



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](#)

경제학 석사 학위 논문

어선감척사업에 따른 주요연안어업의
자원효과 분석



2018년 8월

부경대학교 대학원

자원환경경제학과

조훈석

경 제 학 석 사 학 위 논 문

어선감척사업에 따른 주요연안어업의
자원효과 분석

지도교수 남 종 오

이 논문을 경제학석사 학위논문으로 제출함.

2018년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

자 원 환 경 경 제 학 과

조 훈 석

조훈석의 경제학석사 학위논문을 인준함.

2018년 8월 24일



위원장 경제학박사 박철형 (인)

위원 경제학박사 신용민 (인)

위원 환경자원경제학박사 남종오 (인)

<목 차>

I. 서론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 방법	3
3. 선행 연구	6
II. 현황분석	11
1. 대상어업의 정의	11
2. 대상어업의 생산량 및 어선세력 현황	12
3. 대상어업의 경영수지	15
III. 추정모형	17
1. 기본가정	17
2. 어획노력량 표준화모형	18
3. 잉여생산모형	21
가. CYP모형	21
나. Gompertz 성장함수 및 어획함수	23
다. 최대지속적 생산량	24
라. 수산자원의 성장량 추정	25
4. 최적생산량 결정모형	27
가. 기본가정	28
나. 동태적 최적 어업생산함수	29
5. 생물경제모형	31
가. 지속적 총수입, 어획비용, 이윤함수	31

나. 최대경제적 생산량	32
다. 자유어업의 균형 생산량	33
6. 공급함수	34
가. 최대경제적 생산 균형 하에서의 공급함수	34
나. 자유어업 균형 하에서의 공급함수	35
IV. 자료 분석 및 분석 결과	37
1. 자료 분석	37
2. 분석 결과	38
가. 어획노력량 표준화	38
나. 잉여생산모형 분석	44
다. 정태적 분석의 자원회복효과	51
라. 동태적 분석의 자원회복효과	54
마. 생물경제모형 분석	58
바. 공급함수 분석	60
V. 결론	66
1. 요약	66
2. 연구의 의의 및 한계	68
참고문헌	70

〈표 목차〉

<표 I-1> 국외 선행연구	7
<표 I-2> 국내 선행연구	9
<표 II-1> 연안어업의 종류 및 어업방법	11
<표 II-2> 분석대상 연안어업의 경영수지 현황(2013~2015)	16
<표 IV-1> 3개 어업의 경제적 파라미터	37
<표 IV-2> 어선감척사업 시행 시 Gavaris의 일반선형 분석모형	38
<표 IV-3> 어선감척사업 시행 시 Gavaris의 GLM 검정 결과	40
<표 IV-4> 어선감척사업 미시행 시 Gavaris의 GLM 검정 결과	42
<표 IV-5> 선형모형의 분석자료	46
<표 IV-6> 지수모형의 분석자료	46
<표 IV-7> 개별 잉여생산모형 분석 결과	47
<표 IV-8> 개별 잉여생산모형의 MAE, MSE 분석 결과	48
<표 IV-9> 어선감척사업 유무별 CYP모형 분석 결과	49
<표 IV-10> CYP모형의 q, k, r 추정 결과	51
<표 IV-11> MSY 수준 하의 Y, F 추정치	52
<표 IV-12> 어선감척사업 유무별 자원의 성장량	55
<표 IV-13> 어선감척사업 유무별 계수	56
<표 IV-14> 어선감척사업 유무별 동태적 최적량 추정 결과	57
<표 IV-15> 어선감척사업 시행 시 MEY 균형 하의 Y, F 추정 결과	58
<표 IV-16> 어선감척사업 시행 시 OA 균형 하의 Y, F 추정 결과	58
<표 IV-17> 어선감척사업 유무별 MEY 균형 하의 Y, F 추정 결과	59
<표 IV-18> 어선감척사업 유무별 OA 균형 하의 Y, F 추정 결과	59
<표 IV-19> 어선감척사업 시행 시 MEY 균형 하의 P, S, PS 비교	60

<표 IV-20> 어선감척사업 시행 시 OA 균형 하의 P, S, PS 비교 61

<표 IV-21> 어선감척사업 유무별 MEY 균형 하의 P, S, PS 비교 62

<표 IV-22> 어선감척사업 유무별 OA 균형 하의 P, S, PS 비교 62

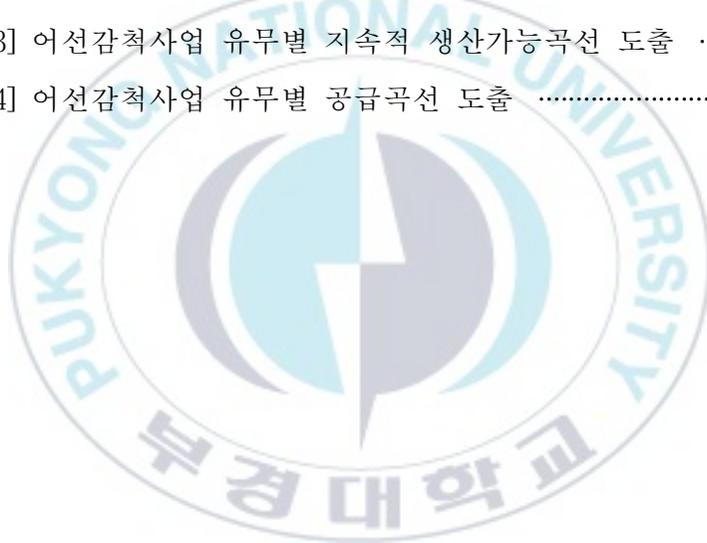
<표 IV-23> 어선감척사업 유무별 MEY 균형 하의 척당 PS_{MEY} 비교 .. 64

<표 IV-24> 어선감척사업 유무별 OA 균형 하의 척당 PS_{OA} 비교 65



[그림 목차]

[그림 I-1] 연구수행 체계도	5
[그림 II-1] 3개 연안어업의 생산량 및 생산비중(1977~2015)	13
[그림 II-2] 3개 연안어업의 마력수 및 CPUE(1977~2015)	14
[그림 II-3] 개별 연안어업의 마력수 및 CPUE(1977~2015)	15
[그림 IV-1] 표준화된 CPUE와 어획노력량간의 관계	45
[그림 IV-2] 어선감척사업 유무별 생산량 추이	52
[그림 IV-3] 어선감척사업 유무별 지속적 생산가능곡선 도출	54
[그림 IV-4] 어선감척사업 유무별 공급곡선 도출	62



Analysis on Resource Effectiveness of Major Coastal Fisheries by
Vessel Buy-back Program in Korea

Hoon Seok Cho

Department of Applied Economics, The Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

The purpose of this study is to estimate the resource recovery effect and the economic effect of the fishermen by the fisheries vessel buy-back program.

First, this study standardizes the fishing efforts of coastal gill net, coastal trap, and coastal composite fisheries using Gavaris general linear model. Second, resource evaluation is performed by using vessel-buyback program data, and also CPY model based on exponential growth function is applied. In order to derive the effect of the vessel-buyback program, the MSY with the vessel-buyback program is compared with the MSY without the vessel-buyback program. Third, we compare the resource recovery level in the dynamic aspect using the Hamiltonian method of present value based on the growth of fishery resources and the exponential growth model. Finally, we compare and analyze producer surplus under the equilibrium of the MEY and the OA using bioeconomic

model.

In conclusion, the vessel-buyback program has shown an increase in resource growth and an economic improvement for the remaining fishermen. The result shows that the remaining fishermen is able to obtain an increase in producer surplus of about 65% due to the vessel-buyback program.



I. 서론

1. 연구 배경

최근 국민소득이 증가함에 따라 국민의 식생활 패턴이 변화하여 건강 강한 식자재에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 수산물은 과거 단순한 동물성 단백질 공급원으로서의 가치를 넘어 건강 기능성 식품으로서의 수요가 증가하고 있다. 2016년 유엔식량농업기구(FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nation) 보고서에 따르면 미래 식량으로써 단백질 공급에 수산물의 비중이 빠르게 확대 될 것으로 예상하고 있으며,¹⁾ 나아가 앞으로 10년간 전 세계의 수산물 생산 및 소비 교역량이 지속적으로 증가할 것으로 전망하고 있다.

그러나 주요 수산물 소비국 중 하나인 우리나라²⁾의 어업생산량은 과도한 경쟁적 조업으로 1960년 대비 50% 이상의 수산자원이 감소하였다. 또한 1986년에 최고수준인 170만 톤을 어획한 후 지속적으로 어업생산량이 감소하고 있으며 2016년 연근해어업 생산량이 약 91만 톤으로 44년 만에 100만 톤 이하로 떨어지는 등 큰 위기를 겪고 있다. 이러한 상황은 수산자원의 고갈뿐만 아니라 어업을 영위하는 어가의 소득을 감소시켜 어가 경제에 부정적인 영향을 미치고 있다.

구체적으로 2016년 연안어업실태조사(해양수산부, 2017)에서는 33개 어종 중 15개 어종이 F_{MSY} 수준을 넘는 어획노력량이 투입되고 있는

1) FAO, The Status of World Fisheries and Aquaculture, 2016.

2) FAO 보고서에 의하면 우리나라 국민 1인당 연간 수산물 소비량은 58.4kg으로 주요 수산물 소비국 중 가장 많은 것으로 나타났다.

것으로 나타났으며, 25개 어종이 $2/3F_{MSY}$ 수준을 넘어 과도한 어획노력량이 투입되고 있는 것으로 나타났다.

한편, 수산자원의 감소가 심해짐에 따라 정부는 지속가능한 수산자원의 이용과 남획된 자원을 회복하기 위한 다방면의 정책을 실시하고 있다. 수산자원 관리와 어업생산성 향상을 위해 정부가 시행하고 있는 여러 정책 중 대표적인 것은 1994년부터 실시된 어선감척사업과 1999년부터 실시된 총허용생산량제도(TAC, Total Allowable Catch)이다. 이 중 어선감척사업은 2012년부터 제정되고 시행하고 있는 「연근해어업 구조개선 및 지원에 관한 법률」에 근거하여 실시되고 있다. 여기서, “연근해어업 구조개선”이란 어선감척사업 및 어업 종류의 통폐합, 어구 규모 조정 등 어업선진화를 위한 여러 조치를 의미한다.

본 연구의 분석 대상인 어선감척사업은 대표적인 어획노력량 규제 정책으로 어선을 감척하여 어업생산량을 일시적으로 감소시킴으로써 수산자원을 관리·회복시키는 정책이다. 또한 “연근해어선 세력을 어업자원에 적합한 수준으로 감축하여 지속가능한 수산물 생산을 도모함으로써 어업의 경쟁력을 강화하고 어업인 소득증대에 기여”(해양수산부, 2017)함을 목적으로 1994년부터 2015년까지 약 16,533억 원을 투입하여 연근해어선 19,326척에 대한 감척을 실시하였다³⁾. 이렇듯 사회적으로 많은 비용이 투입되는 어선감척사업이 실질적으로 효과가 있는지에 대한 문제는 매우 중요하다고 할 수 있다. 이러한 문제의식을 바탕으로 본 연구에서는 감척실적이 좋은 3개의 연안어업(연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업)을 대상으로 어선감척사업 시행 유무에 따른 경제적 효과와 더불어 수산자원에 미치는 효과를 살펴보

3) 연근해어선 감척실적 19,326척 중 연안어선이 15,851척을 차지하며, 연안자망어업 1,998척, 연안통발어업 4,135척, 연안복합어업 9,294척으로 상기 3개 어업이 연안어선 감척실적에 97%를 차지하고 있다.

고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구는 주요연안어업인 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업을 대상으로 어선감척사업의 효과를 분석해 보는데 있으며, 상기 3개 어업에서 어획하는 모든 수산자원을 대상으로 분석을 실시하였다.

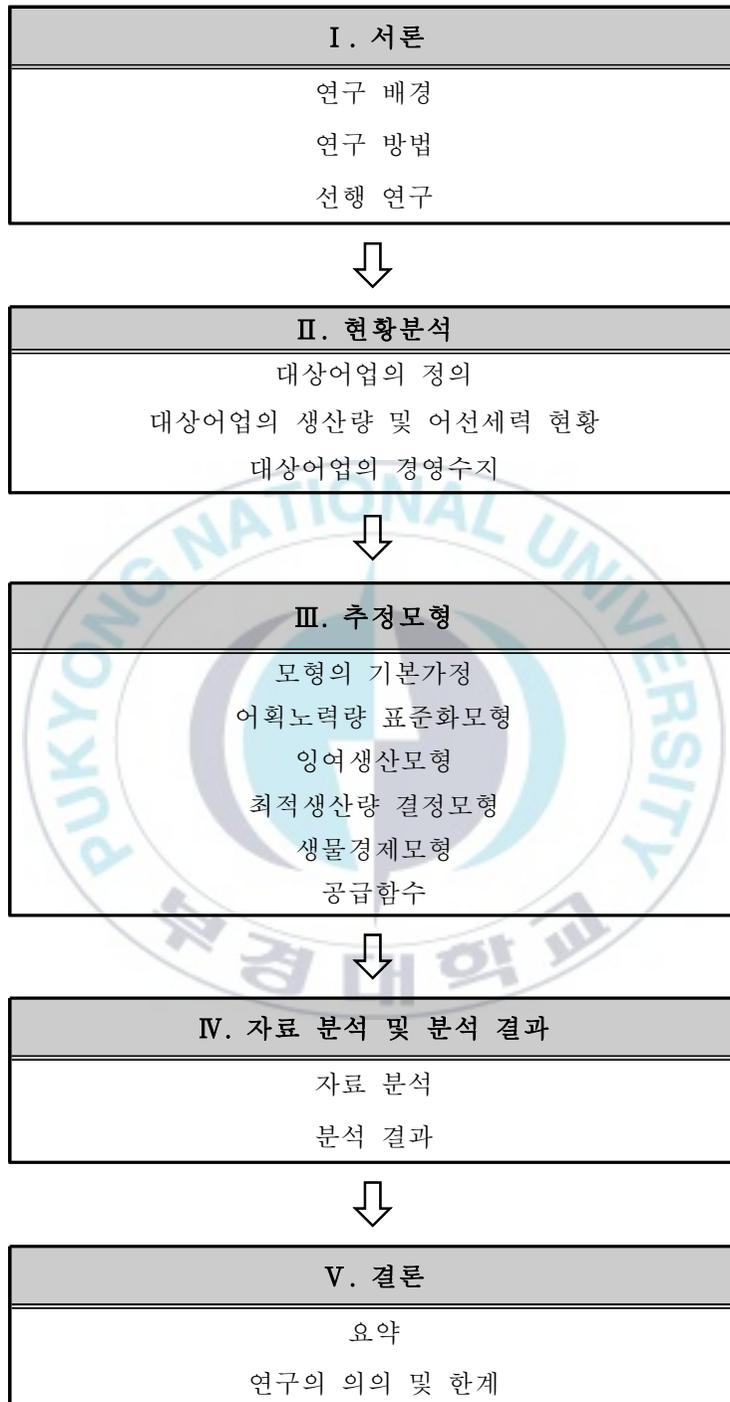
분석자료는 해양수산부와 통계청의 어업생산동향조사, 수산통계연보, 등록어선통계의 39년간(1977~2015년) 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업의 생산량 및 어획노력량(마력수) 자료를 이용하였다. 또한, 경제적 변수인 생산금액과 물가지수는 통계청 자료를 그리고 어업비용은 수산자원관리공단의 연안어업실태조사 자료를 이용하였으며, 최근 경제 상태를 반영하기 위해 2013~2015년의 3년간 자료를 활용하였다.

