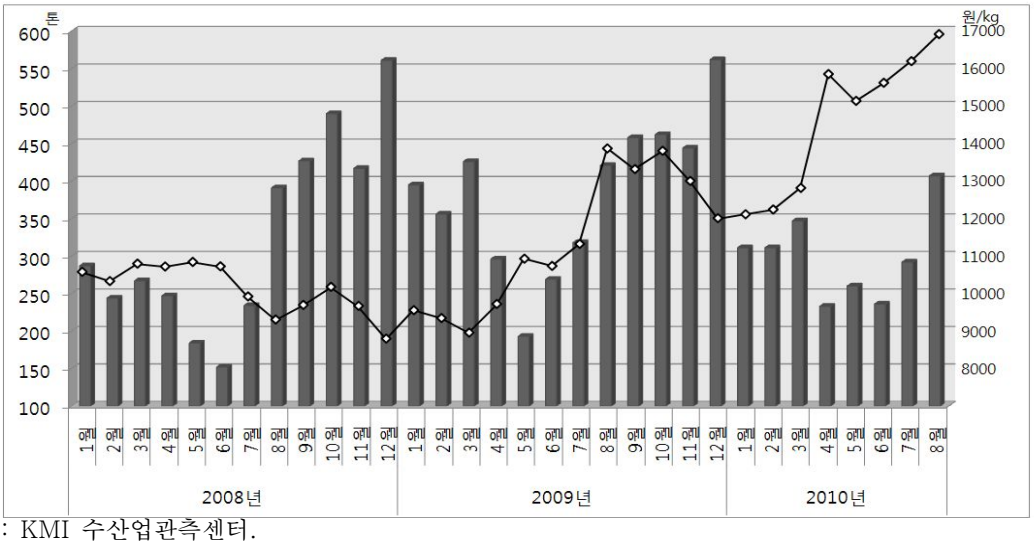


자료: KMI 수산업관측센터.

2) 시장동향

가. 수출 동향

[그림 Ⅱ-6] 최근 월별 광어 수출단가 및 수출 동향



자료: KMI 수산업관측센터.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

1991년 이후 광어 수출량은 빠르게 증가하여 2005년에 사상 최고인 5,574톤을 기록하였다([그림 Ⅱ-6] 참조). 이는 국내 총생산량의 12.4%를 점할 정도로 많은 물량이었는데, 2006년도에는 원/엔 환율의 하락으로 다시 크게 감소하였다. 즉 2006년도 광어 수출량은 3,778톤으로 1년 사이 무려 32%가 감소하였다.

이러한 현상은 우리나라 광어 수출의 대부분이 일본을 대상으로 하고 있는 데 따른 것으로, 원/엔 환율은 2005년 12월 100엔당 860원에서 2007년 1월 773원으로 13개월간 10% 가량 떨어져 수출에 큰 부담이 되었기 때문이다. 2008년 원/엔 환율이 급등하자 수출량은 다시 증가세를 보였으며, 2009년도 수출량은 4,600톤을 기록하였다.

수출동향을 월별로 보면, 2008년부터 이어진 환율변화에 따라 국내 광어 수출단가가 떨어져 2008년 연말과 2009년 봄에는 수출량이 급증하였다. 하지만 2010년 경기회복의 여파로 인해 환율이 안정되면서 다시 수출단가가 상승되자, 2010년 8월까지의 수출량은 작년에 비해 10% 정도 하락한 수준을 보이고 있다. 이 추세가 계속된다면 연말 수출량은 4,200톤 수준에 머물 것으로 보인다([그림 Ⅱ-6] 참조).

현재 국내 양식광어 수출대상국은 6~7개국으로 집계되지만, 최근 5년간 국별 광어수출시장 점유율은 일본으로의 수출이 전체의 97% 이상을 차지하고 있다(<표 Ⅱ-3> 참조). 일본으로 수출되는 광어는 보통 1.0~1.2kg 크기가 주를 이루고 있다. 최근 정부와 수출업체들이 수출시장의 다변화를 위해 노력한 결과 미국으로의 수출점유율이 증가하고 있으나, 아직까지는 일본시장의 수출점유율이 월등히 높다. 이는 아직도 국내산 광어수출이 한 시장에 과도하게 편중되어 있음을 의미한다.

다음으로 제2의 광어 수출 대상국으로 주목받고 있는 시장이 미국이다. 미국으로의 광어 수출은 2005년부터 본격화되어 일본, 대만, 중국에 비해서도 짧은 수출역사를 가지고 있다. 그러나 최근 미국으로 수출량이 1~2년 사이에 급증해 새로운 광어 수출시장으로 주목받고 있다.

<표 Ⅱ-3> 연도별·국별 광어 수출동향

(단위: 톤, %)

구 분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
합계	5,574 (100.0)	3,778 (100.0)	3,116 (100.0)	39 (100.0)	4,622 (100.0)
일본	5,549 (99.6)	3,729 (98.7)	3,046 (97.8)	3,812 (97.6)	4,324 (93.6)
미국	2 (0.0)	32 (0.8)	58 (1.9)	90 (2.3)	279 (6.0)
기타	23 (0.4)	17 (0.4)	12 (0.4)	4 (0.1)	19 (0.4)

주: 1) ( )는 점유율을 나타낸 것임.

2) 기타는 중국, 대만, 싱가포르, 캐나다 등임.

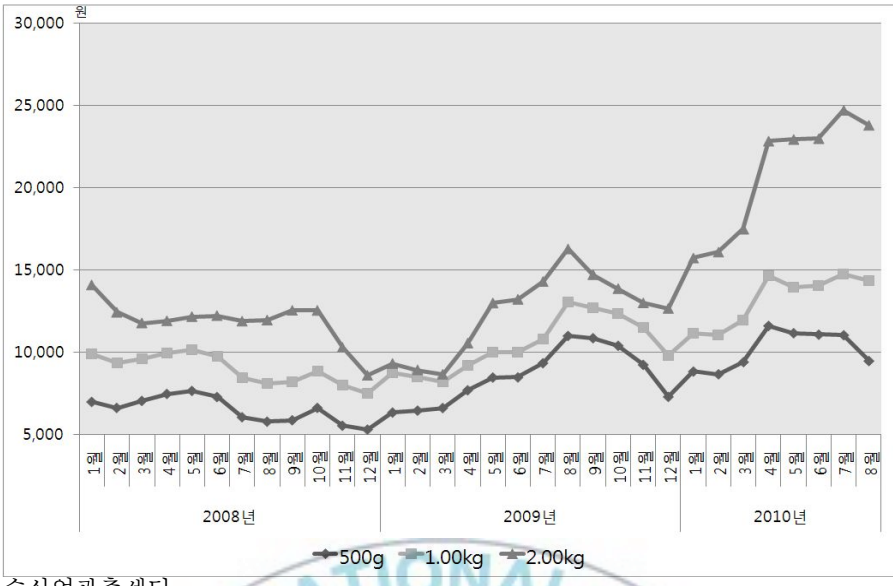
자료: 관세청 및 한국무역정보통신(KTnet), 수출입통계.

대미 수출은 2009년에 279톤으로 전체 수출량의 6%를 차지했으며, 주 수출 크기는 2.0kg 이상 대형어로 일본에 비해 큰 크기의 광어가 주로 수출되고 있다. 아직 많은 물량이 수출되지 않아 전체 시장에서 차지하는 영향력은 크지 않지만, 향후 컨테이너 선박에 의한 수송기술의 진전, 한미 FTA 체결 등에 따라 수출은 크게 늘어날 것으로 전망된다. 마지막으로 중국은 일본으로 수출 편중을 해소하기 위해 2008년부터 수출이 시작되었으나, 수출량은 약 1톤 내외로 아직까지 미미한 수준에 머물러 있다.

나. 산지 가격 동향

다른 활어류와 마찬가지로 광어가격도 변화의 폭이 크다. 전체적으로는 생산 증가로 인해 하락 추세를 보이고 있지만 계절에 따라 등락을 보이고 있으며, 그 정도는 크기에 따라 다르다. 제주의 광어크기별 출하가격을 월별로 살펴보면 0.5kg과 같은 소형 크기와 1kg과 같은 중형 크기의 차이보다 중형과 2kg 이상 대형 크기의 차이가 더 커졌다. 이런 경향은 최근에 올수록 더 두드러지게 나타나는데, 2010년 이후는 중형어와 소형어의 가격 차이가 훨씬 커지고 있다([그림 Ⅱ-7]참조).

[그림 Ⅱ-7] 광어 크기별 산지가격 월별 추이(제주)

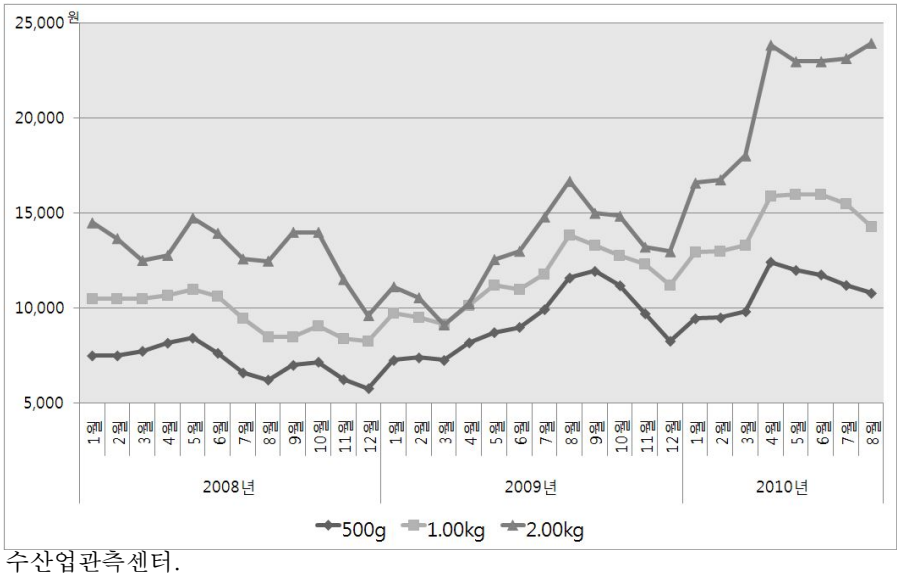


자료: KMI 수산업관측센터.

이러한 경향은 보다 심층적인 분석을 통해 그 원인을 파악할 수 있겠지만, 대체로 소비성향 및 생산양식의 변화에 기인하는 것으로 보인다.

완도지역의 광어 크기별 출하가격 변화를 보면, 중형어와 소형어의 가격변화에 비해 대형어의 가격변화가 훨씬 심하다는 것을 알 수 있다. 즉 중형어의 경우 대체로 10,000~15,000원/kg대에서 등락을 거듭하고 있으며, 소형어는 10,000원/kg대를 전후하여 등락을 보이고 있으나, 대형어의 경우 13,000~22,000원/kg의 비교적 큰 폭의 등락을 보이고 있다([그림 Ⅱ-8 참조).

[그림 Ⅱ-8] 완도지역 광어크기별 산지가격 변화 추이(2008~2010)



자료: KMI 수산업관측센터.

제Ⅲ장
생산환경에 관한 설문조사

1. 설문조사의 개요

1) 조사목적

본 연구에서의 설문조사방법은 생산자들이 현재 어떠한 방식으로 생산, 유통, 판매를 하고 있는지와 앞으로 더 나은 생산을 위해서는 어떠한 점들이 개선되어져야 하고 갖추어 져야 하는지를 파악하기 위해서 실시되었다. 이렇게 각 생산업자들을 대상으로 설문조사한 응답을 통해 DEA분석을 위한 기초데이터를 확보하였고, 생산자들이 현재 자신들의 생산 환경에 대하여 어떻게 생각하고 있는지 파악할 수 있었다.

2) 조사방법

설문조사의 응답 방식은 자기 기입식으로 이루어졌으며, 자기 기입식 응답법은 피조사자가 충분한 시간을 갖고 성실한 답변을 할 수 있으며 익명성이 보장되어 비교적 솔직한 응답을 기대할 수 있기 때문에 선택되었다.

설문조사는 2010년 7월 8일부터 9월7일까지 2개월 간 (사)한국광어양식연합회 회원 총469명을 대상으로 설문조사를 실시하였고, 조사방법은 우편조사의 형태로 시행되었다. 응답률은 10%정도 이며, 전수조사를 실시하였기 때문에 10%의 응답률은 전체 생산자들의 의견을 파악하는데 있어 크게 상이하지 않을 것으로 판단된다.

3) 응답자 일반특성

우편조사에 응답한 36건의 일반특성을 살펴보면, 제주, 전남(완도), 경북 등 3개 지역의 광어양식연합회 회원이 설문에 응답하였다. 전체 응답률은 약 10% 정도이며, 이들의 지역별 구성 비율은 아래의 표와 같다.

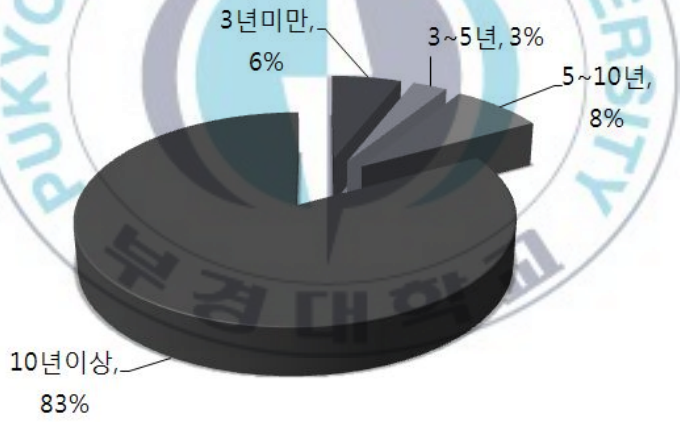
<표 Ⅲ-1> 지역별 설문 응답 현황

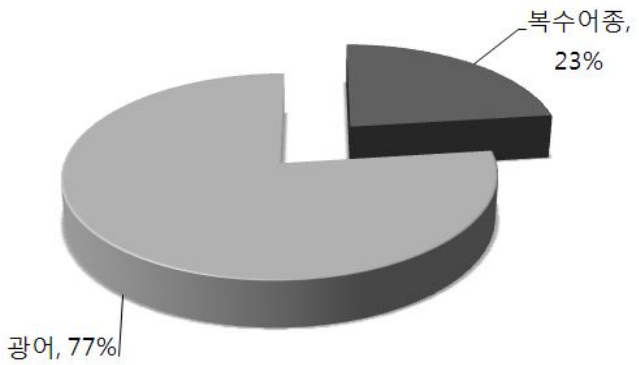
지역	회원수	설문회수건수	응답률
제주해수어류양식수협	283명	17건	6.0%
전남서부어류양식수협	149명	13건	8.7%
경북어류양식수협	25명	2건	8.0%
서남해수어류양식수협	12명	-	0%
소계(평균)	469명	36건(미확인 4건 포함)	(7.7%)

2. 설문 조사 결과

1) 광어양식어업 현황

[그림 Ⅲ-1] 광어양식어업 종사기간 및 육성어종



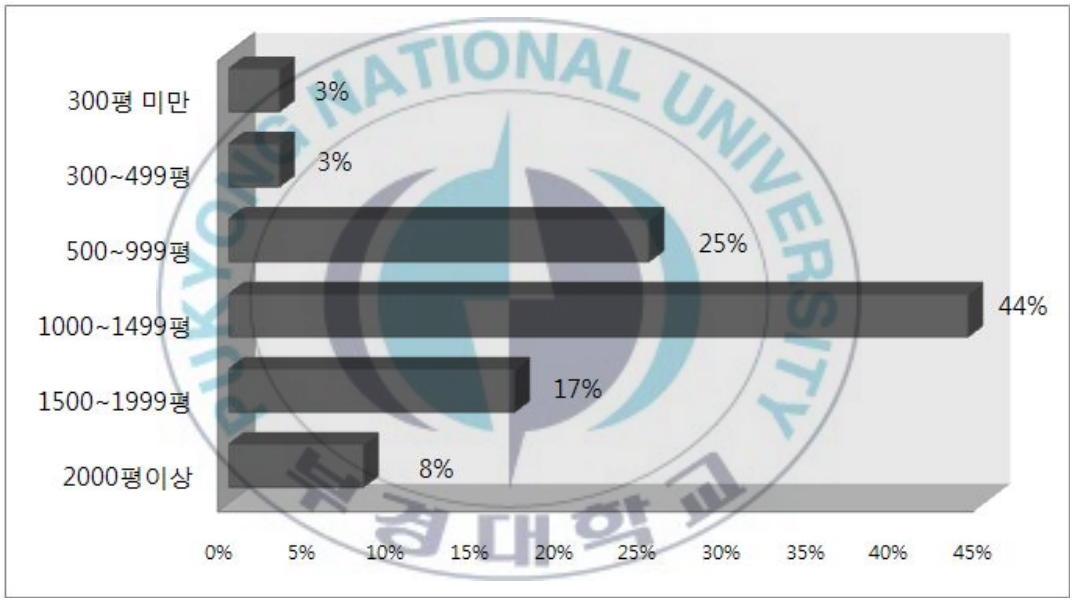


PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

광어양식어업 종사기간에 대한 조사에서 10년 이상 종사한 경우가 전체의 83%, 5~10년이 8%를 차지, 대부분 장기간 광어양식어업에 종사해 온 것으로 나타났다. 그리고 광어 외에 다른 어종을 양식하고 있는 지에 대한 물음에 대해, 광어만 양식하고 있는 곳이 77%, 타 어종과 복수로 양식하고 있는 곳이 23%인 것으로 조사되었다. 타 어종으로는 도다리, 전복, 우럭, 조피볼락 등이었다.

