



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



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

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

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

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

[Disclaimer](#)

경 제 학 석 사 학 위 논 문

# DEA를 이용한 해상가두리양식업의 효율성 분석



2012년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

자 원 경 제 학 과

김 도 연

경 제 학 석 사 학 위 논 문

# DEA를 이용한 해상가두리양식업의 효율성 분석

지도교수 박 철 형

이 논문을 경제학석사 학위논문으로 제출함.

2012년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

자 원 경 제 학 과

김 도 연

김도연의 경제학석사 학위논문을 인준함.

2012년 2월 24일



주 심 경제학박사 윤 형 모 (인)

위 원 경제학박사 유 동 운 (인)

위 원 경제학박사 박 철 형 (인)

## <목 차>

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 제 I 장 서론 .....                    | 1  |
| 1. 연구배경 및 목적 .....                | 1  |
| 2. 연구범위 및 방법 .....                | 3  |
| 3. 선행연구의 검토 .....                 | 3  |
| 제 II 장 어류양식업의 실태 .....            | 5  |
| 1. 어류양식업의 의의와 현황 .....            | 5  |
| 2. 해상가두리양식업의 현황 .....             | 11 |
| 제 III 장 분석 모형의 이론적 검토와 실증분석 ..... | 15 |
| 1. DEA의 이론적 검토 .....              | 15 |
| 2. MPI의 이론적 검토 .....              | 21 |
| 3. 분석자료의 개요 .....                 | 24 |
| 4. 분석 결과 .....                    | 26 |
| 제 IV 장 결론 .....                   | 63 |
| 1. 요약 .....                       | 63 |
| 2. 연구의 한계와 의의 .....               | 66 |
| 참고문헌 .....                        | 68 |
| 부표 .....                          | 71 |

## <표 목 차>

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| <표 II-1> 지역별 · 양식방법별 어류양식어가 수(2010년) .....                              | 7  |
| <표 II-2> 지역별 · 어종별 어류양식어가 수(2010년) .....                                | 8  |
| <표 II-3> 주요 어종별 생산량 및 생산금액 .....                                        | 11 |
| <표 II-4> 해상가두리 종사자현황 .....                                              | 12 |
| <표 III-1> 투입 · 산출변수의 기술적 통계량 .....                                      | 25 |
| <표 III-2> 2010년의 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과 .....                         | 28 |
| <표 III-3> 준거집단과 람다값 (투입지향 CCR) .....                                    | 29 |
| <표 III-4> 준거집단과 람다값 (투입지향 BCC) .....                                    | 30 |
| <표 III-5> 최적투입변수( $\hat{x}_1$ , $\hat{x}_2$ )과 투입물초과분 (투입지향 CCR) .....  | 31 |
| <표 III-6> 최적투입변수( $\hat{x}_1$ , $\hat{x}_2$ )과 투입물초과분 (투입지향 BCC) .....  | 32 |
| <표 III-7> 2006~2010년 평균 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과 .....                  | 35 |
| <표 III-8> 준거집단과 람다값 (투입지향 CCR) .....                                    | 36 |
| <표 III-9> 준거집단과 람다값 (투입지향 BCC) .....                                    | 37 |
| <표 III-10> 최적투입변수( $\hat{x}_1$ , $\hat{x}_2$ )과 투입물초과분 (투입지향 CCR) ..... | 38 |
| <표 III-11> 최적투입변수( $\hat{x}_1$ , $\hat{x}_2$ )과 투입물초과분 (투입지향 BCC) ..... | 39 |
| <표 III-12> 전체 기술적 효율성 윈도우 분석 결과 .....                                   | 41 |
| <표 III-13> 순수 기술적 효율성 윈도우 분석 결과 .....                                   | 44 |
| <표 III-14> 규모 효율성 윈도우 분석 결과 .....                                       | 47 |
| <표 III-15> 시계열별 평균 생산성지수 .....                                          | 51 |
| <표 III-16> 2006-2007년(T=2)의 생산성 추정 결과 .....                             | 52 |
| <표 III-17> 2007-2008년(T=3)의 생산성 추정 결과 .....                             | 54 |
| <표 III-18> 2008-2009년(T=4)의 생산성 추정 결과 .....                             | 55 |
| <표 III-19> 2009-2010년(T=5)의 생산성 추정 결과 .....                             | 56 |
| <표 III-20> 어종별 평균생산성지수 추정 결과 .....                                      | 57 |
| <표 III-21> 어종별 및 시계열별 생산성지수 추정 결과 .....                                 | 59 |
| <표 III-22> 어종별 누적지수 .....                                               | 60 |

## <그 립 목 차>

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| [그림 II-1] 어류양식 연도별 생산량 및 생산금액 .....      | 10 |
| [그림 II-2] 어류양식 주요 어종별 생산량 .....          | 10 |
| [그림 II-3] 해상가두리양식 지역별 어가 수 .....         | 12 |
| [그림 II-4] 해상가두리양식 지역별 사육수면적 .....        | 13 |
| [그림 II-5] 해상가두리양식 출하량 및 판매금액 변화 추이 ..... | 14 |
| [그림 III-1] 2010년 해상가두리양식 어종 분포 .....     | 25 |
| [그림 III-2] 전체 기술적 효율성 윈도우별 변동 .....      | 42 |
| [그림 III-3] 전체 기술적 효율성 기간별 변동 .....       | 43 |
| [그림 III-4] 순수 기술적 효율성 윈도우별 변동 .....      | 45 |
| [그림 III-5] 순수 기술적 효율성 기간별 변동 .....       | 46 |
| [그림 III-6] 규모 효율성 윈도우별 변동 .....          | 48 |
| [그림 III-7] 규모 효율성 기간별 변동 .....           | 49 |
| [그림 III-8] TECI 누적지수 변화추이 .....          | 61 |
| [그림 III-9] TCI 누적지수 변화추이 .....           | 62 |
| [그림 III-10] MPI 누적지수 변화추이 .....          | 62 |

# An Efficiency Analysis of Net-Cage Aquaculture Based on DEA

Kim Do Yeon

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

## Abstract

In Korea, marine fish aquaculture has been developed consistently. The production volume of it has been increasing up to 40% of the total marine products. It plays a important part in stable supply of marine products. However, the increasing costs of feed, seedling, and medical supplies and the decreasing price due to the import liberalization of fishery products, aquaculture business has been faced with profits down.

This dissertation is designed to analyze the efficiency among the species in Net-cage Aquaculture, occupied 73% of total fishery aquaculture products in Korea. The study used input oriented DEA(Data Envelopment Analysis) and DEA/Window Model to provide a way for improving product efficiency. 12 species were selected with 2 input and 2 output factors for 2010 and average data of 2006-2010. To estimate total factor productivity changes in the same subject period 2006 to 2010, input oriented Malmquist distance functions of DEA was also used.

The input oriented DEA results showed that there are 4% Technical Efficiency in 2010 more than five year's average and 10% Pure Technical Inefficiency in both results. There are 5% Scale Efficiency in 2010 more than five year's average. Cause of inefficiency comes from Scale Efficiency. Grouper has been referenced four times each in Peer set, and it recorded the highest frequency. The measure of improving efficiency could be found by discovering conditions of Grouper farming.

The DEA/Window analysis results showed that Technical Efficiency and

pure technical efficiency have been increased unsteadily. Scale Efficiency has been increased gradually in most species. The MPI analysis results showed that there was a 3% deterioration in productivity for 5years. The results of species estimation were influenced by technical efficiency and technical change more than scale efficiency in Net-cage Aquaculture.



# 제 I 장

## 서 론

### 1. 연구배경 및 목적

우리나라의 천해양식어업은 1960년대 이후 지속적인 경제성장과 수산 관련 산업의 발전과 함께 국내 수요 및 국외 수출 물량의 증대로 양적으로 급속히 발전해왔으며, 수산물의 안정적인 공급에 중요한 역할을 담당해오고 있다.

정부가 잡는 어업에서 기르는 어업으로 정책적으로 어류양식업을 육성해왔는데, 1970년대 중반 방어치어를 중간 육성하여 일본으로 수출하게 된 것을 계기로, 1980년대부터 산업기반을 갖추기 시작하였다. 1990년 이후 어류양식기술의 보급과 양식어종의 다양화로 인해 생산량이 급격히 증가하여 수산업의 발전과 국민 식생활 개선에 크게 이바지 하였다. 1980년 240만 톤의 어업생산량 중 양식업이 54만 톤을 차지했는데, 2010년에는 310만 톤의 어업생산량 중 135만 톤을 생산할 정도로 성장하고 있다.

산업화 등으로 인한 연안수역의 오염과 무분별한 어장 개발로 인한 양식어장의 황폐화 및 단위면적당 양식수산물의 생산량 감소와 양식수산물의 품질 저하의 문제에도 불구하고 수산업의 무게 중심이 양식업으로 옮겨져 양식어업은 우리나라 수산물 총생산량의 40% 내외를 점유하고 있다. 특히, 2006년 이후로 양식어업의 생산량이 일반해면어업의 생산량을 뛰어넘었으며, 이러한 추세는 남획으로 인한 자원고갈, 지속적인 매립과 간척사업, 어장의 축소, 어업노동력의 질적 저하와 양적감소 등 일반해면어업의 내재적 불안요인으로 인해 앞으로도 계속될 것으로 보여 진다. 일반해면어업이 해황에 의해 어획량이 크게 좌우되는 자연적 폐쇄성이 강한 데 반해 양식어업은 양식업자의 계획과 관리에 의한 인위적 요소가 비교

적 많이 작용되는 관리형어업의 전형이므로 양식어업의 성장가능성 또한 일반해면어업에 비해 높다고 할 수 있다.

그러나 최근 들어서 사료비, 종묘비, 약품비 등 각종경비의 상승, 수산물 수입자유화로 외국산 활어 수입의 급증과 양식 어류의 생산과잉에 따른 어가하락 등으로 국내 어류양식업계는 수익성이 악화되고 있는 실정이다. 또한 계통판매가 부진함에 따라 정확한 통계작성이 어렵고 이로 인한 생산계획 수립 차질 및 과잉공급 등으로 판매단가가 하락하는 등 매년 악순환을 반복하는 실정인데 더하여 적조와 태풍 등의 자연재해로 인한 피해가 증가하여 어류양식 경영에 어려움을 더하고 있다.

2010년 어류양식동향조사 결과에 의하면 어류양식장을 운영하는 어가(漁家)는 전년대비 약 6% 감소하였다. 이것은 2009년에도 전년대비 약 5%가 감소한 것에 이어 계속 감소하는 추세를 보이고 있으나 어류의 생산량은 어가 수의 증감과는 크게 상관없는 결과를 보여준다. 2009년은 전년대비 생산량이 약 11% 증가한데 비해 2010년에는 전년대비 약 27%의 감소를 보이고 있다. 어가의 감소 이유로는 경제성이 낮은 양식장의 업종변경과 경쟁력이 떨어지는 소규모 영세 해상가두리 양식어가의 폐업 및 어장 합병에 의한 시설규모화를 들 수 있다.

본 연구의 대상인 해상가두리 양식은 전체 어류양식어가 중 약 73%를 점유하고 있으며, 치어의 크기, 입식시기, 입식밀도와 사육밀도, 먹이의 종류와 공급시기, 공급량, 가두리의 크기 등을 고려해서 생산해야 한다. 공급되는 사료의 양과 사료효율, 종묘구입비, 인건비는 감가상각비와 함께 해상가두리양식의 경제적인 손익분기점을 결정하는 주요 요소이다. 과거의 해상가두리 양식장의 주요 품종은 조피볼락과 농어 등에 그쳤지만, 최근에는 수온상승 등으로 다금바리와 능성어, 복어 등 난류성 고급어종으로 확대되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 사료량과 입식량을 이용해서 해상가두리양식어업에서 대상으로 하는 다수의 어종에 대한 생산 효율성의 분석을 통해 비효율의 요인을 알아보고 상대적으로 효율적인 어종을 알아보고 조피볼락 외에도 중

점적으로 양성 할 어종을 가늠하는 기회가 되기를 바란다. 또한 총요소 생산성 분석을 통해 생산성의 변화와 이의 구성성분을 다루는 다양한 효율성 변화의 지표로 살펴보고 효율성을 증가시킬 수 있는 요인에 대해 알아보고자 한다.

## 2. 연구범위 및 방법

본 연구는 우리나라 해상가두리양식업의 생산 효율성 분석을 위해 지역적으로 구분이 없이 전국적인 범위에서 조사하였고, 시기별로 2006년부터 2010년까지 5개년에 걸쳐 해상가두리양식업의 대상이 되는 22개의 어종 중에서 분석 가능한 12개의 어종을 대상으로 하였다.

분석 방법으로는 다수의 투입물을 사용하여 다수의 산출물을 생산하는 각각의 의사결정단위의 효율성 분석이 가능한 자료포락분석(data envelopment analysis: DEA)을 사용하여 가장 최근인 2010년 자료를 대상으로 효율성을 분석하였고, 이것과의 비교를 위해 2006년부터 2010년까지 5년 평균 자료를 대상으로 하여 효율성을 분석해보았다. 이동평균법의 원리를 이용하여 기간의 변화에 따른 효율성의 안정성과 추세를 파악할 수 있는 DEA/Window분석 방법을 사용하여 2006년부터 2010년까지 5년간의 효율성의 변화 추세를 살펴보았다. 패널자료에 대한 자료포락분석의 연장선인 맘퀴스트(Malmquist) 생산성지수를 사용하여 5년간의 해상가두리양식업의 생산성 변화와 변화요인을 추정해보았다.

## 3. 선행연구의 검토

어류양식업에 대한 선행연구로 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.

수산업에 적용된 DEA모형에 의한 선행연구로는 최정윤 등(2003)은 2001년 말 50개의 수협중앙회의 신용사업 영업점을 평가대상으로 선정하고 투입요소로서 직원 수, 고정자산, 사업관리비 그리고 산출요소로서 신규 예금건수, 신규 대출건수, 예수금 총액, 대출금 총액, 영업이익을 선정하여 CCR모형과 BCC모형을 이용하여 평가대상 영업점의 순수효율성과 규모효율성을 평가하고 50개 영업점의 연도별 평균 효율성의 차이를 분석하였다. 김도훈(2006)은 대형선망어업의 어획능력을 PTP방법과 DEA방법에 의해 측정하고 이를 분석하여 어획능력 감축을 위한 방향을 제시하였다. 이동우 등(2008)은 우리나라 쌍끌이 대형기선저인망어선의 어선 규모별 어획능력 및 어획능력의 효율성을 평가했다. 서주남 등(2009)은 DEA모형을 이용하여 부산 기장지역에 있는 미역양식업종의 규모효율성을 추정하였다. 표희동 등(2010)은 수산물도매업을 평가대상으로 선정하고 투입변수로서 종사자수와 사업경비, 산출변수로서 영업이익과 매출액을 선정하여 2006년부터 2008년도까지의 자료를 수집하고 기간별 동적 분석을 수행하기위하여 투입지향의 Malmquist 생산성지수를 이용하여 미역양식업종의 규모별 효율성을 분석했다. 김도훈 등(2010)은 884개의 표본어선을 평가대상으로 추출하고 투입변수로서 조업일수, 어선톤수, 선원 수 그리고 산출변수로서 연간 생산금액을 선정하여 SFA방법과 DEA방법으로 연근해 어업의 기술효율성을 추정하여 비교·분석하였다. 박철형(2010)은 38개의 국가지정 어항을 대상으로 CCR모형과 BCC모형을 사용하여 어항의 기술효율성, 순수 기술효율성 및 규모효율성을 추정, 투입지향과 규모에 대한 수익불변 하에서 개발된 잔여기반의 초효율성모형에 의해 38개의 국가지

정 어항의 효율성순위를 결정했다.

해상가두리양식에 대한 선행연구로 신용민 등(2011)은 해상가두리 양식을 대상으로 어류양식 환경상태에 대해 어종별 · 지역별 특성을 통계적 분석을 통해 살펴보고, 친환경적 저투입 양식어업으로의 전환을 위한 방안을 연구하였다. 김정민(2007)은 외해가두리양식에서 시험양식 종으로 선정된 돌돔에 대한 적정한 사료공급을 위한 기반연구를 위해 배합사료 공급방안을 마련했다. 신우철(2007)은 설문조사 등을 통해 가두리양식장의 오염실태 경영환경을 조사하고 가두리양식장의 친환경적 관리시스템개발과 효율적 양식경영 방안을 모색했다. 권정노(2004)는 해상가두리양식장이 주변 환경에 미치는 영향을 평가하기 위해 모델을 이용하여 가두리양식장의 고형물 침강량과 유기 고형물이 저서생물의 군집에 미치는 영향을 예측하였다.

선행연구들을 살펴보면 어류양식업에 대한 연구들은 주로 양식업 전반에 관한 실태와 현황파악을 위주로 하고 있었고, 양식업의 발전을 위한 정책방안 및 기술개발에 관한 방안을 제시하여 왔음을 알 수 있다. DEA를 이용한 수산분야의 연구들은 꾸준히 증가하고 있었는데 어로어업과 양식업, 유통, 관리 등 수산업의 다양한 부분에 적용되어 오고 있다. 해상가두리양식에 관한 연구들은 사료의 종류와 급이에 관한 연구와 가두리양식으로 인한 오염을 줄이기 위한 양식장에 관한 친환경적인 연구가 주를 이루고 있었고 해상가두리양식의 경제 · 경영적인 연구는 부족한 실정이었다.

따라서 본 연구에서는 선행연구들과 마찬가지로 양식업 연구에 DEA를 적용하여 해상가두리양식에서 생산되고 있는 어종들을 대상으로 생산 효율성을 분석하였다. 이 분석을 통해 각 해상가두리양식업 종사자들이 어떤 어종을 생산하는 것이 더욱 효율적인지 알 수 있고, 양식어종의 다양화를 원하는 어가에서 참고자료로 활용할 수 있고, 조피불락으로 대표되는 해상가두리양식에서 추가적으로 양성해야할 어종을 알아보는 것으로 그 의미를 찾을 수 있다.

## 제 II 장

### 어류양식업의 실태

#### 1. 어류양식업의 의의와 현황

##### 1) 어류양식업의 의의

어류양식업은 방법에 따라 해상가두리, 육상수조식, 축제식의 3가지로 분류할 수 있다. 해상가두리 양식은 바다에 뜬, 그물 등을 이용한 가두리(그물로 가두는 우리)시설물을 설치하여 그 속에서 어류를 가두어 길러서 거두어들이는 양식방법, 육상수조식 양식은 인공적으로 육상에 시설물(수조)을 설치하여 바닷물을 이용하여 수산동식물을 길러서 거두어들이는 양식방법, 그리고 축제식 양식은 연안지역의 해안선 일부 또는 육지부에 제방 등을 쌓아 바닷물을 이용하여 수산동식물을 길러서 거두어들이는 양식방법을 말한다.

어류양식업의 변천과정을 보면, 1964년에 동해안에서 시험적으로 가두리 양식이 시작되었고, 1967년에는 남해안에서 방어와 복어에 대하여 시험양식이 시도되었다. 1968년에 국립수산물과학원에서 고급어종에 대한 산업화 양식이 시험적으로 시도되기도 했다. 이러한 시험양식을 통하여 기초적인 제반 문제점을 규명하고 이후 어류양식의 개발 필요성과 방향을 제시하였으나 당시 국내외 시장 연건과 기타 사정으로 일반 어업인에게 어류양식이 보급되지는 못하였다. 1974년에 경남 통영을 중심으로 방어 양식이 시작되었고, 1975년에 거문도에서 연승어업으로 채포한 방어를 월동시키면서 이 지역의 양식이 시작되었다. 1976년부터는 자연산 방어의

치어를 채포하여 양식하기 시작하였고, 1983년은 돔, 농어에 대하여 1985년에는 조피볼락이 양식되기 시작하였다. 1986년에는 넙치를 대상으로 육상수조식 양식이 이루어지기 시작했고 1988년부터는 넙치의 종묘생산이, 1991년부터 조피볼락, 점농어, 황경볼락, 돔류 등의 종묘생산이 가능하게 되면서 본격적인 어류양식의 길이 열리게 되었다.

## 2) 국내 어류양식업의 현황

### (1) 어류양식 현황

2010년 전국 시·도별 양식방법에 따른 양식어가수는 <표 II-1>에서 보는 바와 같이 해상가두리 어가는 1,736가구로 전체어가 2,404의 72.2%를 차지하고 있고, 육상수조식 어가는 614가구로 25.5%, 축제식 어가는 44가구로 1.8%를 차지하고 있다. 2009년의 2,562가구 보다 158가구인 6.2%가 감소했는데, 이것은 경쟁력이 떨어지는 소규모 영세 해상가두리 양식어가의 폐업 및 어장 합병에 의한 시설규모화로 인한 것으로 드러났다.

<표 II-1> 지역별·양식방법별 어류양식어가 수(2010년)

| 구 분   | 계     | 부산 | 인천 | 울산 | 경기 | 강원 | 충남  | 전북 | 전남    | 경북 | 경남  | 제주  |
|-------|-------|----|----|----|----|----|-----|----|-------|----|-----|-----|
| 계     | 2,404 | 14 | 2  | 11 | 4  | 2  | 260 | 28 | 1,030 | 88 | 708 | 257 |
| 해상가두리 | 1,736 | 2  | 0  | 1  | 4  | 0  | 259 | 0  | 788   | 18 | 662 | 2   |
| 육상수조식 | 614   | 12 | 1  | 10 | 0  | 2  | 0   | 0  | 228   | 61 | 45  | 255 |
| 축 제 식 | 44    | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1   | 27 | 8     | 7  | 0   | 0   |
| 기 타   | 10    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1  | 6     | 2  | 1   | 0   |

\* 자료: 통계청, 어류양식동향조사.

어종별로 양식어가 수는 조피볼락 어가는 1,468가구로 전국 어가수 4,617가구의 31.8%를 차지하고 있으며, 참돔 어가는 679가구로 14.7%, 넙

치류는 611가구로 13.2%, 감성돔은 478가구로 10.4%를 나타냈다. 전남지역이 2,055가구로 전체 4,617가구 중 44.5% 경남이 1,762가구로 38.2%를 차지하고 있다. 이 중에서 조피볼락의 경우 전남이 731가구로 양식가구의 49.8%, 경남이 470가구로 32.0%를 차지하고 있다(<표 II-2>).