본 연구의 분석방법은 다음과 같다. 첫째, 분석의 대상이 되는 3개 연안어업의 데이터를 수집한 후 분석을 실시한다. 둘째, 서로 다른 3개 연안어업의 어획노력량을 하나의 단위로 표준화하여 추정한다. 이때, 분석의 기초가 되는 어획노력량의 표준화 과정은 3개 연안어업의 어선감척사업이 시행된 경우와 시행되지 않았을 경우의 생산량과 어획노력량을 이용하여 분석을 실시한다. 셋째, 표준화한 자료를 바탕으로 어선감척사업의 유무별 자료를 이용하여, Clarke·Yoshimoto·Pooley(CYP)모형으로 분석을 실시한다. 여기서, 어선감척사업의 효과를 도출하기 위해 어선감척사업이 시행된 경우와 시행되지 않았을 경우의 최대지속적 생산량(MSY, Maximum Sustainable Yield)을 추정한 후 자원의 회복효과에 대해 비교·분석한다. 넷째, 동태적인 관점에서 수산자원의 성장량을 추정하고, 지수성장모형에 근거한 현재가치 해

밀토니안 기법을 활용하여 최적자원량을 도출한 후 자원회복 정도를 비교·분석한다.

다섯째, 생물경제모형(Bioeconomic Model)을 이용하여 경제적 이윤이 극대화되는 지점인 최대경제적 생산량(MEY, Maximum Economic Yield)을 도출한 후 생산자잉여와 자유어업(OA, Open Access) 균형하의 생산자잉여를 비교·분석한다. 이때, 상기 3개 어업의 공급곡선(SC, Supply Curve)을 도출한 후에 수산물 수요의 가격탄력성(Price Elasticity)을 이용하여 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 수산물가격을 도출한다. 도출된 수산물가격을 이용하여 어선감척사업이 시행된 경우와 시행되지 않았을 경우의 경제적 효과를 추정하여 비교·분석한다. 마지막으로 어선감척사업의 유무에 따른 수산자원의 회복과 경제적 변화를 비교해봄으로써 어선감척사업으로 인한 효과를 도출해보고자 한다.

본 연구의 구성은 I 장인 서론에서 연구 배경, 연구 방법, 선행 연구를 살펴보며, II 장에서는 분석대상이 되는 연안자망, 연안통발, 연안복합어업의 현황에 대해 분석한다. III 장에서는 어선감척사업의 효과 추정을 위해 사용되는 자원평가모형의 이론적 배경과 분석모형 및 분석방법에 대해 살펴본다. IV 장에서는 자료 분석 및 분석 결과를 통해 어선감척사업의 유무별 효과를 제시한다. 끝으로 V 장인 결론에서는 본 연구의 결과를 요약하고 향후 연구방향을 제시하며 글을 맺고자 한다.



[그림 1-1] 연구수행 체계도

3. 선행연구

세계적으로 수산자원을 보호하고 남획을 방지하기 위해 OECD 등 국제기구는 다방면에 걸쳐 정부의 개입을 권하고 있다. 특히 어획노력량 감축을 위한 직접적인 방안으로 어선감척사업을 제안하였으며, 대부분의 주요 수산국들이 어선감척사업을 시행하고 있다. 또한 어선감척사업의 효과에 대한 연구 역시 꾸준히 진행되고 있다. Grafton·Nelson(2005)은 British Columbia의 연어어업을 대상으로 실시된 어선감척사업의 효과를 분석하였다. 분석 시, 어선감척이 가장 많이 시행된 1996년과 1998년부터 2000년간의 어선감척 효과를 분석하였다. 분석 결과, 분석 대상기간 동안 사이에 어업 생산량이 절반이상 감소하였으며, 어선척수 또한 줄어들었음을 확인하였다. 그리고 어선감척사업의 감척비용 대부분이 어업인에 의해 신규 장비구입 및 어업생산 쿼터의 구매에 주로 이용되어 상쇄됨을 확인하였다.

Spagnolo(2007)는 이탈리아 조개어업을 대상으로 실시된 어선감척사업의 효과를 분석하였다. 분석 시 어선감척사업 실적을 이탈리아 조개어업의 전통적인 생산방법인 공동 관리와 새로운 생산방법인 자가 관리로 구분하여 분석을 실시하였다. 분석 결과, 어선감척사업으로 인해 조개 자원량이 회복되었고, 이로 인해 조개어업의 이익이 크게 증대하였음을 확인하였다. 그리고 어선감척사업 후 조개어업은 자가 관리 하에서 지속적인 이용이 가능할 것으로 판단되었지만, 환경적인 요인으로 인한 불확실성 또한 존재함을 확인하였다.

Teh·Hotte·Sumaila(2017)는 미국, 노르웨이, 캐나다, 호주의 어선감척 사례에 집중하여 어선감척사업의 효과를 분석하였다. 분석 시 어선감척사업과 관련된 전문가 면담과 문헌연구를 통해 분석을 실시하였으

며, 경제적·생태적·사회적 목표 달성도를 통해 효과를 분석하였다. 분석 결과, 단기적으로는 어선감척사업으로 인해 어업생산량이 감소하고 경제적 이익이 증가하였지만, 장기적으로는 어업에 대한 투자가 지속적으로 증가하여 큰 효과가 없음을 확인하였다. 하지만 어선감척사업의 긍정적인 효과를 유인하기 위해서는 강력한 경제적 규제와 사회적 지원이 필요함을 제안하였다.

<표 1-1> 국외 선행연구

연도	저자	제목
2005	Grafton, Nelson	The Effects of Buy-Back Programs in the British Columbia Salmon Fishery
2007	Spagnolo	The Decommissioning Scheme for the Italian Clam Fishery
2017	Teh 외	Having it all: can fisheries buybacks achieve capacity, economic, ecological, and social objectives?

본 연구와 관련성이 높은 국내연구로 박병수·이명규(2005)는 근해 어선 감척사업의 효과를 분석하기 위해 어선감척 전과 후의 근해어업별 어업생산량과 CPUE(척수, 톤수, 마력수)를 비교하였다. 분석 결과, 근해어업의 생산량은 감소한 것으로 분석되었으나, CPUE는 증가하여 어선감척사업은 CPUE 증대 효과가 존재함을 확인하였다.

표희동(2006)은 ASPIC(A Stock-Production Model Incorporating Covariates)모형을 이용하여 어업의 자원평가를 실시한 후, 생물경제모형을 이용하여 어선감척사업의 경제적 투자효과를 분석하였다. 분석 시 1994년부터 2002년까지의 기간을 대상으로 어선감척사업 유·무를 가정하였으며, MSY 수준을 목표로 경제적 효과를 분석하였다. 분

석 결과, 어선감척사업 실시로 인해 수산자원량은 어선감척사업을 시행되지 않았을 경우보다 적은 수준으로 감소하였으며, 사업의 경제적 효과 또한 존재하는 것으로 나타났다.

김정호·이광남(2008)은 연근해어업을 대상으로 어선감척사업의 어업생산량에 대한 효과를 분석하였다. 분석 시 TAC 대상어종과 TAC 비대상어종을 구분하는 계수와 어선감척사업 전과 후를 구분하는 계수를 추가하여 회귀분석을 실시하였다. 분석 결과, 어선척수는 감소하였지만, 마력수는 증대하여 어선감척사업으로 인한 어업생산량 감소 효과는 낮은 것으로 나타났다. 그리고 TAC 대상어종은 어획노력량마다 어업생산량 효과가 서로 다른 방향으로 분석되어 TAC 제도 감시 체계의 문제점을 지적하였다.

최종두(2014)는 연근해어업의 어선감척목표량을 산정하고, 어선감척사업의 기대효과를 분석하였다. 분석 시 어선감척사업으로 인한 어업생산량 증대액을 추정하고, 연근해어선의 감척비용을 이용하여 비용편익분석(Cost Benefit Analysis)을 실시하였다. 분석 결과, 연근해 모든 어업에서 순현재가치(NPV, Net Present Value)와 비용편익비율(BCR, Benefit Cost Ratio) 기준을 통과하여 경제성이 존재하는 것으로 분석되었다. 하지만 어선감척사업만으로는 과잉어획을 방지하고 수산자원을 보존할 수 없어 수산자원을 보존하는 다양한 정책들이 병행되어야 함을 언급하였다.

정민주(2017)는 연안자망어업을 대상으로 어선감척사업의 효과를 분석하였다. 1977년부터 2014년까지의 기간을 2004년을 기준으로 어선감척사업 유·무로 구분하여 공급함수를 도출하고 생산자잉여를 추정하여 어선감척의 효과를 분석하였다. 분석 결과, MSY, MEY 균형의 어선감척사업을 시행했을 경우가 어선감척사업 미시행 시보다 더 높게 나타났으며, OA 수준에서 적당 생산자잉여 또한 어선감척사업

을 시행했을 경우가 더 높게 추정되었다. 그리고 어선감척사업을 통해 어선척수를 감소하는 것도 중요하지만 마력수 또한 함께 감소해야 함을 제안하였다.

심성현(2018)은 어획노력량과 수산자원량을 생산요소로 하는 근해 어업의 생산함수 추정에 콥더글라스(Cobb-Douglas) 생산함수와 트랜스로그(Translog) 함수를 적용하여 추정결과를 비교·분석하였다. 또한 DID 분석을 통해 어선감척사업과 TAC 제도의 효과를 분석하였다. 분석 결과, 어선감척사업은 시간이 경과할수록 CPUE를 증가시키는 양(+)의 효과가 존재하는 것으로 도출되었다. 반면 TAC 제도는 시간이 경과할수록 어종 생산량과 어종 생산금액을 감소시키는 음(-)의 효과가 존재하는 것으로 분석되었는데, 이러한 효과는 TAC 제도가 현재 단기적인 효과에 머물러 있다는 것으로 TAC 제도의 장기적인 효과를 달성하기 위해 지속적인 관리가 필요함을 제시하였다.

<표 1-2> 국내 선행연구

연도	저자	제목
2005	박병수, 이명규	근해어선 감척사업의 생산량에 관한 효과분석
2006	표희동	우리나라 연근해어선 감척사업의 경제적 투자효과 분석
2008	김정호, 이광남	어획노력이 생산량에 미치는 영향분석
2014	최종두	근해어업경영을 위한 기술효율성분석
2017	정민주	어선감척사업으로 인한 연안자망어업의 생산자잉여 변화분석
2017	심성현	한국의 근해어업 생산함수 추정과 어선감척사업 및 TAC 제도의 효과 분석

일반적으로 수산자원의 연령, 체장, 생존율, 사망계수와 같은 생태특성치 데이터는 관련 분야의 연구자를 제외하고 자료 획득이 어려워 분석에 한계가 존재한다. 이러한 이유로, 생산량과 어획노력량을 기초 자료로 생물경제모형을 적용하여 수산자원의 평가한 후 MSY와 MEY, OA 균형의 생산량, 어획노력량, 자원량 추정 및 공급함수와 생산자잉여 추정까지 연구의 범위가 확대되고 있다. 나아가 어선감척사업의 효과를 추정하기 위해 단일어업의 OA 균형 하의 생산자 잉여 변화를 분석한 연구가 존재한다.

본 연구와 선행연구의 차이점은 3개 연안어업의 어획노력량을 Gavaris의 일반선형모형을 이용하여 표준화 한 후 MEY, OA 균형 하에서의 공급함수를 도출하였다. 또한 수산물 가상수요함수에서 추정된 수요가격탄력성을 사용하여 어선감척사업 유무에 따른 MEY, OA 균형에서의 생산자잉여를 도출하여 비교·분석하였다는 점이다. 더 나아가 연안어업의 동태적인 자원회복 효과를 도출하기 위해 자원의 성장량과 지수성장함수에 근거한 현재가치 해밀토니안기법을 통해 동태적 최적해를 추정하였다는 점에서 타 선행연구와 차별성이 있다고 판단된다.

II. 현황분석

1. 대상어업의 정의

연안어업은 허가어업의 한 종류로 「수산업법 시행령」 제41조 2항에서 “무동력어선 및 총톤수 10톤 미만의 동력어선을 사용하는 어업으로서 근해어업 및 제3항에 따른 어업 외의 어업”으로 규정하고 있다. 시·도지사의 허가를 통해 어업 자격을 취득하게 되며 어선 어구의 종류에 따라 연안개량안강망어업, 연안선망어업, 연안조망어업, 연안통발어업 등으로 분류된다.

<표 II-1>은 연안어업의 종류 및 어업 방법에 대한 표로 본 연구의 분석 대상 어업 또한 표기되어 있다. 본 연구의 분석 대상 어업은 8개 연안어업 중 3개 어업인 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업으로 연안어업 생산량의 약 76%를 생산하고 있다.