2) 양식수조(육상수조) 시설 면적

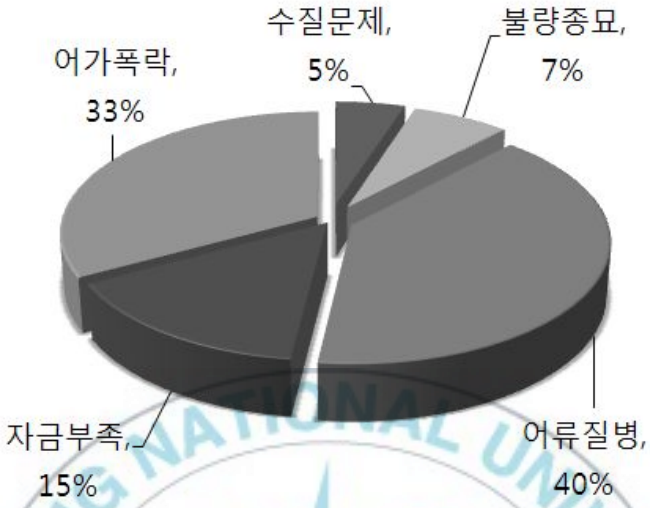
[그림 Ⅲ-2] 양식수조 시설면적 현황



응답자들의 양식수조 시설면적은 1,000~1,499평이 가장 많은 44%, 500~999평이 25%, 그리고 1,500~1,999평이 17%의 순이었다. 따라서 전체의 86%가 1,000평 이상~2,000평 이하의 양식 수조시설을 가지고 있는 것으로 나타났다.

3) 광어양식 경영상의 어려움

[그림 Ⅲ-3] 광어양식 경영곤란 사유



그동안의 광어양식 과정에서 경영상의 어려움을 경험한 경우는 전체의 97%가 있다고 답해, 대부분 경영상의 어려움을 겪은 것으로 나타났다. 그리고 어려움을 겪은 요인에 대한 질문에서는 어류질병 40%, 어가폭락 33%, 자금부족 15%, 불량종묘 7%, 그리고 수질문제 5% 등의 순이었다.

4) 출하지와 출하방법

양식광어의 주 출하지는 서울·인천·경기 등 수도권이 전체의 2/3에 해당하는 67%를 차지했으며, 다음으로 부산·울산·경남 21%, 대구·경북 7%, 충청권 5%의 순이었다. 반면 주 생산지가 있는 전라권과 제주는 0%로 대조를 이루었다.

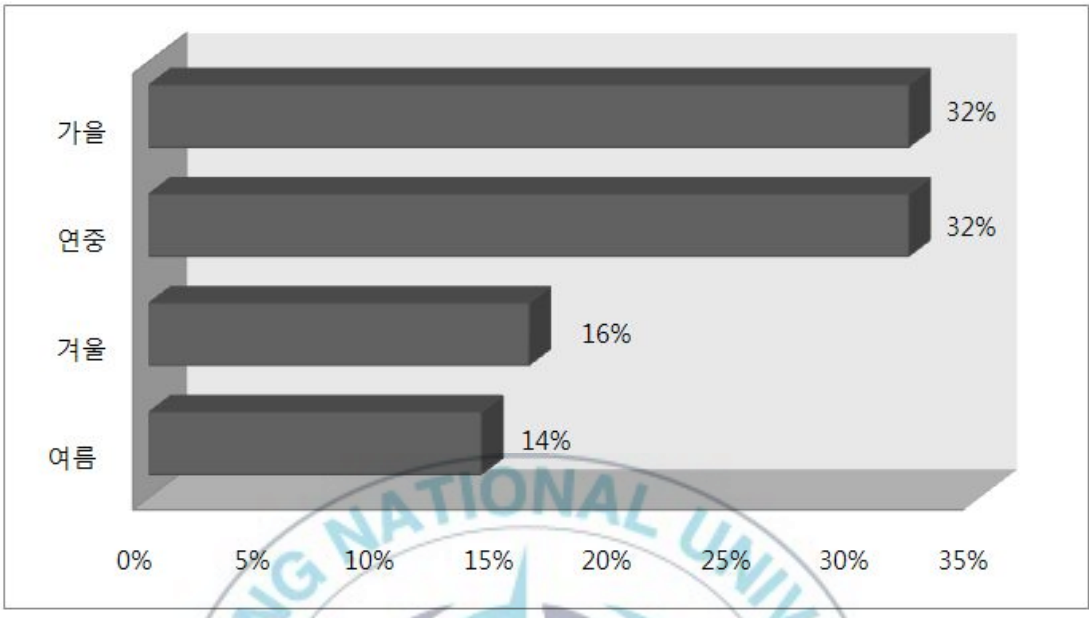
출하방법에 대한 질문에서는 수협을 통한 출하가 53%로 수집상을 통한 출하의 47% 보다 약간 높게 나타났다. 그러나 이는 지역별로 큰 차이가 있는데 제주지역은 수협, 완도지역은 수집상을 대부분 이용하는 것으로 나타났다. 한편 개별 양식어업인의 직접 출하는 전무한 것으로 나타났다.

[그림 Ⅲ-4] 광어양식 출하지와 출하방법

5) 출하시기

주 출하시기를 계절별로 살펴보면, 가을철(9-11월)이 38%로 가장 높았으며, 연중 구분 없이 출하하는 경우가 32%, 그리고 겨울 16%, 여름 14%의 순이었다.

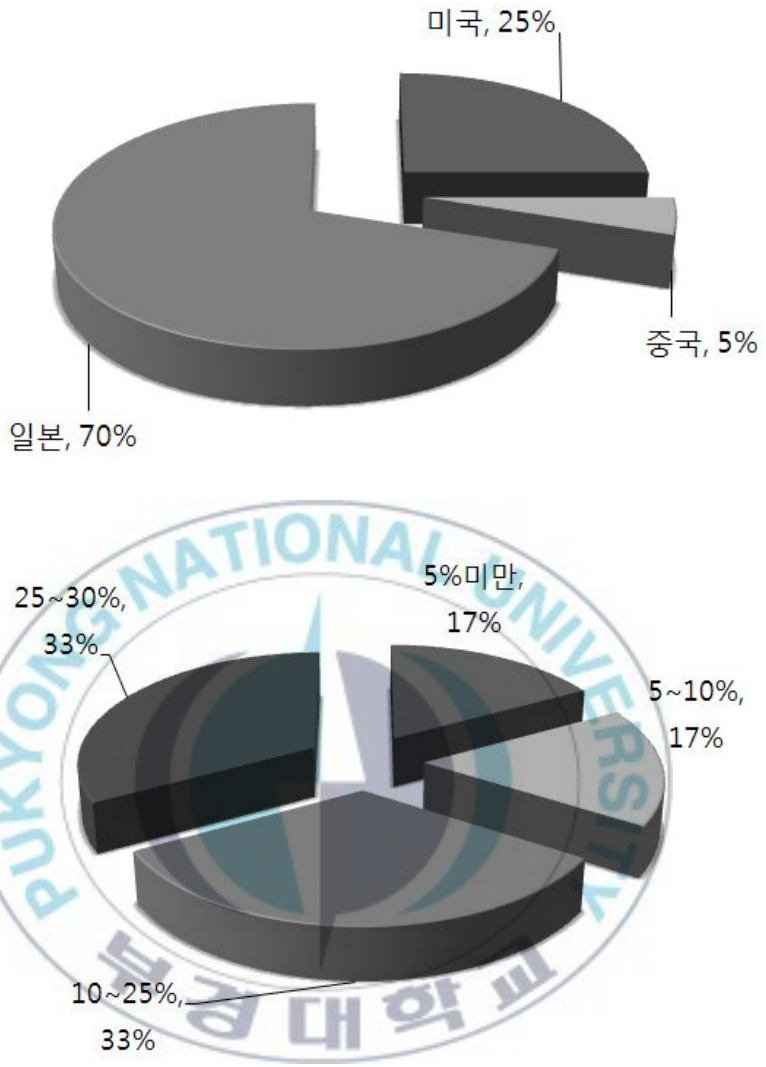
[그림 Ⅲ-5] 양식광어 출하시기 현황



6) 수출 국가 및 비중

수출여부를 묻는 질문에 대해 응답자의 59%가 수출을 하고 있다고 답해, 하지 않는 경우(41%) 보다 높았다. 수출국가로는 일본이 70%로 가장 높았으며, 미국 25%, 중국 5%의 순이었다. 그리고 수출하는 경우 전체 출하량 중 수출비중에 대한 조사에서는 전체 출하량의 25~50%와 10~25%가 각각 33%로 가장 높았다. 그리고 5~10%와 5% 미만도 각각 17%씩 차지하고 있는 것으로 나타났다.

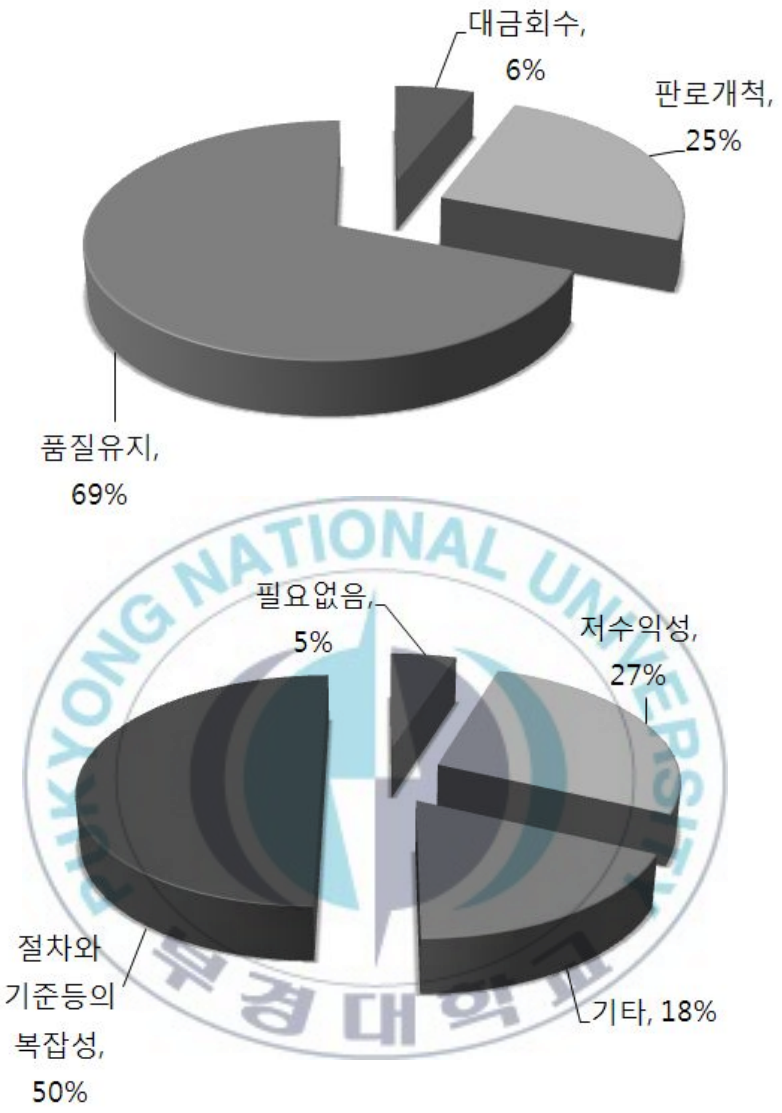
[그림 Ⅲ-6] 양식광어 수출국 및 수출비중 현황



7) 수출시 애로사항

수출시 경험한 가장 큰 애로사항에 대해서는 품질유지가 69%로 가장 높았으며, 판로개척 25%, 대금회수 6%의 순이었다. 수출을 하지 않는 이유에 대해서는 응답자의 절반이 절차와 기준 등의 복잡성 때문이라고 답하였다. 그리고 낮은 수익성이 27%, 수출하기에 작은 크기나 규모의 영세성 때문 등의 기타 이유가 18%, 아예 필요성을 못 느낀다고 답한 경우도 5%에 달했다.

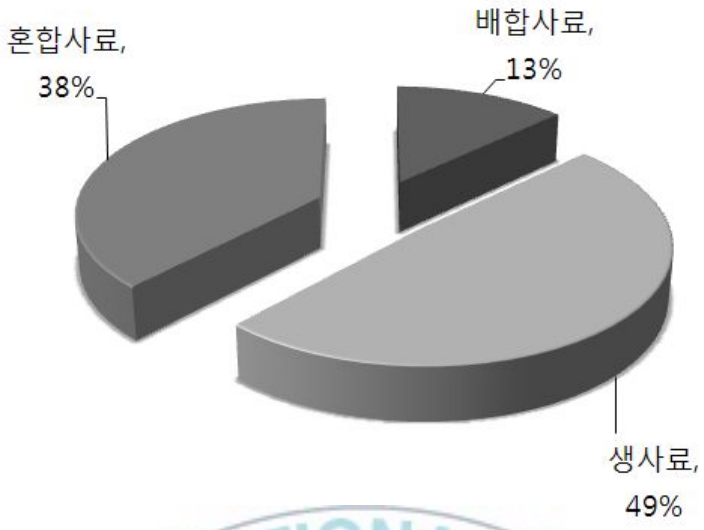
[그림 Ⅲ-7] 수출시 애로사항 및 수출기피 원인



8) 사료 이용 형태

이용 사료의 형태에 대해서는 생사료가 49%를 차지하고 있으며, 생사료와 습사료를 혼합한 혼합사료가 38%로 나타났다. 반면 배합사료를 이용하고 있는 경우는 13%에 불과하였다.