<표 II-2> 지역별 · 어종별 어류양식어가 수(2010년)

| 구 분   | 계     | 부산 | 인천 | 울산 | 경기 | 강원 | 충남  | 전북 | 전남    | 경북  | 경남    | 제주  |
|-------|-------|----|----|----|----|----|-----|----|-------|-----|-------|-----|
| 계     | 4,617 | 18 | 2  | 14 | 4  | 4  | 300 | 30 | 2,055 | 124 | 1,762 | 304 |
| 가자미류  | 61    | 3  | 0  | 3  | 0  | 2  | 0   | 0  | 4     | 30  | 7     | 12  |
| 고등어류  | 35    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 4     | 0   | 28    | 3   |
| 넙 치 류 | 611   | 12 | 0  | 10 | 0  | 2  | 0   | 1  | 235   | 61  | 43    | 247 |
| 농 어   | 332   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 8   | 1  | 198   | 0   | 125   | 0   |
| 능 성 어 | 86    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 33    | 1   | 50    | 2   |
| 다량어류  | 4     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0     | 0   | 2     | 2   |
| 감 성 돔 | 478   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 5   | 0  | 301   | 2   | 169   | 1   |
| 참 돔   | 679   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4   | 0  | 293   | 1   | 379   | 2   |
| 돌 돔   | 224   | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 11  | 0  | 62    | 4   | 120   | 26  |
| 기타돔류  | 13    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1   | 0  | 0     | 0   | 9     | 3   |
| 망둑어   | 1     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 1     | 0   | 0     | 0   |
| 민 어   | 8     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 4     | 0   | 4     | 0   |
| 방 어   | 15    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0     | 1   | 14    | 0   |
| 복 어 류 | 10    | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1   | 0  | 2     | 0   | 4     | 2   |
| 조피볼락  | 1,468 | 1  | 0  | 1  | 4  | 0  | 239 | 0  | 731   | 19  | 470   | 3   |
| 기타볼락  | 309   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 166   | 0   | 143   | 0   |
| 노래미류  | 1     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1   | 0  | 0     | 0   | 0     | 0   |
| 송 어 류 | 138   | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 30  | 28 | 5     | 1   | 73    | 0   |
| 전갱이류  | 6     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0     | 0   | 6     | 0   |
| 전 어   | 1     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0     | 0   | 1     | 0   |
| 쥐 치 류 | 137   | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 16    | 4   | 115   | 1   |

\* 자료: 통계청, 어류양식동향조사.

양식어류 사육수면적은 545만 $m^2$ 으로 2009년 486만 $m^2$  보다 59만 $m^2$  12.1%증가했다. 성장촉진 및 질병예방을 목적으로 사육환경을 개선하기 위한 시설 확충 및 출하가격 상승의 영향으로 양식시설의 가동률을 높여 증가되었다. 양식방법별로는 2009년 대비 해상가두리양식이 16.4%, 육상수조식이 9.0%, 축제식이 13.4% 증가 하였다.

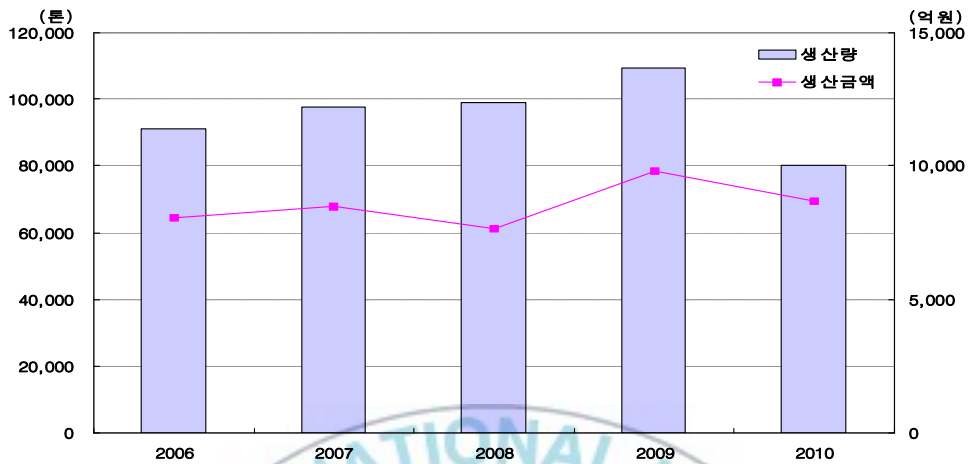
사료투입량은 483,862톤으로 2009년에 비해 27.6% 감소했는데 이것은 사육량의 감소와 경영합리화를 위한 철저한 사양관리로 사료의 손실을 최소화하고 먹이효율을 높였기 때문에 투입량이 감소한 것으로 보인다. 전체 사료투입량 483,862톤 중에서 생사료가 406,461톤으로 84.0%, 배합사료가 77,401톤으로 16.0%로 생사료의 비중이 월등히 높은 것으로 나타났다.

종묘입식량은 4억1,434만마리로 2009년 대비 2.7% 증가하였다. 수입활어와의 가격 경쟁력 회복, 중형어 판매로 양식기간의 단축, 사육량 감소 등으로 사육공간의 여유가 생기고 출하가격이 상승되면서 입식량이 전년에 비하여 증가하였다. 어종별로 조피볼락, 참돔, 송어, 농어 등의 입식량은 증가한 반면, 넙치, 돌돔, 전어 등의 입식량은 전년에 비하여 감소한 것으로 나타났다.

## (2) 어류양식 생산량

2010년 양식생산량은 80,075톤으로 2009년의 109,516톤보다 29,441톤 (26.9%)감소했다. 사육량의 감소와 2010년 초에 발생한 저수온 현상에 의한 성장지연, 태풍에 의한 유실 등으로 인하여 생산량이 큰 폭 감소했다. 생산금액은 8,674억 원으로 2009년 9,816억 원보다 1,142억 원(11.6%) 감소했다.

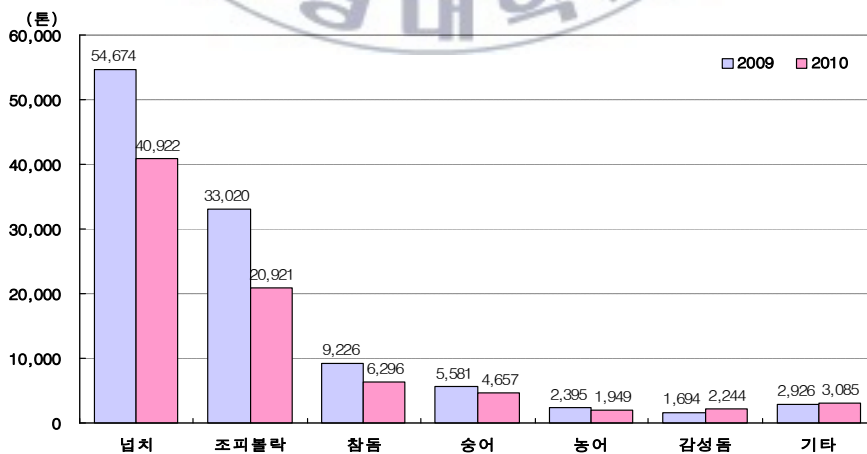
[그림 II-1] 어류양식 연도별 생산량 및 생산금액



\* 자료: 통계청, 어류양식동향조사.

어종별 생산량은 넙치류가 40,922톤으로 전체 생산량의 51.1%를 차지하며, 조피볼락이 20,921톤으로 26.1%, 참돔이 6,296톤으로 7.9%의 순으로 나타났다. 전년에 비해 조피볼락은 36.6%, 참돔은 31.8%, 넙치류 25.2%로 각각 감소한 반면, 감성돔은 32.5% 증가 하였다.

[그림 II-2] 주요 어종별 생산량



\* 자료: 통계청, 어류양식동향조사.

생산금액은 생산량이 줄어 감소한 반면, 출하가격은 연근해 어업의 어획부진에 따른 횡감용 활어 수요의 증가로 상승 폭이 컸다. 어종별 생산금액은 넙치가 4,897억원으로 56.5%로 가장 많았으며, 조피볼락이 1,975억원으로 22.8%, 참돔이 642억원으로 7.4%의 순이었다. 평균단가는 생산량이 증가한 감성돔을 제외하고는 대부분 상승하였다.

<표 II-3> 주요 어종별 생산량 및 생산금액

| 구 분   | 어종<br>연도 | 계       | 넙치      | 조피볼락    | 참돔     | 숭어     | 농어     | 감성돔    | 기타     |
|-------|----------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 생 산 량 | 2009     | 109,516 | 54,674  | 33,020  | 9,226  | 5,581  | 2,395  | 1,694  | 2,926  |
|       | 2010     | 80,075  | 40,922  | 20,921  | 6,296  | 4,657  | 1,949  | 2,244  | 3,085  |
|       | 증 감 률    | △26.9   | △25.2   | △36.6   | △31.8  | △16.6  | △18.6  | 32.5   | 5.4    |
| 생산금액  | 2009     | 981,609 | 545,701 | 247,043 | 78,028 | 31,678 | 21,949 | 16,967 | 40,243 |
|       | 2010     | 867,416 | 489,749 | 197,467 | 64,154 | 28,578 | 20,034 | 22,509 | 44,925 |
|       | 증 감 률    | △11.6   | △10.3   | △20.1   | △17.8  | △9.8   | △8.7   | 32.7   | 11.6   |
| 평균단가  | 2009     | 8,963   | 9,981   | 7,482   | 8,457  | 5,676  | 9,165  | 10,016 | 13,754 |
|       | 2010     | 10,833  | 11,968  | 9,439   | 10,190 | 6,137  | 10,279 | 10,031 | 14,562 |
|       | 등 락 률    | 20.9    | 19.9    | 26.2    | 20.5   | 8.1    | 12.2   | △0.1   | 5.9    |

\* 자료: 통계청, 어류양식동향조사.

## 2. 해상가두리양식업의 현황

해상가두리양식에서는 조피볼락, 참돔, 감성돔, 농어, 숭어 등 다양한 어종을 복합적으로 양식하고 전남, 경남, 경북, 충남 등에 분포하고 있으며, 대부분 어촌계 단위로 면허를 취득하여 일정지분을 가지고 입어하는 형태이며 대부분이 가구경영 형태이며 시설규모 및 경영주의 변동이 심한 편이다. 가족종사자가 1,072명으로 전체의 52.4%를 차지하며, 임금을 받는 종사자는 973명 47.6%에 비해 높은데 이것은 다른 어류양식업에 비해 비

교적 영세한 해상가두리양식에 나타나는 모습이다(<표 II-4>).

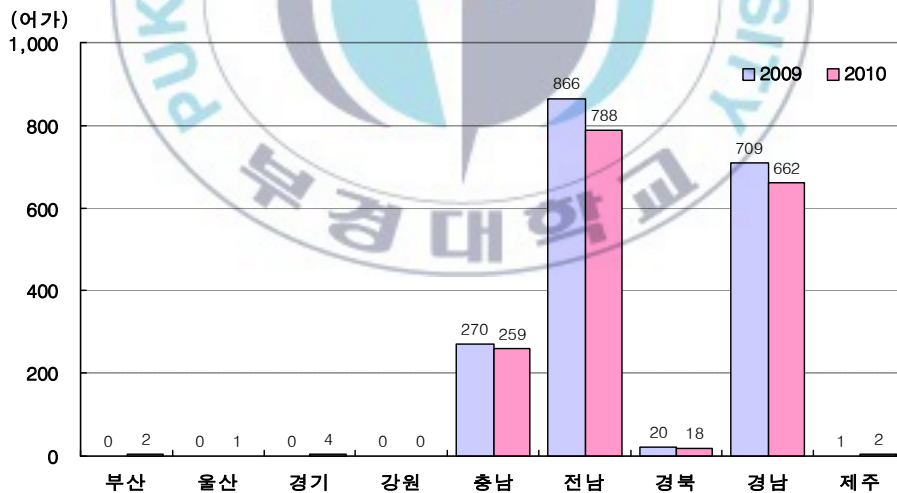
<표 II-4> 해상가두리 종사자현황

| 경영주   |       |     | 종 사 자 |       |     |       |     |     |       |     |    |
|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-------|-----|----|
|       |       |     | 계     |       |     | 가족종사자 |     |     | 상용종사자 |     |    |
| 계     | 남     | 여   | 계     | 남     | 여   | 계     | 남   | 여   | 계     | 남   | 여  |
| 1,743 | 1,643 | 100 | 2,045 | 1,362 | 683 | 1,072 | 404 | 668 | 973   | 958 | 15 |

\* 자료: 통계청, 어류양식동향조사.

2010년 해상가두리양식 경영어가(사업체)는 지역별로 감소추세를 보이고 있는데 경쟁력이 떨어지는 소규모영세 어가의 폐업 및 어장 합병에 의한 시설규모화로 인한 것으로 전년대비 7.4% 감소했다.

[그림 II-3] 해상가두리양식 지역별 어가 수



\* 자료: 통계청, 어류양식동향조사.

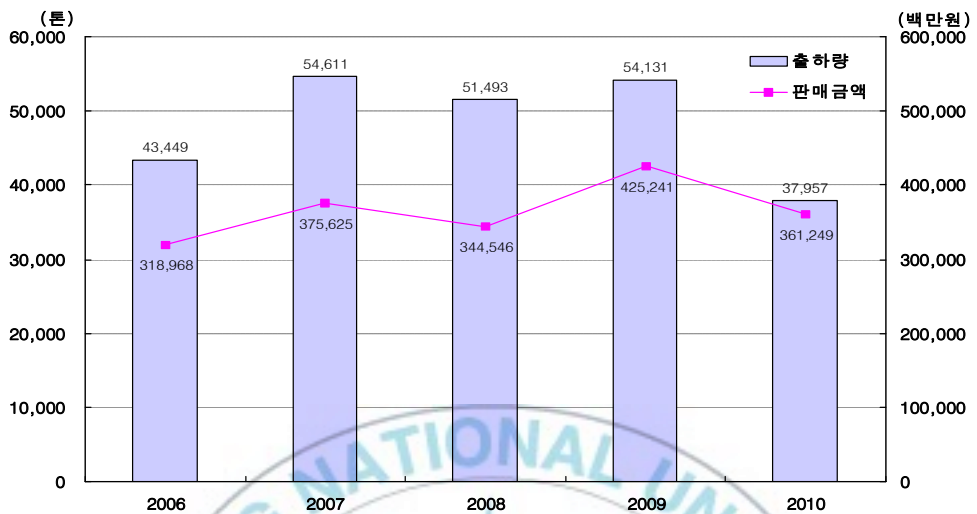
해상가두리양식의 사육수면적은 2010년 약 159만㎡으로 2006년 약 136만㎡에 비해서 약22만㎡ 16.4%증가했다. 지역별로는 경남이 약 69만㎡으로 전체 면적의 43.3%를 차지하고 있으며, 2009년 대비 21.1% 증가한 것을 알 수 있고, 증가폭이 가장 큰 지역은 제주도로 2009년 대비 33% 증가하였다.

[그림 II-4] 해상가두리양식 지역별 사육수면적



우리나라 어류 해상가두리양식 출하량은 해마다 크게 증가하여 2007년에는 5만 톤 이상이 출하되었다. 2008년과 2009년에도 5만 톤 이상의 출하량을 보였으나, 2010년에는 3만 8천 톤으로 출하량이 전년에 비해 무려 1만 6천 톤이나 감소했다. 이는 5년 전인 2005년의 4만 톤보다도 더 적은 양이다. 한편, 출하량의 급격한 변화와 달리 판매금액은 꾸준히 조금씩 상승하고 있다. 해마다 등락을 반복하는 패턴을 보이면서 전반적으로 판매금액이 증가하고 있다([그림 II-5]).

[그림 II-5] 해상가두리양식 출하량 및 판매금액 변화 추이



\* 자료: 통계청, 어류양식동향조사.

## 제Ⅲ장

# 분석 모형의 이론적 검토와 실증분석

### 1. DEA의 이론적 검토

비모수적인 효율성 측정방법인 DEA는 투입에 초점을 두는가, 산출에 초점을 두는가에 따라 투입지향(Input Oriented)과 산출지향(Output Oriented)으로 구별된다. 본연구의 분석대상인 해상가두리 양식의 자료에서 산출요소인 생산량의 경우 이미 주어진 것이므로 이 주어진 산출물 수준을 생산하는데 있어서 투입물을 최적으로 사용함으로써 또 그렇지 못함으로 인해 발생하는 효율과 비효율을 알아보고자 효율성에 대해 살펴보고, 투입지향 DEA의 이론적 배경을 살펴보고자 한다.

#### 1) 효율성의 정의와 측정방법

효율성(Efficiency)이란 특정 조직이 제한된 자원 내에서 최대의 산출물을 창출해 내는 생산기술을 말한다. 일반적으로 효율성의 개념은 투입요소에 대한 산출요소의 비율로 정의되며, DEA에 있어서 효율성에 대한 정의는 Charnes & Cooper(1985)에 의하면 다음과 같다.

첫째, DMU<sup>1)</sup>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.

---

1) DMU(Decision Making Unit; 의사결정단위): 효율성 평가의 대상이 되는 기업이나 조직을 말하며, DEA에서는 투입요소를 결합하여 산출물들을 만들어 내는 과정에서 독자적인 의사결정능력을 갖는 식별 가능한 조직의 단위를 의미한다.

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.

효율성 점수는 상대적인 것으로 자료 내에서 가장 효율적인 것의 효율성을 1이라고 하고 1보다 작은 값을 갖는 효율성을 모두 비효율적인 것으로 평가한다.

## 2) DEA 분석모형의 특징

DEA(Data Envelopment Analysis) 모형은 다수의 산출요소와 투입 요소간의 관계를 객관적인 방법으로 동시에 고려하여 그 효율성 값을 도출하는 방법이다. DEA 모형은 기존의 생산성 측정방법이 가지고 있는 문제점들을 극복한 비모수적 접근방법으로 종래의 비용함수법이나 회귀분석법에서와 같이 모수적 형태로 표현되어진 사전적 생산함수에 대한 추정이 필요 없다. 일반적으로 DEA 모형 중에서 가장 많이 활용되는 모형은 Charnes, Cooper, Rhodes(1978)의 CCR 모형과 Banker, Charnes, Cooper(1984)의 BCC 모형이다.

DEA 모형에 있어서 효율성 측정은 유사한 다수의 투입변수를 사용하여 유사한 다수의 산출변수를 얻기 위하여 선형계획법에 근거하여 일반적으로 생산 가능집합에 적용되는 몇 가지의 공준을 가지고 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물간의 자료를 이용하여 경험적 효율적 프론티어(생산 활동의 상대적 기술적 효율성, Technical Efficiency)를 평가대상으로 비교하여 얼마나 떨어져 있는지의 여부로써 비효율성이 측정된다. DEA 모형은 한 시기의 특정산업의 생산단위 개개에 대한 생산경계를 추정하는데 주로 이용되며, 상대적 효율성을 측정하기 위한 방법이다. 여기에서 상대적이란 의미는 하나의 DMU의 효율성이 다른 DMU의 효율성에 의해

정해지는 것을 의미하며, 이는 곧 참조조합(Reference Set)이 되는 다른 유사 DMU들과의 비교를 통해 DMU의 효율성을 측정하는 것을 말한다.

여기서 평가대상이 되는 단위를 DMU(의사결정단위)라고 부르는데 각 DMU는 여러 가지 투입요소를 사용하여 다양한 산출물을 생산하는 책임 중심점으로서 병원, 학교, 법원, 군부대, 은행을 비롯한 금융기관 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<sup>2)</sup>.

이 방법은 다양한 산출물과 여러 가지 투입요소를 동시에 고려하여 상대적인 효율성 값을 도출하여 효율성을 최대화 하는 투입과 산출에 대한 가중치를 직접 추정하기 때문에 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 제공해주므로 비효율적인 부문의 경우 실현가능한 목표치의 설정이 가능하므로 경영자가 효율성을 제고하는데 실제적인 도움을 줄 수 있다. 또한 투입 및 산출요소들의 측정단위가 각각 다른 경우에도 적용 가능하고 화폐단위로 표시 불가능하거나 매매의 대상이 될 수 없는 자원의 경우에도 적용이 가능하다.

### 3) 투입지향 DEA

#### (1) 투입지향 CCR 모형(Input Oriented CCR)

---

2) DEA는 선형계획법의 일환으로 의미 있는 분석의 해를 얻기 위해서는 DMU의 숫자와 투입 및 산출물의 변수 숫자 사이에 일정한 관계를 요구한다. 이에 여러 가지 기준이 있으나 가장 보수적인 기준이 Banker et al.(1984)에서 요구하는 평가대상인 DMU의 수가 투입요소 수와 산출요소 수의 합보다 3배 이상 커야한다는 것이다.