<표 II-1> 연안어업의 종류 및 어업방법

어업의 종류	어업방법	비고
연안개량 안강망어업	1척의 동력어선으로 안강망류 어망을 사용하여 수산동물을 포획하는 어업	
연안선망어업	1척의 무동력어선 또는 동력어선으로 선망 또는 양조망을 사용하여 수산동물을 포획하는 어업	
연안통발어업	1척의 무동력어선 또는 동력어선으로 통발을 사용하여 수산동물을 포획하는 어업	분석대상

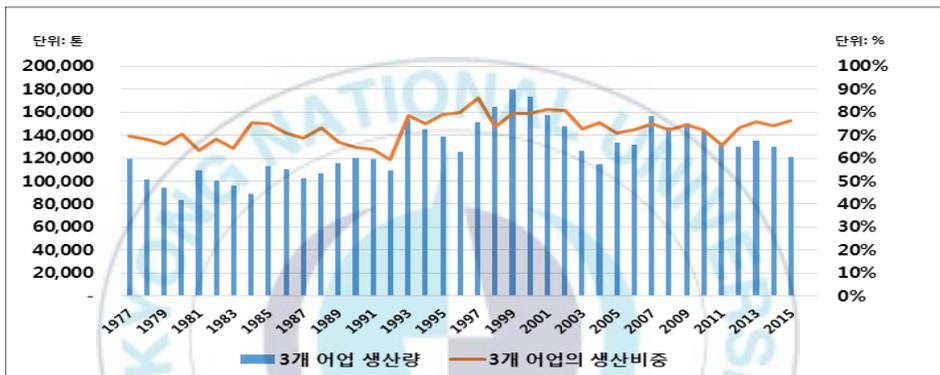
어업의 종류	어업방법	비고
연안조망어업	1척의 동력어선으로 망 입구에 막대를 설치한 조망을 사용하여 새우류를 포획하는 어업	
연안선인망어업	2척의 동력어선으로 인망을 사용하여 멸치를 포획하는 어업	
연안자망어업	1척의 무동력어선 또는 동력어선으로 유자망 또는 고정자망을 사용하여 수산동물을 포획하는 어업	분석대상
연안들망어업	1척의 무동력어선 또는 동력어선으로 초망 또는 들망을 사용하여 수산동물을 포획하는 어업	
연안복합어업	1척의 무동력어선 또는 동력어선으로 하는 다음 각 목의 어업 가. 낚시어업: 주낙·외줄낚시·채낚기 사용 나. 문어단지어업: 문어단지를 사용 다. 손꽂치어업: 손으로 꽂치를 포획 라. 패류껍질어업: 패류껍질 또는 토기를 사용	분석대상

자료: 국가법령정보센터, 「어업의 허가 및 신고 등에 관한 규칙」, [별표 1]. 검색일: 2018.05.05

2. 대상어업의 생산량 및 어선세력 현황

[그림 II-1]은 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업 등 3개 어업의 생산량과 생산비중을 나타낸 그래프이다. 상기 3개 어업의 생산량은 1977년 약 12만 톤을 생산한 후 꾸준히 증가추세를 보이며 1999년도에 약 18만 톤을 생산하였다. 이후 1999년 최고점인 약 22만 톤을 생산한 후 어업생산량이 지속적으로 감소추세를 보이며 2015년에 들어

서 약 12만 톤까지 생산량이 감소하였다. 가장 높은 생산량을 기록한 1999년 대비 2015년 생산량은 약 33% 감소하였다. 3개 연안어업의 생산량이 전체 연안어업 생산량에서 차지하는 비중은 1977년 약 70%에서 1997년 86%로 증가하였으나, 2015년 76%로 감소하였다. 이는 연안 선망어업, 연안개량안강망어업, 연안들망어업의 생산량이 증가하였으나 분석대상인 3개 어업은 반대로 감소하였기 때문으로 판단된다.



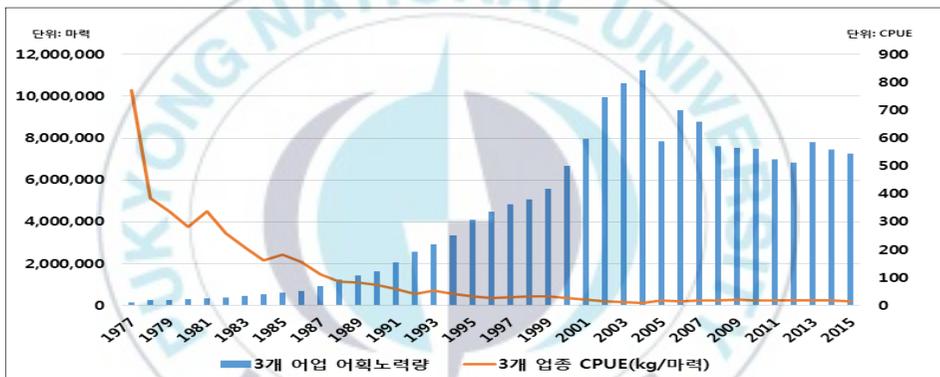
자료: 국가통계포털, 어업생산통계. 검색일: 2018.05.05

[그림 II-1] 3개 연안어업의 생산량 및 생산비중(1977~2015)

1977년부터 2015년까지의 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업 등 3개 어업의 어획노력량인 마력을 합산한 추이를 살펴보면, 1977년 3개 어업의 마력은 약 15만 마력으로 나타났고, 지속적으로 증가하여 1988년 약 123만 마력으로 1977년 대비 약 8배 이상 증가하였다. 이후 연안어선의 마력이 증가하면서 2004년 약 1,123만 마력으로 최고점을 기록하였다. 이는 1977년 대비 약 74배 증가, 1988년과 비교해 약 9배나 증가한 것이다. 이처럼 가파르게 증가하는 연안어업의 어선세력을 줄이기 위해 2004년부터 연안어업의 어선감척사업을 실시하였으며 2004년 최고점인 약 1,123만 마력을 기록한 후 점차 감

소하여, 2015년 약 726만 마력으로 2004년 대비 약 394만 마력 감소하였다.

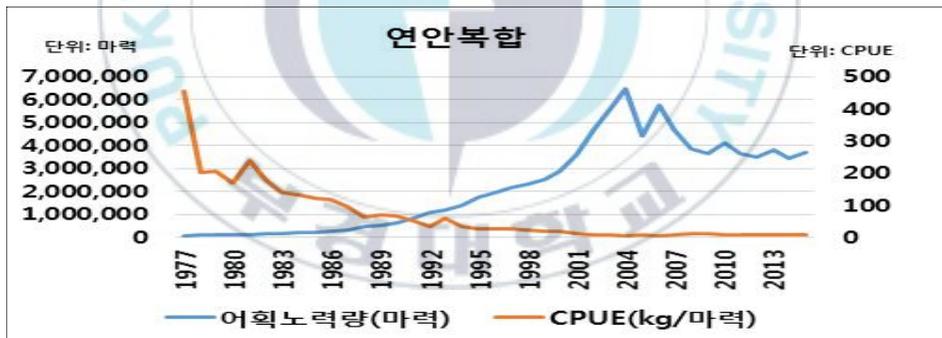
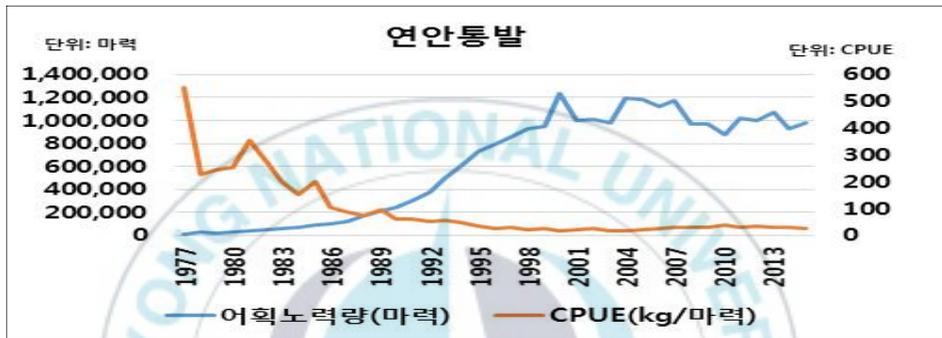
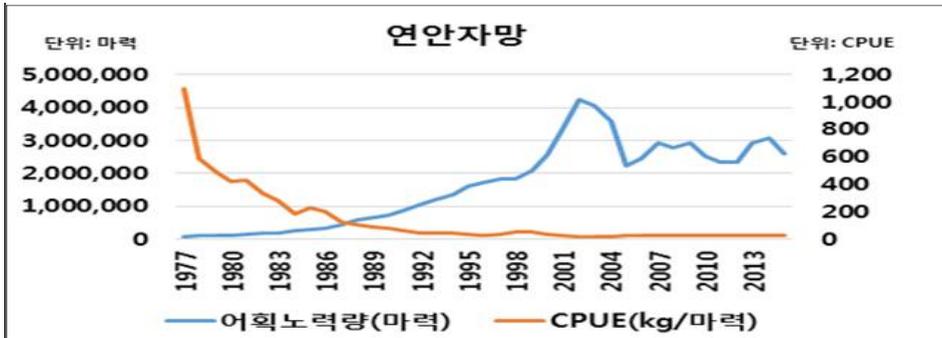
또한, 연안어업의 CPUE는 1977년 772(kg/마력)에서 급격히 감소하여 1990년 74(kg/마력)로 감소, 1977년 대비 약 10% 수준으로 감소하였고, 1998년 CPUE는 32(kg/마력)로 나타나 7년 사이에 절반 이상 감소하였다. 2015년 CPUE는 17(kg/마력)로 1977년 대비 2% 수준에 불과한데, 이는 연안어선의 마력 증가와 더불어 수산자원 남획으로 인한 수산자원량 감소에 기인한 것으로 판단된다.



자료: 국가통계포털, 등록어선통계. 검색일: 2018.05.05

[그림 II-2] 3개 연안어업의 마력수 및 CPUE(1977-2015)

[그림 II-3]은 분석대상인 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업의 생산량과 CPUE를 나타낸 것으로, 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업의 전 어업에서 CPUE가 감소 추세를 보이고 있다. 어획노력량은 어선감척사업을 실시한 2004년부터 증가 추세에서 감소 추세로 돌아선 것으로 나타났다.



자료: 국가통계포털, 등록어선통계. 검색일: 2018.05.05

[그림 II-3] 개별 연안어업의 마력수 및 CPUE(1977~2015)

3. 대상어업의 경영수지

해양수산부의 2014~2016년 연안어업실태조사를 참고하여 본 연구의 분석대상에 해당하는 3개 연안어업의 2013년부터 2015년의 연도별

총수입과 총비용, 순수익을 2010년 생산자 물가지수(신선 어류)를 적용, 명목가격에서 실질가격화하였다. 총수입의 항목은 매출액과 기타수입으로 구성되어 있고, 총비용의 항목은 인건비, 판매관리비, 생산관리비, 감가상각비 등으로 세분화 할 수 있다. 순수익은 총수입에서 총비용을 제하여 도출하였다. 각 연도의 3개 어업의 총수입과 총비용, 순수익을 도출하기 위해 3개 어업의 허가 당 총수입, 총비용 및 순수익에 허가건수를 곱하여 추정하였다.

개별 어업의 경영수지를 3년 평균한 결과, 순수익은 연안복합어업, 연안자망어업, 연안통발어업 순으로 높았으며, 상기 3개 어업의 총수입은 약 2,959,057백만 원, 총비용은 약 1,560,647백만 원, 순수익은 약 1,398,410백만 원으로 나타났다.

<표 II -2> 분석대상 연안어업의 경영수지 현황(2013~2015)

(단위: 백만 원)

어업	총수입	총비용	순수익
연안자망	1,130,582	615,880	514,702
연안통발	527,961	316,822	211,139
연안복합	1,300,515	627,945	672,570
합계	2,959,057	1,560,647	1,398,410

자료: 해양수산부, 2014년~2016년 연안어업실태조사.

Ⅲ. 추정모형

1. 기본가정⁴⁾

우리나라 연안의 어업자원은 연안개량안강망어업, 연안선망어업, 연안통발어업, 연안자망어업, 연안들망어업, 연안복합어업 등 8개 연안어업과 건간망, 승망류, 장망류 등 12개 구획어업에 의해서 어획된다. 이에 본 연구에서는 구획어업을 제외한 8개 연안어업으로 연안어업의 범위를 가정하였으며, 최근 3년간(2013~2015년) 연안어업 생산량 가운데 76%를 차지하는 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업 등 3개 어업을 대상으로 선정하여 연안어업의 자원평가를 실시하였다.

본 연구의 기본 가정으로 첫 번째 가정은 연안어업 사이에 경제적인 상호작용이 존재한다는 것이다. 즉, 연안해역의 수산동식물을 어획하는 3개의 어업 중 한 어업의 생산량이 증가하면 나머지 2개의 어업에서 생산량이 감소하는 것을 의미한다. 두 번째 가정으로 본 분석에 사용된 생산량은 3개 어업에 의해 어획되는 생산량만을 분석의 대상으로 적용하는 것이다. 그 이유는 분석대상에서 제외된 연안개량안강망어업, 연안선망어업, 연안조망어업, 연안선인망어업, 연안들망어업의 생산량이 분석대상에 포함될 경우, 분석대상인 3개 어업의 생산자잉여가 과다 추정될 수 있기 때문이다.

4) 이정삼·류정근·John, M. G.·남종오·김대영(2006)의 “다수어종·다수어업의 TAC 평가에 관한 연구Ⅱ: 단일어종·다수어업/다수어종·다수어업 TAC 평가”를 참고하여 작성하였다.

2. 어획노력량 표준화 모형

우리나라 연안어업의 수산자원은 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업에 의해 연안어업 전체 생산량의 약 41%, 16%, 18%가 어획되고 있다. 그러나 상기 3개 연안어업이 수산자원을 어획함에 있어서 서로 다른 단위의 어획노력량을 투입하여 수산물을 생산하고 있다. 이에 본 연구에서는 어선감척사업의 효과를 분석하기에 앞서 서로 다른 3개 어업의 어획노력량의 단위를 하나의 단위로 표준화하였다.