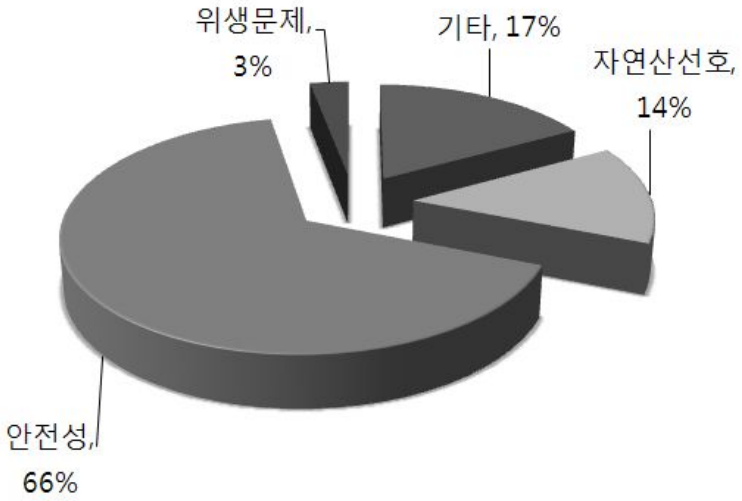
[그림 Ⅲ-8] 광어양식 사료 이용형태



9) 소비자의 양식광어 기피 이유

일반 소비자들이 자연산 어류에 비해 양식광어를 기피하는 이유가 무엇인가에 대한 질문에서는 안전성이 66%로 가장 높았다. 이는 양식어업인들 스스로도 일반 소비자인 관계로 일반인들의 의견과 별로 다르지 않다고 할 수 있을 것이다. 다음으로는 자연산에 대한 선호 14%, 소비자의 인식부족 17%, 위생문제 3%의 순이었다.

[그림 Ⅲ-9] 소비자 양식광어 기피 요인



10) 양식장 환경관리에 대한 평가

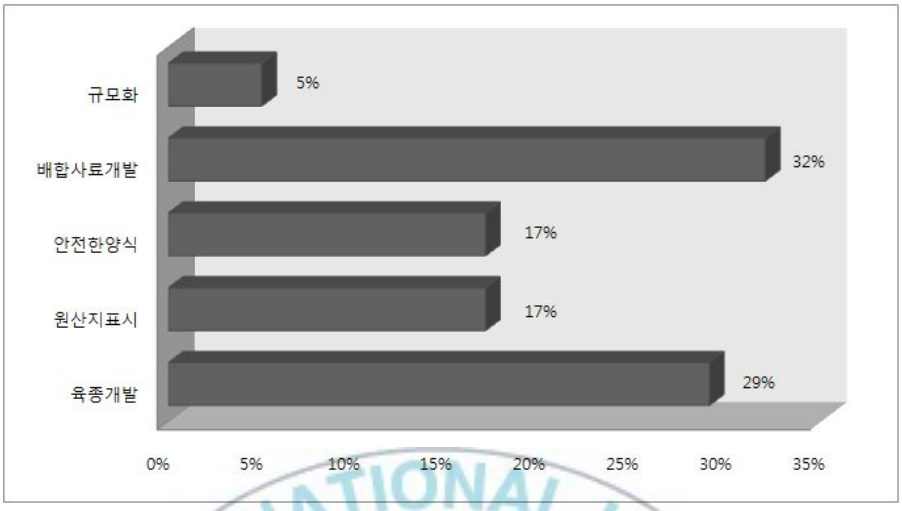
양식장 환경관리 실태에 대한 스스로의 평가에 대해 응답자들은 어느 정도 잘 관리하고 있다(42%)고 답하였다. 그리고 보통이 33%, 매우 잘 관리하고 있다가 14%로 나타난 반면, 다소 곤란한 경우 5%, 매우 곤란한 경우가 6%라고 밝혀 양식어업인들은 양식장 환경관리에 별다른 어려움이 없는 것으로 스스로 평가하고 있었다.

[그림 Ⅲ-10] 양식장 환경관리 실태 평가

11) 광어양식어업의 국제경쟁력 제고 수단

우리 광어양식어업의 국제경쟁력을 제고하기 위한 수단에 대해 응답자들은 배합사료 개발(33%)과 육종개발(29%)이 가장 중요한 것으로 들었다. 이어서 원산지 표시(17%), 안전성(17%), 규모화(5%) 등이 필요한 것으로 나타났다.

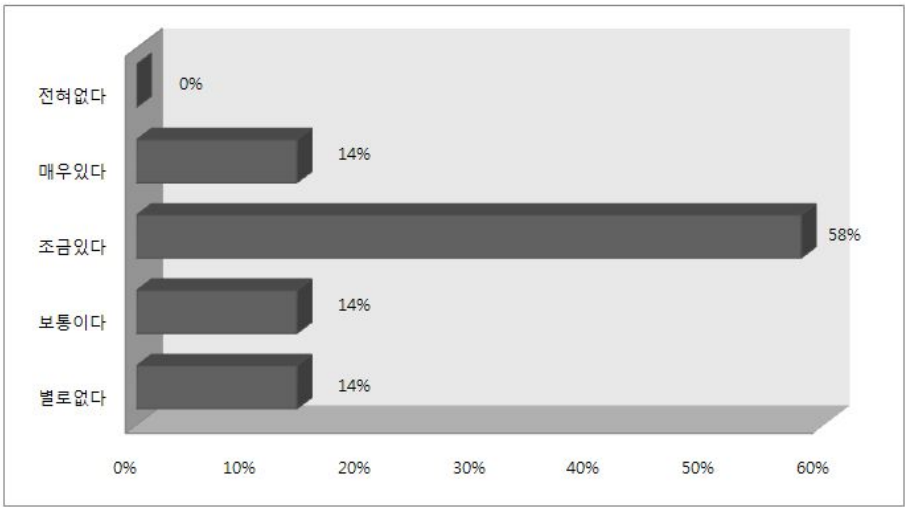
[그림 Ⅲ-11] 광어양식어업 국제경쟁력 제고 수단



12) 광어양식어업의 발전 가능성

우리나라 광어양식어업의 중장기적 발전 가능성에 대해 양식어업인들은 조금 있다 58%, 매우 있다 14%로 전체의 72%가 긍정적 전망을 하고 있는 것으로 나타났다. 반면 보통이다와 별로 없다가 각각 14%, 전혀 없다는 0%였다.

[그림 Ⅲ-12] 광어양식어업 발전 가능성 평가

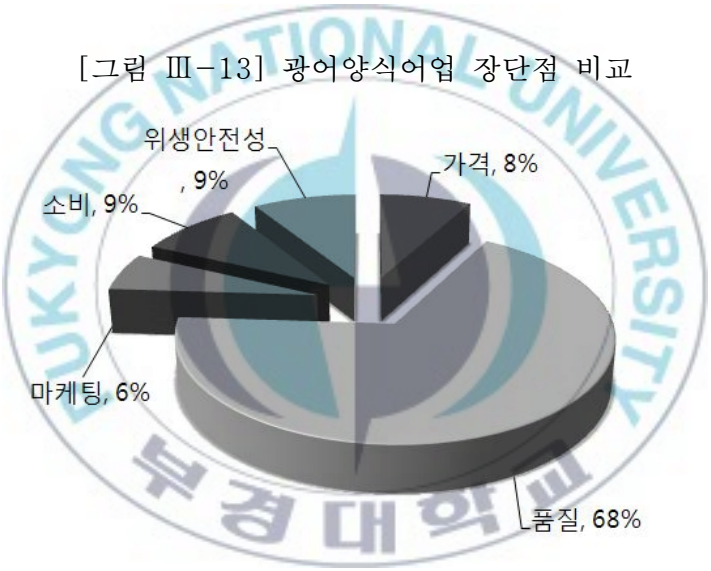


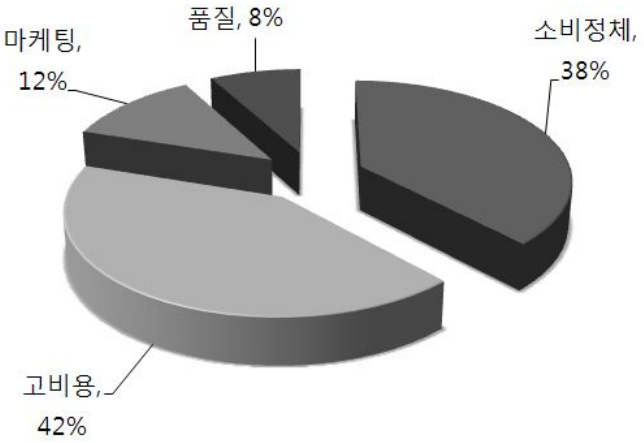
13) 광어양식어업의 장단점에 대한 평가

우리나라 광어양식어업의 중장기적 전망을 밝게 보는 이유에 대해, 응답자들은 높은 품질(68%)을 그 이유로 들었다. 이어 위생안전성(9%), 안정적 소비(9%), 가격(8%), 그리고 마케팅(6%) 등을 우리 광어양식어업의 장점으로 들었다.

반면에 우리나라 광어양식어업의 전망을 어둡게 보는 경우, 그 경쟁력 저하의 원인에 대해 응답자들은 고비용(42%)과 소비정체(38%)를 가장 큰 이유로 들었다. 다음으로는 마케팅(12%), 품질(8%), 어가불안정 등에 문제점이 있는 것으로 들었으며, 미래의 양식어업의 중요한 경쟁력의 하나가 될 환경위생은 원인이 되지 않을 것으로 보고 있었다.

[그림 Ⅲ-13] 광어양식어업 장단점 비교



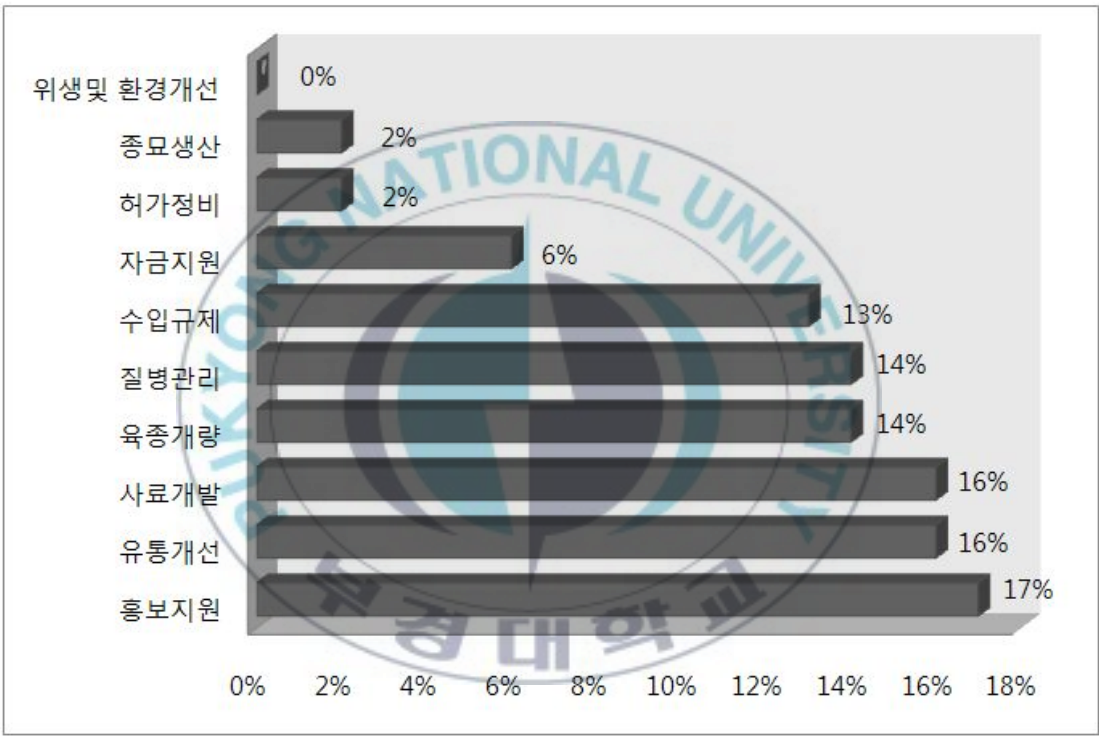


PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

14) 정부지원 희망 분야

광어양식어업 발전을 위해 정부의 지원이 가장 필요한 분야는 홍보지원인 것으로 나타났다. 이어서 유통개선, 사료개발, 육종개량, 질병관리, 수입규제, 자금지원 등의 순으로 이들 부문에 대해 정부의 지원을 바라고 있는 것으로 조사되었다.

[그림 Ⅲ-14] 정부지원 희망 분야



제Ⅳ장
DEA모형을 이용한 효율성분석

1. 자료포락분석(DEA)의 이론적 검토

1) 효율성의 정의와 측정방법

효율성(Efficiency)이란 특정 조직이 제한된 자원 내에서 최대의 산출물을 창출해 내는 생산기술을 말한다. 일반적으로 '투입량에 대한 산출량의 비율'이라는 좁은 의미로 자주 사용되는 기술적 효율성은 조직의 내적운영에 대한 평가로서 생산요소의 가변성과 대체 가능성을 전제로 투입 생산요소의 여러 가지 조합을 통하여 최대의 생산량을 얻는 생산방법을 말한다. 즉, 생산 대상인 재화를 어떤 방법으로 생산할 것인가, 자본과 노동의 투입비율을 어떻게 결정할 것인지 또는 어떤 기계와 원료를 선택할 것인지 등 기술적 효율을 최대화하는 모든 방법을 말한다. 따라서 효율적인 조직이란 이러한 기술적 효율성을 달성한 조직으로 특정 과업을 수행할 때 최소한의 자원투입으로 주어진 목표를 달성하는 조직을 말한다.

일반적으로 효율성의 개념은 투입요소에 대한 산출요소의 비율로 정의되며 DEA에 있어서 효율성에 대한 정의는 Charnes & Cooper(1985)에 의하면 다음과 같다.

첫째, DMU[4]의 산출요소는 투입요소의 일부를 증가시키거나 또는 산출요소의 다른 일부를 감소시키지 않고서는 증가될 수 없다.

둘째, DMU의 투입요소는 산출요소의 일부를 감소시키거나 또는 투입요소의 다른 일부를 증가시키지 않고서는 감소될 수 없다.

셋째, 일반적으로 비효율성은 투입요소를 이용하여 산출요소를 생산하는 과정에서 투입요소간의 비효율적인 결합이나 사용 때문에 발생하는 것으로 투입요소의 비효율성(Input Inefficiency)과 산출요소의 비효율성(Output Inefficiency)으로 구분할 수 있다.

효율성은 기술적 효율성(technical efficiency)[5], 규모의 효율성(scale efficiency)[6],

4) 의사결정단위(Decision Making Unit) : DEA모형을 이용하여 분석하고자 하는 평가대상을 의미함.

5) 생산가능곡선 상에 위치하면 효율적이고 그 하부에 위치하면 비효율적임을 의미함.

배분의 효율성(allocative efficiency)[7]으로 나눌 수 있다.