CCR 모형은 DMU들의 투입물의 가중합계에 대한 산출물의 가중합계의 비율이 1을 초과해서는 안되며, 각 투입요소와 산출요소의 가중치들은 0보다 크다는 단순한 제약조건하에서 DMU의 투입물 가중합계에 대한 산출물 가중합계의 비율을 최대화시키고자하는 선형분수계획법으로 다음의 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Max \ h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad h_0 : DMU_0 \text{의 효율성} \quad (1)$$

$$s.t. \ \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, j=1, 2, \dots, n : DMU \text{의 수}$$

위식은 목적함수가 비선형, 제약조건이 비볼록이므로 목적함수의 투입물의 가중합을 1로 고정하고 제약조건식을 변형한 후 개별 DMU에 대해서 아래 선형계획법 식(2)를 쌍대문제로 변형한 후 여유변수  $S^-, S^+$ 를 도입하여 식(3)을 정리하여 구할 수 있다.

$$Max \ h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \\ s.t. \ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \ j=1, \dots, n \quad (2) \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1, \quad u_r, v_i \geq \varepsilon, \forall r, i$$

$$Min \ h_0 = \theta \\ s.t. \ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}, \ i=1, \dots, m \quad (3) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_i^+ = y_{r0}, \ r=1, \dots, s \\ s_i^-, s_i^+, \lambda_j \geq 0, \forall i, r, j$$

## (2) 투입지향 BCC 모형(Input Oriented BCC)

CCR 모형은 규모에 대한 수익불변(CRS; Constant Returns to Scale)이라는 가정하에 모형이 도출되기 때문에 규모의 효율성과 순수 기술적 효율성을 구분하지 못하고, 현실적으로 불완전한 경쟁, 재무관련 제약조건 등으로 인해 개별기업들이 최적규모로 운영되지 못하고 있는 것이 실정이므로 현실과는 거리가 있다. Banker, Charnes, Cooper(1984)는 이러한 CCR 모형에서 가정하고 있는 규모수익불변을 완화하여 규모수익가변(VRS; Variable Returns to Scale)이란 가정을 적용하고 불록성 필요조건을 추가하였다. 주어진 투입물 수준을 유지하면서 생산되는 산출물을 극대화하려는 산출극대화 형태의 투입지향 BCC모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Max } h_0 &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (4) \\ \text{s.t. } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} &\leq 1 \quad u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, j=1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

식(4)의 목적함수의 분모인 투입요소의 가중합을 1로 고정시킨 후 일반적인 선형계획법 문제로 변형시키면 다음 식 (5)와 같다.  $u_0$ 는 부호제약을 받지 않는 규모지수를 나타내는데 이것이 투입지향 CCR 모형과의 차이점이다. 최적해를 구한 후 도출되는  $u_0^*$ 를 통해 평가 DMU의 규모수익현상을 파악할 수 있다.  $u_0^* < 0$ 이면 규모수익체증,  $u_0^* = 0$ 이면 규모수익불변,  $u_0^* > 0$ 이면 규모수익체감이 된다. 식(5)를 쌍대문제로 변형하면 식(6)과 같다.

$$\begin{aligned}
Max \ h_0 &= \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0 \\
s.t. \quad &\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_0 \leq 0, \ j=1, \dots, n \\
&\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1, \quad u_r, v_i \geq \varepsilon, \ \forall r, i
\end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
Min \ h_0 &= \theta \\
s.t. \quad &\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}, \ i=1, \dots, m \\
&\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_i^+ = y_{r0}, \ r=1, \dots, s \\
&\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
&s_i^-, s_i^+, \lambda_j \geq 0, \quad \forall i, r, j
\end{aligned} \tag{6}$$

#### 4) DEA/윈도우 분석모형의 의의와 특징

자료포락분석에서 DMU별 투입 · 산출 자료가 기간(년, 분기 등)별로 주어진 경우 기간별 효율성 점수로도 전체 시계열 관점에서 효율성의 흐름을 개략적으로 파악할 수는 있으나, 단위 DMU별로 특정 기간의 효율성 점수를 다른 기간의 효율성과 비교하기에는 무리가 있다. 단위 DMU의 효율성 상승 또는 하락과 같은 변화추이나 효율성 변동의 안정성을 비교하기 위한 방법으로 윈도우분석을 이용할 수 있다. 윈도우 분석의 기본적인 아이디어는 년별 혹은 분기별로 된 기간별 보고 자료에 대해 몇 개의 기간으로 구성된 분석기간을 윈도우로 설정하고 동일 DMU를 서로 다른 DMU로 간주하여 분석을 수행한다는 것이다. 즉, 분석기간의 길이를 설정하고 해당 윈도우에 속하는 자료를 패넬화하여 분석하는 방법이다.

## 2. MPI의 이론적 검토

패널자료에 대한 자료포락분석의 연장선인 맘퀴스트(Malmquist) 생산성 지수도 투입지향 MPI와 산출지향 MPI로 구분된다. 본 연구의 분석대상인 해상가두리 양식자료에서 산출요소인 생산량은 이미 주어진 것이므로 이 수준의 생산량을 산출하는데 소요되는 투입량을 최소화하는 투입지향 MPI의 이론적 배경을 살펴보고자 한다.

### 1) 투입지향 MPI

투입지향 MPI를 도출하기 위하여 먼저 투입거리함수의 개념을 살펴보면,  $m$ 개의 투입요소  $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ 을 사용하여  $s$ 개의 산출요소  $y = (y_1, y_2, \dots, y_s)$ 를 생산할 때,  $t$ 기에 기술적으로 생산 가능한 투입, 산출 조합을  $S^t$ 라 할 때,  $(x, y) \in S^t$ 는  $t$ 기의 생산기술로 투입물  $x$ 를 이용하여 산출물  $y$ 를 생산할 수 있다는 뜻이다. 특정 DMU의  $t$ 기와  $(t+1)$ 기의 투입, 산출 조합이  $(x^t, y^t)(x^{t+1}, y^{t+1})$ 로 주어졌을 때 4가지 투입거리함수  $D_I(x, y)$ 는 다음과 같다.

$$D_I^t(x^t, y^t) = \inf\{\theta : (\frac{x^t}{\theta}, y^t) \in S^t\} = [\sup\{\theta : (\theta x^t, y^t) \in S^t\}]^{-1} \quad (7)$$

$$D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf\{\theta : (\frac{x^{t+1}}{\theta}, y^{t+1}) \in S^{t+1}\} = [\sup\{\theta : (\theta x^{t+1}, y^{t+1}) \in S^{t+1}\}]^{-1} \quad (8)$$

$$D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf\{\theta : (\frac{x^{t+1}}{\theta}, y^{t+1}) \in S^t\} =$$

$$[\text{Sup}\{\theta : (\theta x^{t+1}, y^{t+1}) \in S^t\}]^{-1} \quad (9)$$

$$D_I^{t+1}(x^t, y^t) = \inf\{\theta : (\frac{x^t}{\theta}, y^t) \in S^{t+1}\} = [\text{Sup}\{\theta : (\theta x^t, y^t) \in S^{t+1}\}]^{-1} \quad (10)$$

$D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ 는 (t+1)기의 산출  $y^{t+1}$ 을 t기의 기술을 이용하여 (t+1)기의 투입  $x^{t+1}$ 과 동일한 비율을 유지하면서 줄일 수 있는 최대한의 크기를 의미한다.  $D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ ,  $D_I^{t+1}(x^t, y^t)$ 는 t기와 (t+1)기 간의 기술변화를 측정하는데 이용된다. Caves et al.은 위에서 정의된 4가지 거리함수를 이용하여 투입기준 생산성변화를 t기의 생산기술과 (t+1)기의 생산기술에 대한 MPI를 다음과 같이 정의하였다.

$$M^t = \frac{D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^t(x^t, y^t)}, M^{t+1} = \frac{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (11)$$

평가시간 간의 자의성을 피하기 위해 위의 두 맘퀴스트 생산성지수의 기하평균으로부터 t기와 (t+1)기의 생산성 변화를 나타내는 투입지향 MPI는 다음과 같이 정의된다.

$$M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[ \frac{D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

$M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) > 1$ 이면 t기에 비해 (t+1)기에 생산성이 증가,  $M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) < 1$ 이면 생산성의 감소,  $M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = 1$  이면 생산성에 변화가 없다고 본다.

$M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)$ 는 기술 효율성 변화지수와 기술변화지수로 분리할 수

있다.

$$\begin{aligned}
 M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) &= TECI \times TCI, \\
 TECI &= \frac{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_I^t(x_t, y_t)}, \\
 TCI &= \left[ \frac{D_I^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_I^t(x_t, y_t)}{D_I^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}}
 \end{aligned} \tag{13}$$

여기서 TECI는 기술적 효율성 변화지수(Technical Efficiency Change Index)라고 하며 두 기간의 기술적 효율성 변화를 평가하는 척도이고, TCI는 기술변화지수(Technical Change Index)라고 하며 두 기간 사이의 생산기술변화, 즉 효율적인 변경의 이동이 생산성 변화에 어떻게 기여하는가를 평가하는 척도로 신체품의 개발, 생산공정의 혁신, 새로운 경영기법, 외부충격과 같은 생산가능곡선을 이동시키는 요인들에 의한 생산성의 변화를 측정한다.

기술적 효율성변화지수(TECI)는 다시 순수효율성변화지수(PECI: Pure Efficiency Change Index)와 규모 효율성변화지수(SECI: Scale Efficiency Change Index)로 구분할 수 있는데, 식(13)은 식(14)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) &= \frac{V_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{V_I^t(x^t, y^t)} \cdot \left[ \frac{V_I^t(x^t, y^t)}{D_I^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{V_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right. \\
 &\quad \left. \cdot \left[ \frac{D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D_I^t(x^t, y^t)}{D_I^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \right] \\
 &= PECI \cdot SECI \cdot TCI
 \end{aligned} \tag{14}$$

즉, MPI는 수식 (14)와 같이 순수 효율성변화지수(PECI), 규모효율성 변화지수(SECI), 지수변화지수(TCI) 세 가지 부분으로 분해하여 추정할 수 있다. 위 수식에서  $V_I^t(x^t, y^t)$ 는 시점 t의 규모수익가변 하에서의 투입거

리함수를 나타내고,  $V_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})/V_I^t(x^t, y^t)$ 는 t시점에 대한 (t+1) 시점의 순수효율성변화를 평가하는 척도이다.  $V_I^t(x^t, y^t)/D_I^t(x^t, y^t)$ 는 시점 t에서의 규모수익불변 기술에 대한 규모수익가변 기술의 투입거리함수의 비율을 나타내고 이는 규모 효율성변화지수를 의미한다.

t기와 (t+1)기에 대해서 특정 DMU의 투입과 산출 자료가 주어질 때 수식 (14)를 이용하여 투입지향 MPI를 계산하기 위해서는 6개의 거리함수,  $D_I^t(x^t, y^t), D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}), D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1}), D_I^{t+1}(x^t, y^t), V_I^t(x^t, y^t), V_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 를 추정 한 후 식 (14)의 정의에 따라 관련 거리함수를 대입하면 순수 기술변화지수(PECI), 규모 효율성 변화지수(SECI), 기술변화지수(TCI)와 MPI를 구할 수 있다.

### 3. 분석자료의 개요

어류양식동향조사에 의하면 해상가두리 양식은 조피볼락(우럭)을 중심으로 생산 되고 있는데, 어떤 어종들이 효율적으로 생산되고 있는지 비교 분석하고 개별 어종들의 효율성 제고 방안을 알아보하고자 분석대상 어종들을 선정하였다. 통계청 사회통계국 농어업통계과에서 실시한 어류양식동향조사에 의하면 2010년 해상가두리 양식은 11개 시도에서 22개의 어종을 대상으로 하고 있었다.

본 연구에서는 이들 가운데 자료의 확보가 충실한 12개의 어종을 선정하여 분석에 활용하였다. 자료 분석의 기준은 2006년부터 2010년까지를 기준으로 모든 연도의 투입과 산출변수 모두에 양3)의 값을 갖는 어종들만을 대상으로 DEA 분석을 위한 각 년도의 횡단면 자료와 MPI 분석을

3) 이론적으로는 자료포락분석의 대상이 되는 DMU들의 투입과 산출 변수에는 각기 최소한 하나 이상의 양의 투입물과 산출물만 존재하면 되는 반양부호(semi-positive)의 조건을 충족하면 된다. 그러나 자료포락분석이 동질적인 DMU들 간의 효율성의 상호비교가 그 기본목적임을 상기하면 비교의 동질성을 확보하기 위해 투입이나 산출의 변수에 0의 값이 포함되는 DMU가 분석대상에 포함되는 것은 바람직하지 않다.

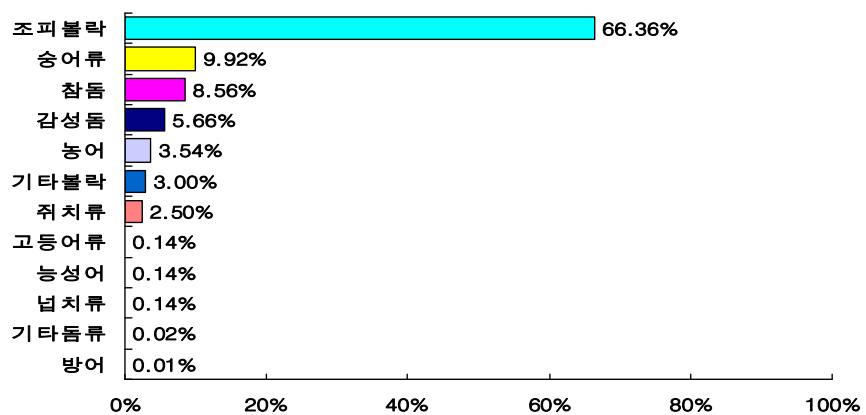
위한 5년간의 패널자료를 선정하는 것으로 하였다. 투입변수로는 양식의 대상이 되는 종묘의 입식량<sup>4)</sup>과 사료<sup>5)</sup>를 선정하였으며, 산출변수로는 생산량과 생산금액을 선정하였다. 2010년의 이들 4개의 투입과 산출변수들의 기술적 통계량의 특성을 요약하면 다음의 <표 III-1>과 같고 어중분포비는 [그림 III-1]과 같다.

<표 III-1> 투입 · 산출변수의 기술적 통계량

| 구 분   | 투 입 변 수        |              | 산 출 변 수        |               |
|-------|----------------|--------------|----------------|---------------|
|       | 입 식 량<br>(천마리) | 사 료<br>(M/T) | 생 산 량<br>(M/T) | 생산금액<br>(백만원) |
| 평 균   | 22504.4        | 21490.9      | 3116.6         | 29368.4       |
| 표준편차  | 50205.9        | 46077.5      | 5949.5         | 55983.7       |
| 최 대 값 | 179208         | 162845       | 20921          | 197467        |
| 최 소 값 | 40             | 259          | 7              | 75            |

[그림 III-1] 2010년 해상가두리양식 어중 분포

- 4) 양식을 목적으로 종묘(어린고기, 중간고기) 또는 수정란을 양식장에 수용하는 양을 말하며, 수정란의 경우 부화하여 종묘크기(5cm 이상)로 성장된 후 추정 수량을 산정한다.
- 5) 가두리양식에 사용되는 사료에는 생사료(수산동식물을 활어, 선어, 냉동 등으로 보관하여 양식용 사료로 사용하는 것)와 배합사료(어류의 영양 요구를 충족시킬 수 있는 여러 가지 사료원료를 혼합하여 펠렛 형태로 성형하여 수분 함량이 10% 미만으로 건조하여 만든 사료)가 있는데, 본 연구에서는 두 가지 사료의 구분하지 않고 사용하였다.



## 4. 분석 결과

### 1) DEA 분석결과

투입지향 CCR 및 BCC모형으로 분석하였으며, 가장 최근인 2010년과 2006년부터 2010년까지 5년의 평균을 연구·분석한 결과는 다음과 같다.

#### (1) 2010년의 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과

<표 III3-2>는 2010년의 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과이다. CRS를 가정한 투입지향 CCR 모형에 의하면 12개의 분석대상 어종 가운데 3개의 어종 능성어, 방어, 송어류가 효율성점수가 1로 나타나 상대적으로 효율적인 어종으로 판별된 반면에 나머지 9개 어종은 효율성 점수가 1미만으로 상대적으로 비효율적인 것으로 나타났다. CRS 가정하에서 평균은 0.677이고 평균을 웃도는 어종은 5어종으로 나타났는데, 이것은 평균적으로 약 32%의 비효율성이 존재하며 투입량의 수준을 약 36% 정도 감소시켜도 현 수준의 산출량을 유지할 수 있는 여지가 있다는 것을 의미한다. 표준편차의 경우는 0.284로 계산되어 어종들 간에 평균적으로 약 28% 정도의 효율성의 격차가 존재하는 것으로 보인다. 분석대상 어종들 가운데 효율성 점수가 가장 낮게 추정된 어종은 기타돔류로 89% 정도의 심각한 비효율성이 존재하는 것으로 나타났다.

반면에 VRS를 가정하는 투입지향 BCC모형에서 순수 기술적 효율성을 살펴보면, 8개의 어종에서 효율성점수가 1로서 효율적인 것으로 판별되었고 효율성점수가 1미만으로 비효율적인 어종은 4개로 나타났다. CCR모형에서 비효율적이었던 BCC모형에서는 효율적으로 나타난 5개의 어종들은 순수 기술적 효율성에는 문제가 없는 어종들로 효율성을 개선하기 위해서는 규모의 효율성을 개선할 필요가 있는 어종들이다. 뿐만 아니라 CCR모형 하에서 비효율적이었던 어종들도 그 효율성의 점수가 개선되었

음을 볼 수 있는데 4개 어종의 효율성 점수가 증가 했다. VRS 평균 효율성 점수는 0.898이고 표준편차는 0.222로 나타났으며, 효율성이 가장 낮은 어종은 기타불락으로 0.244의 효율성을 나타냈다. BCC 모형에서의 평균은 CCR모형에 비해 약 21% 효율성이 향상되었고 어종들 간 효율성의 평균적인 격차는 6%정도 축소되었다.

이러한 CCR모형과 BCC모형의 분석결과의 차이는 두 모형의 가정상의 차이로 인해 DEA 분석결과에서 일반적으로 나타내는데, CCR모형에서는 CRS를 가정함으로써 효율성 점수는 기술적 효율성의 지표를 나타내는 반면에 BCC모형에서는 VRS를 가정함으로써 DMU들이 최적의 규모에서 운영되고 있는지의 여부와는 별개로 효율성 점수는 순수 기술적 효율성을 나타내는 지표가 된다. 결과적으로 비효율적인 DMU에서 BCC모형의 효율성점수가 CCR모형의 효율성점수보다 높다는 것은 투입요소와 산출요소의 결합을 변경하여 기술적으로 효율성을 제고할 필요가 있음을 알 수 있다.

최적규모에서 생산되고 있는지 알아보기 위해 규모의 효율성을 살펴보면 CRS 가정하에서와 동일한 3개 어종이 상대적으로 효율적인 것으로 나타났고 나머지 어종들은 상대적으로 비효율적인 것으로 보이는데 넙치류와 기타불락의 경우 비교적 효율적이라 볼 수 있다. 기타돔류의 경우 0.110으로 89%의 매우 심각한 규모의 비효율을 가지고 있는 것으로 나타났다. 규모의 효율성 점수의 평균은 0.772, 표준편차는 0.264로, 이것은 분석한 어종들이 최적규모에서 사육되고 있지 않아 발생하는 비효율이 약 23%정도가 된다는 것을 보여준다.

비효율성의 원인을 살펴보면 분석대상인 12개 어종들이 평균적으로 약 32%의 기술적 비효율성을 나타내며, 약 10%의 순수 기술적 비효율성을 가지고 있고, 규모에 의한 비효율성이 약 23% 존재하는 것으로 드러났다. 결과적으로 비효율적으로 사육되고 있는 어종들은 그 원인이 투입요소의 잘못된 결합에 따른 순수 기술적 비효율성 보다는 적절한 규모를 찾아 사육하지 못한 규모의 비효율성에 더 큰 원인이 있는 것으로 나타났다.

규모수익을 살펴보면 이와 비슷한 결과를 나타내는데, 규모의 효율성 점수가 1인 3개 어종은 CRS(규모수익 불변)의 특성을 보여줌으로써 최적의 규모에서 사육되고 있는 것으로 나타났고, 기타돌류가 IRS(수확체증)의 특성을 나타내므로 투입변수의 규모를 증대시켜야 하는 것으로 나타났고, 나머지 8개 어종은 DRS(수확체감)의 특성을 나타내므로 투입변수의 규모를 축소시켜야하는 것으로 분석 되었다.

BCC모형에서 비효율적으로 사육되고 있는 것으로 나타난 어종들이 효율적으로 사육되기 위해서 벤치마킹 대상으로 삼아야하는 준거집단을 살펴보면, 고등어류, 능성어, 감성돔, 참돔, 방어, 송어류가 참조되는 것을 볼 수 있고, 능성어와 송어류가 각각 4회씩 최다 참조되는 것을 볼 수 있다.

<표 III-2> 2010년의 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과

| DMU  | CRS    | VRS    | SE     | 규모수익 | 준거집단     | 참조횟수 |
|------|--------|--------|--------|------|----------|------|
| 고등어류 | 0.7652 | 1      | 0.7652 | DRS  | 1        | 1    |
| 넙치류  | 0.6892 | 0.736  | 0.9364 | DRS  | 1,4,8,11 | 0    |
| 농어   | 0.6613 | 0.9517 | 0.6949 | DRS  | 4,5,6,11 | 0    |
| 능성어  | 1      | 1      | 1      | CRS  | 4        | 4    |
| 감성돔  | 0.7967 | 1      | 0.7967 | DRS  | 5        | 2    |
| 참돔   | 0.6021 | 1      | 0.6021 | DRS  | 6        | 1    |
| 기타돌류 | 0.1103 | 1      | 0.1103 | IRS  | 7        | 0    |
| 방어   | 1      | 1      | 1      | CRS  | 8        | 2    |
| 조피볼락 | 0.5138 | 1      | 0.5138 | DRS  | 9        | 0    |
| 기타볼락 | 0.2346 | 0.2443 | 0.9603 | DRS  | 4,8,11   | 0    |
| 송어류  | 1      | 1      | 1      | CRS  | 11       | 4    |
| 취치류  | 0.7476 | 0.8467 | 0.883  | DRS  | 4,5,11   | 0    |
| 평균   | 0.6767 | 0.8982 | 0.7719 |      |          |      |
| 표준편차 | 0.2844 | 0.2220 | 0.2647 |      |          |      |
| 최대값  | 1      | 1      | 1      |      |          |      |
| 최소값  | 0.1103 | 0.2443 | 0.1103 |      |          |      |

<표 III-3>은 투입지향 CCR 효율성 분석 결과에서의 준거집단과 람다값을 나타낸다. 효율적인 DMU인 능성어, 방어, 송어류가 준거집단으로 나타났고 스스로가 준거집단이 됨을 볼 수 있으며, 어종별로 준거집단이 제공하는 가중치의 결합을 통해 비효율성의 정도를 투영 할 수 있다. 조피볼락의 경우 방어의 투입요소에 107.2546, 송어류의 투입요소에 1.3674의 가중치를 부여해야하는 정도의 비효율성을 가지고 있음을 알 수 있다.