어획노력량을 표준화하는 방법은 여러 가지가 존재하지만 본 연구에서는 Gavaris(1980)의 일반선형모형(GLM, General Linear Model)⁵⁾을 이용하여 3개 어업의 서로 상이한 어획노력량을 하나의 단위로 표준화 하였다. Gavaris의 일반선형모형은 각각의 어획노력량에 영향을 미치는 다른 요인들로부터 받은 영향을 분리하는데 사용될 수 있다. Gavaris의 일반선형모형에서의 U 는 CPUE를 의미하며, 아래의 식 (1)과 같이 정의하였다

$$U = U_r \prod_i \prod_j P_{ij}^{X_{ij}} e^{\epsilon}, \quad U = CPUE \quad (1)$$

식 (1)에서 U_r 은 어법, 연도, 어업, 어구, 조업구역 등을 의미하는 요인변수의 기준이 되는 CPUE를 말한다. i 는 요인변수를 의미하고, j 는 각 요인변수 내의 수준을 말한다. P_{ij} 는 요인변수 i 에서의 j 수준

5) Gavaris의 일반선형모형 이론과 어획노력량 표준화 방법에 관한 내용은 Quinn·Deriso(1999)의 “Quantitative Fish Dynamics”와 전용한(2018)의 “주요 수산보조금 폐지에 따른 연안어업의 피해규모 추정”을 참고하여 작성하였다.

에 대한 상대적인 어획능력을 나타낸다. 각 요인변수의 기준이 되는 수준에 대해 P_{ij} 는 1로 정의한다. X_{ij} 는 자료가 요인변수 i 의 j 수준을 나타낼 때 1로 표기하며 그렇지 않을 경우 X_{ij} 는 0으로 표기한다. CPUE의 일반모형은 로그정규분포에 기초하며 ϵ 는 정규확률변수 (Normal Random Variable)로 평균이 0이며 σ^2 는 일정한 분산을 가진다. 식 (1)에 로그를 사용하여 변환하면 식 (2)로 표현된다.

$$\ln U = \ln U_r + \sum_i \sum_j X_{ij} \ln P_{ij} + \epsilon$$

$$Y = \beta_0 + \sum_k \beta_k X_k + \epsilon, \quad \{k\} = \{i\} \cup \{j\} \quad (2)$$

상수항인 β_0 는 기준 로그 CPUE, 매개변수 β_k 는 로그로 변환된 어획능력 계수를 의미하며, k 는 i 와 j 를 포함한다. 이에 본 연구에서는 연안자망, 연안통발, 연안복합어업⁶⁾의 각기 다른 어획노력량을 표준화하기 위하여 어업과 연도를 요인변수로 사용하였다. 어업은 3개 어업(CGN, CT, CC), 연도는 39년(1977~2015년)으로 각 요인변수의 수준을 적용하였다. 요인변수와 각 요인변수 내부의 조합을 통해 가변수를 선정하고, 선정된 가변수와 회귀식을 이용하여 최소제곱법(OLS, Ordinary Least Squares)을 통하여 3개 어업 사이의 CPUE와 어획노력량 단위를 표준화한다.

표준화과정을 통해 추정된 3개 어업의 어획노력량(\hat{F}_{CGN} , \hat{F}_{CT} , \hat{F}_{CC})은 추정된 CPUE(\hat{U}_{CGN} , \hat{U}_{CT} , \hat{U}_{CC})와 생산량(Y_{CGN} , Y_{CT} , Y_{CC})에 의해 도출된다. 즉, 표준화된 총 어획노력량(\hat{F}_T)은 아래의 식

6) CGN(Coastal Gill Net), CT(Coastal Trap), CC(Coastal Composite)은 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업을 의미한다.

에 의해 추정된 3개 어업의 어획노력량을 합하여 나타낼 수 있다.

$$Y_T = Y_{CGN} + Y_{CT} + Y_{CC} \quad (3)$$

$$\hat{F}_T = \hat{F}_{CGN} + \hat{F}_{CT} + \hat{F}_{CC} \quad (4)$$

$$\hat{U}_T = \hat{U}_{CGN} + \hat{U}_{CT} + \hat{U}_{CC} \quad (5)$$

$$\hat{F}_{CGN} = \frac{Y_{CGN}}{\hat{U}_{CGN}}, \quad \hat{F}_{CT} = \frac{Y_{CT}}{\hat{U}_{CT}}, \quad \hat{F}_{CC} = \frac{Y_{CC}}{\hat{U}_{CC}} \quad (6)$$

Y_T 는 3개 어업의 연도별 생산량을 합한 총 생산량을 나타내며, Y_{CGN} , Y_{CT} , Y_{CC} 은 3개 어업에서 어획한 연간 생산량을 의미한다. \hat{F}_{CGN} , \hat{F}_{CT} , \hat{F}_{CC} 은 3개 어업의 표준화된 어획노력량 추정치를 의미한다. 또한 \hat{U}_{CGN} , \hat{U}_{CT} , \hat{U}_{CC} 은 3개 어업의 표준화된 CPUE 추정치를 의미한다. 3개 어업에서의 어획노력량 수준에 따른 생산량 (Y_{CGN} , Y_{CT} , Y_{CC})은 3개 어업의 표준화된 어획노력량의 비율을 곱하여 도출할 수 있다. 즉, 3개 어업의 총생산량(Y_T)에 각 어업의 전체 대비 표준화된 어획노력량 비율을 곱하여 식 (7)과 같이 도출된다.

$$Y_{CGN} = Y_T \left(\frac{\hat{F}_{CGN}}{\hat{F}_T} \right), \quad Y_{CT} = Y_T \left(\frac{\hat{F}_{CT}}{\hat{F}_T} \right), \quad Y_{CC} = Y_T \left(\frac{\hat{F}_{CC}}{\hat{F}_T} \right) \quad (7)$$

위의 식 (7)에서 $\frac{\hat{F}_{CGN}}{\hat{F}_T}$, $\frac{\hat{F}_{CT}}{\hat{F}_T}$, $\frac{\hat{F}_{CC}}{\hat{F}_T}$ 은 개별 어업의 추정된 어획노력

량 비율을 의미한다.

3. 잉여생산모형

본 연구에서 사용된 잉여생산모형(Surplus Production Model)⁷⁾은 Verhulst(1838)에 의해 제시되었다. 수산자원의 성장량과 생산량이 동일하다면 균형어군을 유지할 수 있으며, 모형을 통해 지속적으로 수산자원을 이용할 수 있음을 설명하였다. 잉여생산모형은 어종의 성장률, 사망률, 연령, 체장 등을 고려하지 않으므로 분석대상이 되는 어업 및 어종의 자원량을 정확하게 추정하는 것에 한계가 있으나, 생산량과 어획노력량 등의 한정적인 자료로 자원평가 및 추정이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

가. CYP모형

Clarke, Yoshimoto, Pooley는 지수성장함수(Exponential Growth Function)에 근거한 Fox모형(1970)을 개량하여 새로운 모형인 CYP모형(1992)⁸⁾을 개발하였다. Fox모형인 식 (8)의 $\frac{\Delta U}{U}$ 를 $\frac{1}{U} \frac{dU}{dt}$ 로 변형하여 식 (9)를 도출하였다.

7) 이정삼·류정곤·John, M. G.·남종오·김대영(2006)의 “다수어종·다수어업의 TAC 평가에 관한 연구Ⅱ: 단일어종·다수어업/다수어종·다수어업 TAC 평가”와 심성현 (2017)의 “한국의 근해어업 생산함수 추정과 어선감척사업 및 TAC 제도의 효과 분석”을 참고하여 작성하였다.

8) CYP모형에 관한 이론은 Clarke·Yoshimoto·Pooley(1992)의 “A Bioeconomic Analysis of the Northwestern Hawaiian Islands Lobster Fishery”의 내용을 참고하여 작성하였다.

$$\frac{\Delta U}{\bar{U}} = r \ln(qk) - r \ln(\bar{U}) - q\bar{F} \quad (8)$$

$$\ln \left[\frac{U_{t+1}}{U_t} \right] = r \ln(qk) - r \int_t^{t+1} \ln(U) dt - qF \quad (9)$$

여기서, r 은 수산자원의 본원적 성장률, q 는 어획능력계수, k 는 환경수용능력, F 는 어획노력량을 의미한다. 그리고 \bar{U} 는 평균 CPUE, \bar{F} 는 평균 어획노력량을 나타낸다. U_t 는 t 시점의 CPUE를 의미, U_{t+1} 은 $t+1$ 시점의 CPUE를 의미한다. 식 (9)에서 $\ln(U)$ 의 Taylor 급수 근사를 사용하여 다음 식 (10)과 같이 표현할 수 있다.

$$\int_n^{n+1} \ln(U_n) \approx \ln(\bar{U}_n) \quad (10)$$

식 (10)을 이용하여 식 (9)를 적분하면 식 (11)로 도출된다. t 시점과 $t+1$ 시점일 때의 식 (11)을 합한 후, $\bar{U}_t \approx \sqrt{U_t U_{t+1}}$ 을 적용하면 식 (12)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln \left[\frac{U_{t+1}}{U_t} \right] = r \ln(qk) - r \ln(\bar{U}) - q\bar{F} \quad (11)$$

$$\ln(\bar{U}_{t+1}) - \ln(\bar{U}_t) = 2r \ln(qk) - r [\ln(\bar{U}_t) + \ln(\bar{U}_{t+1})] - q(\bar{F}_t + \bar{F}_{t+1}) \quad (12)$$

식 (12)을 주어진 $\ln(\bar{U}_{t+1})$ 에 대해 풀이하면 식 (13)과 같다.

$$\ln(\bar{U}_{t+1}) = \frac{2r}{2+r} \ln(qk) + \frac{2-r}{2+r} \ln(\bar{U}_t) - \frac{q}{2+r} (\bar{F}_t + \bar{F}_{t+1}) \quad (13)$$

최소제공법을 이용하여 회귀식인 식 (13)의 절편과 계수인 $\frac{2r}{2+r} \ln(qk)$, $\frac{2-r}{2+r}$, $\frac{q}{2+r}$ 를 도출한 후, 연립방정식을 이용해 q , k , r 을 추정한다.

나. Gompertz 성장함수 및 어획함수

지수성장함수에 기초한 Gompertz 성장함수는 로지스틱 성장함수 (Logistic Growth Function)로는 추정할 수 없는 어종의 성장함수를 도출하기 위해 개발되었다. Gompertz 성장함수는 식 (14)와 같다.

$$G(X) = rX \ln\left(\frac{k}{X}\right) \quad (14)$$

G 는 성장량을 의미하고, X 는 수산자원의 자원량을 의미한다. 식 (15)는 어획함수로 어획노력량의 투입에 따라 생산량이 결정되는 1차 선형함수의 형태로 표현된다.

$$Y(F) = qFX \quad (15)$$

식 (15)의 Y 는 생산량을 의미한다.

$$\frac{\partial X}{\partial t} = G(X) - Y(X) = rX \ln\left(\frac{k}{X}\right) - qFX \quad (16)$$

위의 식 (16)에서 t 는 시간을 나타내는 것으로, 수산자원의 자원량을 시간으로 미분한 값이 0보다 클 경우, 자원의 성장량이 생산량보다 커서 자원량이 증가한다. 반대로, 미분한 값이 0보다 작을 경우, 자원의 성장량이 생산량보다 작아서 자원량이 감소하는 결과를 가져오게 된다. 미분한 값이 0과 같아질 때, 자원의 성장량과 생산량이 일치하게 되어 지속적으로 수산자원을 이용할 수 있는 균형어군상태가 된다. 균형어군상태에서 균형자원량 X^* 를 도출할 수 있으며, 어획노력량의 변화에 따른 균형자원량도 함께 변화하는 어군균형곡선(PEC, Population Equilibrium Curve)을 추정할 수 있다. 아래의 식 (17)은 어군균형곡선을 나타낸 것으로 어군균형곡선은 어획노력량의 변화에 영향을 받는 함수이며, e 는 자연대수이다.

$$X^* = ke^{-\left(\frac{q}{r}\right)F} \quad (17)$$

다. 최대지속적 생산량

자원량 X^* 일 때, 어획노력량이 지속적으로 투입되어 얻을 수 있는 균형 생산량과 균형 어획노력량 사이의 관계의 함수를 지속적 어획곡선이라 한다. 지속적 어획곡선은 식 (15)의 어획함수에 균형자원량 X^* 을 대입하여 구할 수 있다.

$$SY(F) = qFX^* = qkFe^{-\left(\frac{q}{r}\right)F} \quad (18)$$

식 (18)은 지속적 어획곡선으로 어획노력량에 관한 함수로 지수함

수의 모양을 가지며, qk 는 수산자원이 어획되지 않은 초기 자원상태에서의 CPUE를 의미한다. 식 (19)는 지속적 어획곡선을 F 에 대해 미분하여 미분한 값을 0으로 설정한 것으로 최대지속적 생산량(MSY, Maximum Sustainable Yield) 균형 하의 어획노력량(F_{MSY})을 도출할 수 있다.

$$\frac{\partial SY(F)}{\partial F} = 0 = -\frac{q}{r} qke^{-\left(\frac{q}{r}\right)F} F + qke^{-\left(\frac{q}{r}\right)F} \quad (19)$$

식 (19)을 F 에 대해 정리하면 식 (20)과 같이 표현할 수 있으며, 최대지속적 어획노력량(F_{MSY})을 추정할 수 있다.

$$F_{MSY} = \frac{r}{q} \quad (20)$$

위의 식 (20)을 식 (18)에 대입하여 식 (21)의 형태로 나타낼 수 있으며, 최대지속적 생산량(Y_{MSY})을 도출할 수 있다.

$$Y_{MSY} = qkF_{MSY}e^{-\left(\frac{q}{r}\right)F_{MSY}} = \frac{rk}{e} \quad (21)$$

라. 수산자원의 성장량 추정⁹⁾

수산자원량은 어업생산함수 q , k , r 의 계수, Gompertz 성장함수, 어

9) 수산자원량 추정에 관한 내용은 심성현(2017)의 “한국의 근해어업 생산함수 추정과 어선감척사업 및 TAC 제도의 효과 분석”을 참고하여 작성하였다.