이러한 효율성을 측정하는 방법에는 크게 함수적 측정법, 비율분석측정법, 총생산성지수측정법, 비용함수접근법, 모수적 접근법으로 구분할 수 있다. 측정방법들의 기본적인 이론을 개략적으로 알아보고 이들 방법의 한계점을 살펴보고자 한다.

(1) 함수적 측정법(Functional measurement)

트랜스로그비용함수를 이용하여 다품목의 서비스를 제공하는 기업의 효율성을 측정하는 방법이다. 즉, Cobb-Douglas생산함수나 규모의 대체탄력성생산함수가 규모에 대한 수확불변을 사전적으로 가정하고 있거나 단일품목생산구조에만 적용될 수 있음에 반하여 트랜스로그 비용함수는 일반적인 함수형태이고 2차미분이 가능한 모든 형태의 함수의 테일러변형이라 할 수 있기 때문에 다품목생산구조에 적합한 형태의 함수를 폭넓게 표현할 수 있다.

(2) 비율분석측정법(Ratio analysis measurement)

비율분석측정방법은 기업의 재무제표를 이용하여 기업의 경제적 실태를 설명해 줄 수 있는 재무비율을 계산한 다음, 이를 산업표준비율과 비교하거나 특정기업의 재무비율 추이를 관찰하여 기업의 수익성, 유동성, 안정성, 성장성 등을 분석한다. 최근에는 기업부실예측, 신용등급의 분류, 채권등급평가, 포트폴리오결정 등 경영자의 의사결정에 그 이용도가 높아가고 있다.

(3) 총생산성지수측정법(Productivity index approach)

총생산성을 측정하는 지수법에는 투입요소와 산출물의 구성요소와 측정방법산출이 산정기준(판매액 또는 생산액)에 따라 여러 가지 형태의 모형이 있으나 일반적인 형태는 다음과 같다.

---

6) 한 단위의 투입물을 증가(감소)시켜도 한 단위의 산출물을 더 이상 증가(감소)시킬 수 없는 경우를 말함.

7) 조직의 목표에 따라서 배분효율성이 다르게 나타남.

$$\text{총생산성지수}(TP) = \frac{TO}{L+K+R+OC}$$

(단, TO : 총 생산량, L : 노동투입량, K : 자본투입량,
R : 원재료투입량, OC : 기타경비투입량)

이러한 총생산성지수법은 항만 경영자의 관점에서 볼 때 변환과정의 효율성을 나타내는 척도가 되며 전략적 차원에서의 합리적 의사결정에 기여한다. 그러나 지수에 의한 총생산성의 개념은 규모에 대한 보수가 불변인 상태를 가정하고 있어 다품목생산체제의 경우 규모의 경제나 위의 경제를 측정할 수 없다. 또 다수의 산출물과 다수의 투입물을 동시에 고려할 수 없다는 등의 단점이 있다.

(4) 비용함수접근법(Cost function approach)

다품목의 서비스를 생산하는 은행의 비용함수는 규모 및 범위의 경제를 규명하기 위해 여러 가지 유형의 다품목비용함수(multi-product cost function) 즉, Cobb-Douglas 생산함수나 CES생산함수, 트랜스로그생산함수 등이 제시되고 있다. 다품목 비용함수를 통한 실증분석이 기업에 적용되기 위한 중요한 논점은 생산과정을 어떻게 모형화 하느냐 하는 것과 기업에 있어서 규모 및 범위의 경제의 원천을 규명하는데 있다.

신축적인 함수형태를 갖되 실증적 분석에 유용하도록 비교적 간단한 형태를 취하는 트랜스로그함수의 형태는 다음과 같다.

$$InC^{*} = \alpha_0 + \sum_{r=1}^{s} \alpha_r Iny_r + \sum_{i=1}^{m} \beta_i Inw_i + \frac{1}{2}\sum_{r=1}^{s}\sum_{t=1}^{s} \delta_{rt} Iny_r Iny_t$$

$$+ \frac{1}{2}\sum_{r=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} r_{ik} Inw_i Inw_k + \sum_{r=1}^{s}\sum_{i=1}^{m} \rho_{ri} Iny_r Inw_i + \epsilon$$

또한 위 식이 비용함수이기 위해서는 다음의 대칭성 제약과 일차동차성 제약이 충족되어야 한다.

대칭성 제약 : $\delta_{rt} = \delta_{tr}; \gamma_{ik}; = \gamma_{ki}; \rho_{ri} = \rho_{ik}$

요소가격에 대한 일차동차성 제약 :

$$\sum_{i=1}^{m} \beta_i = 1, \sum_{i=1}^{m} \gamma_{ik} = 0, (k = 1, ..., m)$$

$$\sum_{i=1}^{m} \rho_{ri} = 1 (r = 1, ..., s)$$

비용함수 접근법에 의한 연구는 통계적 회귀분석법을 사용함에 따른 일반적인 문제뿐만 아니라 모델에 사용된 함수형태에 따라 연구결과에 상당한 차이를 가져오고 있다. 또, 이러한 연구는 거시적이고 통계적인 분석방법을 통하여 해당 업종의 규모 및 범위의 경제성을 개관할 수 있는 장점은 있으나 사전적인 비요함수의 형태를 가정하고 잇다는 문제 외에도 분석대상의 표본수가 한정되어 있는 경우 신뢰성 있는 비용함수를 추정하기가 어렵고 최소자승법에 따른 평균값을 사용하여 효율성 차이를 측정하기 때문에 특정한 값의 영향을 크게 받게 된다는 단점이 있다.

(5) 모수적 접근법

경제학에서 효율성을 측정함에 있어서 관찰된 자료(observed data)를 토대로 경험적 생산함수 혹은 프론티어를 추정하는 방법에 따라 두 가지의 접근방법으로 분류할 수 있다. 흔히 이들은 모수적 접근법(Parametric Approach)과 비모수적 접근법(non-parametric approach)으로 불린다.

또한 이들은 확률적 접근법(stochastic approach), 비확률적 접근방법(non-stochastic approach)이라고도 하는데, 모수적 접근방법은 주로 계량경제학적인 기법으로서 프론티어를 추정하며 비모수적 접근방법은 주로 수리계획법에 의해 프론티어를 추정한다.[8)]

먼저 모수의 접근방법 중 대표적으로 계량경제학적 프론티어 접근방법(EFA)을 살펴보면, 비용함수와 share equation으로 구성된 EFA모형은 다음과 같다.

8) Ferrier and Lovell(1990)은 모수적 접근방법을 계량경제학적인 접근방법(ecinimetric aproach), 비모수적 접근방법을 선형계획법에 의한 접근방법(linear programming approach)으로 분류하였다.

$$InCA - InCF + InA + u$$

$$SA_i = SF_i + b + u(\text{단}, i = 1, 2, ..., m)$$

이 방법은 전통적인 비용함수를 변형시켜 그 변형된 함수의 예측치가 비용프론티어를 형성하게 되고 비효율성은 잔차항에 포함된다. 따라서 비효율성을 측정하기 위해서는 잔차항에 포함되어 있는 비효율성과 잔차변동(random fluctuation)을 구분하여 비용함수의 프론티어로부터 각 기업의 이탈(deviation)정도로써 기술적 비효율성이 측정될 수 있고 배분적 비효율성도 자료의 평균으로부터 구할 수 있다.그러나 이 방법에서는 비효율성의 구성 요소들이 일반적으로 비대칭적인 반정규분포(half-normal distribution)를 따르고 잔차변동은 대칭적인 정규분포를 따른다는 가정이 필요하다. 이러한 가정 하에서 잔차항을 비효율성과 잔차변동으로 구분하기 때문에 비효율성의 결과는 결정적으로 자료의 왜곡도에 의존하게 된다. 즉, 다소대칭적인 비효율성은 잔차변동으로 간주되고 다소 비대칭적인 잔차변동은 비효율성으로 간주됨으로써 비효율성을 정확하게 측정할 수 없게 된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 기존의 효율성 측정방법들은 다음과 같은 한계점이 존재한다.

첫째, 공공부문이나 서비스 부문의 경우 정확한 비용함수의 도출이 어렵고 투입물과 산출물과의 상관관계를 객관적으로 규명하기가 어렵다.

둘째, 다수의 투입물을 이용하여 다수의 산출물을 생산하는 산업구조에서는 모든 투입물과 산출물을 동시에 고려하여 효율성을 측정하는 것이 어렵다.

셋째, 다른 조직과의 상대적인 효율성을 평가하기 위해서는 객관적인 평가기준이 제시되어야 하지만 하나의 산정기준이나 평가자의 자의에 의하여 평가결과가 다르게 나타날 수 있다.

넷째, 모든 투입물과 산출물이 화폐액으로 표시됨으로써 가격효과가 작용할 수 있고 이로 인하여 순수한 생산성 측정에 영향을 미칠 수 있다.

다섯째, 외생변수 및 범주형 변수 등 투입물과 산출물의 환경변수를 고려할 수 없다.

여섯째, 효율성 평가 후 비효율적으로 평가된 경우에 어느 부문에 어느 정도의 비효율성이 존재하는지 정확한 자료를 제공할 수 없다.

이러한 한계점이 존재하기 때문에 이를 극복하고 효과적으로 생산성을 평가할 필요성이 대두되어 효율성 평가 및 분석방법으로 등장한 기법이DEA 모형이다.

2) DEA 분석모형의 특징

Charnes, Cooper, Rhodes(1978)가 제시한 DEA(Data Envelopment Analysis)모형은 다수의 산출요소와 투입 요소간의 관계를 객관적인 방법으로 동시에 고려하여 그 효율성 값을 도출하는 방법으로서, 기존의 생산성 측정방법이 가지고 있는 문제점들을 극복한 비모수적 방법이다. 평가 대상인 DMU들의 효율성 값을 측정하는 과정에서 각각의 산출물 또는 투입요소에 대해 미리 결정된 가중치를 필요로 하지 않을 뿐만 아니라, 비효율성이 어느 부문에서 얼마 정도가 발생하는지에 대한 정보를 제공해 주는 상대적인 평가방법이다.

비모수적 효율성 측정방법 중에서 DEA는 통계학적으로 회귀분석법과는 달리 사전적으로 구체적인 함수형태를 가정하고 모수(parameter)를 추정하는 것이 아니고, 선형계획법에 근거하여 일반적으로 생산 가능집합에 적용되는 몇 가지의 공준을 가지고 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물간의 자료를 이용하여 경험적 효율적 프론티어를 도출한 후 평가대상들이 효율성 프론티어 상에서 얼마나 떨어져 있는지의 여부로써 비효율성을 측정한다. 이 방법은 다양한 산출물과 여러 가지 투입요소를 동시에 고려하여 상대적인 효율성 값을 도출하여 그 과정에서 각각의 산출물 또는 투입요소에 대해 미리 결정된 가중치를 필요로 하지 않을 뿐 아니라 비효율성이 어느 부문에서 발생하며 그 크기가 얼마 정도인지에 대한 수치적인 정보를 제공해 줌으로써 경영자가 효율성을 제고하는데 실제적인 도움을 줄 수 있다는 장점이 있다.

DEA는 투입과 산출의 명확한 인과관계를 밝히기 어려운 비영리적이며 공적인 의사결정단위(DMU)들의 상대적 효율성을 평가하기 위하여 개발된 기법으로서, 여러 종류의 산출을 생산하기 위하여 여러 종류의 투입요소를 사용하는 조직들의 생산성을 평가하기 위한 선형계획기법(Liner Programming Technique)이다. 이 방법은 DMU들로부터 산출과 투입을 상호 비교함으로써 생산성을 측정하고, 측정대상이 되는 DMU를 다른 DMU들과 비교하여 상대적 개념에서의 비효율성을 나타내준다. 앞에서 살펴본 것처럼 모수적 접근방법이 자료들을 평균에 회귀시키려는 목적을 가지고 있는데 반해 DEA는 자료들을 모두 포락하는 선형평면을 구하는 것이 목적이므로 자료들의 점을 찍었을 때 평균에 가까운 자료보다는 변경에 위치하는 자료들이 더 중요하다. 또 모수적 분석방법은 정태적 분석 및 산업전체의 분석에 주로 이용하였는데 이와 다르게 DEA는 한 시기의 특정산업의 생산단위 개개에 대한 생산경계를 추정하는데 주로 이용한다. 여기서 평가대상이 되는 단위를 의사결정단위

(DMU)라고 부르는데 각 DMU는 여러 가지 투입요소를 사용하여 다양한 산출물을 생산하는 책임중심점으로서 병원, 학교, 법원, 군부대, 은행을 비롯한 금융기간 등 여러 가지가 있을 수 있다.

DMU의 선정 시 지켜야 할 원칙으로는 각 DMU간에는 그 성격이 유사하여야 하고, 투입요소와 산출요소를 통제할 수 있는 경제주체이어야 하며, 평가대상이 되는 DMU의 수는 추정된 효율성 값이 신뢰도를 확보할 수 있도록 충분히 커야한다.

DEA방법은 투입과 산출의 명확한 관계를 밝히기 어려운 비영리적이며 공적인 DMU들 간의 상대적 효율성을 평가하기 위해 개발된 이래 은행지점의 영업성과 평가(Schaffnit, Rosen, & Parai, 1997), R&D 프로젝트 평가(Oral, Ossama & Lang, 1991), 생산기술의 선택(Shang & Sueyoshi, 1995), 소프트웨어 개발팀의 평가(Parkan, Lam & Hang, 1997), 소매점의 효율성 평가(Rhonda, Richard & Willa& John, 1998) 등 수많은 분야에 걸쳐 평가방법으로서 응용되어 왔다.

비율분석법이나 지수법은 보통 여러 가지 비율 혹은 지수 중 몇 가지는 유리하게 나타나고 몇 가지는 불리하게 나타날 경우 종합적으로 평가하는 어떤 체계적인 방법이 존재하지 않는다. 따라서 비율분석법에서 선택되는 비율들, 지수화 시키는데 사용되는 가중치의 선택 등이 상당히 주관적이다.

DEA기법의 특성은 첫째, 다수의 투입과 산출이 존재하나 이들을 적절한 방법으로 하나의 지수로 종합화하기 힘든 경우에 유용하게 사용될 수 있다. 특히, 투입 및 산출요소들의 측정단위가 각각 다른 경우에도 적용 가능하고 화폐단위로 표시 불가능하거나 매매의 대상이 될 수 없는 자원의 경우에도 적용이 가능하다.

둘째, DEA에서는 평가대상 조직들 중 투입과 산출관계가 유사한 다른 효율적인 조직들이 먼저 선정되고 이를 준거집단으로 하여 상대평가를 한다. 이에 따라, 비효율적인 조직의 경우에는 실현가능한 목표치의 설정이 가능하게 되고 비효율성의 원인이 순수 기술적인 것인지, 아니면 규모에 의한 것인지를 밝힐 수 있으며 각 DMU의 규모 수익에 대한 특성을 알 수 있다.