<표 III-3> 준거집단과 람다값 (투입지향 CCR)

| DMU  | Reference Set and $\lambda$                       |
|------|---------------------------------------------------|
| 고등어류 | 능성어( $\lambda=0.0669$ ), 방어( $\lambda=1.9316$ )   |
| 넙치류  | 방어( $\lambda=1.1873$ ), 송어류( $\lambda=0.0055$ )   |
| 농어   | 방어( $\lambda=12.426$ ), 송어류( $\lambda=0.0459$ )   |
| 능성어  | 능성어( $\lambda=1.0000$ )                           |
| 감성돔  | 방어( $\lambda=13.5384$ ), 송어류( $\lambda=0.0819$ )  |
| 참돔   | 방어( $\lambda=39.5428$ ), 송어류( $\lambda=0.1818$ )  |
| 기타동류 | 방어( $\lambda=0.0496$ )                            |
| 방어   | 방어( $\lambda=1.0000$ )                            |
| 조피볼락 | 방어( $\lambda=107.2546$ ), 송어류( $\lambda=1.3674$ ) |
| 기타볼락 | 능성어( $\lambda=0.1671$ ), 방어( $\lambda=1.7391$ )   |
| 송어류  | 송어류( $\lambda=1.0000$ )                           |
| 쥐치류  | 능성어( $\lambda=0.6677$ ), 방어( $\lambda=2.562$ )    |

<표 III-4>는 투입지향 BCC 효율성 분석 결과에서의 준거집단과 람다 값을 나타낸다. 고등어류 외 8개 어종이 자기 자신을 준거집단으로 하며 람다 값이 1을 나타낸다. 넙치류의 경우 효율적인 DMU가 되기 위해 고등어류의 0.1344, 능성어의 0.0059, 방어(0.8527, 송어류의 0.0071의 가중치가 주어져야 한다. BCC 모형의 경우 람다 값의 합이 1이 되는데 이는 규모에 대한 가변성을 완전히 허용하기 위해 제약조건을 추가하였기 때문이다.

<표 III-4> 준거집단과 람다값 (투입지향 BCC)

| DMU  | Reference Set and $\lambda$                                                                        |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 고등어류 | 고등어류( $\lambda=1.0000$ )                                                                           |
| 넙치류  | 고등어류( $\lambda=0.1344$ ), 능성어( $\lambda=0.0059$ ), 방어( $\lambda=0.8527$ ), 송어류( $\lambda=0.0071$ ) |
| 농어   | 능성어( $\lambda=0.5465$ ), 감성돔( $\lambda=0.2309$ ), 참돔( $\lambda=0.1653$ ), 송어류( $\lambda=0.0573$ )  |
| 능성어  | 능성어( $\lambda=1.0000$ )                                                                            |
| 감성돔  | 감성돔( $\lambda=1.0000$ )                                                                            |
| 참돔   | 참돔( $\lambda=1.0000$ )                                                                             |
| 기타돔류 | 기타돔류( $\lambda=1.0000$ )                                                                           |
| 방어   | 방어( $\lambda=1.0000$ )                                                                             |
| 조피볼락 | 조피볼락( $\lambda=1.0000$ )                                                                           |
| 기타볼락 | 능성어( $\lambda=0.3968$ ), 방어( $\lambda=0.5778$ ), 송어류( $\lambda=0.0254$ )                           |
| 송어류  | 송어류( $\lambda=1.0000$ )                                                                            |
| 취치류  | 능성어( $\lambda=0.8743$ ), 감성돔( $\lambda=0.1121$ ), 송어류( $\lambda=0.0136$ )                          |

<표 III-5>는 투입지향 CCR모형에서 효율적인 DMU가 되기 위한 투영 점과 투입물 초과분을 보여준다. 투입물 초과분은 투영 점과 실제 투입물을 비교하여 감소시켜야 할 투입물의 초과분을 나타낸다. 조피볼락의 경우  $\hat{x}_1$ 이 40924.2로 나타나 138283.8만큼 감소시켜야하는 것으로 나타났고  $\hat{x}_2$ 이 83665.94로 79179.06만큼의 투입물 수준의 감소가 있어야 함을 알 수 있다.

<표 III-5> 최적투입변수( $\hat{x}_1, \hat{x}_2$ )과 투입물초과분 (투입지향 CCR)

| 구 분  | 산 출   |        | 투 입    |        | 투영 점<br>(Projected point) |             | 투입물 초과분  |          |
|------|-------|--------|--------|--------|---------------------------|-------------|----------|----------|
|      | $y_1$ | $y_2$  | $x_1$  | $x_2$  | $\hat{x}_1$               | $\hat{x}_2$ | $X_1$    | $X_2$    |
| DMU  |       |        |        |        |                           |             |          |          |
| 고등어류 | 283   | 3204   | 386    | 1543   | 102.887                   | 1180.774    | 283.113  | 362.226  |
| 넙치류  | 189   | 1926   | 378    | 1110   | 194.842                   | 765.873     | 183.158  | 344.127  |
| 농어   | 1929  | 19858  | 9555   | 11828  | 1726.747                  | 7821.469    | 7828.253 | 4006.531 |
| 능성어  | 217   | 4614   | 383    | 1250   | 383                       | 1250        | 0        | 0        |
| 감성돔  | 2242  | 22492  | 15275  | 11362  | 2735.719                  | 9052.136    | 12539.28 | 2309.864 |
| 참돔   | 6296  | 64154  | 23126  | 42328  | 6452.316                  | 25484.37    | 16673.68 | 16843.63 |
| 기타동류 | 7     | 75     | 62     | 259    | 1.984                     | 28.173      | 60.016   | 230.827  |
| 방어   | 139   | 1499   | 40     | 568    | 40                        | 568         | 0        | 0        |
| 조피볼락 | 20921 | 197467 | 179208 | 162845 | 40924.2                   | 83665.94    | 138283.8 | 79179.06 |
| 기타볼락 | 278   | 3378   | 8095   | 5101   | 133.563                   | 1196.684    | 7961.437 | 3904.316 |
| 송어류  | 4397  | 26833  | 26791  | 16634  | 26791                     | 16634       | 0        | 0        |
| 쥐치류  | 501   | 6921   | 6754   | 3063   | 358.209                   | 2289.841    | 6395.791 | 773.159  |

<표 III-6>은 투입지향 BCC모형에서 투영 점과 투입물 초과분을 보여 준다. 기타불락의 경우  $\hat{x}_1$ 이 855.578로 나타나 7239.422만큼 감소시켜야 하는 것으로 나타났고  $\hat{x}_2$ 이 1246.694로 3854.306만큼의 투입물 수준의 감소가 있어야 함을 알 수 있다.

<표 III-6> 최적투입변수( $\hat{x}_1, \hat{x}_2$ )과 투입물초과분 (투입지향 BCC)

| 구 분  | 산 출   |        | 투 입    |        | 투영 점<br>(Projected point) |             | 투입물 초과분  |          |
|------|-------|--------|--------|--------|---------------------------|-------------|----------|----------|
|      | $y_1$ | $y_2$  | $x_1$  | $x_2$  | $\hat{x}_1$               | $\hat{x}_2$ | $X_1$    | $X_2$    |
| 고등어류 | 283   | 3204   | 386    | 1543   | 386                       | 1543        | 0        | 0        |
| 넙치류  | 189   | 1926   | 378    | 1110   | 278.462                   | 817.189     | 99.538   | 292.811  |
| 농어   | 1929  | 19858  | 9555   | 11828  | 9094.159                  | 11256.56    | 460.841  | 571.443  |
| 능성어  | 217   | 4614   | 383    | 1250   | 383                       | 1250        | 0        | 0        |
| 감성돔  | 2242  | 22492  | 15275  | 11362  | 15275                     | 11362       | 0        | 0        |
| 참돔   | 6296  | 64154  | 23126  | 42328  | 23126                     | 42328       | 0        | 0        |
| 기타동류 | 7     | 75     | 62     | 259    | 62                        | 259         | 0        | 0        |
| 방어   | 139   | 1499   | 40     | 568    | 40                        | 568         | 0        | 0        |
| 조피볼락 | 20921 | 197467 | 179208 | 162845 | 179208                    | 162845      | 0        | 0        |
| 기타볼락 | 278   | 3378   | 8095   | 5101   | 855.578                   | 1246.694    | 7239.422 | 3854.306 |
| 송어류  | 4397  | 26833  | 26791  | 16634  | 26791                     | 16634       | 0        | 0        |
| 쥐치류  | 501   | 6921   | 6754   | 3063   | 2411.542                  | 2592.778    | 4342.458 | 470.222  |

## (2) 2006~2010년 평균 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과

<표 III-7>은 2006년~2010년까지의 5년간 해상가두리양식 자료의 평균으로 분석한 결과를 나타낸다. CRS를 가정한 투입지향 CCR모형에 의하면, 12개의 분석대상 어종 가운데 3개의 어종 넙치류, 능성어, 방어가 상대적으로 효율적인 어종으로 판별되었고 나머지 9개 어종은 상대적으로 비효율적인 것으로 식별되었는데 평균적으로 약 34%의 비효율성이 존재했다. 표준편차의 경우는 0.254로 어종들 간에 평균적으로 약 25%의 효율성의 격차가 존재하는 것으로 보인다. 분석대상 어종들 가운데 효율성 점수가 가장 낮게 추정된 어종은 기타볼락으로 약 62% 정도의 비효율성이 존재하는 것으로 나타났다.

반면에 VRS 가정한 투입지향 BCC모형에서 순수 기술적 효율성을 살펴보면, 8개의 어종이 효율적인 것으로 나타났고 비효율적인 어종은 4개로 나타났다. 순수 기술적 효율성에는 문제가 없는 5개의 어종들은 규모의 효율성을 개선할 필요가 있는 어종들로 CCR모형에서 비효율적이었으나 BCC모형에서는 효율적으로 나타났다. VRS 가정한에서 평균 효율성 점수는 0.897로 표준편차는 0.194로 나타났으며, 효율성이 가장 낮은 어종은 고등어류로 0.482의 효율성을 나타냈다. BCC 모형에서의 평균은 CCR 모형 평균에 비해 약 26% 정도 효율성이 향상되었고 어종들 간 효율성의 평균적인 격차는 6%정도 축소되었다.

최적규모에서 생산되고 있는지 알아볼 수 있는 규모의 효율성을 살펴보면 CRS 가정한에서와 동일한 어종들이 상대적으로 효율적인 것으로 나타났다. 규모의 효율성 점수의 평균은 0.722, 표준편차는 0.223으로 분석대상 12개 어종이 최적규모에서 사육되고 있지 않아 발생하는 비효율이 약 28%정도가 된다는 것을 보여준다.

전체적으로 비효율성의 원인을 살펴보면 분석대상인 12개 어종들이 평균적으로 약 36%의 기술적 비효율성을 가지고 있고, 약 10%의 순수 기술적 비효율성을 가지고 있고, 규모에 의한 비효율성이 약 28% 존재하는

것으로 드러났다. 결과적으로 비효율적으로 사육되고 있는 어종들은 그 원인이 투입요소의 잘못된 결합에 따른 순수 기술적 비효율성 보다는 적절한 규모를 찾아 사육하지 못한 규모의 비효율성에 더 큰 원인이 있는 것으로 분석 되었다.

규모수익을 살펴보면 이와 비슷한 결과를 나타내는데, 규모의 효율성 점수가 1인 3개 어종은 CRS의 특성을 보여주고, 나머지 9개 어종은 DRS의 특성을 나타낸다. 즉 최적 규모에서 사육되고 있는 어종들을 제외한 대부분의 어종들이 규모면에서 최적에 도달하기 위해서는 대부분 투입규모를 축소하여야 하는 것으로 분석 되었다.

BCC모형에서 비효율적으로 사육되고 있는 것으로 나타난 어종들이 효율적으로 사육되기 위해서 운영상 벤치마킹 대상으로 삼아야하는 준거집단에는 분석대상 12개 어종의 반인 6개 어종이 포함되어있었고 능성어가 4회로 참조횟수가 많았고, 다음으로 기타돔류와 송어류가 각각 3회씩 참조되었다. 방어외의 경우 분석대상어종들의 효율변경을 구성하고 있음에도 불구하고 한 번도 참조되지 않았는데, 효율변경의 위치가 자료들이 주로 나타난 위치와는 거리가 있는 특이한 사육특성을 가진 것으로 보여 진다.

<표 III-7> 2006~2010년 평균 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과

| DMU  | CRS    | VRS    | SE     | 규모수익 | 준거집단    | 참조횟수 |
|------|--------|--------|--------|------|---------|------|
| 고등어류 | 0.4066 | 0.4816 | 0.8443 | DRS  | 2,3,4,6 | 0    |
| 넙치류  | 1      | 1      | 1      | CRS  | 2       | 1    |
| 농어   | 0.5051 | 1      | 0.5051 | DRS  | 3       | 1    |
| 능성어  | 1      | 1      | 1      | CRS  | 4       | 4    |
| 감성돔  | 0.4862 | 0.9931 | 0.4896 | DRS  | 4,7,11  | 0    |
| 참돔   | 0.4361 | 1      | 0.4361 | DRS  | 6       | 1    |
| 기타돔류 | 0.742  | 1      | 0.742  | DRS  | 7       | 3    |
| 방어   | 1      | 1      | 1      | CRS  | 8       | 0    |
| 조피볼락 | 0.4006 | 1      | 0.4006 | DRS  | 9       | 0    |
| 기타볼락 | 0.3762 | 0.5499 | 0.6841 | DRS  | 4,7,11  | 0    |
| 송어류  | 0.8242 | 1      | 0.8242 | DRS  | 11      | 3    |
| 쥐치류  | 0.5423 | 0.7386 | 0.7342 | DRS  | 4,7,11  | 0    |
| 평균   | 0.6433 | 0.8970 | 0.7217 |      |         |      |
| 표준편차 | 0.2536 | 0.1936 | 0.2227 |      |         |      |
| 최대값  | 1      | 1      | 1      |      |         |      |
| 최소값  | 0.3762 | 0.5499 | 0.4006 |      |         |      |

<표 III-8>은 투입지향 CCR 효율성 분석 결과에서의 준거집단과 람다값을 나타낸다. 효율적인 DMU인 넙치류, 능성어, 방어가 준거집단으로 나타났고 스스로를 준거집단으로 하고 있다. 조피볼락의 경우 넙치류의 투입요소에 145.32의 높은 가중치를 부여해야하는 정도의 비효율성을 가지고 있음을 알 수 있다.

<표 III-8> 준거집단과 람다값 (투입지향 CCR)

| DMU  | Reference Set and $\lambda$                                                |
|------|----------------------------------------------------------------------------|
| 고등어류 | 넙치류( $\lambda=1.0738$ ), 능성어( $\lambda=0.0879$ ), 방어( $\lambda=0.0587$ )   |
| 넙치류  | 넙치류( $\lambda=1.0000$ )                                                    |
| 농어   | 넙치류( $\lambda=8.4702$ ), 능성어( $\lambda=0.839$ ), 방어( $\lambda=1.3421$ )    |
| 능성어  | 능성어( $\lambda=1.0000$ )                                                    |
| 감성돔  | 넙치류( $\lambda=12.0879$ )                                                   |
| 참돔   | 넙치류( $\lambda=19.4456$ ), 능성어( $\lambda=0.8935$ ), 방어( $\lambda=19.6797$ ) |
| 기타돔류 | 넙치류( $\lambda=3.0828$ )                                                    |
| 방어   | 방어( $\lambda=1.0000$ )                                                     |
| 조피볼락 | 넙치류( $\lambda=145.32$ )                                                    |
| 기타볼락 | 넙치류( $\lambda=3.2785$ )                                                    |
| 송어류  | 넙치류( $\lambda=24.607$ )                                                    |
| 쥐치류  | 넙치류( $\lambda=3.0115$ )                                                    |

<표 III-9>는 투입지향 BCC 효율성 분석 결과에서의 준거집단과 람다 값을 나타낸다. 넙치류 외 7개 어종이 자기 자신을 준거집단으로 하며 람다 값이 1을 나타낸다. 고등어류의 경우 효율적인 DMU가 되기 위해 넙치류의 0.9101, 농어의 0.0207, 능성어의 0.0689, 참돔의 0.0003의 가중치가 주어져야 하고, 모든 람다 값을 더하면 합이 1이 됨을 알 수 있다.

<표 III-9> 준거집단과 람다값 (투입지향 BCC)

| DMU  | Reference Set and $\lambda$                                                                      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 고등어류 | 넙치류( $\lambda=0.9101$ ), 농어( $\lambda=0.0207$ ), 능성어( $\lambda=0.0689$ ), 참돔( $\lambda=0.0003$ ) |
| 넙치류  | 넙치류( $\lambda=1.0000$ )                                                                          |
| 농어   | 농어( $\lambda=1.0000$ )                                                                           |
| 능성어  | 능성어( $\lambda=1.0000$ )                                                                          |
| 감성돔  | 능성어( $\lambda=0.0581$ ), 기타동류( $\lambda=0.1392$ ), 송어류( $\lambda=0.8027$ )                       |
| 참돔   | 참돔( $\lambda=1.0000$ )                                                                           |
| 기타동류 | 기타동류( $\lambda=1.0000$ )                                                                         |
| 방어   | 방어( $\lambda=1.0000$ )                                                                           |
| 조피볼락 | 조피볼락( $\lambda=1.0000$ )                                                                         |
| 기타볼락 | 능성어( $\lambda=0.5041$ ), 기타동류( $\lambda=0.439$ ), 송어류( $\lambda=0.0569$ )                        |
| 송어류  | 송어류( $\lambda=1.0000$ )                                                                          |
| 쥐치류  | 능성어( $\lambda=0.2869$ ), 기타동류( $\lambda=0.6969$ ), 송어류( $\lambda=0.0162$ )                       |

<표 III-10>은 투입지향 CCR모형에서 투영 점과 투입물 초과분을 나타낸다. 해상가두리 주 대상종인 조피볼락이 절대적인 투입량이 많다 보니 가장 많은 정도의 투입량을 감소해야하는 것으로 나타났다.

<표 III-10> 최적투입변수( $\hat{x}_1, \hat{x}_2$ )과 투입물초과분 (투입지향 CCR)

| 구 분  | 산 출     |          | 투 입      |         | 투영 점<br>(Projected point) |             | 투입물 초과분  |          |
|------|---------|----------|----------|---------|---------------------------|-------------|----------|----------|
|      | $y_1$   | $y_2$    | $x_1$    | $x_2$   | $\hat{x}_1$               | $\hat{x}_2$ | $X_1$    | $X_2$    |
| 고등어류 | 240.4   | 2275     | 957.4    | 1806    | 389.306                   | 734.391     | 568.094  | 1071.609 |
| 넙치류  | 205.6   | 1746     | 340.8    | 543.4   | 340.8                     | 543.4       | 0        | 0        |
| 농어   | 2041.2  | 19446    | 6293.4   | 12769.2 | 3178.992                  | 6450.096    | 3114.408 | 6319.104 |
| 능성어  | 127.2   | 3836.6   | 206.4    | 1368.8  | 206.4                     | 1368.8      | 0        | 0        |
| 감성돔  | 2201.8  | 21105.4  | 18500.4  | 13509.8 | 4119.556                  | 6568.565    | 14380.84 | 6941.235 |
| 참돔   | 6941.6  | 58464.8  | 19626.6  | 50537.2 | 8559.036                  | 22038.95    | 11067.56 | 28498.25 |
| 기타동류 | 402     | 5382.6   | 6061.8   | 2257.6  | 1050.618                  | 1675.194    | 5011.182 | 582.406  |
| 방어   | 143.8   | 1071.4   | 88.8     | 520.8   | 88.8                      | 520.8       | 0        | 0        |
| 조피볼락 | 29877.8 | 211062.6 | 150635.4 | 197109  | 49525.06                  | 78966.89    | 101110.3 | 118142.1 |
| 기타볼락 | 343.6   | 5724.2   | 7286.2   | 4735.8  | 1117.313                  | 1781.537    | 6168.887 | 2954.263 |
| 송어류  | 5059.2  | 25082.6  | 21822.2  | 16223.4 | 8386.066                  | 13371.44    | 13436.13 | 2851.956 |
| 쥐치류  | 392.2   | 5258     | 6278     | 3017.4  | 1026.319                  | 1636.449    | 5251.681 | 1380.951 |

<표 III-6>은 투입지향 BCC모형에서 투영 점과 투입물 초과분을 보여 준다. 비효율적인 어종들끼리 비교하면 기타볼락의 초과분이 최대고 감성돔의 초과분이 최소임을 알 수 있다.