업생산량을 이용하여 추정할 수 있다. 일반적으로 사용하는 어업생산 함수는 Cobb-Douglas 생산함수적인 성격을 가지며 식 (22)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Y_t = qF_t X_t \quad (22)$$

여기서, Y_t 는 t 시점의 어업생산량, F_t 는 t 시점의 어획노력량, X_t 는 t 시점의 수산자원량을 의미하며, 위의 식 (22)의 X_t 를 좌변으로 이동하여 X_t 를 추정할 수 있다. 식 (23)는 X_t 를 나타낸 식으로 수산자원량은 어업생산량에 어획능력계수와 어획노력량의 곱으로 나눔으로써 구할 수 있다.

$$X_t = \frac{Y_t}{qF_t} \quad (23)$$

그러나 식 (23)을 이용한 수산자원량은 매 시점 최적의 상태인 수산자원량(X^*)을 의미하므로 어업생산량과 수산자원의 성장은 고려되지 않는다. 이에 본 연구에서는 동태적인 관점에서의 어업생산량과 수산자원의 성장을 반영한 수산자원량을 추정하였다. 이를 위해 최초의 시점의 수산자원량을 도출한 후 같은 시점의 어업생산량을 빼고 수산자원의 성장량을 더하여 $t+1$ 시점의 수산자원량을 도출하였다. 이는 아래의 식 (24)와 같다.

$$X_{t+1} = X_t - Y_t + G_t \quad (24)$$

$$G_t = rX_{t-1} \ln\left(\frac{k}{X_{t-1}}\right) \quad (25)$$

여기서, X_{t+1} 은 $t+1$ 시점의 수산자원량을, G_t 는 t 시점의 수산자원의 성장량을 의미한다. 위의 과정을 통하여 동태적인 관점에서의 수산자원의 성장량(G)을 도출할 수 있다.

4. 최적생산량 결정모형

가. 기본가정

최적생산량을 결정을 위한 기본모형은 Gompertz의 지수성장함수로 부터 출발한다.

$$G(X_t) = rX_t \ln\left(\frac{k}{X_t}\right), \text{ where } \frac{dX_t}{dt} = \dot{x} \quad (26)$$

여기에서 $G(X_t)$ 는 t 시점의 어업자원 성장량을 의미하고, X_t 는 t 시점 어종의 자원량을 나타낸다. \dot{x} 는 자원이 시간에 따라 변화하는 양을 의미한다. 그리고 식 (26)의 지수성장함수에 어업활동을 추가하면 식 (27)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{dX}{dt} = G(X) - Y_t \quad (27)$$

여기서 Y_t 는 F_t 와 X_t 에 의존하는 어획생산함수로서 어획능력계수

인 q 와 어획노력량의 특성을 반영하는 승수 a 및 자원의 특성을 고려한 승수 β 를 이용해 다음의 식 (28)로 나타낼 수 있다. 본 연구의 어획생산함수는 a 와 β 를 각각 1로 가정하여 선형함수의 형태를 취한다(남종오, 2011).

$$Y_t = qF_t^\alpha X_t^\beta \quad (28)$$

어획비용함수 $TC(F_t)$ 는 단위노력당 어획비용(c)에 t 시점의 어획노력량 F_t 을 곱하여 도출한다.

$$TC(F_t) = cF_t \quad (29)$$

나. 동태적 최적 어업생산함수

Clark·Munro(1975)는 어업자원량을 어업에 대한 자본이라 가정하고, 시간이 지남에 따라 어업활동으로부터 발생하는 사회적 이익을 최대화하는 동태적 최적이론을 제시하였다(Clark·Munro, 1975)¹⁰⁾. 동태적 최적화 모형의 함수식과 제약조건식은 식 (30)과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{Maximize} \\ NPV &= \int_0^{\infty} [pY_t - cF_t]e^{-\delta t} dt \\ &= \int_0^{\infty} [pqF_tX_t - cF_t]e^{-\delta t} dt \end{aligned} \quad (30)$$

10) 최적생산량 결정모형에 관한 내용은 Clark, C. W. G. R. Munro(1975)의 “The economics of fishing and modern capital theory : A simplified approach”를 참고하여 작성하였다.

subject to,

$$\begin{aligned} dX/dt &= \dot{x}, X_0 = X_0 \\ X_t &\geq 0, 0 \leq Y_t \leq Y_{t\max} \end{aligned}$$

여기서 Y_t 는 t 시점의 생산량, F_t 는 어획노력량을 의미한다. $pY_t - cF_t$ 는 t 시점의 이윤을, δ 는 사회적 할인율을, X_0 는 어종별 초기 자원량을 의미하며 Y_{\max} 는 어종별 최대생산량을 나타낸다.

식 (30)의 제약조건을 바탕으로 한 목적함수의 최적화를 위한 현재 가치 해밀토니안 함수식인 H_c 는 식 (31)과 같이 표현할 수 있다.

$$H_c = [pqF_t X_t - cF_t] + \lambda [G(X_t) - qF_t X_t] \quad (31)$$

여기서 λ 는 그림자 가격(shadow price)로 어종별 미래가치를 현재 가치로 할인한 값을 의미한다. 식 (31)의 X_t 는 상태변수를 나타내고, F_t 는 제어변수를 의미한다. H_c 의 최적해는 H_c 를 어획노력량(F)과 자원량(X)을 편미분한 1계 필요조건(first order necessary condition)에 어획노력량을 편미분하여 얻을 수 있는 상태효율조건식(SEC, Static Efficiency Condition)의 λ 를 t 로 편미분하여 추정할 수 있다. 또한 동태효율조건식(DEC, Dynamic Efficiency Condition)은 자원량(X)과 생산량(Y)을 가지고 편미분한 1계 필요조건으로부터 도출할 수 있다 (남종오, 2011)¹¹⁾.

11) 최적생산량 결정모형에 관한 내용은 남종오(2011)의 “해밀토니안기법을 이용한 대형선망어업의 고등어·전갱이 최적어획량 결정”을 참고하여 작성하였다.

$$SEC: \frac{\partial H}{\partial F} = pqX - c - \lambda qX = 0, p - \frac{c}{qX} = \lambda \quad (32)$$

$$DEC: \frac{\partial H}{\partial X} = pqF + \lambda G'(X) - \lambda qF = -\lambda + \delta \lambda \quad (33)$$

상태효율조건식 (32)을 t 에 대해 편미분하면 식 (34)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\dot{\lambda} = \frac{c}{qX^2} \dot{x} = \frac{c}{qX^2} [G(X - qFX)] \quad (34)$$

위의 식 (32), (33), (34)로 부터 최적자원량을 추정하기 위해 적용해야 하는 황금률(golden rules)을 도출할 수 있다(남종오, 2011).

$$G'(X^*) + G(X^*) \frac{c}{X^*(qpX^* - c)} = \delta \quad (35)$$

식 (35)에서 어종별 최적자원량은 Gompertz의 성장함수를 대입하여 최적자원량(X^*)을 도출할 수 있으며, 최적어획노력량(F^*)은 식 (37)를 이용하여 추정할 수 있다.

$$X^* = \frac{1}{2} \left[\left\{ \frac{c}{pq} + \frac{\delta}{r \ln\left(\frac{k}{X^*}\right)} \right\} \pm \sqrt{\left\{ \left(\frac{c}{pq}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{r \ln\left(\frac{k}{X^*}\right)}\right)^2 \right\} \frac{-2\delta c}{pq r \ln\left(\frac{k}{X^*}\right)} + \frac{c}{pq}} \right] \quad (36)$$

$$F^* = \frac{r \ln\left(\frac{k}{X^*}\right)}{q} \quad (37)$$

그리고 최적자원량(X^*)이 도출되면 자원의 안정 상태인 $\dot{x} = G(X^*) - Y^* = 0$ 으로부터 어종의 최적생산량을 구할 수 있다(남종오, 2011).

$$Y^* = qF^* X^* \quad (38)$$

5. 생물경제모형

일반적으로 잉여생산모형은 생산량과 어획노력량 데이터를 이용하여 어업자원을 평가하는데 적용되는 모형이다. 경제학적, 생물학적 관점에서 자원평가를 실시하기 위해서는 기존의 잉여생산모형에 생산가격과 어업비용을 고려한 생물경제모형을 구축하여 경제적 효과 변화를 분석해야 한다.

가. 지속적 총수입, 어획비용, 이윤함수

아래의 식 (39)는 지속적 총수입함수(STR, Sustainable Total Revenue)로 생산자가 생물적 균형 하에서 얻을 수 있는 수입을 의미한다. 해당어업의 지속적 어획함수에 해당어업의 단위생산량당 생산자가격 p 를 곱하여 추정한다.

$$STR(F) = p \times SY(F) = pqkFe^{-\left(\frac{q}{r}\right)F} \quad (39)$$

평균수입(AR, Average Revenue)은 식 (39)를 F 로 나누어 추정할

수 있으며, 식 (40)으로 나타낼 수 있다.

$$AR(F) = \frac{STR(F)}{F} = pqke^{-\left(\frac{q}{r}\right)F} \quad (40)$$

한계수입(MR, Marginal Revenue)은 식 (39)를 F 에 대해 미분하면 도출할 수 있으며, 이는 식 (41)과 같이 나타낸다.

$$MR(F) = \frac{\partial STR(F)}{\partial F} = pqk \left(1 - \frac{q}{r} F\right) e^{-\left(\frac{q}{r}\right)F} \quad (41)$$

식 (42)는 총어획비용함수(TC, Total Cost)로써 TC 를 F 로 나누어 단위어획노력당 비용인 c 를 도출한 후, F 를 곱하여 도출한다.

$$TC(F) = cF \quad (42)$$

식 (42)를 F 로 나누어서 평균비용(AC, Average Cost)을 도출하고, 식 (42)를 F 로 미분하여 한계비용(MC, Marginal Cost)을 도출할 수 있는데, 총어획비용함수는 1차 선형함수의 형태이므로 식 (43)과 같다.

$$AC(F) = MC(F) = c \quad (43)$$

STR 에서 TC 를 제외하여 이윤함수(NP, Net Profit)를 구할 수 있으며, 이는 식 (44)와 같이 표현할 수 있다.

$$NP(F) = STR(F) - TC(F) = pqkFe^{-\left(\frac{q}{r}\right)F} - cF \quad (44)$$

나. 최대경제적 생산량

NP 가 극대화되는 지점인 최대경제적 생산량은 $MR=MC$ 가 되는 지점과 같다. 따라서 MEY 균형 하의 최대지속적 어획노력량(F_{MEY})을 추정하기 위해서 식 (44)를 F 에 대해 미분하고, 최대경제적 생산량을 구하기 위해 0으로 두면 식 (45)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial NP(F)}{\partial F} = -\left(\frac{q}{r}\right)Fpqke^{-\left(\frac{q}{r}\right)F} + pqke^{-\left(\frac{q}{r}\right)F} - c = 0 \quad (45)$$

식 (45)를 F 로 정리하면 F_{MEY} 를 추정할 수 있으며, 이는 식 (46)과 같다.¹²⁾

$$F_{MEY} = \frac{r}{q} \left[1 - \frac{c}{pqk} e^{\left(\frac{q}{r}\right)F_{MEY}} \right] \quad (46)$$

최대지속적 생산량(Y_{MEY})을 도출하기 위해서 식 (18)에 F_{MEY} 를 대입하는데, 이는 식 (47)과 같다.

$$Y_{MEY} = qkF_{MEY} e^{-\left(\frac{q}{r}\right)F_{MEY}} \quad (47)$$

다. 자유어업의 균형 생산량

자유어업은 $STR=TC$ 가 되는 지점, 즉 $NP=0$ 이 되는 지점을 말한

12) 식 (47)의 양변에 F_{MEY} 포함되어 있기 때문에 F_{MEY} 추정이 복잡하나 Excel 프로그램의 목표 값 찾기(Goal Seek) 기능을 사용하여 F_{MEY} 추정이 가능하다.

다. 이 수준 이상으로 어획노력량을 투입하게 되면 $NP < 0$ 이 되어 손해가 발생하므로 어획노력량을 OA 균형까지 줄이게 된다. 반대로 어획노력량이 OA 균형 이하로 투입되면 $NP > 0$ 이 되어 수익이 발생하므로 어획노력량을 OA 균형까지 추가적으로 투입한다. 따라서 OA 균형 하의 어획노력량(F_{OA})은 식 (44)가 0일 때, F 에 대해 풀이하여 식 (48)과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{OA} = \frac{r}{q} [\ln(pqk) - \ln(c)] \quad (48)$$

F_{OA} 를 지속적 어획곡선에 해당하는 식 (18)에 대입하여 식 (49)와 같은 OA 균형 하의 생산량(Y_{OA})를 도출할 수 있다.

$$Y_{OA}(p) = \frac{c}{p} \frac{r}{q} [\ln(pqk) - \ln(c)] \quad (49)$$

6. 공급함수

가. 최대경제적 생산 균형 하에서의 공급함수

어업인은 MEY 균형 하에서 한계수입과 한계비용이 일치하게 되는 지점($MR = MC$), 다시 말해 순이익이 극대화되는 지점까지 어획노력량을 투입하여 어획활동을 하게 된다. 이 지점에서의 F_{MEY} 는 식 (46)과 같다. MEY 균형 하에서의 공급함수(S_{MEY})를 도출할 때 F_{MEY} 를 식 (47)에 대입하여 S_{MEY} 를 도출하였으며, 이는 식 (50)과 같다.

$$S_{MEY}(p) = rk \left(1 - \frac{c}{pqk} e^{\left(\frac{q}{r}\right) F_{MEY}} \right) e^{\left(\frac{c}{pqk} e^{\left(\frac{q}{r}\right) F_{MEY}} - 1\right)} \quad (50)$$

MEY 균형 하에서 공급곡선의 생산량(Y)이 0일 때의 가격은 식 (50)의 S_{MEY} 에 0을 대입하여 도출할 수 있으며, 식 (51)과 같다.

$$P_{Y_{MEY=0}} = \frac{c}{qk} e^{\left(\frac{q}{r}\right) F_{MEY}} \quad (51)$$

나. 자유어업 균형 하에서의 공급함수

어업인은 OA 균형까지 도달하지 못할 경우, 어업인의 이윤이 발생하여 이윤이 0이 될 때까지 어획노력량을 추가적으로 투입하게 될 것이다. 이러한 경우 F_{MSY} 수준까지는 어획노력량을 투입할수록 생산량이 지속적으로 증가하게 된다. 그러나 F_{MSY} 수준을 초과하면 추가적인 어획노력량 투입에도 불구하고 생산량은 감소하게 된다. 수산물의 가격이 상승하게 되면 더 많은 어획노력량을 투입하여 Y_{MSY} 수준까지는 공급곡선이 우상향하는 형태를 보인다. 그러나 F_{MSY} 이상의 어획노력량이 투입되는 남획·과잉어획의 상태에서는 생산량이 감소하여 가격이 상승함에도 불구하고 공급곡선이 좌상향하는 후방굴절이 발생하게 된다. 정상재화 시장의 공급곡선과는 달리 수산자원은 해양의 수용능력, 기후변화, 염분, 오염 등의 환경적인 요인으로 인해 자원이 증가할 수 있는 한계치가 존재한다. OA 균형 하에서의 공급함수는 식 (52)와 같다.

$$Y_{OA}(p) = S_{OA}(p) = \frac{c}{p} \frac{r}{q} [\ln(pqk) - \ln(c)] \quad (52)$$

OA 균형 하의 공급곡선에서 가격은 식 (52)의 Y_{OA} 에 0을 대입하여 식 (53)과 같이 도출할 수 있다.

$$P_{Y_{OA}=0} = \frac{c}{qk} \quad (53)$$



IV. 자료 분석 및 분석 결과

1. 자료 분석

본 연구의 분석자료로는 3개 연안어업의 생산량, 어획노력량(마력수)를 이용하였고, 수산통계연보와 국가통계포털을 활용하였다. 또한 3개 어업의 분석기간은 39년(1977~2015년)의 연도별 시계열 자료를 이용하였다.