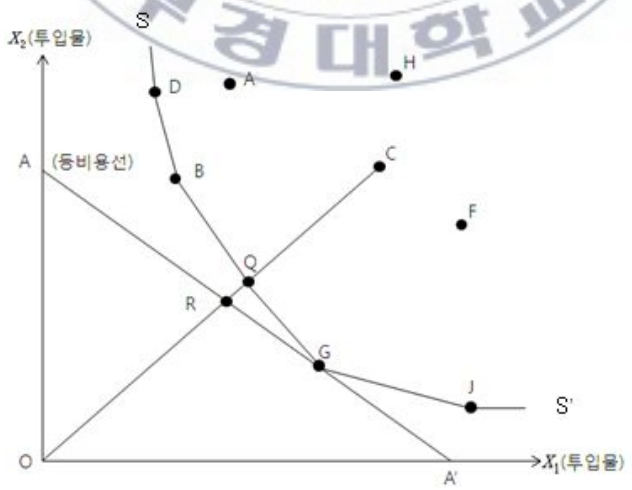
셋째, DEA에서는 평가 대상조직의 효율성을 최대로 하는 투입과 산출에 대한 가중치를 직접 추정하기 때문에, 비율분석 등과 같이 경영평가를 위한 항목별 가중치를 사전에 주관적으로 결정할 필요가 없다. 그리고 측정단위가 상이한 여러 가지의 투입요소와 산출물을 동시적으로 고려할 수 있다. 이와 같이 이들 측정단위가 상이한 여러 산출물 및 투입요소가 동시적에 사용되는 경우는 다른 측정방법에서는 거의 찾아볼 수가 없다.

넷째, 구체적인 생산함수에 관한 정의를 필요로 하지 않는다. 즉 효율적인 투입,

산출관계를 알 필요가 없다. 따라서 DEA는 비영리적이며 공적인 부문을 평가하는데 유용한데, 이들 조직의 산출은 시장경제에 의해 가격결정이 이루어지지 않고 산출에 필요한 투입량의 관계를 명확히 정의하기 어렵기 때문이다. 종래 특정한 비용함수를 정의하고 회귀분석법에 의해 구체적 비용함수를 추정하는 효율성 분석과는 달리, 특정한 함수형태를 사전에 가정하지 않고 단순한 정규분포에 의해 규정되는 생산가능 집합만을 가정하여 직접 분석하는 것이 특징이다.

본 연구에서 사용하는 DEA모형은 비모수적 접근방법 가운데 확정적 프론티어 생산함수(Deterministic Frontier Production Functions)에 속하며, 종래의 비용함수법이나 회귀분석법에서와 같이 모수적 형태로 표현되어진 사전적 생산함수에 대한 추정이 필요 없으며, 다수의 투입변수와 다수의 산출변수를 동시에 고려할 수 있다. DEA모형에 있어서 효율성 측정은 유사한 다수의 투입변수를 사용하여 유사한 다수의 산출변수를 얻기 위하여 유사한 기술을 사용하는 의사결정단위(Decision Making Unit : DMU)들 간의 상대적 효율성을 측정하기 위한 선형계획기법(linear Programming technique)이다. 여기에서 상대적이란 의미는 하나의 DMU의 효율성이 다른 DMU의 효율성에 의해 전해지는 것을 의미하며, 이는 곧 참조조합(Reference Set)이 되는 다른 유사 DMU들과의 비교를 통해 DMU의 효율성을 측정하는 것을 말한다.

[그림 Ⅳ-1] Farrell의 효율성 개념



DEA 모형을 이용한 효율성 측정의 기본논리는 Farrell(1957)이 제시한 경계를 기준으로 측정되는 기술 효율성(technical efficiency)과 배분 효율성(allocative efficiency)에서 찾을 수 있다.

Farrell은 두 가지 투입요소 X_1과 X_2와 하나의 산출물을 생산하는 규모의 수익불변(CRS:Constant Returns to Scale)의 조건에 있는 DMU를 예로 들고 [그림Ⅲ-1]을 통해 효율성 개념을 설명하였다. 효율적으로 운영되는 DMU는 등량곡선(isoquant) SS'상에 위치하므로 이를 기준으로 상대적 효율성을 측정할 수 있다.

DMU C는 등량곡선 SS'상에 있는 DMU Q와 동일한 비율로 투입요소 X_1, X_2를 결합하여 한 단위의 산출물을 생산한다. 이때, DMU Q는 DMU C와 비교하여 $\overline{QC}$의 거리만큼 투입요소의 사용비율을 $\overline{QC}$의 거리만큼 덜 사용하면서도 동일한 산출이 가능하며, 이때 $\overline{QC}$ 의 거리는 DMU C의 비효율성을 나타낸다.

DMU C의 기술 효율성(technical efficiency)은 (OQ/OC)로 표현되고 기술적 비효율성은 1- (OQ/OC)이다. 이렇게 측정되는 기술효율성은 0과 1사이의 값을 취하게 되며, 등량곡선상에 있는 DMU Q의 효율성은 1이 된다.

만일 등비용곡선(iso-cost curve)이 AA'이라면, 기술효율성과 함께 배분효율성(allocative efficiency)도 측정할 수 있다. DMU Q와 DMU G는 모두 같은 기술효율성을 갖고 있지만 등량곡선과 등비용곡선이 접하는 점에서 생산하는 DMU G만이 기술효율성과 배분효율성을 동시에 달성하고 있으며, DMU Q의 배분적 비효율성은 $\overline{RQ}$ 로 측정된다. 이때 DMU C의 비용효율성(cost efficiency) 혹은 전체 효율성(overall efficiency)은 기술효율성과 배분효율성의 곱으로 나타난다.

따라서 DMU C의 효율성은 아래와 같다.

$$\text{기술효율성((technical efficiency)} = \frac{OQ}{OC}$$

$$\text{배분효율성(allocative efficiency)} = \frac{OR}{OQ}$$

$$\text{전체효율성(overall efficiency)} = \text{기술효율성}\times\text{배분효율성} = \frac{OR}{OC}$$

특정 DMU의 상대적 효율성의 척도(ho)는 투입변수의 가중합에 대한 산출변수의 가중합의 비율의 극대값으로 표현되며, 이때 제약조건은 평가되는 DMU를 포함한 모든 DMU의 효율성 값이 '1'과 같거나 혹은 '1'보다 작아야 한다는 것이다. 특정 DMU O의 효율성을 측정하는 방법은 다음과 같다.

목적함수 : $$Max\ h_o = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (식1)$$

제약조건 : $$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1$$

$$\frac{u_r}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \geq \epsilon > 0\ ,$$

$$\frac{v_i}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \geq \epsilon > 0$$

j = 1, 2, ..., n : DMU의 수

i = 1, 2, ..., m : 투입변수 x의 수

r = 1, 2, ..., s : 산출변수 y의 수

이 식은 (s+m)개의 변수와 (n)개의 제약식을 갖는 nonlinear(nonconvex) programming 문제이다. 여기서 ϵ은 non-Archimedean 상수로 u_r과 v_i가 양의 값이 되도록 u_r과 v_i를 제약한다. 여기서 x_{ij}, y_{rj}(모든 양수)는 각각 j번째 DMU의 측정된 투입과 산출의 벡터를 나타낸다. 그리고 u_r, v_i(>0)는 이 문제의 해(解) 즉 참조조합으로 사용되는 DMU들의 표본자료에 의해 결정되는 변수의 가중치이다.

만약 DMU O가 동일한 투입요소를 사용하여 동일한 산출을 생산하는 다른 DMU들과 비교해서 효율적인 경우에만 h_o^*=1이 성립되며, 이 때 최적의 u_r^*, v_i^*(>0)는 DMU가 가능한 최고의 효율성 값을 주도록 선택된다. 따라서 (식1)의 해는 DMU O의 효율성 값을 극대화(h_o^*)시킬 수 있는 (u_r^*, v_i^*)의 값이다. (식1)의 모형은 비선형이고 비볼록(nonconvex)이므로 Charnes와 Cooper가 제시한 분수계획법(fractional programming)에 따라 이를 통상의 선형계획문제(LPO)로 대체할 수 있

다.

목적함수 : $(LP_o)\,Max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}$ ····· (식2)

제약함수 : $\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ri} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0$

$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1$

$u_r \text{ and } v_i \ge 0$

j = 1, 2, ..., n : DMU의 수

I = 1, 2, ..., m : 투입변수 x의 수

r = 1, 2, ..., s : 산출변수 y의 수

또는 쌍대문제(DLPO)

목적함수 : $(DLP_o)\quad Min\ \theta_o$ ····· (식3)

제약조건 : $\sum_{j=1}^{n} \lambda_r y_{rj} \ge y_{ro}$

$\theta_o x_{io} - \sum_{j=1}^{m} \lambda_j x_{ij} \ge 0$

j = 1, 2, ..., n : DMU의 수

I = 1, 2, ..., m : 투입변수 x의 수

r = 1, 2, ..., s : 산출변수 y의 수

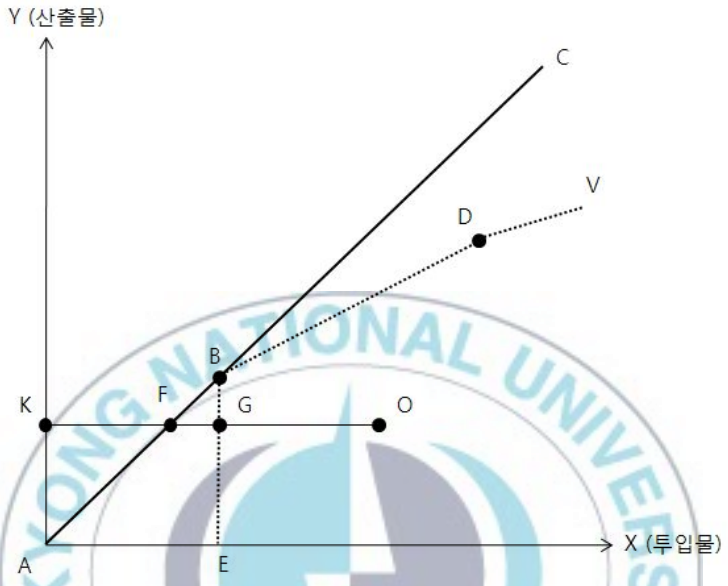
$\lambda_j \ge 0$

θ_o : free

(식3)에서 θ_o는 전체 기술적 효율성(overall technical efficiency)으로써 $0 \le \theta_o \le 1$이다. (식3)과 (식4)의 선형계획문제는 규모에 대한 수익 불변(constant returns

to scale : CRS)을 가정하고 있다. [그림 Ⅲ-2]]는 각각 1가지 투입변수와 산출변수를 선정하여 분석하는 경우의 예를 보이고 있다(W W Cooper, L M Seiford, Kaoru Tone. 2002).

[그림 Ⅳ-2] 1개의 투입물과 산출물 공간의 효율성



<그림 Ⅲ-1>에서 CCR문제의 해는 AC로 나타난다. 이 선상에 있는 DMU는 효율적인 DMU(θ_0=1)를 의미한다. 이 직선의 아래에 있는 DMU O는 비효율적인 경우를 의미한다. 이 경우 전체 기술적 효율성(θ_0)은 KF/KO의 비율로 측정되며 1보다 작다. 그러므로 (1- θ_o)는 F점에 있는 효율적인 DMU와 같은 수준의 생산물을 산출하기 위하여 줄여야 하는 투입물의 비율을 나타낸다.

이와 같이 구성된 DLP모형은 LP모형과는 다른 관점에서 경제적인 해석이 가능하다. (식3)의 제약 식에서 투입·산출에 관한 여유변수(slack variable) s^-와 s^+를 취하면, $\theta_{xo} - X\lambda \geq 0$은, $s^- = \theta_{xo} - X\lambda$가 되며, $Y\lambda \geq y_o$는, $s^+ = Y\lambda - y_o$가 된다. 또한 이에 따라서 DLPO의 목적함수 $Min\,\theta$는, $Min\,\theta - \varepsilon_{s^-} - \varepsilon_{s^+}$ 가 되며, 이는 다음의 (식4)와 같다.

목적함수 $(DLP_o)\ Min.\theta - \varepsilon_{s^-} - \varepsilon_{s^+}$ • • • • • • • • • • • • • • • (식4)

$\theta, \lambda, s^+, s^-$

제약함수 $s^+ = Y\lambda - y_o$

$s^- = \theta_{xo} - X\lambda$

$\lambda, s^+, s^- \geq 0$

그리고 전체 기술적 효율성은 순수 기술적 효율성(pure technical efficiency :PTE)과 규모의 효율성(scale efficiency :SE)으로 나누어진다. PTE와 SE는 규모에 대한 변동수익(variable returns to scale :VRS)을 측정할 수 있도록 하는 Σλ j= 1 $\sum\lambda_j = 1$의 제약식을 부가하여 구할 수 있다. 이러한 기술조건은 [그림 Ⅲ-2]에서 EBDV로 나타나 있으며, 점O에서 DMU O의 순수 기술적 효율성은 $KG/KO = \pi_o$로 주어지며, 이는 전체 기술적 효율성인 θ_o보다 크다. 또한 규모의 효율성은 $u_o = \theta_o/\pi_o$로 측정된다. $(1-\mu_o)$는 규모의 비효율성에 기인한 생산물의 부족분을 나타낸다. 기술수준이 CRS인 경우 규모의 효율성은 1이 된다.

만약 규모의 비효율성이 존재한다면$(\mu_o \neq 1)$, 이는 규모에 대한 수익체증(increasing returns to scale : IRS) 또는 규모에 대한 수익체감(decreasing return to cale : DRS)에 기인하는 것이다. 이 두 가지 가능성을 구별하기 위하여 (식4)와 (식5)의 LP는 $\sum\lambda_j \leq 1$의 제약식을 부가하여 해를 구해야 한다. 이러한 제약은 [그림 Ⅲ-2]에서 규모에 대해 비체증 수익(non-increasing returns to scale : NIRS)조건인 ABDV로 나타나며 점O에서 DMU O의 효율성은 $\delta_o = KF/KO$로 이 DMU의 경우 θ_o와 같아진다.

결국 3가지 기술수준을 나타내는 효율성은 다음과 같이 요약할 수 있다. θ_o는 CRS조건으로 전체 기술적 효율성을 나타내며, π_o는 VRS조건으로 순수 기술적 효율성을 그리고 δ_o는 NIRS의 조건에 대한 기술적 효율성을 의미한다. 또한 규모의 비효율성$(\mu_o \neq 1)$이 있을 때는 $\delta_o = \pi_o$인 경우 DRS에 기인하며, $\delta_o \neq \pi_o$인 경우에는 IRS에 기인하고, $\theta_o = \delta_o = \pi_o = \mu_o = 1$이면 CRS에 기인하는 것으로써 비효율성이 없다는 것을 의미한다.

2. 효율성분석 결과

1) 분석대상 및 변수의 선정

상대적인 효율성 분석을 위해 2010년 7월부터 9월까지 2개월간 설문조사를 통해 얻은 응답지 중 생산현황에 대하여 자세히 응답해주신 17명의 생산자들을 선정하여 총 17개의 DMU를 가지고 생산효율성을 분석하였다. 이들 생산자들은 대부분 광어 양식업 종사기간이 10년을 넘는 경력을 가지고 있으며, 2009년 한 해 동안의 생산 현황에 대하여 응답한 내용들을 대상으로 분석하였다.

투입변수로는 양식장 면적과 치어 입식량, 그리고 사료사용량의 3가지를 선정하였으며, 산출변수로는 총판매금액과 출하량의 2가지를 선정하여 분석하였다.

실증분석에는 DEA분석 프로그램 중 'ON FRONT'와 'DEA SOLVER'를 이용하였다. 이 두 가지 프로그램 안에 있는 CCR-I 모형[9]을 이용하여 각 DMU의 효율성을 비교하였다.

다음에 제시된 <표 Ⅳ-1>은 투입변수와 산출변수가 가지는 기술적 통계량을 나타내고 있다.