<표 III-11> 최적투입변수( $\hat{x}_1, \hat{x}_2$ )과 투입물초과분 (투입지향 BCC)

| 구 분  | 산 출     |          | 투 입      |         | 투영 점<br>(Projected point) |             | 투입물 초과분  |         |
|------|---------|----------|----------|---------|---------------------------|-------------|----------|---------|
| DMU  | $y_1$   | $y_2$    | $x_1$    | $x_2$   | $\hat{x}_1$               | $\hat{x}_2$ | $X_1$    | $X_2$   |
| 고등어류 | 240.4   | 2275     | 957.4    | 1806    | 460.544                   | 868.342     | 496.856  | 937.658 |
| 넙치류  | 205.6   | 1746     | 340.8    | 543.4   | 340.8                     | 543.4       | 0        | 0       |
| 농어   | 2041.2  | 19446    | 6293.4   | 12769.2 | 6293.4                    | 12769.2     | 0        | 0       |
| 능성어  | 127.2   | 3836.6   | 206.4    | 1368.8  | 206.4                     | 1368.8      | 0        | 0       |
| 감성돔  | 2201.8  | 21105.4  | 18500.4  | 13509.8 | 18372.47                  | 13416.31    | 127.926  | 93.492  |
| 참돔   | 6941.6  | 58464.8  | 19626.6  | 50537.2 | 19626.6                   | 50537.2     | 0        | 0       |
| 기타돔류 | 402     | 5382.6   | 6061.8   | 2257.6  | 6061.8                    | 2257.6      | 0        | 0       |
| 방어   | 143.8   | 1071.4   | 88.8     | 520.8   | 88.8                      | 520.8       | 0        | 0       |
| 조피볼락 | 29877.8 | 211062.6 | 150635.4 | 197109  | 150635.4                  | 197109      | 0        | 0       |
| 기타볼락 | 343.6   | 5724.2   | 7286.2   | 4735.8  | 4006.86                   | 2604.21     | 3279.34  | 2131.59 |
| 송어류  | 5059.2  | 25082.6  | 21822.2  | 16223.4 | 21822.2                   | 16223.4     | 0        | 0       |
| 쥐치류  | 392.2   | 5258     | 6278     | 3017.4  | 4637.204                  | 2228.849    | 1640.796 | 788.551 |

2010년과 5년평균 분석 결과를 비교해보면 CRS 모형에 의하면 2010년이 약 4%정도 더 효율적인 것으로 나타났고, VRS 모형에 의한 결과는 두 분석모두에서 약 10%정도의 비효율이 존재하는 것으로 드러났다. 규모의 효율성을 살펴보면 2010년이 평균적으로 5%정도 더 효율성점수가 높은 것으로 나타났다. 비효율의 원인은 기술적인 비효율의 정도보다는 규모의

비효율성에 더 큰 원인이 있는 것으로 나타났다. BCC모형에서 벤치마킹 대상으로 삼아야 되는 준거집단을 살펴보면 능성어가 4회씩으로 공통적으로 최다 참조되었고 다음으로 송어류가 있다. 기타돔류의 경우 2010년에 0.110으로 IRS로 비효율적이었으며 참조된 횟수가 없는 반면 5년 평균의 결과에서는 0.742로 DRS로 3회 참조된 것을 볼 수 있다. 2010년에는 투입량의 수준을 대폭 감소시켜서 비효율을 초래한 반면 다른 연도에는 과다 투입으로 비효율이 있었던 것을 알 수 있다. 해상가두리의 주 양식종인 조피볼락의 경우 5년 평균 약 60%의 규모의 비효율이 존재하고 2010년에는 약 49%의 규모의 비효율이 존재하는 것으로 나타났는데, 과도한 투입으로 규모의 경계를 달성하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 조피볼락에 집중된 어종이 다양한 어종으로 바뀔 필요가 있음을 알 수 있다.



## 2) DEA 윈도우분석결과

<표 III-12>는 전체 기술적 효율성의 윈도우분석을 나타내며, 표준편차는 0.101로 가장 작은 값을 나타낸 기타불락이 가장 안정적이며, 0.382로 가장 큰 값을 나타낸 송어류가 가장 불안정적인 것으로 나타났다. LDP로 보았을 때도 동일한 결과를 나타냈는데 최근 5년 동안 송어류가 가장 효율성의 변화가 작았고, 송어류의 효율성변화가 가장 큰 것으로 나타났다.

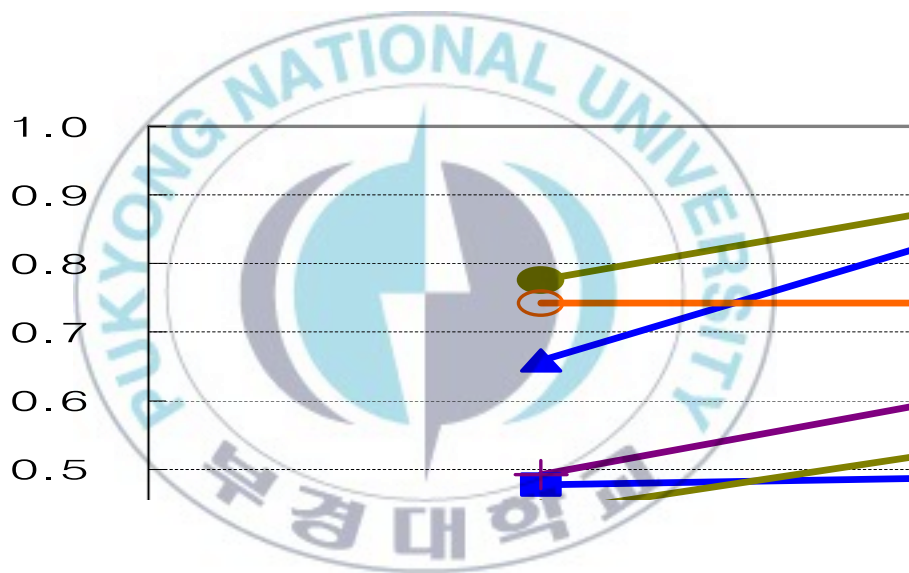
<표 III-12> 전체 기술적 효율성 윈도우 분석 결과

| DMU  | 고등어류  | 넙치류   | 농어    | 능성어   | 감성돔   | 참돔    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 전체평균 | 0.472 | 0.852 | 0.563 | 0.909 | 0.374 | 0.423 |
| 표준편차 | 0.303 | 0.262 | 0.180 | 0.211 | 0.211 | 0.204 |
| LDP  | 0.714 | 0.683 | 0.526 | 0.598 | 0.647 | 0.543 |
| DMU  | 기타동류  | 방어    | 조피불락  | 기타불락  | 송어류   | 쥐치류   |
| 전체평균 | 0.228 | 0.828 | 0.419 | 0.247 | 0.726 | 0.486 |
| 표준편차 | 0.118 | 0.329 | 0.191 | 0.101 | 0.382 | 0.274 |
| LDP  | 0.279 | 0.773 | 0.441 | 0.262 | 0.843 | 0.667 |

\* LDP: 전체 분석기간 중 효율성 점수의 최대값과 최소값의 차이로 변동범위를 나타냄

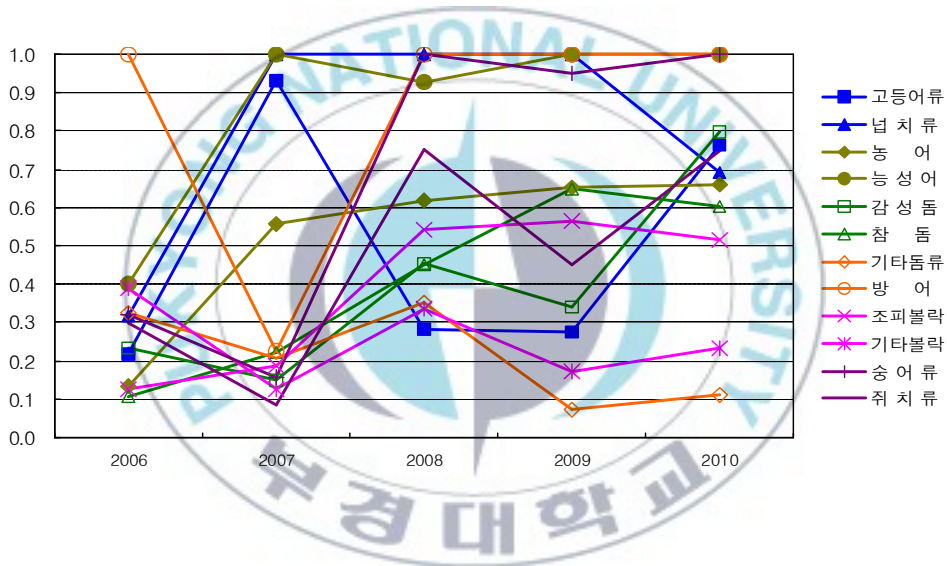
윈도우 분석 결과를 그림으로 살펴보면 아래[그림 III-2]와 같다. 전체적으로 시간이 경과함에 따라 전체 기술적 효율성이 증가하는 모습을 보이고 있다. 초기 윈도우에서 시간의 경과에 따라 효율성이 점진적으로 개선되어가는 어종은 능성어, 방어, 숭어류, 농어, 쥐치류, 조피볼락, 참돔, 감성돔으로 나타났다. 점진적으로 효율성이 하락하는 어종에는 규모효율성에서 IRS의 특성을 보인 기타돔류가 있다.

[그림 III-2] 전체 기술적 효율성 윈도우별 변동



기간별 평균을 그림으로 나타내면 아래 [그림 Ⅲ-3]과 같다. 대체적으로 평가대상 어종 모두가 기간별 전체 기술적 효율성이 안정적이지 못한 것으로 나타났다. 비교적 안정적으로 효율성이 개선되고 있는 어종은 농어, 참돔을 들 수 있고, 불안정하지만 효율성이 개선되는 어종으로 방어, 송어류, 조피볼락이 있다. 효율성이 개선과 하락을 반복하며 전체적으로 볼 때 하락하는 어종으로 기타볼락과 기타돌류가 있다.

[그림 Ⅲ-3] 전체 기술적 효율성 기간별 변동



<표 III-13>은 순수 기술적 효율성의 윈도우분석을 나타내며, 능성어, 참돔, 방어, 조피볼락, 송어류의 경우 윈도우 기간 내에서 순수 기술적 효율성이 동일하게 1을 나타내 표준편차가 0이다. 효율적이지 않은 어종들끼리 비교해보면 능성어의 표준편차는 0.018, 쥐치류의 표준편차는 0.318로 안정적인 모습과 불안정한 모습을 나타냈다. LDP의 결과도 동일한 양상으로 효율성의 변화 정도를 보여준다.

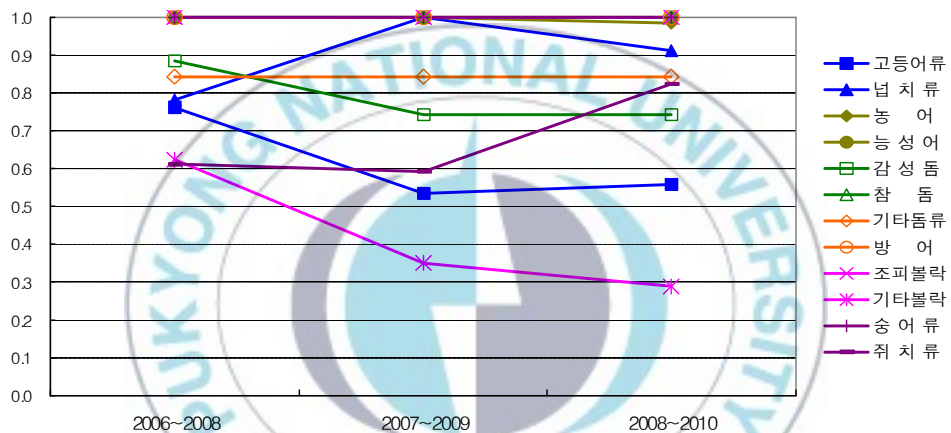
<표 III-13> 순수 기술적 효율성 윈도우 분석 결과

| DMU  | 고등어류  | 넙치류   | 농어    | 능성어   | 감성돔   | 참돔    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 전체평균 | 0.618 | 0.897 | 0.995 | 1     | 0.789 | 1     |
| 표준편차 | 0.329 | 0.242 | 0.018 | 0     | 0.201 | 0     |
| LDP  | 0.687 | 0.659 | 0.048 | 0     | 0.434 | 0     |
| DMU  | 기타돔류  | 방어    | 조피볼락  | 기타볼락  | 송어류   | 쥐치류   |
| 전체평균 | 0.843 | 1     | 1     | 0.422 | 1     | 0.675 |
| 표준편차 | 0.221 | 0     | 0     | 0.264 | 0     | 0.318 |
| LDP  | 0.472 | 0     | 0     | 0.820 | 0     | 0.850 |

\* LDP: 전체 분석기간 중 효율성 점수의 최대값과 최소값의 차이로 변동범위를 나타냄

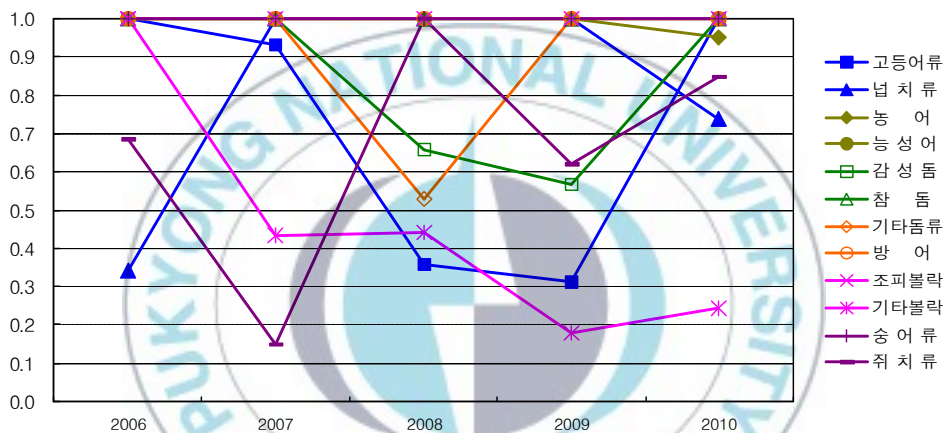
순수 기술적 효율성을 윈도우별로 나타내면 아래 [그림 Ⅲ-4]와 같다. 그림에 보이지 않는 5개의 어종이 매우 안정적으로 1의 효율성을 나타내고 있고, 전체 기술적 효율성에 비하면 매우 안정적인 추세를 보여준다. 고등어류, 기타볼락, 감성돔, 농어는 초기 윈도우에 비해 시간의 경과에 따라 효율성이 하락하고 있음을 알 수 있다.

[그림 Ⅲ-4] 순수 기술적 효율성 윈도우별 변동



순수 기술적 효율성을 기간별로 나타내면 아래 [그림 Ⅲ-5]와 같다. 그림에 보이지 않는 5개의 어종이 매우 안정적으로 1의 효율성을 나타내고 있고, 기간별 변화는 역시 매우 불안정한 모습을 보여주고 있다. 기타불락과 고등어류는 효율성의 점진적인 하락을 보여주다가 2010년 상승세를 타고 있지만 2006년에 비하면 큰 폭으로 하락한 것을 볼 수 있다.

[그림 Ⅲ-5] 순수 기술적 효율성 기간별 변동



<표 III-14>는 규모 효율성의 윈도우분석을 나타내며, 규모 효율성은 넙치류가 가장 높았고, 표준편차도 0.032로 가장 작은 값을 나타내 넙치류가 가장 안정적인 것을 알 수 있었다. 0.367으로 가장 큰 값을 나타낸 송어류가 가장 불안정적인 것으로 나타났다. LDP로 보았을 때의 결과도 동일하게 나타나 최근 5년간 넙치류의 규모의 효율성의 변화가 가장 작았고, 송어류의 효율성변화가 가장 큰 것으로 나타났다.

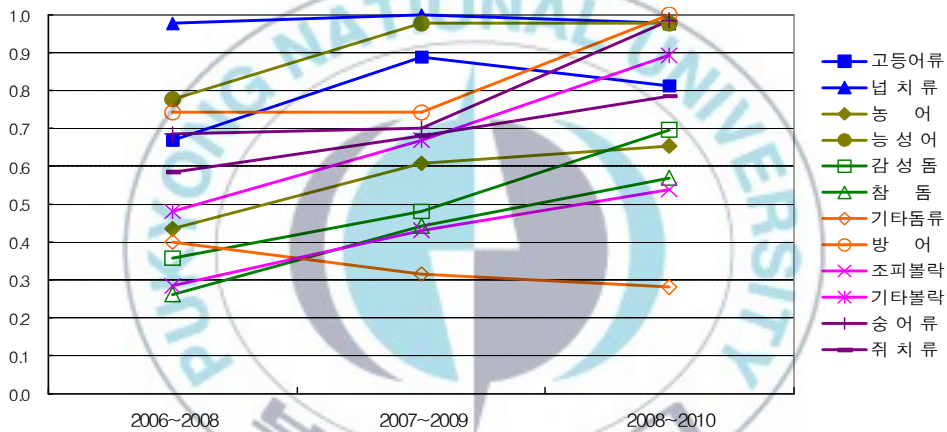
<표 III-14> 규모 효율성 윈도우 분석 결과

| DMU  | 고등어류  | 넙치류   | 농어    | 능성어   | 감성돔   | 참돔    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 전체평균 | 0.790 | 0.985 | 0.567 | 0.909 | 0.511 | 0.423 |
| 표준편차 | 0.249 | 0.032 | 0.183 | 0.211 | 0.257 | 0.204 |
| LDP  | 0.781 | 0.072 | 0.560 | 0.598 | 0.647 | 0.543 |
| DMU  | 기타동류  | 방어    | 조피볼락  | 기타볼락  | 송어류   | 쥐치류   |
| 전체평균 | 0.332 | 0.828 | 0.419 | 0.681 | 0.790 | 0.684 |
| 표준편차 | 0.245 | 0.329 | 0.191 | 0.282 | 0.367 | 0.144 |
| LDP  | 0.592 | 0.773 | 0.441 | 0.668 | 0.843 | 0.450 |

\* LDP: 전체 분석기간 중 효율성 점수의 최대값과 최소값의 차이로 변동범위를 나타냄

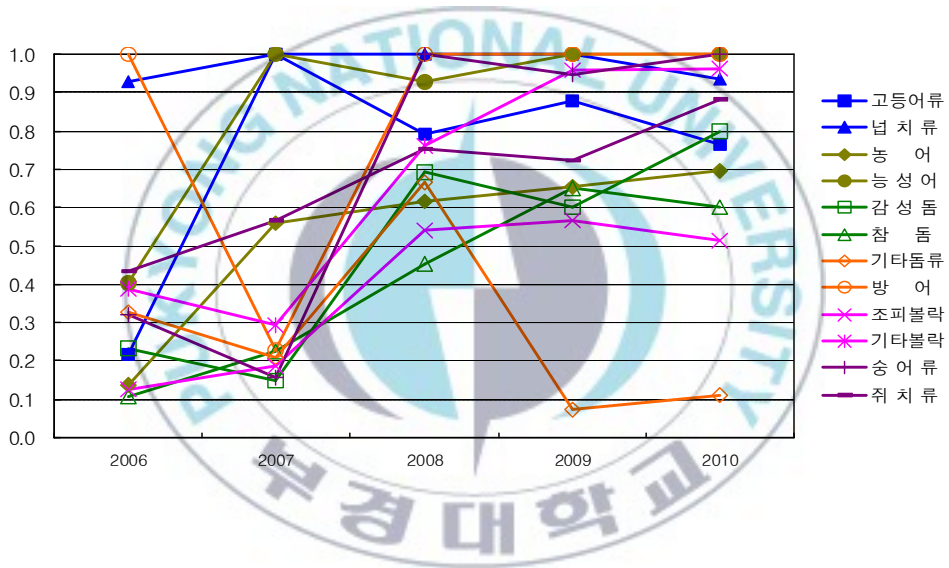
규모 효율성을 윈도우별로 나타내면 아래 [그림 Ⅲ-6]과 같다. 초기 윈도우에서 시간의 경과에 따라 효율성이 점진적으로 개선되어가는 어종은 방어, 송어류, 농어, 쥐치류, 기타불락, 감성돔, 참돔으로 나타났고 점진적으로 효율성이 하락하는 어종에는 규모효율성에서 IRS의 특성을 보인 기타돔류가 있다. 다만 고등어류, 넙치류, 능성어는 불안정적인 모습을 나타내고 있다.

[그림 Ⅲ-6] 규모 효율성 윈도우별 변동



규모 효율성을 기간별로 나타내면 아래 [그림 Ⅲ-7]과 같다. 거의 대부분의 어종들이 추세를 파악하기 힘들 정도로 불안정한 움직임을 나타내고 있다. 큰 폭으로 매년마다 등락을 보이며 효율성이 하락하는 방어류의 경우 규모의 비효율의 변동 폭은 점차 줄어들고 있지만 그 절대 값은 매우 낮아진 것으로 나타난다. 방어를 제외한 나머지 어종들은 등락을 보이고 있지만 2010년으로 갈수록 규모의 효율성을 개선해나가고 있는 모습이다.

[그림 Ⅲ-7] 규모 효율성 기간별 변동



### 3)MPI 분석 결과

#### (1) 시계열별 총요소생산성 추정 결과

<표 III-15>는 2006-2010년 5년 동안의 MPI 즉, 총요소생산성의 변화의 추정치를 보여준다. 이 기간 동안 MPI는 그 기하평균이 0.9646으로 추정되어 평균적으로 약 3% 정도의 생산성의 하락이 있었던 것으로 분석되었다. 기술적 효율성 변화지수(Technical Efficiency Change Index, TECI)는 1.2161로 추정되어 어종들의 사육에 있어서 투입과 산출의 기술적인 결합을 통한 효율성이 약 22% 변화했고, 기술 변화 지수(Technical Change Index, TCI)는 0.7932로 나타나 약 21% 정도의 하락을 보여 총요소생산성의 하락의 주된 원인이 기술수준의 퇴보에 의한 것임을 알 수 있다. 기술적인 효율성의 변화는 이것의 구성 성분인 순수 효율성 변화지수(Pure Efficiency Change Index=PECI)는 0.9901로 거의 변화가 없었던 반면, 규모효율성 변화지수(Scale Efficiency Change Index=SECI)가 1.2283으로 추정되어 규모의 경제에 접근하므로 약 23%의 생산성 향상에 기여한 것을 알 수 있다.

그러나 분석기간을 세분해보면, 2006년에 대비한 2007년의 생산성, 2007년에 대비한 2008년의 생산성, 2008년에 대비한 2009년의 생산성, 2009년에 대비한 2010년의 생산성은 서로 다른 양상을 보이고 있음을 알 수 있다. T=2기간의 MPI는 1.0798으로 약 8%정도 생산성이 향상된 반면 T=3기간의 MPI는 0.7343으로 무려 27%가량 하락한 것을 볼 수 있었는데, 다시 T=4기간의 MPI는 1.1089로 약 11%의 생산성이 향상된 것으로 나타났고, 마지막 T=5기간의 MPI는 0.9846으로 생산성에 약간의 변화가 있을 뿐 거의 정체되었음을 보여준다. 이 5년 동안 가두리 양식장의 생산성이 매우 역동적인 변화가 있음을 알 수 있다. T=2기간 ~ T=4기간 동안의 총요소생산성의 변화 원인을 세분화해보면 TECI는 T=3기간인 2007-2008년에 2.0679로 거의 100% 이상의 기술적인 효율성 변화가 있는 것으로 나

타났고 큰 상승이후인 T=4기간에는 20%의 기술적인 효율성 변화의 하락을 볼 수 있다. 그에 반하여 T=3기간의 TCI는 0.3551으로 76%의 하락을 볼 수 있고, T=4기간에는 1.3755로 38%의 상승을 보이고 있다. 거의 모든 기간에 걸쳐 기술적 효율성 변화지수의 변화는 규모의 효율성의 변화와 행방을 같이 하고 있으며, 이것은 기술진보가 역의 형태로 매우 역동적으로 움직이고 있음을 알 수 있다.