분석대상이 경제적 변수로는 2013년부터 2015년까지의 자료를 사용하였다. 분석대상 어업의 총 비용 추정을 위해 해양수산부의 연안어업실태조사의 결과를 참고하였으며, 각 연도별 전체 어업비용에서 전체 마력수를 나누어 각 어업의 마력단위당 비용을 도출하였다. 통계청의 신선어류 생산자물가지수를 적용하여 실질가격화하였으며, 각 연도별로 3개 어업의 실질화된 마력단위당 비용을 가중평균하여 마력단위당 평균비용을 도출하였으며, 평균 비용(c)은 250,722원으로 추정되었다. 수산물 생산자 가격은 3개 어업의 총 생산금액에서 생산량을 나누어 도출한 후, 가중치를 부여하여 1kg당 수산물 가격을 추정하였으며, 평균 가격(p)은 12,496원으로 도출되었다.

분석에 사용한 연안어업 3개 어업의 어획노력당 비용과 생산자 가격은 <표 IV-1>과 같다.

<표 IV-1> 3개 어업의 경제적 파라미터(2013~2015)

어업	어획노력당 비용 (c: 원/마력)	생산자 가격 (p: 원/kg)
연안자망	56,877	1,754

어업	어획노력당 비용 (c: 원/마력)	생산자 가격 (p: 원/kg)
연안통발	137,315	5,015
연안복합	56,529	5,728
합계	250,722	12,496

자료: 국가통계포털; 해양수산부, 2014년~2016년 연안어업실태조사.

2. 분석 결과

가. 어획노력량 표준화

1) 어선감척사업 유무별 어획노력량 표준화

연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업 등 3개 연안어업의 서로 다른 어획노력량을 하나의 단위로 표준화하기 위해서 Gavaris의 일반선형모형을 이용하였다.

아래의 <표 IV-2>와 같은 모형을 구성하여 분석을 실시하였으며, 요인변수로는 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업 등 3개 어업과 39개년(1977~2015년)의 연도를 사용하였다. 여기서, 어업의 1은 연안자망어업을 나타내고, 2는 연안통발어업, 3은 연안복합어업을 의미한다. CPUE는 3개 어업의 기준년도인 1977년도로 설정하였으며, X 더미변수(가변수)를 이용하여 분석을 실시하였다.

<표 IV-2> 어선감척사업 시행 시 Gavaris의 일반선형 분석모형

어업	연도	U	$\ln(U)$	X 더미변수										
				78	79	80	81	..	13	14	15	d1	d2	
1	77	1,100.7351	7.0037	0	0	0	0	..	0	0	0	1	0	

어업	연도	U	ln(U)	X 터미변수									
				78	79	80	81	..	13	14	15	d1	d2
1	78	587.0874	6.3752	1	0	0	0	..	0	0	0	1	0
1	79	492.8523	6.2002	0	1	0	0	..	0	0	0	1	0
1	80	422.2027	6.0455	0	0	1	0	..	0	0	0	1	0
1	81	433.8284	6.0726	0	0	0	1	..	1	0	0	1	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
1	11	28.3151	3.3434	0	0	0	1	..	0	0	0	1	0
1	12	27.7662	3.3238	0	0	0	0	..	0	0	0	1	0
1	13	24.8764	3.2139	0	0	0	0	..	1	0	0	1	0
1	14	23.1221	3.1408	0	0	0	0	..	0	1	0	1	0
1	15	25.9524	3.2563	0	0	0	0	..	0	0	1	1	0
2	77	549.8585	6.3097	0	0	0	0	..	0	0	0	0	1
2	78	227.1230	5.4255	1	0	0	0	..	0	0	0	0	1
2	79	243.0801	5.4934	0	1	0	0	..	0	0	0	0	1
2	80	251.9675	5.5293	0	0	1	0	..	0	0	0	0	1
2	81	355.0697	5.8723	0	0	0	1	..	1	0	0	0	1
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
2	11	30.3672	3.4134	0	0	0	1	..	0	0	0	0	1
2	12	32.6093	3.4846	0	0	0	0	..	0	0	0	0	1
2	13	28.3404	3.3443	0	0	0	0	..	1	0	0	0	1
2	14	29.7328	3.3923	0	0	0	0	..	0	1	0	0	1
2	15	25.7069	3.2468	0	0	0	0	..	0	0	1	0	1
3	77	452.9347	6.1157	0	0	0	0	..	0	0	0	0	0
3	78	204.2847	5.3195	1	0	0	0	..	0	0	0	0	0
3	79	204.5776	5.3209	0	1	0	0	..	0	0	0	0	0
3	80	170.6036	5.1393	0	0	1	0	..	0	0	0	0	0
3	81	237.5302	5.4703	0	0	0	1	..	1	0	0	0	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
3	11	9.6987	2.2720	0	0	0	1	..	0	0	0	0	0
3	12	9.3615	2.2366	0	0	0	0	..	0	0	0	0	0
3	13	8.4410	2.1331	0	0	0	0	..	1	0	0	0	0
3	14	8.9617	2.1930	0	0	0	0	..	0	1	0	0	0
3	15	7.8415	2.0594	0	0	0	0	..	0	0	1	0	0

Gavaris의 일반선형모형 검정 결과는 <표 IV-3>와 같으며, 모든 연도별 변수가 1% 유의수준 하에서 유의한 것으로 나타났다. 모형의

설명도를 의미하는 결정계수(R^2)는 0.9617로 나타나 모형의 설명력이 약 96%로 나타났고, 조정된 결정계수($\overline{R^2}$)는 0.9415로 추정되어 모형의 설명력이 약 94%로 모형이 비교적 높은 설명력을 가지는 것으로 판단하였다. 또한 모형의 F-통계량이 47.6499로 1% 유의수준 하에서 유의한 것으로 분석되었다.

<표 IV-3> 어선감척사업 시행 시 Gavaris의 GLM 검정 결과

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.0837***	0.1661	36.6168	0.0000
1978	-0.7697***	0.2292	-3.3586	0.0012
1979	-0.8049***	0.2292	-3.5122	0.0008
1980	-0.9050***	0.2292	-3.9492	0.0002
1981	-0.6713***	0.2292	-2.9294	0.0045
1982	-0.9424***	0.2292	-4.1125	0.0001
1983	-1.1853***	0.2292	-5.1723	0.0000
1984	-1.4306***	0.2292	-6.2429	0.0000
1985	-1.2953***	0.2292	-5.6523	0.0000
1986	-1.5721***	0.2292	-6.8605	0.0000
1987	-1.8462***	0.2292	-8.0565	0.0000
1988	-2.0950***	0.2292	-9.1419	0.0000
1989	-2.0533***	0.2292	-8.9600	0.0000
1990	-2.2216***	0.2292	-9.6944	0.0000
1991	-2.4031***	0.2292	-10.4864	0.0000
1992	-2.6881***	0.2292	-11.7302	0.0000
1993	-2.5030***	0.2292	-10.9225	0.0000
1994	-2.7039***	0.2292	-11.7990	0.0000
1995	-2.9575***	0.2292	-12.9057	0.0000
1996	-3.1476***	0.2292	-13.7353	0.0000
1997	-3.0509***	0.2292	-13.3133	0.0000
1998	-3.1066***	0.2292	-13.5564	0.0000

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
1999	-3.1135***	0.2292	-13.5865	0.0000
2000	-3.3049***	0.2292	-14.4219	0.0000
2001	-3.5038***	0.2292	-15.2898	0.0000
2002	-3.6924***	0.2292	-16.1126	0.0000
2003	-3.8898***	0.2292	-16.9743	0.0000
2004	-4.0412***	0.2292	-17.6347	0.0000
2005	-3.5594***	0.2292	-15.5322	0.0000
2006	-3.6842***	0.2292	-16.0770	0.0000
2007	-3.5088***	0.2292	-15.3114	0.0000
2008	-3.4274***	0.2292	-14.9564	0.0000
2009	-3.4073***	0.2292	-14.8687	0.0000
2010	-3.3980***	0.2292	-14.8282	0.0000
2011	-3.4668***	0.2292	-15.1282	0.0000
2012	-3.4614***	0.2292	-15.1046	0.0000
2013	-3.5793***	0.2292	-15.6191	0.0000
2014	-3.5677***	0.2292	-15.5686	0.0000
2015	-3.6222***	0.2292	-15.8065	0.0000
D1	0.6758***	0.0636	10.6326	0.0000
D2	0.5024***	0.0636	7.9045	0.0010
R-squared	0.9617	Mean dependent var	3.8974	
Adjusted R-squared	0.9415	S.D. dependent var	1.1601	
S.E. of regression	0.2807	Akaike info criterion	0.5661	
Sum squared resid	5.9867	Schwarz criterion	1.5340	
Log likelihood	7.8836	Hannan-Quinn criter.	0.9591	
F-statistic	47.6499***	Durbin-Watson stat	0.4655	
Prob(F-statistic)	0.0000			

주: *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미한다.

2) 어선감척사업 미시행 시 어획노력량 표준화

본 연구에서는 자원평가 모형의 이론을 토대로 어선감척사업 하에

서의 3개 주요연안어업의 자원회복효과 및 경제적 효과를 추정해보고자 1977년부터 2015년까지의 감척사업이 시행된 경우의 자료를 활용하였다. 우선적으로 어획노력량을 표준화하여 자원평가를 실시하고, 어선감척사업의 시행 이후인 2004년부터 2015년까지의 생산량을 예측하여 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 자원평가를 시도하였다. 어선감척사업 시행 전 6개년의¹³⁾ 자료를 이용하여 Forecasting 기법을 활용, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 생산량을 예측하였고 어획노력량은 어선감척사업 후 기존의 어획노력량에서 증가가 없다고 가정하여 2004년의 어선세력인 마력수를 고정시켜 분석에 이용하였다.

어선감척이 시행되지 않았을 경우의 Gavaris의 일반선형모형 검정 결과는 <표 IV-4>와 같으며, 모든 년도에서 1% 유의수준 하에서 유의한 것으로 나타났다. 모형의 설명도를 의미하는 결정계수(R^2)는 0.9506로 모형의 설명력이 약 95%로 나타났으며, 조정된 결정계수($\overline{R^2}$)는 0.9246로 모형의 설명력이 약 92%정도로 위의 모형이 비교적 높은 설명력을 가지는 것으로 나타났다. 또한 F-통계량이 36.5398로 1% 유의수준 하에서 유의한 것으로 도출되어 유의한 모형인 것으로 추정되었다.

<표 IV-4> 어선감척사업 미시행 시 Gavaris의 GLM 검정 결과

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.0531***	0.2092	28.9301	0.0000

13) 어선감척사업 시행되지 않았을 경우의 생산량을 예측하기 위하여, 2004년의 생산량은 1998년부터 2003년까지의 자료를, 2005년의 생산량을 예측할 때는 1999년부터 2004년까지의 자료를 이용하여 반복적으로 2015년까지의 생산량을 예측하였다.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
1978	-0.7697***	0.2886	-2.6669	0.0093
1979	-0.8049***	0.2886	-2.7889	0.0067
1980	-0.9050***	0.2886	-3.1359	0.0024
1981	-0.6713**	0.2886	-2.3261	0.0227
1982	-0.9424***	0.2886	-3.2656	0.0016
1983	-1.1853***	0.2886	-4.1071	0.0001
1984	-1.4306***	0.2886	-4.9573	0.0000
1985	-1.2953***	0.2886	-4.4883	0.0000
1986	-1.5721***	0.2886	-5.4476	0.0000
1987	-1.8462***	0.2886	-6.3974	0.0000
1988	-2.0950***	0.2886	-7.2592	0.0000
1989	-2.0533***	0.2886	-7.1148	0.0000
1990	-2.2216***	0.2886	-7.6979	0.0000
1991	-2.4031***	0.2886	-8.3268	0.0000
1992	-2.6881***	0.2886	-9.3145	0.0000
1993	-2.5030***	0.2886	-8.6732	0.0000
1994	-2.7039***	0.2886	-9.3692	0.0000
1995	-2.9575***	0.2886	-10.2480	0.0000
1996	-3.1476***	0.2886	-10.9067	0.0000
1997	-3.0509***	0.2886	-10.5716	0.0000
1998	-3.1066***	0.2886	-10.7646	0.0000
1999	-3.1135***	0.2886	-10.7885	0.0000
2000	-3.3049***	0.2886	-11.4519	0.0000
2001	-3.5038***	0.2886	-12.1411	0.0000
2002	-3.6924***	0.2886	-12.7944	0.0000
2003	-3.8898***	0.2886	-13.4786	0.0000

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
2004	-3.9709***	0.2886	-13.7596	0.0000
2005	-3.7760***	0.2886	-13.0840	0.0000
2006	-3.8234***	0.2886	-13.2484	0.0000
2007	-3.8575***	0.2886	-13.3666	0.0000
2008	-3.8916***	0.2886	-13.4847	0.0000
2009	-3.9257***	0.2886	-13.6028	0.0000
2010	-3.9598***	0.2886	-13.7210	0.0000
2011	-3.9939***	0.2886	-13.8391	0.0000
2012	-4.0280***	0.2886	-13.9573	0.0000
2013	-4.0621***	0.2886	-14.0754	0.0000
2014	-4.0961***	0.2886	-14.1935	0.0000
2015	-4.1302***	0.2886	-14.3117	0.0000
D1	0.6510***	0.0800	8.1336	0.0000
D2	0.6188***	0.0800	7.7306	0.0000
R-squared	0.9506	Mean dependent var	3.7745	
Adjusted R-squared	0.9246	S.D. dependent var	1.2868	
S.E. of regression	0.3535	Akaike info criterion	1.0273	
Sum squared resid	9.4946	Schwarz criterion	1.9952	
Log likelihood	-19.0958	Hannan-Quinn criter.	1.4203	
F-statistic	36.5398***	Durbin-Watson stat	0.2535	
Prob(F-statistic)	0.0000			