<표 Ⅳ-1> 투입변수와 산출변수의 기술적 통계량

구 분	Input			Output	
	면적 (평)	입식량 (마리)	사료사용량 (kg)	총판매금액 (원)	출하량 (kg)
Max	1,500	260,000	530,000	1,300,000,000	140,000
Min	500	70,000	120,000	100,000,000	10,000
Average	1,076	147,058	316,764	684,705,882	73,235
SD	292	54,639	120,720	334,543,018	35,025

9) CCR 모형 : Charnes, Cooper & rhodes 모형 규모수익불변을 가정, 반대로 BCC 모형(Banker, Charnes & Cooper) 규모수익가변을 가정. 여기서 I 는 투입지향을, O는 산출지향을 의미함.

<표 Ⅳ-2>는 분석에 사용된 DMU별 투입변수와 산출변수의 실제 데이터 값이다.

<표 Ⅳ-2> DMU별 투입변수와 산출변수

DMU	투입변수			산출변수	
	면적 (평)	입식량 (천마리)	사료투입량 (톤)	판매금액 (백만원)	출하량 (톤)
DMU1	1,000	130	350	1,100	95
DMU2	1,200	200	400	950	80
DMU3	1,500	250	500	1,300	140
DMU4	1,200	200	320	750	80
DMU5	1,000	150	350	540	65
DMU6	600	100	300	680	65
DMU7	1,100	150	300	770	80
DMU8	900	120	120	100	10
DMU9	1,000	150	215	740	85
DMU10	1,500	260	320	1,000	120
DMU11	500	70	180	350	40
DMU12	800	110	250	650	70
DMU13	1,500	200	400	410	37
DMU14	1,000	90	230	500	58
DMU15	1,500	120	530	1,200	140
DMU16	1,000	100	500	200	40
DMU17	1,000	100	120	400	40

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

2) 분석결과

<표 Ⅳ-3>은 광어양식업 생산자들의 효율성 분석결과를 보여주고 있다.

생산자들의 CRS평균은 0.797, VRS 평균은 0.8930, SE평균은 0.8805로 분석되었고, 비효율의 원인이 SE인 것이 9개, VRS인 것이 4개 인 것으로 나타났다. 생산자 DMU 중에서 DMU1, DMU6, DMU9, DMU15는 효율성 값이 1로 효율적인 DMU로 판별되었다.

<표 Ⅳ-3> 광어양식업 생산자들의 효율성 분석결과

DMU	CRS	VRS	SE	비효율성원인
DMU1	1.0000	1.0000	1.0000	Efficiency
DMU2	0.7500	0.7740	0.9690	VRS
DMU3	0.9857	1.0000	0.9857	SE
DMU4	0.7483	0.7556	0.9903	VRS
DMU5	0.6788	0.7038	0.9645	VRS
DMU6	1.0000	1.0000	1.0000	Efficiency
DMU7	0.8164	0.8461	0.9649	VRS
DMU8	0.2421	1.0000	0.2421	SE
DMU9	1.0000	1.0000	1.0000	Efficiency
DMU10	0.9485	1.0000	0.9485	SE
DMU11	0.8318	1.0000	0.8318	SE
DMU12	0.9480	0.9901	0.9575	SE
DMU13	0.3144	0.4353	0.7223	VRS
DMU14	0.8133	0.9753	0.8339	SE
DMU15	1.0000	1.0000	1.0000	Efficiency
DMU16	0.4132	0.7000	0.5903	SE
DMU17	0.9685	1.0000	0.9685	SE
평균	0.7917	0.8930	0.8805	SE

순수 기술적 효율성(VRS)은 0.8930, 규모의 효율성(SE)은 0.8805로 순수 기술적 효율성(VRS)에 비해 규모의 효율성(SE)이 약간 낮게 나타났지만 이 들 사이에 큰 차이가 없어 비슷한 수준으로 분석된다. 즉, 광어양식업에 있어 전체 기술적 효율성에 비효율성이 존재하는 원인은 투입물과 산출물에 따른 기술적인 비효율성 문제와 규모에 따른 비효율성문제 두가지 모두가 되는 것을 알 수 있다.

<표 Ⅳ-4>는 17개 DMU의 전체 기술 효율성 값(θ_o)과 순위를 나타낸다. DMU15, DMU1, DMU9, DMU6가 공동 1순위로 CCR-I모형에 의한 분석 값이 1인 가장 효율적인 DMU이다. DMU8은 θ_o값이 0.2421로 상대적으로 효율성이 가장 낮은 것으로 측정되었다. θ_o값이 0.8을 넘는 DMU가 11개로 65%를 차지하고 있고, θ_o값이 0.5이하인 DMU가 3개로 나타난 것을 보면 광어양식업에 있어 생산효율성은 대체로 비슷한 수준이라는 것으로 분석된다.

[그림 Ⅳ-15]은 17개 생산자의 θ_o값에 따른 순위별 그래프이다. [그림Ⅳ-16]는 17개 생산자의 DMU별 θ_o값을 도식화하였다.

<표 Ⅳ-5>는 참조조합과 람다 값을 나타내고 있는데 DMU1을 참조조합으로 나타내는 것이 7개, DMU6을 참조조합으로 나타내는 것이 6개, DMU9를 참조조합으로 나타내는 것이 12개, DMU15를 참조조합으로 나타내는 것이 3개인 것으로 나타났다.

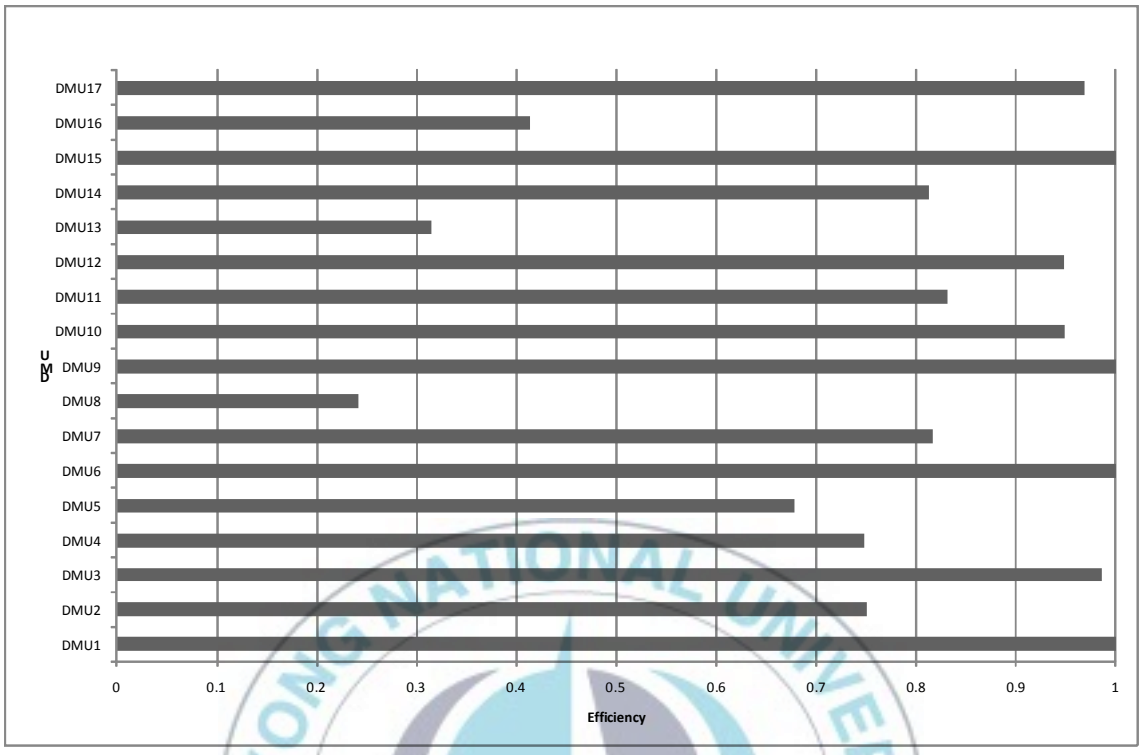
<표 Ⅳ-6, 7, 8, 9>는 CCR-I모형을 이용한 17개 DMU들의 각 효율성 측정값과 최적 투입변수($\hat{x}$)와 최적 산출변수($\hat{y}$)의 수준을 보여준다. 측정된 값과 최적 변수 값의 차이와 증감비율을 분석하여 개선방향과 정도를 가늠할 수 있다. 이를 살펴보면 효율적인 DMU로 판별된 4개의 DMU를 제외하면 나머지는 DMU가 음(-)의 투영값을 가지는 것을 알 수 있다. 상대적으로 비효율성이 높은 DMU8, DMU13, DMU16은 매우 큰 차이를 보여주는데 이는 가장 효율적인 DMU들과의 효율성 값이 현격히 차이가 나서 추정치가 과대하게 측정되는 면이 있는 것으로 판단된다.

<표 Ⅳ-4> 전체 기술효율성 값(θ_o)과 순위

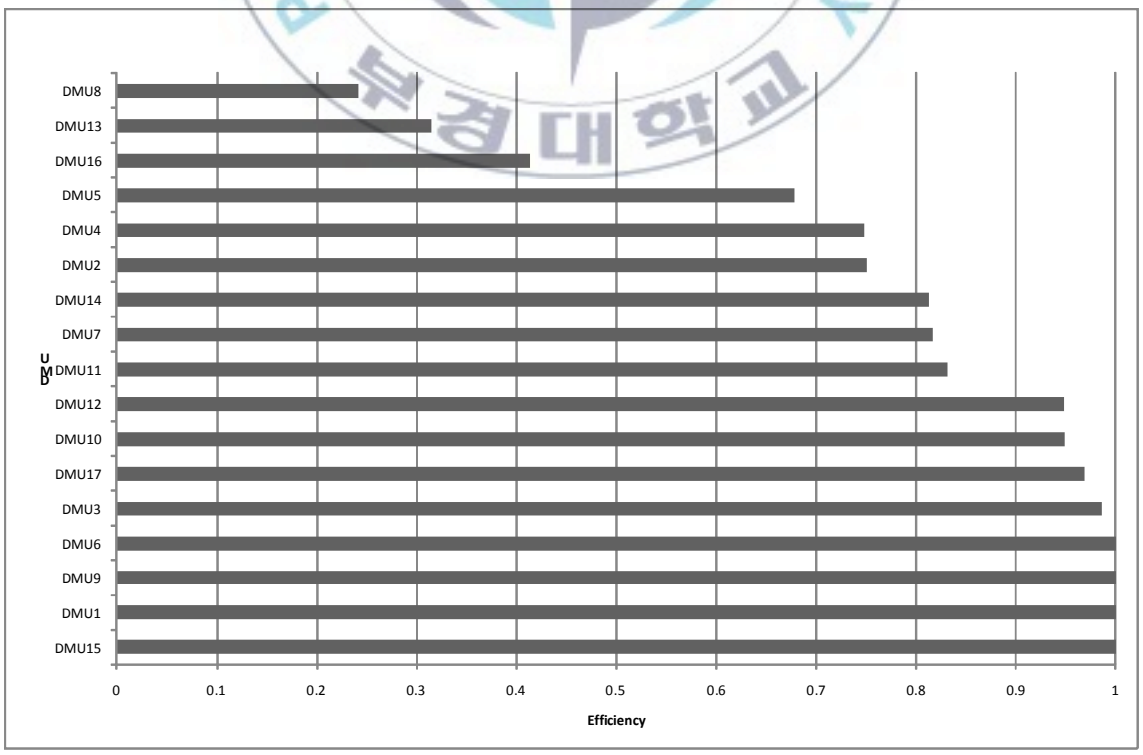
Rank	DMU	CCR-I(θ_o)
1	DMU15	1.0000
1	DMU1	1.0000
1	DMU9	1.0000
1	DMU6	1.0000
5	DMU3	0.9857
6	DMU17	0.9685
7	DMU10	0.9485
8	DMU12	0.9480
9	DMU11	0.8318
10	DMU7	0.8164
11	DMU14	0.8133
12	DMU2	0.7500
13	DMU4	0.7483
14	DMU5	0.6788
15	DMU16	0.4132
16	DMU13	0.3144
17	DMU8	0.2421

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

[그림 Ⅳ-3] DMU별 θ_o그래프



[그림 Ⅳ-4] θ_o 순위별 그래프



PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

<표 Ⅳ-5> 참조조합과 람다값(λ)

DMU	Score	Reference set (lambda)					
DMU1	1.0000	DMU1	1.0000				
DMU2	0.7500	DMU1	0.7889	DMU9	0.1111		
DMU3	0.9857	DMU6	1.0232	DMU9	0.8646		
DMU4	0.7483	DMU1	0.1234	DMU6	0.1739	DMU9	0.6703
DMU5	0.6788	DMU1	0.1921	DMU6	0.3842	DMU9	0.2562
DMU6	1.0000	DMU6	1.0000				
DMU7	0.8164	DMU1	0.2895	DMU9	0.5163	DMU15	0.0615
DMU8	0.2421	DMU9	0.1351				
DMU9	1.0000	DMU9	1.0000				
DMU10	0.9485	DMU9	1.4118				
DMU11	0.8318	DMU1	0.2755	DMU6	0.1351	DMU9	0.0593
DMU12	0.9480	DMU1	0.4949	DMU6	0.0417	DMU9	0.2385
DMU13	0.3144	DMU1	0.2177	DMU9	0.2305		
DMU14	0.8133	DMU9	0.3044	DMU15	0.2295		
DMU15	1.0000	DMU15	1.0000				
DMU16	0.4132	DMU6	0.1589	DMU15	0.2119		
DMU17	0.9685	DMU9	0.5405				

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

<표 Ⅳ-6> 최적 투입변수($\hat{x}$)와 최적산출변수($\hat{y}$)의 수준(1)

DMU I/O	Score Data	Projection	Difference	%
DMU1	1			
면적(평)	1,000	1,000	0	0.00%
입식량(천마리)	130	130	0	0.00%
사료사용량(톤)	350	350	0	0.00%
총판매금액(백만원)	1,100	1,100	0	0.00%
출하량(톤)	95	95	0	0.00%
DMU2	1			
면적(평)	1,200	900	-300	-25.00%
입식량(천마리)	200	119	-80	-40.39%
사료사용량(톤)	400	300	-100	-25.00%
총판매금액(백만원)	950	950	0	0.00%
출하량(톤)	80	84	4	5.49%
DMU3	1			
면적(평)	1,500	1,479	-21	-1.43%
입식량(천마리)	250	232	-18	-7.20%
사료사용량(톤)	500	492	-8	-1.43%
총판매금액(백만원)	1,300	1,335	35	2.74%
출하량(톤)	140	140	0	0.00%
DMU4	1			
면적(평)	1,200	898	-302	-25.17%
입식량(천마리)	200	133	-67	-33.01%
사료사용량(톤)	320	2391	-80	-25.17%
총판매금액(백만원)	750	750	0	0.00%
출하량(톤)	80	80	0	0.00%
DMU5	1			
면적(평)	1,000	679	-321	-32.12%
입식량(천마리)	150	101	-49	-32.12%
사료사용량(톤)	350	237	-113	-32.12%
총판매금액(백만원)	540	662	122	22.62%
출하량(톤)	65	65	0	0.00%

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

<표 Ⅳ-7> 최적 투입변수($\hat{x}$)와 최적산출변수($\hat{y}$)의 수준(2)