<표 III-15> 시계열별 평균 생산성지수

| 시계열             | TECI   | TCI    | PECI   | SECI   | MPI    |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2006-2007 (T=2) | 1.0533 | 1.0253 | 0.8937 | 1.1785 | 1.0798 |
| 2007-2008 (T=3) | 2.0679 | 0.3551 | 0.9914 | 2.0859 | 0.7343 |
| 2008-2009 (T=4) | 0.8061 | 1.3755 | 0.9187 | 0.8775 | 1.1089 |
| 2009-2010 (T=5) | 1.2455 | 0.7905 | 1.1805 | 1.0551 | 0.9846 |
| 기하평균            | 1.2161 | 0.7932 | 0.9901 | 1.2283 | 0.9646 |

## (2) 어종별 중요소생산성 추정 결과

### 가. 2006-2007년(T=2)의 생산성 추정결과

<표 III-16>은 2006년에 대비한 2007년의 어종별 중요소생산성의 변화를 추정한 결과이다. 이 기간에는 앞에서 살펴본 것처럼 8%에 가까운 평균적인 생산성의 향상을 경험한 시기로 어종별로도 생산성의 변화에 차이가 많이 있었음을 알 수 있다. 12개의 분석대상어종중 9개 어종의 MPI가 1 이상으로 추정되어 중요소생산성의 향상이 있었음을 알 수 있다. 특히 넙치류의 경우 MPI가 6.4365로 약 544%의 엄청난 생산성의 향상을 보여주었는데 TECI는 3.1576, TCI는 2.0384로 기술적 효율성도의 급격한 상승과 기술수준도 경이로운 진보에 의한 것으로 보인다.

그러나 고등어의 경우를 보면 TECI가 4.2805로 매우 효율적인 기술적 결합을 통한 변화가 있었으나 기술수준의 퇴보로 인하여 TECI의 변화수

준에 못미치는 생산성의 향상을 보이고 있다. 반대의 경우도 있는데 감성  
 돔의 경우는 1.7216으로 기술수준은 진보했으나 기술적 효율성의 퇴보로  
 TCI에 못미치는 생산성의 변화를 나타냈다. T=2기간 중 최소 값을 기록  
 한 방어의 경우에는 TCI가 0.1766이고 SECI가 0.2266으로 약 82%의 기술  
 수준의 퇴보와 약77%의 규모의 불경제로 인해 MPI가 0.04로 약 96%의  
 생산성의 급락을 보여주고 있다.

<표 III-16> 2006-2007년(T=2)의 생산성 추정결과

| DMU  | TECI   | TCI    | PECI   | SECI   | MPI    | RANK |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 고등어류 | 4.2805 | 0.502  | 0.932  | 4.5928 | 2.1488 | 2    |
| 넙치류  | 3.1576 | 2.0384 | 2.9317 | 1.077  | 6.4365 | 1    |
| 농어   | 4.1304 | 0.5078 | 1      | 4.1304 | 2.0974 | 4    |
| 능성어  | 2.49   | 0.8466 | 1      | 2.49   | 2.108  | 3    |
| 감성돔  | 0.6426 | 1.7216 | 1      | 0.6426 | 1.1063 | 8    |
| 참돔   | 2.1089 | 0.776  | 1      | 2.1089 | 1.6365 | 5    |
| 기타돔류 | 0.6373 | 1.8197 | 1      | 0.6373 | 1.1597 | 7    |
| 방어   | 0.2266 | 0.1766 | 1      | 0.2266 | 0.04   | 12   |
| 조피볼락 | 1.4924 | 1.0398 | 1      | 1.4924 | 1.5518 | 6    |
| 기타볼락 | 0.3262 | 1.8198 | 0.4343 | 0.7512 | 0.5936 | 10   |
| 송어류  | 0.4905 | 2.0737 | 1      | 0.4905 | 1.0171 | 9    |
| 쥐치류  | 0.2869 | 1.8201 | 0.2188 | 1.3109 | 0.5222 | 11   |
| 기하평균 | 1.0533 | 1.0253 | 0.8937 | 1.1785 | 1.0798 |      |
| 표준편차 | 1.5162 | 0.6868 | 0.6489 | 1.4274 | 1.6366 |      |
| 최대값  | 4.2805 | 2.0737 | 2.9317 | 4.5928 | 6.4365 |      |
| 최소값  | 0.2266 | 0.1766 | 0.2188 | 0.2266 | 0.0400 |      |

나. T=3(2007-2008)의 생산성 추정결과

<표 III-17>은 2007-2008년의 분석결과로 이 기간에는 무려 27%에 가까  
 운 평균적인 생산성의 하락을 경험한 시기로 12개의 분석대상어종 중 9개  
 어종의 MPI가 1 이상으로 추정되었던 T=2기와는 달리 4개의 어종만이

MPI가 1 이상으로 나타났다. 생산성지수의 하락 요인으로서는 이 기간 동안 TCI의 기하평균이 0.355로 기술수준의 변화가 크게 작용하고 있는 것으로 나타났다.

특히 지난기간에 최하의 MPI를 보였던 방어의 경우 TECI 4.4131, TCI 0.8055로 기술수준의 퇴보에도 불구하고 규모의 경제에 접근하면서 MPI가 3.5548로 256%에 가까운 생산성의 향상을 보여주었다. 반면 고등어의 경우 PECI가 0.384로 최저값을 가지고 TCI 마저 0.429고 MPI는 0.13으로 최소값을 기록했다. 취치류의 경우 TCI는 0.196으로 기술의 진보가 매우 필요한 상황인데 기술적 효율성변화의 구성요소인 PECI가 6.662로 최대값을 기록함으로써 약 73%의 생산성의 향상을 보여준다.

감성돔의 경우 SECI가 4.608로 규모의 경제로 인해서 생산성에 약 361%의 긍정적인 영향을 줘에도 불구하고 TCI 0.189, PECI 0.658로 기술진보의 둔화와 순수기술효율성의 하락으로 총요소생산성지수가 0.572로 약 43%의 생산성이 하락한 것을 볼 수 있다.

<표 III-17> 2007-2008년(T=3)의 생산성 추정결과

| DMU  | TECI   | TCI    | PECI   | SECI   | MPI    | RANK |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 고등어류 | 0.304  | 0.4291 | 0.3838 | 0.792  | 0.1304 | 12   |
| 넙치류  | 1      | 0.5467 | 1      | 1      | 0.5467 | 8    |
| 농어   | 1.1063 | 0.4688 | 1      | 1.1063 | 0.5186 | 9    |
| 농성어  | 0.9274 | 0.798  | 1      | 0.9274 | 0.7401 | 6    |
| 감성돔  | 3.03   | 0.1888 | 0.6575 | 4.6084 | 0.5721 | 7    |
| 참돔   | 2.026  | 0.5299 | 1      | 2.026  | 1.0736 | 4    |
| 기타돔류 | 1.6893 | 0.2488 | 0.5285 | 3.1964 | 0.4203 | 11   |
| 방어   | 4.4131 | 0.8055 | 1      | 4.4131 | 3.5548 | 1    |
| 조피볼락 | 2.893  | 0.3085 | 1      | 2.893  | 0.8925 | 5    |
| 기타볼락 | 2.6346 | 0.1957 | 1.0143 | 2.5976 | 0.5156 | 10   |
| 송어류  | 6.3694 | 0.1935 | 1      | 6.3694 | 1.2325 | 3    |
| 쥐치류  | 8.8239 | 0.1957 | 6.6622 | 1.3245 | 1.7268 | 2    |
| 기하평균 | 2.0679 | 0.3551 | 0.9914 | 2.0859 | 0.7343 |      |
| 표준편차 | 2.5078 | 0.2272 | 1.6862 | 1.7783 | 0.9116 |      |
| 최대값  | 8.8239 | 0.8055 | 6.6622 | 6.3694 | 3.5548 |      |
| 최소값  | 0.3040 | 0.1888 | 0.3838 | 0.7920 | 0.1304 |      |

다. T=4(2008-2009)의 생산성 추정결과

<표 III-18>은 2008-2009년의 분석결과이다. T=3에서 MPI에 영향을 주는 지수들의 기하평균을 살펴보면 TCI가 0.355로 모든 기간에 걸쳐서 최저치를 기록했는데 이때의 생산성 하락의 폭이 가장 큰 것으로 나타났다. T=4에서는 다른 지수들의 값이 거의 하락할 때 TCI 값만 유일하게 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이때 MPI도 약 11%에 가까운 생산성의 증가를 나타낸다. 이러한 변화를 T=4기간에 고등어류, 넙치류, 농어류, 농성어, 감성돔, 방어, 조피볼락의 7개 어종을 통해서 확인 할 수 있었다. 이 어종들 중 넙치와 방어의 경우 TECI, Peci, SECI가 모두 1로 기술적 효율성에는 아무런 변화가 없었음을 볼 수 있으므로 두 어종의 생산성은 전적으로 기술수준의 진보에 의한다고 볼 수 있다. 이 기간에 가장 많은 생산성의

향상이 있었던 어종은 능성어로 경우 TCI가 3.011로 약 200%의 기술진보로 인해 생산성수준이 향상된 것을 볼 수 있다. 반면 기타돔류의 경우 TCI가 1.334로 기술이 진보되었고, PECI도 1.892로 순수기술효율성도 생산성향상에 많은 기여를 했지만, SECI가 0.109로 2006-2010년의 모든 기간에 걸쳐 최소값을 기록하면서 규모의 비효율성으로 인해서 생산성이 72%나 하락한 것을 볼 수 있었다.

<표 III-18> 2008-2009년(T=4)의 생산성 추정결과

| DMU  | TECI   | TCI    | PECI   | SECI   | MPI    | RANK |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 고등어류 | 0.9728 | 1.3226 | 0.8753 | 1.1114 | 1.2866 | 5    |
| 넙치류  | 1      | 1.1801 | 1      | 1      | 1.1801 | 7    |
| 농어   | 1.0595 | 1.3531 | 1      | 1.0595 | 1.4336 | 3    |
| 능성어  | 1.0783 | 3.0109 | 1      | 1.0783 | 3.2467 | 1    |
| 감성돔  | 0.7471 | 1.4071 | 0.8602 | 0.8685 | 1.0512 | 8    |
| 참돔   | 1.4382 | 1.2611 | 1      | 1.4382 | 1.8137 | 2    |
| 기타돔류 | 0.2064 | 1.3339 | 1.8921 | 0.1091 | 0.2753 | 12   |
| 방어   | 1      | 1.3258 | 1      | 1      | 1.3258 | 4    |
| 조피볼락 | 1.0458 | 1.2027 | 1      | 1.0458 | 1.2578 | 6    |
| 기타볼락 | 0.5146 | 1.3635 | 0.4082 | 1.2609 | 0.7017 | 11   |
| 송어류  | 0.9485 | 1.0284 | 1      | 0.9485 | 0.9754 | 9    |
| 쥐치류  | 0.5986 | 1.3636 | 0.6214 | 0.9632 | 0.8163 | 10   |
| 기하평균 | 0.8061 | 1.3755 | 0.9187 | 0.8775 | 1.1089 |      |
| 표준편차 | 0.3214 | 0.5090 | 0.3457 | 0.3160 | 0.7319 |      |
| 최대값  | 1.4382 | 3.0109 | 1.8921 | 1.4382 | 3.2467 |      |
| 최소값  | 0.2064 | 1.0284 | 0.4082 | 0.1091 | 0.2753 |      |

라. T=5(2009-2010)의 생산성 추정결과

<표 III-19>는 2009-2010년의 분석결과이다. 이 기간의 평균 MPI는 0.985로 거의 생산량 수준은 변하지 않은 것으로 나타났다. 6개의 어종이 생산성지수가 증가했고 나머지 6개 어종은 하락했다. MPI가 2.3287로 가

장 높은 고등어류의 경우 TCI가 0.8378, SECI가 0.8703으로 기술진보의 둔화와 규모의비효율성으로 인해서 생산성지수가 낮아 질 수도 있었는데, 순수기술효율성의 약진으로 생산성이 약 133%정도 향상한 것으로 나타났다. 생산성지수가 가장 낮은 넙치류의 경우 순수기술효율성이 저하로 생산성지수가 감소한 것으로 보여 진다. 능성어와 방어는 각각 기술효율성은 효율적인 것으로 나타났지만 기술수준의 진보와 둔화로 인해 생산성이 변화한 것을 볼 수 있다.

<표 III-19> 2009-2010년(T=5)의 생산성 추정결과

| DMU  | TECI   | TCI    | PECI   | SECI   | MPI    | RANK |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 고등어류 | 2.7795 | 0.8378 | 3.1939 | 0.8703 | 2.3287 | 1    |
| 넙치류  | 0.6892 | 0.7722 | 0.736  | 0.9364 | 0.5322 | 12   |
| 농어   | 1.0118 | 0.729  | 0.9517 | 1.0631 | 0.7376 | 8    |
| 능성어  | 1      | 0.7072 | 1      | 1      | 0.7072 | 10   |
| 감성돔  | 2.3495 | 0.7102 | 1.768  | 1.3289 | 1.6686 | 2    |
| 참돔   | 0.9279 | 0.7819 | 1      | 0.9279 | 0.7255 | 9    |
| 기타돔류 | 1.5214 | 0.8819 | 1      | 1.5214 | 1.3417 | 4    |
| 방어   | 1      | 1.0054 | 1      | 1      | 1.0054 | 6    |
| 조피볼락 | 0.9081 | 0.6955 | 1      | 0.9081 | 0.6316 | 11   |
| 기타볼락 | 1.3624 | 0.848  | 1.3587 | 1.0027 | 1.1553 | 5    |
| 송어류  | 1.0543 | 0.7229 | 1      | 1.0543 | 0.7622 | 7    |
| 쥐치류  | 1.6613 | 0.8509 | 1.3626 | 1.2193 | 1.4136 | 3    |
| 기하평균 | 1.2455 | 0.7905 | 1.1805 | 1.0551 | 0.9846 |      |
| 표준편차 | 0.6343 | 0.0928 | 0.6598 | 0.1935 | 0.5292 |      |
| 최대값  | 2.7795 | 1.0054 | 3.1939 | 1.5214 | 2.3287 |      |
| 최소값  | 0.6892 | 0.6955 | 0.7360 | 0.8703 | 0.5322 |      |

### (3) 어종별 평균생산성지수 추정 결과

기하평균을 살펴보면 PECI가 0.99로 순수기술효율성은 거의 큰 변화가 없고 SECI는 1.228로 규모의 경제에 접근하면서 약 23% 생산성 향상에 기여했고 따라서 TECI도 1.216으로 기술적 효율성도 생산성의 향상에 정의 영향을 주는데, TCI가 0.793이고 MPI는 0.965로 약 4%의 하락을 보였다. 능성어는 TECI 1.256, TCI 1.0952로 약 38%의 생산성의 향상을 보이며 제일 많이 생산성이 증가한 어종이다. 기타동물의 경우 TECI 0.7625의 기술적 효율성의 하락과 TCI 0.8543으로 기술수준의 퇴보로 생산성이 약 35%로 제일 많이 하락한 어종이다. 해상가두리양식의 주된 양식 어종인 조피볼락의 경우 TCI가 0.7197로 기술수준의 퇴보에도 불구하고, SECI가 1.423으로 규모의 경제로 인하여 2.4%의 생산성 향상을 보여준다.

<표 III-20> 어종별 평균생산성지수 추정결과

| DMU  | TECI   | TCI    | PECI   | SECI   | MPI    | RANK |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 고등어류 | 1.3696 | 0.699  | 1      | 1.3696 | 0.9572 | 9    |
| 넙치류  | 1.2146 | 1.0039 | 1.212  | 1.0021 | 1.2193 | 3    |
| 농어   | 1.4877 | 0.6961 | 0.9877 | 1.5062 | 1.0356 | 4    |
| 능성어  | 1.2562 | 1.0952 | 1      | 1.2562 | 1.3757 | 1    |
| 감성돔  | 1.3597 | 0.7549 | 1      | 1.3597 | 1.0265 | 5    |
| 참돔   | 1.5453 | 0.798  | 1      | 1.5453 | 1.2331 | 2    |
| 기타동물 | 0.7625 | 0.8543 | 1      | 0.7625 | 0.6514 | 12   |
| 방어   | 1      | 0.6599 | 1      | 1      | 0.6598 | 11   |
| 조피볼락 | 1.423  | 0.7197 | 1      | 1.423  | 1.0242 | 6    |
| 기타볼락 | 0.881  | 0.8011 | 0.7031 | 1.2533 | 0.7058 | 10   |
| 송어류  | 1.3295 | 0.739  | 1      | 1.3295 | 0.9825 | 8    |
| 쥐치류  | 1.2596 | 0.8018 | 1.054  | 1.195  | 1.01   | 7    |
| 기하평균 | 1.216  | 0.7932 | 0.9901 | 1.2283 | 0.9646 |      |
| 표준편차 | 0.2418 | 0.1295 | 0.1112 | 0.2296 | 0.2278 |      |
| 최대값  | 1.5453 | 1.0952 | 1.2120 | 1.5453 | 1.3757 |      |
| 최소값  | 0.7625 | 0.6599 | 0.7031 | 0.7625 | 0.6514 |      |

#### (4) 어종별 및 시계열별 생산성지수 추정 결과

누적 곱이 3.582로 2006년부터 2010년 사이에 생산성의 변화정도가 가장 큰 능성어의 경우, 2006년과 2007년 사이의 MPI는 2.108로 생산성이 약 111% 증가하였으나, 2007년과 2008년 사이에는 0.740으로 생산성이 26% 감소하였고, 2008년과 2009년 사이에는 3.247로 생산성이 약 225% 증가하였으나, 2009년과 2010년 사이에는 0.707로 생산성이 약 29% 감소하였다. 각 기간별로 생산성의 증가와 감소를 반복하는 모습을 보여주지만 <표 III-19>에서 MPI가 1.3757로 매년 평균적으로 약 38%씩 생산성이 증가 하면서 5년 사이에 약 258%의 생산성의 증가된 것을 알 수 있다. 이것은 규모의 효율성에 의한 기술적인 효율성과 평균수준을 30%정도 웃도는 약 9%의 기술진보에 의해 가능한 것으로 보인다.

반면 5년 사이에 82%나 생산성이 하락한 기타돔류의 경우 매년 평균적으로 약 35%의 생산성 감소를 나타내고 있는데, 15%의 기술수준의 퇴보와 24%의 규모의 비효율성에 기인한 것으로 보인다. 앞에서 행한 자료포락분석의 투입지향 BCC모형에서 각 연도별로 효율성을 분석했을 때 2008년~2010년의 3개년에 걸쳐 기타돔류가 IRS의 특성을 나타냈던 것으로 미루어볼 때, 투입변수의 규모를 증대시켜 최적규모를 찾아야 할 것으로 보여 진다.

해상가두리양식의 주어종인 조피볼락의 경우 기술수준의 퇴보에도 불구하고 규모의 효율성에 기인한 기술적 효율성을 약 42% 증가시키면서 연평균 생산성이 약 2.4% 증가하는 것으로 나타났고, 2006년부터 2010년 사이에 생산성이 10% 증가한 것을 알 수 있다.

<표 III-21> 어종별 및 시계열별 생산성지수 추정 결과

| DMU  | 2006-2007 | 2007-2008 | 2008-2009 | 2009-2010 | 누적 곱  |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 고등어류 | 2.149     | 0.130     | 1.287     | 2.329     | 0.840 |
| 넙치류  | 6.437     | 0.547     | 1.180     | 0.532     | 2.210 |
| 농어   | 2.097     | 0.519     | 1.434     | 0.738     | 1.150 |
| 능성어  | 2.108     | 0.740     | 3.247     | 0.707     | 3.582 |
| 감성돔  | 1.106     | 0.572     | 1.051     | 1.669     | 1.110 |
| 참돔   | 1.637     | 1.074     | 1.814     | 0.726     | 2.312 |
| 기타동류 | 1.160     | 0.420     | 0.275     | 1.342     | 0.180 |
| 방어   | 0.040     | 3.555     | 1.326     | 1.005     | 0.190 |
| 조피볼락 | 1.552     | 0.893     | 1.258     | 0.632     | 1.100 |
| 기타볼락 | 0.594     | 0.516     | 0.702     | 1.155     | 0.248 |
| 송어류  | 1.017     | 1.233     | 0.975     | 0.762     | 0.932 |
| 취치류  | 0.522     | 1.727     | 0.816     | 1.414     | 1.041 |



(5) 어종별 및 누적지수 추정결과

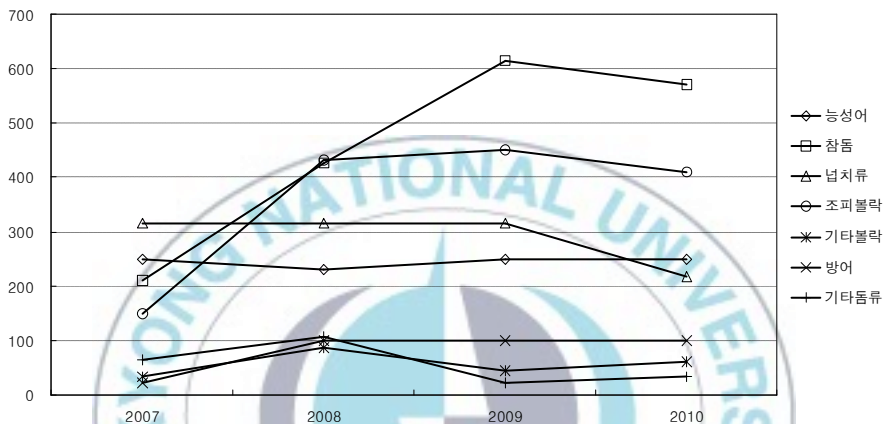
어종별 평균 생산성지수에서 생산성 증가가 뚜렷한 3개 어종(능성어, 참돔, 넙치류)와 생산성 감소가 현저한 3개 어종(기타볼락, 방어, 기타돔류)와 해상가두리양식의 주어종인 조피볼락을 선정하고, 2006(T=1)을 100으로 하여 개별지수의 누적지수를 구했다.