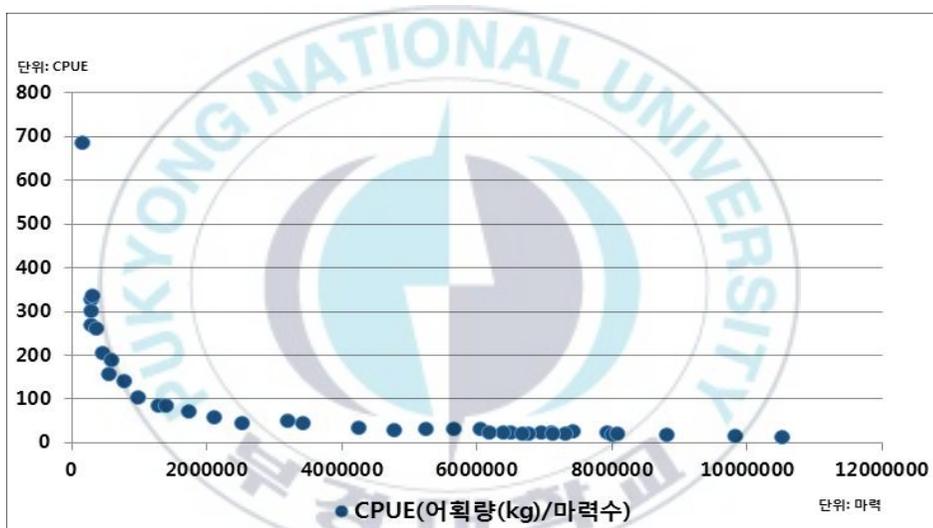
주: *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미한다.

나. 잉여생산모형 분석

본 연구에서 어선감척사업의 효과 분석을 위한 기초단계로 자원평

가를 실시하기 적합한 잉어생산모형을 선정해야 한다. 이에 연안자망 어업, 연안통발어업, 연안복합어업 등 3개 연안어업을 표준화 한 CPUE와 어획노력량 사이의 관계를 분석하였다. 분석 결과를 통해 선형함수에 적합할 경우 로지스틱 성장함수를 사용하며, 지수함수에 적합할 경우 Gompertz 성장함수를 적용하게 된다.

[그림 IV-1]는 3개 연안어업의 추정 CPUE와 추정 어획노력량 관계를 나타낸 그래프이다.



[그림 IV-1] 표준화된 CPUE와 어획노력량간의 관계

회귀분석에 이용되는 표준화 된 CPUE와 추정된 어획노력량의 추세를 보았을 때 선형함수적 모형의 R^2 는 0.4751로 나타났으며, 지수함수적 모형의 R^2 는 0.8650으로 추정되었다.

[그림 IV-1]의 분석 결과, 지수모형의 Gompertz 성장함수를 적용하여 Fox모형이나 CYP모형을 선정하여 분석하는 것이 바람직하지만, 지수모형의 Gompertz 성장함수, 선형모형의 로지스틱 성장함수의 평

균제곱오차(MSE, Mean Square Error)와 평균절대오차(MAE, Mean Absolute Error)를 도출하여 각각의 오차모형에서 가장 작은 잉여생산모형을 선정해야 한다.

<표 IV-5>은 마력과 CPUE를 활용한 선형함수형태인 잉여생산모형의 분석자료이며, <표 IV-6>는 지수함수적 잉여생산모형의 분석자료이다.

<표 IV-5> 선형모형의 분석자료

연 도	Schaefer			Schunute			WH		
	Y	X ₁	X ₂	Y	X ₁	X ₂	Y	X ₁	X ₂
1977				-0.74	505.01	242385.63	-0.52	684.50	173962.43
1978	-0.59	325.52	310808.82	-0.08	312.70	313089.01	-0.08	325.52	310808.82
1979	-0.10	299.89	315369.20	-0.11	283.83	314414.23	-0.11	299.89	315369.20
1980	0.06	267.78	313459.27	0.22	300.96	320098.00	0.25	267.78	313459.27
1981	-0.02	334.13	326736.74	-0.26	295.83	357663.60	-0.23	334.13	326736.74
1982	-0.26	257.53	388590.47	-0.24	230.10	430552.45	-0.21	257.53	388590.47
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
2011	-0.03	20.66	6411552.61	0.01	20.81	6309193.47	0.01	20.66	6411552.61
2012	-0.04	20.95	6206834.34	-0.10	19.93	6679922.48	-0.10	20.95	6206834.34
2013	-0.05	18.91	7153010.61	0.01	19.02	6966090.22	0.01	18.91	7153010.61
2014	-0.02	19.13	6779169.84	-0.05	18.63	6731731.12	-0.05	19.13	6779169.84

<표 IV-6> 지수모형의 분석자료

연 도	Fox			CYP		
	Y	X ₁	X ₂	Y	X ₁	X ₂
1977				5.79	6.53	484771.25

연도	Fox			CYP		
	Y	X ₁	X ₂	Y	X ₁	X ₂
1978	-0.59	5.79	310808.82	5.70	5.79	626178.02
1979	-0.10	5.70	315369.20	5.59	5.70	628828.46
1980	0.06	5.59	313459.27	5.81	5.59	640196.00
1981	-0.02	5.81	326736.74	5.55	5.81	715327.21
1982	-0.26	5.55	388590.47	5.31	5.55	861104.91
:	:	:	:	:	:	:
2011	-0.03	3.03	6411552.61	3.04	3.03	12618386.95
2012	-0.04	3.04	6206834.34	2.94	3.04	13359844.95
2013	-0.05	2.94	7153010.61	2.95	2.94	13932180.45
2014	-0.02	2.95	6779169.84	2.90	2.95	13463462.25

<표 IV-7>은 5가지 잉여생산모형의 분석 결과를 요약한 것으로, CYP모형의 R^2 는 0.9711, $\overline{R^2}$ 는 0.9695로 나타나 모형의 설명력이 약 97%인 것으로 추정된 반면 CYP모형을 제외한 나머지 모형의 R^2 와 $\overline{R^2}$ 는 0.2000 이하로 나타나 모형의 설명력이 CYP모형에 비해 낮은 것으로 추정되었다.

<표 IV-7> 개별 잉여생산모형 분석 결과

모형	관측치	R^2 ($\overline{R^2}$)	F-stat. (Prob.)	C	X ₁	X ₂
				Coefficient t stat. (Prob.)	Coefficient t stat. (Prob.)	Coefficient t stat. (Prob.)
Schaefer	37	0.1939 (0.1464)	4.0883** (0.0256)	-0.1681**	0.0001	0.0000
				-2.0414 (0.0490)	-0.2204 (0.8269)	1.6171 (0.1151)
Schunute	38	0.1651 (0.1174)	3.4597** (0.0426)	-0.0649	0.0006	0.0000
				-0.6409 (0.5258)	-1.1101 (0.2745)	1.0718 (0.2911)
WH	38	0.1780 (0.1310)	3.7900** (0.0323)	-0.0970	-0.0003	0.0000
				-1.1150 (0.2580)	0.4592 (0.6487)	1.4280 (0.1618)

모형	관 측 치	R^2 (\bar{R}^2)	F-stat. (Prob.)	C	X_1	X_2
				Coefficient t stat. (Prob.)	Coefficient t stat. (Prob.)	Coefficient t stat. (Prob.)
Fox	37	0.1963 (0.1490)	4.1527** (0.0243)	-0.0500	-0.0258	0.0000
				-0.1448 (0.8857)	-0.3904 (0.6986)	0.6039 (0.5499)
CYP	38	0.9711 (0.9695)	589.0589*** (0.0000)	0.8142* 2.0082 (0.0524)	0.8123*** 10.7987 (0.0000)	-0.0000 -1.5106 (0.1399)

주1. Schaefer모형: $C=r, X_1 = \frac{r}{qk}, X_2 = q$

주2. Schunute모형: $C=r, X_1 = \frac{r}{qk}, X_2 = q$

주3. WH모형: $C=r, X_1 = \frac{r}{qk}, X_2 = q$

주4. Fox모형: $C=r \ln(qk), X_1 = r, X_2 = q$

주5. CYP모형: $C = \frac{2r}{2+r} \ln(qk), X_1 = \frac{2-r}{2+r}, X_2 = \frac{q}{2+r}$

주6: *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미한다.

<표 IV-8>은 5가지의 잉여생산모형의 예측력을 평가하는 MAE와 MSE를 추정한 결과이다. CYP모형의 MAE는 36,649, MSE는 2,002,216,023로 가장 작았으며, Schaefer 모형의 MAE는 2,555,215, MSE는 8,288,623,902,745로 가장 큰 것으로 나타났다. <표 IV-6>과 <표 IV-7>, <표 IV-8>의 결과를 종합하여 5개 모형의 개별 잉여생산모형 가운데 분석에 활용할 모형으로 지수성장함수에 기초한 CYP 모형이 가장 적합하다고 판단하였다.

<표 IV-8> 개별 잉여생산모형의 MAE, MSE 분석 결과

모형	MAE	MSE
Schaefer	2,555,215	8,288,623,902,745
Schunute	326,057	122,771,269,952

모형	MAE	MSE
WH	363,251	199,029,456,723
Fox	110,505	12,907,694,065
CYP	36,649	2,002,216,023

$$\text{주1: } MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n} \quad MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}$$

주2: Y_i 는 실제생산량을 나타내고, \hat{Y}_i 는 추정된 생산량을 의미한다.
 n 은 1977~2015년의 연도를 나타낸다.

1) 어선감척사업 유무별 CYP모형 분석 결과

CYP모형을 통해 3개 연안어업의 q , k , r 을 도출하기 위해서 최소 제곱법을 이용하여 선형회귀분석을 실시하였다.

<표 IV-9>는 CYP모형의 분석 결과를 요약한 것으로, 어선감척사업이 시행된 경우의 실제관측지인 R^2 은 0.9711이고, $\overline{R^2}$ 는 0.9695로 모형의 설명력이 약 97%로 추정되었다. 또한 F-통계량이 589.0589로 1% 유의수준 하에서 유의한 것으로 나타났다. 어선감척이 시행되지 않았을 경우의 결과를 살펴보면, R^2 은 0.9820로 나타났으며, $\overline{R^2}$ 는 0.9810로 모형의 설명력이 약 98% 정도로 높게 나타났다. 또한 F-통계량이 955.9821로 1% 유의수준 하에서 유의한 것으로 나타났다.

<표 IV-9> 어선감척사업 유무별 CYP모형 분석 결과

모형	R^2 ($\overline{R^2}$)	F-stat. (Prob.)	C	X_1	X_2
			Coefficient t stat. (Prob.)	Coefficient t stat. (Prob.)	Coefficient t stat. (Prob.)
어선감척 사업 시행	0.9711 (0.9695)	589.0589*** (0.0000)	0.8142* 2.0082 (0.0524)	0.8123*** 10.7987 (0.0000)	-0.0000 -1.5106 (0.1399)

모형	R^2 (\bar{R}^2)	F-stat. (Prob.)	C	X_1	X_2
			Coefficient t stat. (Prob.)	Coefficient t stat. (Prob.)	Coefficient t stat. (Prob.)
어선감척 사업 미시행	0.9820 (0.9810)	955.9821*** (0.0000)	0.7049*	0.8325***	-0.0000
			1.9641	12.4182	-1.655
			(0.05750)	(0.0000)	(0.1069)

주1. CYP모형: $C = \frac{2r}{2+r} \ln(qk)$, $X_1 = \frac{2-r}{2+r}$, $X_2 = \frac{q}{2+r}$

주2: *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미한다.

<표 IV-10>는 CYP모형을 통해 도출된 q , k , r 의 결과이다. 어선감척사업이 시행된 경우의 3개 연안어업의 어획능력계수 q 는 0.000000043849952, 연안어업자원의 환경수용능력인 k 는 약 1,744,651톤, 연안수산자원의 본원적 성장률인 r 은 0.207170277806180로 추정되었다. 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 3개 연안어업의 어획능력계수 q 는 0.000000039348259, 연안어업자원의 환경수용능력인 k 는 약 1,709,356톤, 연안수산자원의 본원적 성장률인 r 은 0.182801031643448로 도출되었다. 여기서 자원의 본원적 성장률인 r 은 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우보다 어선감척사업이 시행된 경우의 추정치가 높게 나타나, 주요연안어업이 어획하는 전체어종에 대해 어선감척사업으로 인하여 자원의 본원적 성장률이 높아졌다고 판단된다.

또한 어획능력계수를 나타내는 q 는 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우보다 시행된 경우가 높게 추정되었다. 이는 어선감척사업으로 인하여 노후화된 어선이 감척되어 비교적 어선의 선령이 낮아지고 현대화된 어선이 도입된 결과로 어선감척사업 시행 후 어획능력계수가 높게 추정된 것으로 나타났다.

마찬가지로 환경수용능력인 k 는 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우보다 약 35,294톤 높게 추정되어 어선감척사업을 통하여 자원풍도가 증가한 것으로 해석할 수 있다.

<표 IV-10> 어선감척사업 유무별 CYP모형의 q, k, r 추정 결과

변수	어선감척사업 시행	어선감척사업 미시행
r	0.207170277806180	0.182801031643448
q	0.000000043849952	0.000000039348259
k	1,744,650,777	1,709,356,373

$$\text{주: } q = \frac{-X_2}{2+r}, k = e^{\left(\frac{2+r}{2r} \cdot C\right)/q}, r = \frac{2(1-X_1)}{1+X_1}$$

다. 정태적 분석의 자원회복효과

1) 어선감척사업의 유무분석

어선감척사업의 유무분석은 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우와 어선감척사업이 시행된 경우를 비교·분석하는 것으로 어선감척사업이 실시된 현재의 생산량 자료와 어선감척사업이 실시되지 않았을 경우의 예측된 생산량 자료를 비교·분석하여 어선감척사업의 효과를 추정할 수 있다. 이에 본 연구에서는 연안어업의 어선감척사업이 시행된 2004년부터 2015년까지의 생산량과 어선감척사업 시행되지 않았을 경우의 동시기의 생산량을 예측하여 분석을 실시하였다. 또한 어선의 마력수는 어선감척사업 시행 전과 후 기존의 어선세력에서 더 이상 증가가 없다고 가정하였으며, 2004년의 어선세력을 고정시켜 분석을 실시하였다. 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 생산량은

연안어업 어선감척사업 시행 전 6년¹⁴⁾의 자료와 Forecasting 기법을 활용하여 예측하였다.