DMU I/O	Score Data	Projection	Difference	%
DMU6	1.0000			
면적(평)	600	600	0	0.00%
입식량(천마리)	100	100	0	0.00%
사료사용량(톤)	300	300	0	0.00%
총판매금액(백만원)	680	680	0	0.00%
출하량(톤)	65	65	0	0.00%
DMU7	0.8164			
면적(평)	1,100	898	-202	-18.36%
입식량(천마리)	150	122	-28	-18.36%
사료사용량(톤)	300	244	-56	-18.36%
총판매금액(백만원)	770	774	4	0.56%
출하량(톤)	80	80	0	0.00%
DMU8	0.2421			
면적(평)	900	135	-765	-84.98%
입식량(천마리)	120	20	-100	-83.11%
사료사용량(톤)	120	29	-91	-75.79%
총판매금액(백만원)	100	100	0	0.00%
출하량(톤)	10	11	1	14.86%
DMU9	1.0000			
면적(평)	1,000	1,000	0	0.00%
입식량(천마리)	150	150	0	0.00%
사료사용량(톤)	215	2150	0	0.00%
총판매금액(백만원)	740	740	0	0.00%
출하량(톤)	85	85	0	0.00%
DMU10	0.9485			
면적(평)	1,500	1,412	-88	-5.88%
입식량(천마리)	260	211	-49	-18.55%
사료사용량(톤)	320	303	-17	-5.15%
총판매금액(백만원)	1,000	1,045	45	4.47%
출하량(톤)	120	120	0	0.00%

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

<표 Ⅳ-8> 최적 투입변수($\hat{x}$)와 최적산출변수($\hat{y}$)의 수준(3)

DMU I/O	Score Data	Projection	Difference	%
DMU11	0.8318			
면적(평)	500	416	-84	-16.82%
입식량(천마리)	70	58	-12	-16.82%
사료사용량(톤)	180	149	-31	-16.82%
총판매금액(백만원)	350	438	88,	25.39%
출하량(톤)	40	40	0	0.00%
DMU12	0.9480			
면적(평)	800	758	-42	-5.20%
입식량(천마리)	110	104	-6	-5.20%
사료사용량(톤)	250	237	-13	-5.20%
총판매금액(백만원)	650	749	99	15.27%
출하량(톤)	70	70	0	0.00%
DMU13	0.3144			
면적(평)	1,500	448	-1,052	-70.12%
입식량(천마리)	200	62	-138	-68.56%
사료사용량(톤)	400	125	-275	-68.56%
총판매금액(백만원)	410	410	0	0.00%
출하량(톤)	37	40	3	8.84%
DMU14	0.8133			
면적(평)	1,000	649	-351	-35.14%
입식량(천마리)	90	73	-16	-18.67%
사료사용량(톤)	230	187	-42	-18.67%
총판매금액(백만원)	500	500	622	0.12%
출하량(톤)	58	58	0	0.00%
DMU15	1.0000			
면적	1,500	1,500	0	0.00%
입식량	120	120	0	0.00%
사료사용량	530	530	0	0.00%
총판매금액	1,200	1,200	0	0.00%
출하량	140	140	0	0.00%

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

<표 Ⅳ-9> 최적 투입변수($\hat{x}$)와 최적산출변수($\hat{y}$)의 수준(4)

DMU I/O	Score Data	Projection	Difference	%
DMU16	0.4132			
면적(평)	1,000	413	-587	-58.68%
입식량(천마리)	100	41	-59	-58.68%
사료사용량(톤)	500	160	-340	-68.00%
총판매금액(백만원)	200	362	162	81.19%
출하량(톤)	40	40	0	0.00%
DMU17	0.9685			
면적(평)	1,000	541	-459	-45.95%
입식량(천마리)	100	81	-19	-18.92%
사료사용량(톤)	120	116	-4	-3.15%
총판매금액(백만원)	400	400	0	0.00%
출하량(톤)	40	45	5	14.86%

3. 효율성 제고방안

앞에서 분석된 DEA결과를 살펴보면 전체 17개의 DMU 중에서 DMU1, DMU6, DMU9, DMU15 4개의 DMU만이 효율적인 생산을 하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 광어양식업에서 30% 미만의 생산자들만이 효율적인 생산을 하고 있고, 나머지 70% 이상의 생산자들은 다소 비효율적인 생산을 하고 있는 것으로 분석된다. 하지만 비효율성의 정도가 상대적으로 크지 않아 생산자들의 생산성 정도는 크게 차이가 나지 않는 것으로 분석된다. 그렇다고 해서 비효율성이 존재하는 것을 무시하고 방치할 수는 없다. 비효율성의 원인을 파악했다면 개선할 방안을 모색해야 하는 것이 당연한 것이고, 더 발전된 산업으로 나아가기 위해서는 반드시 생산효율성을 증대시켜야만 할 것이다.

앞에서 나타난 것처럼 양식광어의 생산에 있어 비효율성이 나타나는 이유는 투입과 산출물에 따른 기술적인 비효율성과 규모에 따른 비효율성이 모두 나타나기 때

문이라는 것을 알 수 있다. 그리고 17개의 DMU중에서 상대적 효율성이 가장 높게 나타난 4개의 DMU들도 이들 17개의 DMU중에서 상대적인 효율성이 높음을 의미하는 것이지 절대적으로 효율성이 높음을 의미하는 것이 아니다. 만약에 전반적인 양식광어의 생산방식 전체가 비효율적인 상태라고 한다면, 이들 4개의 DMU들도 비효율적인 생산을 하고 있는 것으로 볼 수 도 있다. 즉, 본 연구에서 분석을 통해 밝혀진 비효율성의 원인을 해결한다는 것은 절대적으로 100% 효율적인 생산을 위한 것이 아니라, 현재의 생산자들 중에서 비효율적인 생산자들의 생산방식을 비교적 효율적으로 생산하는 생산자들의 생산방식과 비교하여 비효율적인 부분을 보완하고자 하는 것이다.

예를 들어 가장 비효율적으로 생산하고 있는 DMU8의 경우를 살펴보면, 900평의 면적에서 12만 마리의 치어를 입식하고, 120톤의 사료를 투입함으로 인해 1억 원의 판매금액과 10톤의 출하량을 산출하고 있는 것으로 보여 지고 있다. DEA분석 결과를 보면, 135평의 면적에서 20,270마리의 치어를 입식하고 29,054kg의 사료를 투입하면 1억 원의 판매금액과 기존의 10톤 보다 많은 11.4톤의 출하량을 산출할 수 있는 것으로 분석되었다(<표 Ⅳ-6>참조).

이러한 비효율성이 나타나는 원인은 모든 DMU들이 투입요소를 과다 투입하여 그에 비해 산출분이 적기 때문이다. 비효율정도를 DEA분석을 통해 규명하였으며 비효율을 없애기 위한 투입요소의 감소수준을 정리해보면 <표 Ⅳ-10>과 같다.

<표 Ⅳ-10> DMU별 투입요소의 감축정도

DMU	면적	입식량	사료투입량
DMU2	-25.00%	-40.39%	-25.00%
DMU3	-1.43%	-7.20%	-1.43%
DMU4	-25.17%	-33.01%	-25.17%
DMU5	-32.12%	-32.12%	-32.12%
DMU7	-18.36%	-18.36%	-18.36%
DMU8	-84.98%	-83.11%	-75.79%
DMU10	-5.88%	-18.55%	-5.15%
DMU11	-16.82%	-16.82%	-16.82%
DMU12	-5.20%	-5.20%	-5.20%
DMU13	-70.12%	-68.56%	-68.56%
DMU14	-35.14%	-18.67%	-18.67%
DMU16	-58.68%	-58.68%	-68.00%
DMU17	-45.95%	-18.92%	-3.15%
평균	-32.68%	-32.28%	-27.96%

위 표에서 나타나는 것처럼 비효율의 평균적인 원인은 면적이 32.68%, 입식량이 32.28%, 사료투입량이 27.96% 정도 과대 투입되었기 때문으로 나타났다. 이렇게 모든 DMU들이 투입량의 과소투입으로 인해 비효율성이 나타나게 되는 원인은 폐사율을 생각하지 않았기 때문으로 분석된다.

이러한 비효율성 정도를 감안하여 DEA분석을 통해 투입요소의 적정수준을 도출시킬 수 있다. 즉, 상대적으로 효율적인 DMU들과 비교하여 비효율적인 DMU들이 효율적으로 생산하기 위한 최적수준이 나타나는데 이들을 정리해보면 <표 Ⅳ-10>과 같다.

<표 Ⅳ-11> DMU별 최적 투입·산출 수준

최적 수준					
DMU	투입변수			산출변수	
	면적 (평)	입식량 (천마리)	사료사용량 (톤)	총판매금액 (백만원)	출하량 (톤)
DMU1	1,000	130	350	1,100	95
DMU2	900	119	300	950	84
DMU3	1,479	232	492	1,335	140
DMU4	898	133	239	750	80
DMU5	679	101	237	662	65
DMU6	600	100	300	680	65
DMU7	898	122	244	774	80
DMU8	135	20	29	100	11
DMU9	1,000	150	215	740	85
DMU10	1,412	211	303	1,044	120
DMU11	416	58	149	438	40
DMU12	758	104	237	749	70
DMU13	448	62	125	410	40
DMU14	649	73	187	500	58
DMU15	1,500	120	530	1,200	140
DMU16	413	41	160	362	40
DMU17	541	81	116	400	45
평균	807	109	248	717	74

<표 Ⅳ-11>과 같이 투입변수를 조정하게 되면 모든 DMU들의 효율성을 1이 된다. 이 때의 모든 DMU들의 평균적인 투입요소와 산출요소의 평균을 살펴보면 면적 87평에 치어입식량 109,560투입과 248,128kg의 사료를 사용하여 74,123kg의 출하량을 통해 717,524,150원의 판매금액을 확보한다고 분석되었다.

이를 다시 면적을 기준으로 정리해보면, 아래의 표들과 같이 나타난다.

<표 Ⅳ-12> 500평 이하 최적수준

DMU	투입변수			산출변수	
	면적(평)	입식량 (천마리)	사료사용량 (톤)	총판매금액 (백만원)	출하량 (톤)
DMU8	135	20	29	100	11
DMU11	416	58	150	438	40
DMU13	448	63	126	410	40
DMU16	413	42	160	362	40
평균	353	46	116	327	32

<표 Ⅳ-13> 500평~999평 최적수준

DMU	투입변수			산출변수	
	면적(평)	입식량 (천마리)	사료사용량 (톤)	총판매금액 (백만원)	출하량 (톤)
DMU2	900	119	300	950	84
DMU4	898	133	239	750	80
DMU5	679	101	237	662	65
DMU6	600	100	300	680	65
DMU7	898	122	245	774	80
DMU12	758	104	237	749	70
DMU14	649	73	187	500	58
DMU17	541	81	116	400	46
평균	740	104	233	683	68

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

<표 Ⅳ-14> 1000평~1500평 최적수준

DMU	투입변수			산출변수	
	면적(평)	입식량 (천마리)	사료사용량 (톤)	총판매금액 (백만원)	출하량 (톤)
DMU1	1,000	130	350	1,100	95
DMU3	1,479	232	493	1,335	140
DMU9	1,000	150	215	740	85
DMU10	1,412	211	303	1,045	120
DMU15	1,500	120	530	1,200	140
평균	1,278	169	378	1,084	116

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

제Ⅴ장
결 론

1. 요약 및 시사점

설문조사를 통해 현재의 광어양식업의 실태와 양식광어생산자들이 현재의 생산환경에 대하여 어떻게 생각하는지와 그들의 생산효율성이 어떠한지를 DEA분석을 통해서 살펴보았다. 그 결과, 17개의 DMU중에서 4개의 DMU가 상대적으로 효율적인 생산을 하고 있었고 그 외의 DMU들은 앞의 4개 DMU에 비해서 비효율적으로 생산하고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 상대적으로 비효율적인 DMU들의 비효율성의 원인은 투입요소의 과다투입이 원인이었고 평균적으로 모든 투입요소들의 투입분을 약 30%정도씩 감소하여야 하는 것으로 나타났다. 또한 이러한 비효율성의 원인이 과다투입이 아닌 과소투입으로 일관하는 것은 생산자들이 폐사율을 고려하지 않은 채 투입요소를 투입하기 때문인 것으로 판단된다.

이러한 비효율적인 생산을 보다 효율적으로 바꿀 수 있다면 현재보다 좀 더 나은 생산을 할 수 있을 것이라고 판단되며 양식산업 역시 보다 선진적인 형태로 나아갈 수 있을 것이라고 생각된다. 그러므로 DEA분석을 통해 도출해 낸 결과를 살펴보면, 비효율적인 DMU들이 효율적인 DMU들과 비교해서 마찬가지로 효율성값이 1이 되기 위한 투입변수와 산출변수들의 최적수준을 정리하여 보았다. 그리고 평균적인 투입변수와 산출변수의 적정수준역시 정리하여 보았다.

본 연구에서 도출해낸 투입변수들과 산출변수들의 적정수준을 광어양식업에 적용된다면 광어양식경영에 있어 다소 도움이 될 것이라고 판단되며 새롭게 광어양식업을 시도하려는 사람들에게 어느 정도의 가이드적인 역할을 할 수 있을 것이라고 생각되어진다.

이번연구는 우리나라 수산업에 대한 제고와 나아가 식량문제에 대한 걱정에서부터 시작하였다. 본래 우리나라는 50년 전만 하더라도 농업국가였다. 하지만 현재는 세계적인 IT강국으로 자리 잡고 있으며, 농업국가라는 이미지를 완전히 지우게 되었다. 하지만 식량자원이 부족하게 된다면 아무리 다른 생산기술들이 발달했다 하더라고 결국 그 나라는 살아가기 힘들다. 현재의 식량소비행태, 기후변화, 산업발달

등을 살펴볼 때 가까운 미래에 식량자원부족 현상이 발생할 것이고, 세계는 식량안보문제를 가장 중요한 이슈로 여기게 될 것이다.

이러한 점에서 볼 때 양식업은 미래 식량확보의 대안으로 부각하고 있으며, 양식업의 발전을 통해 다가올 미래를 준비해야 할 것이다. 특히 우리나라 양식어업은 세계 우위의 기술경쟁력과 인프라를 갖추고 있어 단위면적당 생산성 등에서 상대적인 우위를 점하고 있다. 또한 전통적으로 수산물을 선호하는 식문화와 함께 정부의 강력한 지원도 커다란 강점이라 할 수 있다.

그러나 최근 들어 수산물 수입자유화, 잇단 FTA 체결, 그리고 최근 대두되고 있는 기후변화 등 양식어업을 둘러싼 대외 어업환경이 급변하고 있고, 양식장 환경문제, 양식수산물의 위생문제, 그리고 가장 큰 문제라 할 수 있는 것은 양식수산물에 대한 부정적인 이미지 등이 우리 양식어업에 위협이 되고 있다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 우선 광어양식업에 대한 각 분야에서의 연구가 많이 이루어져야 한다. 건강하고 위생적인 광어를 생산하기 위한 수산과학분야에서의 연구도 중요하지만 광어를 효율적으로 생산하고 또한 생산된 광어를 효율적으로 유통, 판매하는 것 또한 매우 중요하다고 볼 수 있다. 국내에서의 광어의 수요는 다소 정체되어 있다고 판단되며, 이제는 수출증대를 통한 광어양식업의 활성화를 모색해야 할 것이다.