<표 III-22> 어종별 누적지수

| 지수           | 구분   | 연도(2006년을 100으로 가정) |        |        |        |        |
|--------------|------|---------------------|--------|--------|--------|--------|
|              |      | DMU                 | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   |
| TECI<br>누적지수 | 능성어  |                     | 249.00 | 230.92 | 249.00 | 249.00 |
|              | 참돔   |                     | 210.89 | 427.26 | 614.49 | 570.19 |
|              | 넙치류  |                     | 315.76 | 315.76 | 315.76 | 217.62 |
|              | 조피볼락 |                     | 149.24 | 431.75 | 451.53 | 410.03 |
|              | 기타볼락 |                     | 32.62  | 85.94  | 44.23  | 60.25  |
|              | 방어   |                     | 22.66  | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
|              | 기타돔류 |                     | 63.73  | 107.66 | 22.22  | 33.81  |
| TCI<br>누적지수  | 능성어  |                     | 84.66  | 67.56  | 203.41 | 143.85 |
|              | 참돔   |                     | 77.60  | 41.12  | 51.86  | 40.55  |
|              | 넙치류  |                     | 203.84 | 111.44 | 131.51 | 101.55 |
|              | 조피볼락 |                     | 103.98 | 32.08  | 38.58  | 26.83  |
|              | 기타볼락 |                     | 181.98 | 35.61  | 48.56  | 41.18  |
|              | 방어   |                     | 17.66  | 14.23  | 18.86  | 18.96  |
|              | 기타돔류 |                     | 181.97 | 45.27  | 60.39  | 53.26  |
| MPI<br>누적지수  | 능성어  |                     | 210.80 | 156.01 | 506.53 | 358.22 |
|              | 참돔   |                     | 163.65 | 175.69 | 318.66 | 231.19 |
|              | 넙치류  |                     | 643.65 | 351.88 | 415.26 | 221.00 |
|              | 조피볼락 |                     | 155.18 | 138.50 | 174.20 | 110.03 |
|              | 기타볼락 |                     | 59.36  | 30.61  | 21.48  | 24.81  |
|              | 방어   |                     | 4.00   | 14.22  | 18.85  | 18.95  |
|              | 기타돔류 |                     | 115.97 | 48.74  | 13.42  | 18.00  |

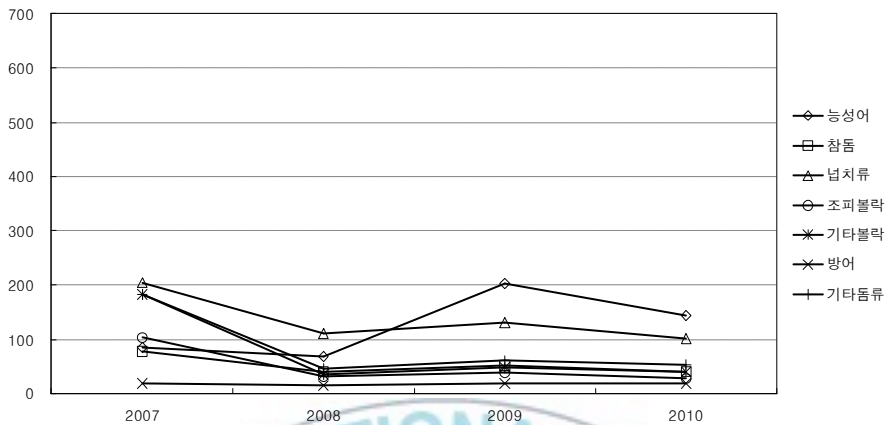
[그림 III-8]은 TECI에 대한 누적치 추세를 보여준다. 능성어, 참돔, 넙치류, 조피볼락의 경우 모두 100이상으로 기술의 효율성누적지수가 증가하고 있음을 알 수 있다. 방어와 기타돔류의 경우 2008년 년까지 증가하다가 이후에 감소와 증가의 모습을 보이고 있다.

[그림 III-8] TECI 누적지수 변화추이



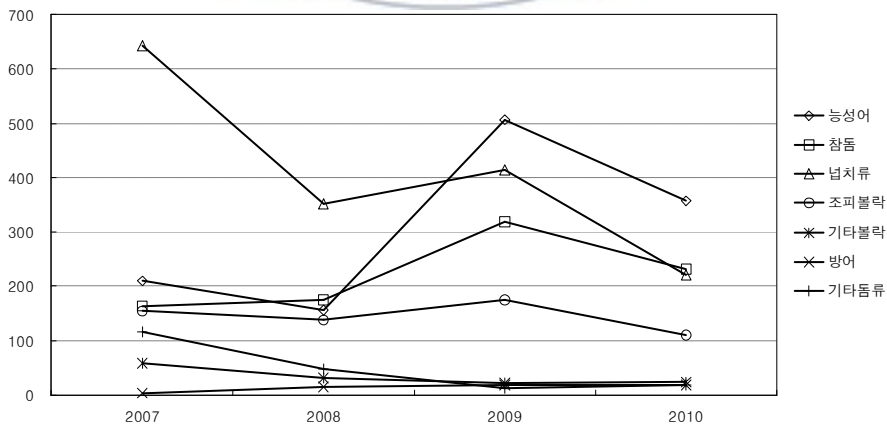
TECI의 누적치 추세를 살펴보면 능성어의 경우 2008년 이후 증가하다가 2009년 하락하는 경향을 보인다. 넙치류의 경우 2007년 이후 감소 하다가 2009년 회복되었다가 다시 하락하는 추세이다. 기타돔류와 기타볼락의 경우 2007년 크게 하락한 이후 서서히 증가하는 모습으로 정도는 다르지만 조피볼락과 비슷한 변동을 보여주고 있다.

[그림 III-9] TCI 누적지수 변화추이



MPI는 TECI와 TCI의 곱으로부터 구할 수 있으므로 MPI 누적지수가 현저하게 하락하는 경향을 나타내는 능성어, 넙치류, 조피볼락, 기타볼락, 방어, 기타돔류의 경우 4년 동안 TCI 누적지수 변화추이와 동일한 변화양상을 보이고 있다. 반면에 참돔의 경우 MPI 누적지수와 TECI 누적지수가 같은 모습으로 변하고 있다. 능성어와 참돔은 2008년에 비해 2009년 큰 폭으로 증가하는 모습을 보여주고 있다. 넙치류는 감소와 증가를 하면서 점진적으로 감소하는 모습을 볼 수 있다.

[그림 III-10] MPI 누적지수 변화추이



# 제 V 장

## 결 론

### 1. 요약

본 연구는 해상가두리양식의 12어종을 분석대상으로 하여 DEA분석모형을 이용하여 2010년과 2006-2010년 5년의 평균자료를 이용하여 효율성 분석을 하였고, DEA/윈도우분석모형을 통하여 2006-2010년의 패널자료를 대상으로 효율성의 변화경향을 알 수 있었고, Malmquist 생산성분석을 통해 생산성지수변화와 효율성 지표들의 변화를 추정하였다.

먼저 DEA의 투입지향 CCR 및 BCC모형의 분석결과는 다음과 같다. 2010년 기술적 효율성의 일반지표인 CCR모형의 효율성점수의 평균은 0.6767을 나타내며 어종별로 평균적으로 약 32%의 기술적비효율성이 존재하는 것으로 나타났다. 반면에 순수기술적비효율성의 지표인 BCC모형의 평균값은 0.8982로 평균적으로 약 10%의 순수기술적비효율성이 존재하였다. 또한 규모의 효율성 지표의 평균은 0.7719로 나타나 최적규모를 확보하지 못함으로써 나타난 비효율이 평균적으로 약 23% 정도 되는 것으로 분석되었다. CCR모형의 경우 3개 어종이 효율적으로 나타났으며, BCC모형의 경우에는 5개의 어종이 효율적인 어종으로 추가되어 모두 8개의 어종들이 효율적인 것으로 판명되었다. 고등어류를 비롯한 4개 어종의 비효율 원인은 전적으로 규모의 비효율에 의한 것으로 보인다. BCC모형에서 효율적 어종들이 벤치마킹대상이 되는 준거집단으로 능성어와 송어류가 각각 4회씩 참조횟수를 나타냈다.

5년 평균에서 CCR모형의 효율성점수의 평균은 0.6433으로 어종별로 평균적으로 약 36%의 기술적비효율성이 존재하는 것으로 나타났고, BCC모형의 평균값은 0.8970으로 평균적으로 약 10%의 순수기술적비효율성이

존재했다. 규모의 효율성 지표의 평균은 0.7217로 나타나 최적규모를 확보하지 못함으로써 나타난 비효율이 평균적으로 약 28% 정도 되는 것으로 분석되었다. CCR모형의 경우 3개 어종이 효율적으로 나타났고, BCC모형의 경우 8개의 어종들이 효율적인 것으로 나타났다. 농어를 비롯한 4개 어종의 비효율 원인은 전적으로 규모의 비효율에 의한 것이었다. BCC모형에서 효율적 어종들이 벤치마킹대상이 되는 준거집단으로 능성어가 4회, 기타돔류와 송어류가 각각 3회씩 참조횟수를 나타냈다. 기타돔류의 경우 규모의 비효율에도 불구하고 순수기술적효율성으로 인해 3회씩 참조되었다.

2010년과 5년 평균 분석 결과를 비교해보면 CRS 모형에 의하면 2010년이 약 4%정도 더 효율적인 것으로 나타났고, VRS 모형에 의한 결과는 두 분석모두에서 약 10%정도의 비효율이 존재하였다. 규모의 효율성을 살펴보면 2010년이 평균적으로 5%정도 더 효율성점수가 높은 것으로 나타났다. 비효율의 원인은 기술적인 비효율의 정도보다는 규모의 비효율성에 더 큰 원인이 있는 것으로 보여진다. BCC모형에서 벤치마킹대상으로 삼아야 되는 준거집단을 살펴보면 능성어가 4회씩으로 공통적으로 최다 참조되었는데 능성어의 사육실태를 파악하여 나머지 어종의 전반적인 효율성제고에 중요한 정보를 알아볼 필요가 있다.

다음으로 DEA/윈도우 분석 결과는 다음과 같다. 윈도우별 변동의 경우 CCR 모형의 효율성의 경우 전체적으로 증가하지만 불안정적인 모습이었고, BCC 모형의 경우 CCR 모형에 비해 안정적인 추세를 보여주며, 5개 어종은 매우 안정적으로 1이 효율성을 나타내었고, 규모의 효율성은 초기 윈도우에서 시간의 경과에 따라 효율성이 점진적으로 개선되는 어종이 8개였고, 넙치류를 포함한 3개 어종은 불안정적인 모습이었다. 기간별 변동의 경우 CCR 모형의 효율성의 경우 매우 안정적이지 못한 모습이었고, BCC 모형의 경우도 효율성이 1인 5개 어종을 제외한 어종들은 불안정한 모습을 보여주고 있으며, 규모의 효율성 역시 추세를 파악하기 힘들 정도

로 불안정한 움직임을 나타내었다. 윈도우별 변동보다는 기간별 변동에서 추세를 파악하기 어려웠는데, 양식의 특성상 최소 2년 정도의 사육기간이 소요됨을 감안한다면 윈도우별 변동의 분석 결과가 더 신뢰할 만한 것으로 보인다.

시계열별 MPI추정결과를 보면, 2006-2010년 5년 동안의 MPI는 그 기하평균이 0.9646으로 추정되어 평균적으로 약 3% 정도의 생산성의 하락이 있었던 것으로 분석되었다. TECI(기술적 효율성 변화지수)는 1.2161로 추정되어 어종들의 사육에 있어서 투입과 산출의 기술적인 결합을 통한 효율성이 약 22% 변화했고, TCI(기술 변화 지수)는 0.7932로 나타나 약 21% 정도의 하락을 보여 총요소생산성의 하락의 주된 원인이 기술수준의 퇴보에 의한 것임을 알 수 있다. 기술적인 효율성의 변화는 이것의 구성 성분인 PECI(순수 효율성 변화지수)는 0.9901로 거의 변화가 없었던 반면, SECI(규모효율성 변화지수)가 1.2283으로 추정되어 규모의 경제에 접근하므로 약 23%의 생산성 향상에 기여한 것을 알 수 있다.

어종별 평균생산성지수 추정 결과의 기하평균을 살펴보면 PECI가 0.99로 순수기술효율성은 거의 큰 변화가 없고 SECI는 1.228로 규모의 경제에 접근하면서 약 23% 생산성 향상에 기여했고 따라서 TECI도 1.216으로 기술적 효율성도 생산성의 향상에 정의 영향을 주는데, TCI가 0.793이고 MPI는 0.965로 약 4%의 하락을 보였다. 능성어는 약 38%로 제일 많이 생산성이 증가한 어종이고 기타돔류의 경우 TCI의 퇴보로 생산성이 약 35%로 제일 많이 하락한 어종이다. 해상가두리양식의 주된 양식 어종인 조피볼락의 경우 TCI가 0.7197로 기술수준의 퇴보에도 불구하고, SECI가 1.423으로 규모의 경제로 인하여 2.4%의 생산성 향상을 보여준다. MPI 누적지수가 현저하게 하락하는 경향을 나타내는 능성어, 넙치류, 조피볼락, 기타볼락, 방어, 기타돔류의 경우 4년 동안 TCI 누적지수 변화추이와 동일한 변화양상을 보이고 있다. 반면에 참돔의 경우 MPI 누적지수와 TECI 누적지수가 같은 모습으로 변하고 있다. 능성어와 참돔은 2008년에 비해 2009

년 큰 폭으로 증가하는 모습을 보여주고 있다. 넵치류는 감소와 증가를 하면서 점진적으로 감소하는 모습을 볼 수 있다. 이것을 통해서 규모의 효율성보다는 기술적 효율성과 기술진보가 가두리양식의 생산성향상에서 더 영향력을 행사하는 것을 알 수 있었다. 입식량과 사료의 양을 늘리는 수준을 벗어나서 생사료와 배합사료의 비율과 급이 시기, 방법, 종묘사이즈의 다양화 등의 방법을 모색해서 생산성 향상을 도모해야 할 것이다.

DEA와 MPI는 효율성과 생산성이라는 비슷하면서도 다른 요소를 다루는데, MPI 추정결과로 생산성의 변화를 알 수 있었고, DEA 분석 결과로 그 요인을 알 수 있는 어종을 볼 수 있었다. 어종별 시계열별 MPI 추정 결과에서 기타돔류가 5년 사이에 82%나 생산성이 하락한 것을 확인할 수 있었는데 이 어종은 매년 평균적으로 약 35%의 생산성 감소를 나타내고 있었으며 이는 15%의 기술수준의 퇴보와 24%의 규모의 비효율성에 기인한 것으로 나타났다. MPI 추정결과만으로는 이 규모의 비효율성이 규모수익 체증인지 규모수익 체감인지에 대해서 알 수 없었는데, 투입지향 BCC모형의 각 연도별 효율성 분석결과를 통해 2008-2010년의 3개년에 걸쳐 기타돔류가 IRS의 특성을 나타냈던 것을 확인했고, 투입변수의 규모를 증대시켜 최적규모를 찾아야 한다는 것을 알 수 있었다.

## 2. 연구의 한계와 의의

본 연구의 한계로 해상가두리양식에 대한 자료의 불충분으로 연구의 제한이 많았던 점을 들 수 있다. 먼저는 한 어종에 대한 자료가 많지 않아서 DMU 수의 충분한 확보가 힘들었다. 예를들어, 해상가두리양식업 내에서 조피볼락어종에 대해 더 세분화된 지역별 DMU를 확보할 수 있었거나 어업경영체별 DMU를 확보할 수 있었다면 더 정책적으로 의미 있고, 양식어가에 직접적인 도움을 줄 수 있는 분석이 가능했을 것이라 사료되나 자료의 부족으로 실현 불가능했기에 해상가두리양식에서 대상으로 하는 모든 어종에 대해서 어종별 효율성을 분석대상으로 할 수 방법뿐이었으나 시계열자료에서 탈락되는 어종이 많아서 22개 어종 중에서 12어종만

활용이 가능했다. 지역성이나 해석성에 따라서 특정 어종이 양식된다는 점을 감안한다면 매우 아쉬움이 남는 부분이다. 또한 투입요소에서 입식량의 경우 입식치어의 마리당 가격 정보나 단위면적당 입식량의 정도에 대한 자료가 있었다면 어종의 상이한 가격에 대해 감안하여 사육 결과에 대한 경제·경영적인 분석도 가능했을 것이고, 해상가두리양식에서 단위당 밀식정도에 따른 효율성의 분석도 가능했을 것이라 생각된다.

다음으로 분석방법의 특성상의 한계를 들 수 있는데 DEA는 확정적 모형이기에 어류양식의 특성상 최소 2년여의 사육기간이 걸리고, 태풍이나 적조, 수온의 이상변화 등의 통제할 수 없는 환경적인 요인, 출하량과 이에 따른 평균단가 변동으로 인한 다음기간의 입식량 변화 등의 요인이 모두 비효율로 간주되기에 비효율의 수준이 실제보다 과장되게 나타날 수 있는 문제점이 있을 수 있다.

많은 아쉬움에도 불구하고 본 연구로 인해 해상가두리양식의 어종별 로 상대적으로 어떤 어종이 효율적으로 생산되는지 알 수 있었고, 비효율의 요인은 무엇인지, 생산성이 어떻게 변화되어 왔는지를 알 수 있는데 작은 의미가 있다고 하겠다.

동일어종에 대해 필요한 관련 자료를 수집할 수 있고, 다른 분석 기법을 통해서 DEA에 의한 결과와의 비교 분석을 통해 해상가두리양식어업에서 생산의 효율을 보다 정확히 측정할 수 있고, 그로인해 더 많은 어종들의 효율적인 수준을 찾을 수 있기를 기대해 본다.

## 참고문헌

- 강효균, “우리나라 광어양식업이 효율성에 관한 연구”, 부경대학교 대학원 석사 논문, 2011.
- 국립수산물과학원, 「조피볼락양식표준지침서」, 2007.
- 권정노, 해상 어류 가두리 양식장의 환경관리 모델링, 2004.
- 김경민, 외해가두리를 이용한 돌돔 시험 양식과 적정사료공급을 위한 기반연구, 2007.
- 김경재, “흑산도에서 해사가두리를 이용한 참전복 양식특성”, 여수대학교 대학원 석사 논문, 2006.
- 김도훈, 우리나라 근해어업의 어획능력 측정에 관한 연구, 국립수산물과학원, 2006.
- 김도훈 · 서주남 · 이상고, Technical efficiency of the coastal composite fishery in Korea: a comparison of data envelopment analysis and stochastic frontier analysis, 2010.
- 김성귀 · 이승우 · 홍장원, 해산어류양식업 발전 전략에 관한 연구, 한국해양수산개발원, 2003, pp.469-481.
- 김숙양, "가두리 양식장의 부상사료 사용에 따른 수질오염 영향에 관한 연구", 건국대학교 산업대학원 석사 논문, 1991.
- 김창범, 우리나라 은행의 금융중개 효율성과 총요소생산성 분석, 2009.
- 박만희, 「효율성과 생산성분석」, 한국학술정보(주), 2008.
- 박철형, Super-SBM을 이용한 어항의 효율성분석에 관한 연구, 2010.
- 박철형, 맘퀴스트 생산성지수를 이용한 수협 산지 위판장의 총요소생산성 변화의 추정, 2011.
- 박태경, 어류 해사가두리양식의 출하량 감소 원인과 시사점, 월간 KMI 수산동향 8월호, 2011.
- 배승철 · 김강웅 · 임성률, 국내외 양식산업의 현황 및 전망, 한국양식학회, 2001.
- 최치훈, “책임있는 양식관리를 통한 어류양식업의 지속적 발전에 관한 연구”, 부경대학교 대학원 박사논문, 2005.
- 서주남 · 송정현, 해조류 양식업 규모의 효율성 추정에 관한 연구-부산 기장지역 미역양식을 중심으로, 2009.

송정현, 해상 어류양식업에 있어서 기업적 경영의 전개과정에 관한 연구-일본의 방어류 양식업을 사례로, 2005.

신용민 · 이상고, 어류양식어업의 투입요소 및 환경특성에 대한 통계적 분석, 해양비즈니스 제18호, 2011, pp.27-50.

신우철, 친환경적 해사가두리양식장 관리방안에 관한 연구, 2007.

신영태, 기르는 어업의 잠재력 조사 및 발전 방안에 관한 연구(1차보고서), 해양수산부, 2002.

신영태, 기르는 어업의 잠재력 조사 및 발전 방안에 관한 연구(최종보고서), 해양수산부, 2003 .

유금록, 공공부문의 효율성 평가를 위한 자료포락분석(DEA)에 있어서 효율적 의사결정단위들의 순위분석, 2006.

유동운, 「현대수산업론」, 태화출판사, 2000.

이기영, “DEA를 이용한 HACCP 도입이 효율성 분석-부산지역 수산물 유통 가공업체를 중심으로”, 부경대학교 대학원 석사 논문, 2009.

이정삼 · 김대영, “우리나라 내수면 양식업의 현황 및 발전방향에 관한 소고”, 2006.

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

이동우 · 이재봉 · 정석근 · 김영혜, 한국 근해 쌍끌이 대형기선저인망어선의 규모별 효율성과 어획능력 활용도 평가, 2008.

장철호, DEA/Window와 Malmquist 생산성지수를 이용한 효율성 분석: 농수산물공영도매시장을 중심으로, 2008.

최정운 · 남수현 · 강석규, 한국 수산업협동조합의 경영효율성 평가 자료포락분석, 2003.

표희동 · 김종천, 수산물도매업의 생산 효율성 평가에 관한 연구, 2010.

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

FAO 보고서, 2005.

수산인신문, <http://www.isusanin.com>

어업생산통계시스템, <http://fs.fips.go.kr>.

- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W., Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, *Management Science*, 30, 1984, pp.1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes E., Evaluating Program and managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through, *Management Science*, 27(6), 1978, pp.668-697.
- Charnes, A., Cooper, W. W., DEA Usage and Interpretations, *Proceedings of International Federation of Operational Research Societies 12th Triennial Conference*, 1990
- Noulas, A. G., "Productivity growth in the Hellenic banking industry, state versus private banking", *Applied Financial Economics*, 7, 1997, pp.223-228.
- Cooper W. W., Seiford L. M., and Tone K., *Data Envelopment Analysis, Data Envelopment Analysis - Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA - Solver Software*, 2000.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin A. Y., and Seiford, L. M., *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*, 1996.
- Farrell, M. J., The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Association, Series A (CXX)*, 1957, pp.253-281.

<부표 1> 2006년의 투입 · 산출변수의 기술적 통계량

| 구 분   | 투 입 변 수        |              | 산 출 변 수        |               |
|-------|----------------|--------------|----------------|---------------|
|       | 입 식 량<br>(천마리) | 사 료<br>(M/T) | 생 산 량<br>(M/T) | 생산금액<br>(백만원) |
| 평 균   | 22125.3        | 28332.0      | 3614.0         | 26486.6       |
| 표준편차  | 46912.1        | 65456.3      | 7680.8         | 51751.1       |
| 최 대 값 | 168016         | 231589       | 27363          | 186745        |
| 최 소 값 | 7              | 70           | 47             | 505           |

<부표 2> 2006년의 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과

| DMU  | CRS    | VRS    | SE     | 규모수익 | 준거집단   | 참조횟수 |
|------|--------|--------|--------|------|--------|------|
| 고등어류 | 0.2175 | 1      | 0.2175 | DRS  | 1      | 0    |
| 넙치류  | 0.3167 | 0.3411 | 0.9285 | DRS  | 8,10   | 0    |
| 농어   | 0.135  | 1      | 0.135  | DRS  | 3      | 0    |
| 능성어  | 0.4016 | 1      | 0.4016 | DRS  | 4      | 0    |
| 감성돔  | 0.2331 | 1      | 0.2331 | DRS  | 5      | 0    |
| 참돔   | 0.1056 | 1      | 0.1056 | DRS  | 6      | 0    |
| 기타돔류 | 0.3262 | 1      | 0.3262 | DRS  | 7      | 1    |
| 방어   | 1      | 1      | 1      | CRS  | 8      | 2    |
| 조피볼락 | 0.1253 | 1      | 0.1253 | DRS  | 9      | 0    |
| 기타볼락 | 0.3893 | 1      | 0.3893 | DRS  | 10     | 2    |
| 송어류  | 0.3201 | 1      | 0.3201 | DRS  | 11     | 0    |
| 취치류  | 0.297  | 0.6859 | 0.433  | DRS  | 7,8,10 | 0    |
| 평균   | 0.3223 | 0.9189 | 0.3846 |      |        |      |
| 표준편차 | 0.2536 | 0.2031 | 0.2928 |      |        |      |
| 최대값  | 1      | 1      | 1      |      |        |      |
| 최소값  | 0.1056 | 0.3411 | 0.1056 |      |        |      |

<부표 3> 2007년의 투입 · 산출변수의 기술적 통계량

| 구 분   | 투 입 변 수        |              | 산 출 변 수        |               |
|-------|----------------|--------------|----------------|---------------|
|       | 입 식 량<br>(천마리) | 사 료<br>(M/T) | 생 산 량<br>(M/T) | 생산금액<br>(백만원) |
| 평 균   | 16060.9        | 28967.8      | 4541.0         | 31249.6       |
| 표준편차  | 29782.9        | 67253.8      | 9918.9         | 61121.9       |
| 최 대 값 | 107624         | 237205       | 35232          | 218432        |
| 최 소 값 | 10             | 164          | 4              | 20            |

<부표 4> 2007년의 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과

| DMU  | CRS    | VRS    | SE     | 규모수익 | 준거집단    | 참조횟수 |
|------|--------|--------|--------|------|---------|------|
| 고등어류 | 0.931  | 0.932  | 0.9989 | IRS  | 2,4,8   | 0    |
| 넙치류  | 1      | 1      | 1      | CRS  | 2       | 3    |
| 농어   | 0.5576 | 1      | 0.5576 | DRS  | 3       | 0    |
| 능성어  | 1      | 1      | 1      | CRS  | 4       | 3    |
| 감성돔  | 0.1498 | 1      | 0.1498 | DRS  | 5       | 1    |
| 참돔   | 0.2227 | 1      | 0.2227 | DRS  | 6       | 0    |
| 기타돔류 | 0.2079 | 1      | 0.2079 | DRS  | 7       | 1    |
| 방어   | 0.2266 | 1      | 0.2266 | IRS  | 8       | 1    |
| 조피볼락 | 0.187  | 1      | 0.187  | DRS  | 9       | 0    |
| 기타볼락 | 0.127  | 0.4343 | 0.2924 | DRS  | 2,4,5,7 | 0    |
| 송어류  | 0.157  | 1      | 0.157  | DRS  | 11      | 0    |
| 쥐치류  | 0.0852 | 0.1501 | 0.5676 | DRS  | 2,4     | 0    |
| 평균   | 0.4043 | 0.8764 | 0.4640 |      |         |      |
| 표준편차 | 0.3650 | 0.2802 | 0.3516 |      |         |      |
| 최대값  | 1      | 1      | 1      |      |         |      |
| 최소값  | 0.0852 | 0.1501 | 0.1498 |      |         |      |

<부표 5> 2008년의 투입 · 산출변수의 기술적 통계량

| 구 분   | 투 입 변 수        |              | 산 출 변 수        |               |
|-------|----------------|--------------|----------------|---------------|
|       | 입 식 량<br>(천마리) | 사 료<br>(M/T) | 생 산 량<br>(M/T) | 생산금액<br>(백만원) |
| 평 균   | 18731.3        | 26065.5      | 4247.5         | 28188.8       |
| 표준편차  | 37141.7        | 55619.2      | 9342.9         | 58183.4       |
| 최 대 값 | 132809         | 193899       | 32878          | 205728        |
| 최 소 값 | 12             | 130          | 18             | 222           |

<부표 6> 2008년의 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과

| DMU  | CRS    | VRS    | SE     | 규모수익 | 준거집단      | 참조횟수 |
|------|--------|--------|--------|------|-----------|------|
| 고등어류 | 0.283  | 0.3577 | 0.7912 | DRS  | 2,8,11,12 | 0    |
| 넙치류  | 1      | 1      | 1      | CRS  | 2         | 3    |
| 농어   | 0.6169 | 1      | 0.6169 | DRS  | 3         | 0    |
| 능성어  | 0.9274 | 1      | 0.9274 | DRS  | 4         | 0    |
| 감성돔  | 0.4539 | 0.6575 | 0.6903 | DRS  | 11,12     | 0    |
| 참돔   | 0.4512 | 1      | 0.4512 | DRS  | 6         | 0    |
| 기타동류 | 0.3512 | 0.5285 | 0.6645 | IRS  | 2         | 0    |
| 방어   | 1      | 1      | 1      | CRS  | 8         | 1    |
| 조피볼락 | 0.541  | 1      | 0.541  | DRS  | 9         | 0    |
| 기타볼락 | 0.3346 | 0.4405 | 0.7596 | DRS  | 2,12      | 0    |
| 송어류  | 1      | 1      | 1      | CRS  | 11        | 2    |
| 취치류  | 0.7518 | 1      | 0.7518 | DRS  | 12        | 3    |
| 평균   | 0.6426 | 0.832  | 0.7662 |      |           |      |
| 표준편차 | 0.2810 | 0.1936 | 0.1857 |      |           |      |
| 최대값  | 1      | 1      | 1      |      |           |      |
| 최소값  | 0.2830 | 0.3577 | 0.4512 |      |           |      |

<부표 7> 2009년의 투입 · 산출변수의 기술적 통계량

| 구 분   | 투 입 변 수        |              | 산 출 변 수        |               |
|-------|----------------|--------------|----------------|---------------|
|       | 입 식 량<br>(천마리) | 사 료<br>(M/T) | 생 산 량<br>(M/T) | 생산금액<br>(백만원) |
| 평 균   | 19785.3        | 21976.5      | 4471.1         | 34896.3       |
| 표준편차  | 46452.2        | 45238.8      | 9405.4         | 70258.2       |
| 최 대 값 | 165520         | 160007       | 32995          | 246941        |
| 최 소 값 | 59             | 193          | 4              | 49            |

<부표 8> 2009년의 투입지향 CCR 및 BCC 효율성 분석 결과

| DMU  | CRS    | VRS    | SE     | 규모수익 | 준거집단  | 참조횟수 |
|------|--------|--------|--------|------|-------|------|
| 고등어류 | 0.2753 | 0.3131 | 0.8793 | IRS  | 2,7,8 | 0    |
| 넙치류  | 1      | 1      | 1      | CRS  | 2     | 4    |
| 농어   | 0.6536 | 1      | 0.6536 | DRS  | 3     | 3    |
| 능성어  | 1      | 1      | 1      | CRS  | 4     | 0    |
| 감성돔  | 0.3391 | 0.5656 | 0.5995 | DRS  | 2,3   | 0    |
| 참돔   | 0.6489 | 1      | 0.6489 | DRS  | 6     | 0    |
| 기타돔류 | 0.0725 | 1      | 0.0725 | IRS  | 7     | 1    |
| 방어   | 1      | 1      | 1      | CRS  | 8     | 1    |
| 조피볼락 | 0.5658 | 1      | 0.5658 | DRS  | 9     | 0    |
| 기타볼락 | 0.1722 | 0.1798 | 0.9577 | DRS  | 2,3   | 0    |
| 송어류  | 0.9485 | 1      | 0.9485 | DRS  | 11    | 0    |
| 쥐치류  | 0.45   | 0.6214 | 0.7242 | DRS  | 2,3   | 0    |
| 평균   | 0.5938 | 0.8067 | 0.7542 |      |       |      |
| 표준편차 | 0.2536 | 0.1936 | 0.2734 |      |       |      |
| 최대값  | 1      | 1      | 1      |      |       |      |
| 최소값  | 0.0725 | 0.1798 | 0.0725 |      |       |      |

<부표 9> 전체 기술적 효율성 윈도우 분석 결과

| 기간<br>DMU | 기간    |       |       |       |       | 평균    | 전체<br>평균 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
|           | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  |       |          |
| 고등어류      | 0.218 | 0.931 | 0.283 |       |       | 0.477 | 0.472    |
|           |       | 0.931 | 0.283 | 0.275 |       | 0.496 |          |
|           |       |       | 0.283 | 0.275 | 0.765 | 0.441 |          |
| 넙치류       | 0.218 | 0.931 | 0.283 | 0.275 | 0.765 |       | 0.852    |
|           | 0.317 | 1.000 |       |       |       | 0.658 |          |
|           |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 1.000 |          |
| 농어        |       |       | 1.000 | 1.000 | 0.689 | 0.896 | 0.563    |
|           | 0.317 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.689 |       |          |
|           | 0.135 | 0.558 | 0.617 |       |       | 0.437 |          |
| 농성어       |       | 0.558 | 0.617 | 0.654 |       | 0.609 | 0.909    |
|           |       |       | 0.617 | 0.654 | 0.661 | 0.644 |          |
|           | 0.135 | 0.558 | 0.617 | 0.654 | 0.661 |       |          |
| 감성돔       | 0.402 | 1.000 | 0.927 |       |       | 0.776 | 0.374    |
|           |       | 1.000 | 0.927 | 1.000 |       | 0.976 |          |
|           |       |       | 0.927 | 1.000 | 1.000 | 0.976 |          |
| 참돔        | 0.402 | 1.000 | 0.927 | 1.000 | 1.000 |       | 0.423    |
|           | 0.233 | 0.150 | 0.454 |       |       | 0.279 |          |
|           |       | 0.150 | 0.454 | 0.339 |       | 0.314 |          |
| 기타돔류      |       |       | 0.454 | 0.339 | 0.797 | 0.530 | 0.228    |
|           | 0.233 | 0.150 | 0.454 | 0.339 | 0.797 |       |          |
|           | 0.106 | 0.223 | 0.451 |       |       | 0.260 |          |
| 방어        |       | 0.223 | 0.451 | 0.649 |       | 0.441 | 0.828    |
|           |       |       | 0.451 | 0.649 | 0.602 | 0.567 |          |
|           | 0.106 | 0.223 | 0.451 | 0.649 | 0.602 |       |          |
| 조피볼락      | 0.326 | 0.208 | 0.351 |       |       | 0.295 | 0.419    |
|           |       | 0.208 | 0.351 | 0.073 |       | 0.211 |          |
|           |       |       | 0.351 | 0.073 | 0.110 | 0.178 |          |
| 기타볼락      | 0.326 | 0.208 | 0.351 | 0.073 | 0.110 |       | 0.247    |
|           | 1.000 | 0.227 | 1.000 |       |       | 0.742 |          |
|           |       | 0.227 | 1.000 | 1.000 |       | 0.742 |          |
| 송어류       |       |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.726    |
|           | 1.000 | 0.227 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |          |
|           | 0.125 | 0.187 | 0.541 |       |       | 0.284 |          |
| 취치류       |       | 0.187 | 0.541 | 0.566 |       | 0.431 | 0.486    |
|           |       |       | 0.541 | 0.566 | 0.514 | 0.540 |          |
|           | 0.125 | 0.187 | 0.541 | 0.566 | 0.514 |       |          |
| 기타볼락      | 0.389 | 0.127 | 0.335 |       |       | 0.284 | 0.247    |
|           |       | 0.127 | 0.335 | 0.172 |       | 0.211 |          |
|           |       |       | 0.335 | 0.172 | 0.235 | 0.247 |          |
| 송어류       | 0.389 | 0.127 | 0.335 | 0.172 | 0.235 |       | 0.726    |
|           | 0.320 | 0.157 | 1.000 |       |       | 0.492 |          |
|           |       | 0.157 | 1.000 | 0.949 |       | 0.702 |          |
| 취치류       |       |       | 1.000 | 0.949 | 1.000 | 0.983 | 0.486    |
|           | 0.320 | 0.157 | 1.000 | 0.949 | 1.000 |       |          |
|           | 0.297 | 0.085 | 0.752 |       |       | 0.378 |          |
| 취치류       |       | 0.085 | 0.752 | 0.450 |       | 0.429 | 0.486    |
|           |       |       | 0.752 | 0.450 | 0.748 | 0.650 |          |
|           | 0.297 | 0.085 | 0.752 | 0.450 | 0.748 |       |          |

<부표 10> 순수 기술적 효율성 윈도우 분석 결과

| 기간<br>DMU | 기간    |       |       |       |       | 평균    | 전체평균  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  |       |       |
| 고등어류      | 1.000 | 0.932 | 0.358 |       |       | 0.763 | 0.618 |
|           |       | 0.932 | 0.358 | 0.313 |       | 0.534 |       |
|           |       |       | 0.358 | 0.313 | 1.000 | 0.557 |       |
|           | 1.000 | 0.932 | 0.358 | 0.313 | 1.000 |       |       |
| 넙치류       | 0.341 | 1.000 | 1.000 |       |       | 0.780 | 0.897 |
|           |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 1.000 |       |
|           |       |       | 1.000 | 1.000 | 0.736 | 0.912 |       |
|           | 0.341 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.736 |       |       |
| 농어        | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       | 1.000 | 0.995 |
|           |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 1.000 |       |
|           |       |       | 1.000 | 1.000 | 0.952 | 0.984 |       |
|           | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.952 |       |       |
| 능성어       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       | 1.000 | 1.000 |
|           |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 1.000 |       |
|           |       |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |
|           | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       |
| 감성돔       | 1.000 | 1.000 | 0.658 |       |       | 0.886 | 0.789 |
|           |       | 1.000 | 0.658 | 0.566 |       | 0.741 |       |
|           |       |       | 0.658 | 0.566 | 1.000 | 0.741 |       |
|           | 1.000 | 1.000 | 0.658 | 0.566 | 1.000 |       |       |
| 참돔        | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       | 1.000 | 1.000 |
|           |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 1.000 |       |
|           |       |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |
|           | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       |
| 기타돔류      | 1.000 | 1.000 | 0.529 |       |       | 0.843 | 0.843 |
|           |       | 1.000 | 0.529 | 1.000 |       | 0.843 |       |
|           |       |       | 0.529 | 1.000 | 1.000 | 0.843 |       |
|           | 1.000 | 1.000 | 0.529 | 1.000 | 1.000 |       |       |
| 방어        | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       | 1.000 | 1.000 |
|           |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 1.000 |       |
|           |       |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |
|           | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       |
| 조피볼락      | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       | 1.000 | 1.000 |
|           |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 1.000 |       |
|           |       |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |
|           | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       |
| 기타볼락      | 1.000 | 0.434 | 0.441 |       |       | 0.625 | 0.422 |
|           |       | 0.434 | 0.441 | 0.180 |       | 0.352 |       |
|           |       |       | 0.441 | 0.180 | 0.244 | 0.288 |       |
|           | 1.000 | 0.434 | 0.441 | 0.180 | 0.244 |       |       |
| 송어류       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       | 1.000 | 1.000 |
|           |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 1.000 |       |
|           |       |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |
|           | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |       |
| 쥐치류       | 0.686 | 0.150 | 1.000 |       |       | 0.612 | 0.675 |
|           |       | 0.150 | 1.000 | 0.621 |       | 0.591 |       |
|           |       |       | 1.000 | 0.621 | 0.847 | 0.823 |       |
|           | 0.686 | 0.150 | 1.000 | 0.621 | 0.847 |       |       |

<부표 11> 규모 효율성 윈도우 분석 결과

| 기간<br>DMU | 기간    |       |       |       |       | 평균    | 전체평균  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  |       |       |
| 고등어류      | 0.218 | 0.999 | 0.791 |       |       | 0.669 | 0.790 |
|           |       | 0.999 | 0.791 | 0.879 |       | 0.890 |       |
|           |       |       | 0.791 | 0.879 | 0.765 | 0.812 |       |
| 넙치류       | 0.218 | 0.999 | 0.791 | 0.879 | 0.765 |       | 0.985 |
|           | 0.929 | 1.000 | 1.000 |       |       | 0.976 |       |
|           |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 1.000 |       |
|           |       |       | 1.000 | 1.000 | 0.936 | 0.979 |       |
| 농어        | 0.929 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.936 |       | 0.567 |
|           | 0.135 | 0.558 | 0.617 |       |       | 0.437 |       |
|           |       | 0.558 | 0.617 | 0.654 |       | 0.609 |       |
|           |       |       | 0.617 | 0.654 | 0.695 | 0.655 |       |
| 능성어       | 0.135 | 0.558 | 0.617 | 0.654 | 0.695 |       | 0.909 |
|           | 0.402 | 1.000 | 0.927 |       |       | 0.776 |       |
|           |       | 1.000 | 0.927 | 1.000 |       | 0.976 |       |
|           |       |       | 0.927 | 1.000 | 1.000 | 0.976 |       |
| 감성돔       | 0.402 | 1.000 | 0.927 | 1.000 | 1.000 |       | 0.511 |
|           | 0.233 | 0.150 | 0.690 |       |       | 0.358 |       |
|           |       | 0.150 | 0.690 | 0.600 |       | 0.480 |       |
|           |       |       | 0.690 | 0.600 | 0.797 | 0.696 |       |
| 참돔        | 0.233 | 0.150 | 0.690 | 0.600 | 0.797 |       | 0.423 |
|           | 0.106 | 0.223 | 0.451 |       |       | 0.260 |       |
|           |       | 0.223 | 0.451 | 0.649 |       | 0.441 |       |
|           |       |       | 0.451 | 0.649 | 0.602 | 0.567 |       |
| 기타동류      | 0.106 | 0.223 | 0.451 | 0.649 | 0.602 |       | 0.332 |
|           | 0.326 | 0.208 | 0.665 |       |       | 0.400 |       |
|           |       | 0.208 | 0.665 | 0.073 |       | 0.315 |       |
|           |       |       | 0.665 | 0.073 | 0.110 | 0.282 |       |
| 방어        | 0.326 | 0.208 | 0.665 | 0.073 | 0.110 |       | 0.828 |
|           | 1.000 | 0.227 | 1.000 |       |       | 0.742 |       |
|           |       | 0.227 | 1.000 | 1.000 |       | 0.742 |       |
|           |       |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |
| 조피볼락      | 1.000 | 0.227 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 0.419 |
|           | 0.125 | 0.187 | 0.541 |       |       | 0.284 |       |
|           |       | 0.187 | 0.541 | 0.566 |       | 0.431 |       |
|           |       |       | 0.541 | 0.566 | 0.514 | 0.540 |       |
| 기타볼락      | 0.125 | 0.187 | 0.541 | 0.566 | 0.514 |       | 0.681 |
|           | 0.389 | 0.292 | 0.760 |       |       | 0.480 |       |
|           |       | 0.292 | 0.760 | 0.958 |       | 0.670 |       |
|           |       |       | 0.760 | 0.958 | 0.960 | 0.893 |       |
| 송어류       | 0.389 | 0.292 | 0.760 | 0.958 | 0.960 |       | 0.790 |
|           | 0.320 | 0.157 | 1.000 | 0.949 | 1.000 | 0.685 |       |
|           |       | 0.157 | 1.000 | 0.949 |       | 0.702 |       |
|           |       |       | 1.000 | 0.949 | 1.000 | 0.983 |       |
| 쥐치류       | 0.320 | 0.157 | 1.000 | 0.949 | 1.000 |       | 0.684 |
|           | 0.433 | 0.568 | 0.752 |       |       | 0.584 |       |
|           |       | 0.568 | 0.752 | 0.724 |       | 0.681 |       |
|           |       |       | 0.752 | 0.724 | 0.883 | 0.786 |       |
|           | 0.433 | 0.568 | 0.752 | 0.724 | 0.883 |       |       |