이를 위해서는 우선 폐사율을 줄이고, 광어의 빠른 출하를 위해서 생장속도를 높여야한다. 또한 광어양식장의 환경과 깨끗하고 맛있는 광어의 생산을 위해 위생환경에도 각별히 신경을 써야 할 것이다. 일단 광어의 품질이 향상되고 나면 유통단계를 간소화, 체계화 시켜 광어단가를 낮출 수 있도록 하여야 한다. 아직 양식광어의 유통체계가 확립되어 있지 때문에 이를 위해서는 정부가 하나의 유통조직을 설립시키거나 광어연합에 유통권한을 일임시키는 등의 조치가 필요할 것이다. 또한 가장 중요한 것은 많은 사람들이 양식광어에 대한 이미지를 바꾸는 것이 중요한데, 정부가 수돗물의 깨끗함을 지속적으로 홍보하는 것처럼 양식광어 또한 자연산어류에 비해 안전성에서 뒤지지 않고 또한 자연산어류 보다 더 맛있고 안전한 횟감임을 자랑스럽게 홍보할 수 있도록 노력을 요해야 할 것이다.

우리나라는 어류양식업에 있어서 다른 국가들에 비해 훨씬 유리한 입지를 점하고 있다. 우선 세계최대의 수산물 소비국인 일본과 중국 사이에 위치해 있을 뿐만 아니라 생산 환경 또한 뒷받침이 되어주기 때문에 조금만 더 노력이 더해진다면 세계 제일의 어류양식국가로 나아갈 수 있을 것이다. 이러한 점에서 현재 어류양식의 대표적인 품목이라 할 수 있는 광어양식업의 발전은 무엇보다도 중요하고, 우리나라 양식광어가 세계적으로 뻗어 나갈 수 있게 된다면 다른 어류양식품종의 선전도 뒤

따를 것으로 판단된다.

본 연구는 보다 효율적인 양식광어의 생산을 위해서 조금이나마 생산자들에게 가이드적인 역할을 하였으면 하는 바람에서 시작하였으며 연구를 통해 양식업의 발전이 우리 모두에게 필요함을 생각하게 되었다. 끝으로 어류양식업은 단지 생산과 판매에 국한되는 산업이 아니라 인류의 식량문제 해결을 위해서, 그리고 세계인의 발전된 식문화를 위해서 최선을 다해야 할 것이다.

2. 연구의 한계점 및 연구방향

본연구가 가지는 한계점은 분석방법의 특성상의 한계와 분석데이터의 양으로 인해 발생하는 한계점으로 나누어 생각해 볼 수 있다.

먼저 DEA모형은 본래 투입과 산출의 명확한 인과관계를 밝히기 어려운 비영리적이며 공적인 의사결정단위(DMU)들의 상대적 효율성을 평가하기 위하여 개발된 기법이다. 그러므로 비영리적이지 않은 광어양식 생산자들을 DMU로 선정하는 데는 다소 바람직하지 않다고 보여 진다. 하지만 효율성을 평가하는데 있어 DEA분석 기법이 상당히 유용하기 때문에 상대적인 생산자들의 효율성을 비교하는 데에는 크게 문제가 되지 않을 것으로 보여 진다.

다음은 본래 전수조사를 실시하여 분석을 시도하려 하였으나, 그 응답률이 예상보다 훨씬 못 미쳤다는 점에서 아쉬운 점을 남겼다. 469명의 설문대상자들 중 100개의 설문지를 회수 할 수 있을 것이라는 예상과는 달리 10%정도에서 회수율이 머물렀기 때문에 전체적인 생산자들의 의견을 파악하기에는 다소 무리라고 생각되어 진다. 하지만 10%정도의 응답만으로도 비교적 의견들의 성향을 살펴볼 수 있었기 때문에 전체 생산자들의 의견을 반영하는 데에 무리가 되지 않을 것으로 보인다.

이번 연구를 통하여 보다 체계적인 형태로 광어양식 산업이 자리잡고 있었더라면 보다 더 심층적이고 정확한 연구를 할 수 있을 것이라는 생각이 들었다. 광어양식 산업의 발전을 위해서는 이러한 연구들이 더 많이 이루어 져야 할 것이고, 이러한 연구를 추진하는 주체는 정부와 대표조직이 되어야 할 것이다. 산업의 전반적인 체계화를 달성 한다면 연구개발이 보다 용이해질 뿐만 아니라 질적인 부분 역시 상당한 진전을 가지고 올 것이라고 판단된다.

참고문헌

김수현, 「넙치 대표조직 발전의 첨병, 넙치연구회를 찾아서」 월간 KMI수산동향, 한국해양수산개발원, 2010.

김수현·백은영, 「양식넙치 수급동향과 2009년 하반기 전망」, 수산정책연구, 2009.

노승국, 「자율관리어업의 효율성분석」, 부경대학교 대학원, 석사학위 논문, 2009.

백은영, 「넙치의 수출현황과 수출확대 방안」, 수협중앙회, 수협통계조사월보, 2010.

옥영수, 「넙치 양식업의 실태 분석과 향후 발전방향」, 한국해양수산개발원, 월간

유금록, 「공공부문 정보화의 상대적 효율성 평가방법론 - 자료포락분석(DEA)을 중심으로」, 2004년 국가 R&D사업 생산성 향상을 위한 연구관리교육훈련사업, 2004.

유동운, 「현대수산경제론」, 태화출판사, 2000.

유동운, 「환경경제학」, 비봉출판사, 1992.

이기영, 「DEA를 통한 HACCP 도입의 효율성분석 - 부산지역 수산물 유통·가공업체를 중심으로」,부경대학교 대학원, 석사학위 논문, 2009.

이남수, 「양식 광어의 유통 및 소비구조에 관한 연구」, 수산경영론집, 제37권 제2호, 2006.

이정의, 「한국양식산업의 미래비전」 수협중앙회, 수협통계조사월보. 2009.

이선영, 「국내 수산물 소비지시장의 지역별 가격결정구조에 관한 연구」, 부경대학교 대학원, 박사학위 논문, 2007.

이승래·백진이 역, 「21세기 일본 해면양식업의 현상과 과제」, 어정연구포럼, 2002.

조용훈, 「양식수산물 소비촉진에 관한 제언」 수협중앙회, 수협조사월보, 2003.

최치훈, 「책임있는 양식관리를 통한 어류양식업의 지속적 발전에 관한 연구」, 부경대학교 대학원, 박사학위 논문, 2005.

한국해양수산개발원, 「김, 넙치, 전복 수출 확대 방안에 관한 연구」, 2009.

한국해양수산개발원, 「양식어류의 소비변화 분석과 대응방안 연구」, 2008.

한국해양수산개발원, 「양식넙치의 수급요인 분석과 가격변동에 관한 연구」, 2006.

한국해양수산개발원, 「기르는 어업의 잠재력 조사 및 발전방안에 관한연구」, 2003.

한국해양수산개발원, 「지속가능한 어업실현을 위한 자원관리 강화」, 2003.
해양수산동향, 제271호, 2007.04.

관세청, 수출입통계, 각 년도.
관세청 및 한국무역정보통신(KTnet), 수출입통계.
농민신문, http://www.nongmin.com
농수축산신문, http://www.aflnews.co.kr/aflnews/index.asp
수산인신문, http://www.isusanin.com
어민신문, http://www.eomin.co.kr
어업생산통계시스템, http://fs.fips.go.kr.
한국수산경제신문, http://www.fisheco.com
한국수산신문, http://www.fisheriesnews.co.kr
해양수산부, 해양수산통계연보, 각 년도.
한국해양수산개발원, 어류관측월보, 각 호.

Bryan, F. L, Hazard Analysis Critical Control Point Approach : Epidemioligic Rational and Application to Food service Operations, Journal of Environmental Health, 44(1) : 7~14, 1981.

Charnes, A., W. W. Cooper, E. Rhodes, Measuring the efficiency of Decision Making Units, European Journal of Operational Research, Vol.2, p.429~444, 1978.

Sean Pascoe, Diana Tingley and Ben Cattermoul, Estimating the efficiency of UK English Channel vessels using DEA and Stochastic Production Frontiers, Centre forthe Economis and Management of Aquatic Resources, Technical efficiency in EU fisheries : implications for monitoring and management through effort controls, TEMEC project 2002.

W. J Baumol, J. c. Panzar and R. D. Willing, Contestable Markets and the Theory of Industry Strucure, Harcourt Brace Jovanovich Inc., New York, 1982.

W. W. Cooper, L M Seiford, Kaoru Tone, Data Envelopment Analysis : A Comprehensive Text with Models, Application, References and DEA-Solver Software, third printing, 2002.

<광어양식 어업인 설문조사서>

광어양식 현황과 관련된 기초 조사입니다. 양식어업인 여러분의 평소 의견을 고려하여 '○' 또는 '√' 표시를 해주시거나 빈칸에 내용을 기입하시면 됩니다.

1. 귀하는 광어양식어업에 몇 년 동안 종사하였습니까?

① 3년 미만 ② 3년 이상~5년 미만

③ 5년 이상~10년 미만 ④ 10년 이상

2. 귀하가 광어 이외에 다른 어종을 양식하고 있으면 표시하여 주십시오.

① 광어(광어)만 양식 ② 우럭(조피볼락) ③ 돔

④ 방어 ⑤ 기타 ( )

3. 최근 3년간(2007-2009년)의 생산 및 판매실적에 대한 질문입니다. 단위를 잘 확인하시어 빈칸에 적어주시기 바랍니다.

연도 / 구분	2007	2008	2009	평균
면적(평)				
입식량(천미)				
출하량(kg)				
사료사용량(톤)				
폐사량(천미)				
총판매금액				
순수익액				
평균경비율(%)				

4. 귀하는 광어양식 경영상의 어려움을 겪은 적이 있습니까?

① 있다(6번으로 가시오) ② 없다(7번으로 가시오)

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

5. (위의 5번 문항 ①에 답한 분만 답하세요) 귀하가 광어양식 경영상 어려움을 겪은 적이 있다면 그 주된 원인은 무엇입니까?

① 불량 종묘 입식 ② 어류 질병으로 인한 폐사
③ 사료 구입 등에 의한 자금 부족 ④ 어가 폭락
⑤ 적조나 수질문제로 인한 폐사 ⑥ 기타 ( )

6. 양식된 광어는 주로 어디로 출하됩니까? (주된 곳 1곳만 표시하시기 바랍니다)

① 서울·인천·경기 ② 부산·울산·경남 ③ 대구·경북 ④ 대전·충남북
⑤ 광주·전남북 ⑥ 강원 ⑦ 제주 ⑧ 해외수출

7. 귀하가 양식한 광어를 출하하는 형태는 다음 중 어느 것입니까?

① 수협을 통한 계통출하 ② 양식수산물 수집상을 통한 출하
③ 횟집 등 소비지 직출하 ④ 기타 ( )

8. 현재 양식광어를 수출하고 있습니까?

① 있다(10~12번으로 가시오) ② 없다(13번으로 바로 가시오)

9. (9번 문항의 ①에 답하신 경우) 현재 주로 어디로 수출하고 있습니까?

① 일본 ② 중국 ③ 미국 ④ 동남아 ⑤ 기타 ( )

10. (9번 문항의 ①에 답하신 경우) 전체 출하량 중 수출 비중은 어느 정도입니까?

① 5% 미만 ② 5~10% ③ 10~25% ④ 25~50% ⑤ 50% 이상

11. (9번 문항의 ①에 답하신 경우) 수출시 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?

① 판로개척 ② 수송 등 물류문제
③ 품질유지 ④ 대금 회수 ⑤ 기타 ( )

12. (9번 문항에 ②에 답하신 경우) 수출을 하지 않는 주된 이유는 무엇입니까?

① 필요성을 못 느껴서 ② 수익성이 크지 않아서 ③ 어떻게 하는지 몰라서
④ 절차와 기준 등의 복잡성 때문에 ⑤ 기타 ( )

13. 귀하는 광어양식에 다음 중 어느 사료를 가장 많이 사용합니까?

① 생사료 ② 생사료와 분말사료를 혼합한 습사료(MP)
③ 시중 시판 배합사료 ④ 기타 ( )

14. 귀하의 양식광어의 출하시기는 다음 중 언제입니까?
① 연중 출하량이 균등 ② 하절기에 상대적으로 많이 출하
③ 주로 10~11월경에 조기 출하 ④ 동절기(12월부터 익년 2월)에 많이 출하

15. 귀하는 소비자가 양식산 광어를 꺼린다면 그 주된 이유를 무엇이라고 봅니까?
① 자연산이 양식산보다 맛이 좋기 때문에
② 양식산은 항생제 등 약품이 잔류되어 있다고 보기 때문에
③ 수질오염으로 양식산 어류의 위생이 좋지 않기 때문에
④ 기타 ( )

16. 귀하는 우리나라 광어양식어업의 국제경쟁력을 제고시킬 수 있는 수단은 무엇이라고 생각하십니까?
① 규모화의 잇점을 살린 대규모 양식 ② 사료 효율이 높은 배합사료의 개발
③ 환경 및 위생상 안전한 양식어류의 생산 ④ 원산지 표시로 양식어류의 가격차별화
⑤ 고부가가치 어종(육종)개발 ⑥ 기타 ( )

17. 어류배설물, 사료찌꺼기, 배출수 등 귀하의 양식장 환경관리에 대해 어느 정도라고 스스로 평가합니까?
① 아주 우수하게 잘 관리하고 있다 ② 어느 정도 잘 관리하고 있다
③ 보통 수준이다 ④ 환경 관리에 다소 어려움이 있다.
⑤ 환경 관리에 크게 어려움이 있다.

18. 귀하는 우리나라 광어양식어업의 중장기적 발전 가능성을 어떻게 평가하고 있습니까?
① 전망이 매우 밝다 ② 다소 있다 ③ 그저 그렇다
④ 별로 없다 ⑤ 전혀 없다

19. (위의 19번 문항에서 발전가능성이 있다고 보시면) 우리나라 광어양식어업의 장점은 무엇이라고 생각하십니까?
① 가격경쟁력 ② 품질(육종, 맛, 신선도 등) ③ 마케팅 능력
④ 안정적인 소비처 ⑤ 위생 및 안전성 ⑥ 기타 ( )

20. (위의 19번 문항에서 발전가능성이 없다고 보시면) 그 주된 원인이 무엇이라고 생각하십니까?
① 고비용 ② 낮은 품질 ③ 마케팅 능력 부족
④ 환경 및 위생 문제 ⑤ 소비 정체 ⑥ 기타 ( )

21. 귀하는 우리 광어양식어업의 지속적 발전을 위해 정부가 집중적으로 지원해야 할 분야는 다음 중 어느 것이라고 생각하십니까? (두 가지를 선택하시오)

① 종묘 생산 ② 어류 질병관리 ③ 위생 및 환경 개선 ④ 육종 개량
⑤ 사료 개발 ⑥ 양식어류 유통 개선 ⑦ 소비 촉진을 위한 홍보
⑧ 양식장 허가제도 정비 ⑨ 검역강화 등 수입규제 ⑩ 영어자금 지원
⑪ 기타 ( )

22. 광어양식어업 발전을 위한 방안이나 제도 개선 등 정부에 건의하고 싶은 내용을 기술하시기 바랍니다.

○ 광어양식어업 육성 방안 :
○ 대 정부 건의사항 :

▣ 설문이 모두 종료되었습니다. 귀하의 성실한 답변과 의견은 우리 광어양식어업의 발전을 위한 소중한 자료로 이용될 것입니다. 감사합니다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교