생산량 예측결과, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업 등 상기 3개 어업 모두에서 생산량이 지속적으로 감소하는 것으로 예측되었다. [그림 IV-2]을 통해 어선감척사업이 시행된 경우와 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 추세를 통해 연안주요어업의 어선감척사업으로 생산량 증대효과와 더불어 자원회복효과를 확인할 수 있다.



[그림 IV-2] 어선감척사업 유무별 생산량 추이

2) 최대지속적 생산량 추정 결과

다음 <표 IV-11>는 어선감척사업 유무별 분석 결과를 나타낸 것이다. CYP모형을 이용하여 분석한 <표 IV-10>의 계수를 통해 지속

14) 어선감척사업 시행되지 않았을 경우의 생산량을 예측하기 위하여, 2004년의 생산량은 1998년부터 2003년까지의 자료를, 2005년의 생산량을 예측할 때는 1999년부터 2004년까지의 자료를 이용하여 반복적으로 2015년까지의 생산량을 예측하였다.

적 생산가능곡선을 추정하고, 어선감척사업유무별로 최대 지속적 어획수준인 최대지속적 생산량을 도출하였다.

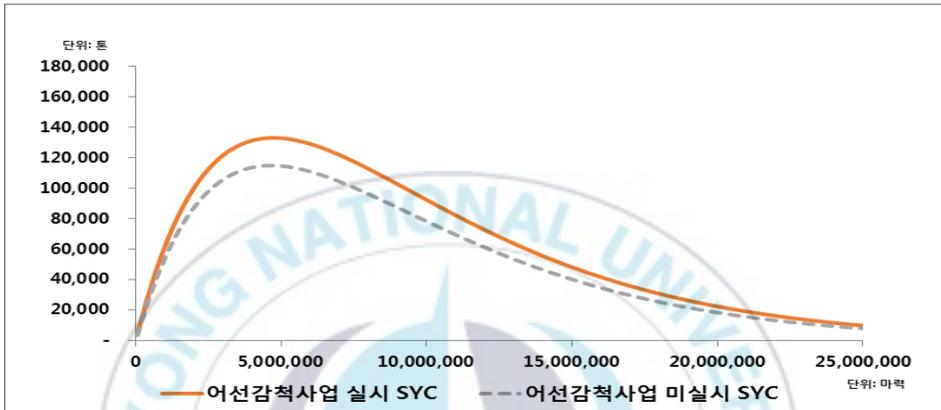
CYP모형의 지속적 생산가능곡선은 자원평가를 통해 도출된 파라미터인 q, k, r 을 식 (18)에 대입하여 도출할 수 있다. q, k, r 은 고정된 수치로 지속적 생산가능곡선은 어획노력량에 대한 함수이기 때문에 어획노력량이 변하게 되면 지속적 생산가능곡선에 따라 변하게 된다.

<표 IV-11> MSY 수준 하의 Y, F 추정치

구분	어선감척사업 실시		어선감척사업 미실시	
	Y_{MSY} (톤)	F_{MSY} (마력)	Y_{MSY} (톤)	F_{MSY} (마력)
추정치	132,966	4,724,527	114,952	4,645,721

어선감척사업이 시행된 경우 Y_{MSY} 는 약 132,966톤으로 추정되었으며, F_{MSY} 는 약 4,724,527마력으로 도출되었다. 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 Y_{MSY} 는 약 114,952톤이며, F_{MSY} 는 약 4,645,721마력으로 나타났다. 어선감척사업이 시행된 경우 Y_{MSY} 는 약 132,966톤으로 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우인 예측된 생산량과 어획노력량을 이용하여 추정된 Y_{MSY} 는 약 114,952톤으로 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우와 비교하여 MSY의 증가분이 약 18,014톤인 것으로 나타나 어선감척사업으로 인한 수산자원의 회복 효과가 있는 것으로 추정되었다. 이는 연안주요어업의 본원적 성장률(r)이 증가함에 따라 연안주요어업에서 최대지속적으로 어획할 수 있는 어종의 생산

량이 증가한 것으로 판단된다. 마찬가지로 어선감척사업으로 인한 효과로 어선감척이 시행된 경우의 지속적 생산가능곡선 또한 어선감척이 시행되지 않았을 경우보다 높게 나타났으며, 이는 [그림 IV-3]을 통해 확인할 수 있다.



[그림 IV-3] 어선감척사업 유무별 지속적 생산가능곡선 도출

라. 동태적 분석의 자원회복효과

1) 자원의 성장량

<표 IV-12>는 식 (25)를 이용하여 동태적으로 자원의 성장량을 추정한 결과이다. 연안어선의 감척사업은 2004년 처음으로 실시되었으며, 어선감척사업의 효과는 시행기점으로부터 2년 후에 효과가 발생한다는 가정을 하고 2006년부터 2015년까지의 자원의 성장량을 도출하여 비교·분석하였다. 먼저 어선감척사업이 시행된 실제 관측치의 자원의 성장량은 2006년 약 127,344톤으로 추정되었으며, 이후 꾸준히 증가하여 2015년 약 131,181톤으로 도출되었다. 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우인 2006년의 자원의 성장량은 114,732톤으로 추정되

었으며, 이후 지속적으로 감소하여 2015년 자원의 성장량이 114,462톤인 것으로 나타났다. 분석을 통해 예측된 자원량 증대 효과는 어선감척사업을 시행되지 않았을 경우(예측치) 2006년 대비 약 270톤의 성장량이 감소하였고, 어선감척사업이 시행된 경우는 2006년 대비 약 3,836톤의 자원의 성장량이 증가한 것으로 나타났다. 또한 어선감척사업 시행 유무에 따른 자원의 성장량의 증가분은 약 16,516톤으로 사업 시행으로 인해 연안어업의 자원풍도가 개선된 것으로 추정되었다.

<표 IV-12> 어선감척사업 유무별 자원의 성장량

연도	어선감척사업 시행 시 자원의 성장량(톤)	어선감척사업 미시행 시 자원의 성장량(톤)
2006	127,345	114,732
2007	127,566	114,851
2008	129,020	114,906
2009	129,829	114,927
2010	130,622	114,930
2011	131,086	114,919
2012	131,131	114,886
2013	131,095	114,815
2014	131,230	114,683
2015	131,181	114,462
3년 평균	131,169	114,653
전체 평균	129,735	114,756

2) 현재가치 해밀토니안 최적량

CYP모형을 통해 추정된 계수와 생산금액, 어업비용을 정리하면 <표 IV-13>과 같다. 자원의 본원적 성장률(r), 어획능력계수(q), 환경

수용능력(k)의 계수는 CYP모형을 통해 어선감척사업의 유무별로 도출된 수치를 활용하였다. 비용(c)은 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우가 더 크다¹⁵⁾고 예상할 수 있지만, 본 연구에서는 분석의 편의를 위해 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 비용을 어선감척사업이 시행된 경우와 동일하다고 가정한 후 분석을 실시하였다. 생산가격(p)은 개별 어업의 총 생산금액에서 생산량을 나누어 도출한 후, 통계청의 생산자물가지수를 사용하여 2010년의 가치로 환산하였다. 그리고 어업별 가중치를 적용하여 kg당 가격을 추정하였다. 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 생산가격(p)은 가상수요함수의 수산물 수요가격탄력성¹⁶⁾을 이용하여 추정하였고, 사회적 할인율(δ)은 5.5%를 적용하여 분석을 실시하였다.

<표 IV-13> 어선감척사업 유무별 계수

변수	어선감척사업 시행	어선감척사업 미시행
r	0.207170277806180	0.182801031643448
q	0.000000043849952	0.000000039348259
k	1,744,650,777	1,709,356,373
c (원)	250,722	250,722
p (원)	12,496	14,334
δ (%)	5.5	5.5

- 15) 같은 단위의 수산자원을 생산하기 위해서는 더 많은 어획노력량을 투입해야 하므로 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우가 비용이 더 크다고 예상할 수 있다.
- 16) 어선감척사업으로 인하여 변화된 균형점을 찾기 위해 해양수산부(2017) “2016년 근해어업실태조사”의 가상수요함수의 수산물 수요가격탄력성 -1.4를 사용하였다.

Gompertz 지수성장함수에 근거하여 식(37)을 함수로 정의한 후 통계프로그램 R을 이용하여 최적자원량(X^*)을 추정하였다. 수치 해석적으로 연산 결과 어선감척사업이 시행된 경우의 최적자원량(X^*)은 약 457,564톤으로 도출되었고, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 최적자원량(X^*)은 약 444,528톤으로 도출되었다.

<표 IV-14> 어선감척사업 유무별 동태적 최적량 추정결과

변수	어선감척사업 시행	어선감척사업 미시행
X^* (톤)	457,564	444,528
Y^* (톤)	126,871	109,446
F^* (마력)	6,323,270	6,257,128

추정된 최적자원량(X^*)을 식 (37), (38)에 대입한 결과, 어선감척사업이 시행된 경우의 최적어획노력량(F^*)은 약 6,323,270마력으로 추정되었으며 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 최적어획노력량(F^*)은 약 6,257,128마력으로 도출되었다. 최적생산량(Y^*)은 각각 약 126,871톤, 약 109,446톤으로 추정되었다.

<표 IV-14>에서 확인할 수 있듯이 어선감척사업으로 인하여 최적자원량(X^*)은 약 13,036톤이 증가하였고, 최적생산량(Y^*)은 약 17,425톤 증가, 최적어획노력량은 약 66,142마력 증가한 것으로 분석되었다. 종합적으로 상기의 분석을 통해 어선감척사업은 자원을 증대시키는 효과가 있는 것으로 도출되었다. 이는 최적자원량, 최적생산량, 최적어획노력량 증가에서 확인할 수 있다.

마. 생물경제모형 분석

1) 어선감척사업 시행

3개 연안어업의 MEY 균형 하의 생산량, 어획노력량 추정 결과는 <표 IV-15>와 같다. 어선감척사업이 시행된 경우의 Y_{MEY} 는 약 114,396톤, F_{MEY} 는 약 2,583,621마력으로 추정되었다.

<표 IV-15> 어선감척사업 시행 시 MEY 균형 하의 Y, F 추정 결과

구분	Y_{MEY} (톤)	F_{MEY} (마력)
추정치	114,396	2,583,621

어선감척사업 효과를 추정하기 위해 3개 연안어업의 OA 균형 하의 생산량, 어획노력량 추정 결과는 <표 IV-16>과 같다. 어선감척사업이 시행된 경우인 Y_{OA} 는 약 126,871톤, F_{OA} 는 약 6,323,265마력으로 추정되었다.

<표 IV-16> 어선감척사업 시행 시 OA 균형 하의 Y, F 추정 결과

구분	Y_{OA} (톤)	F_{OA} (마력)
추정치	126,871	6,323,265

2) 어선감척사업 미시행

어선감척사업으로 인한 효과를 추정하기 위해 어선감척사업이 시행

되지 않았을 경우 3개 연안어업의 MEY 균형 하의 생산량, 어획노력량을 도출하였으며 분석 결과는 <표 IV-17>과 같다. 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우, Y_{MEY} 는 약 99,112톤, F_{MEY} 는 약 2,552,719마력으로 추정되었고, 어선감척사업이 시행된 경우와 비교하면 Y_{MEY} 는 약 15,284톤이 감소한 것으로 나타났다. 이는 어선감척사업의 목적인 어획노력량 감소를 통해 자원의 풍도가 개선되어 최대경제적으로 자원을 이용할 수 있는 수준이 증가한 것으로 판단된다.

<표 IV-17> 어선감척사업 유무별 MEY 균형 하의 Y, F 추정 결과

구분	Y_{MEY} (톤)	F_{MEY} (마력)
어선감척사업 시행	114,396	2,583,621
어선감척사업 미시행	99,112	2,552,719
차이	15,284	30,902

어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 3개 연안어업의 OA 균형 하의 생산량, 어획노력량 추정 결과는 <표 IV-18>과 같다. 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 Y_{OA} 는 약 109,447톤, F_{OA} 는 약 6,256,971마력으로 나타났으며, 어선감척사업이 시행된 경우와 비교하면 Y_{OA} 는 약 17,424톤이 줄어든 것으로 분석되었다. 이는 MEY 균형 하의 분석 결과와 마찬가지로 어선감척사업을 통해 OA 균형 하에서 이용할 수 있는 수산자원량이 증가한 것으로 판단된다.

<표 IV-18> 어선감척사업 유무별 OA 균형 하의 Y, F 추정 결과

구분	Y_{OA} (톤)	F_{OA} (마력)
어선감척사업 시행	126,871	6,323,265

구분	Y_{OA} (톤)	F_{OA} (마력)
어선감척사업 미시행	109,447	6,256,971
차이	17,424	66,294

바. 공급함수 분석

1) 어선감척사업 시행

현재 우리나라 연안어업은 개별 어업인에게 생산량을 할당하는 TAC 제도와 같은 총량규제, 생산량을 할당하여 거래를 할 수 있는 어업제도인 ITQ 제도가 시행되고 있지 않으며, 면허를 가진 어업인들에 한해서 어획활동을 할 수 있기 때문에 연안어업은 MEY와 OA 사이에 어획이 이루어진다고 판단된다. 이에 본 연구에서는 연안주요 어업이 MEY와 OA사이에서 어획활동이 이루어진다고 가정하고 각각의 균형 하에서 생산자잉여를 비교·분석하였다.

<표 IV-19>는 어선감척사업이 시행된 경우 MEY 균형 하의 가격(P_{MEY}), 공급량(S_{MEY}), 생산자잉여(PS_{MEY})을 추정한 결과이다. 어선감척이 시행된 경우 P_{MEY} 는 약 12,495.99원, S_{MEY} 는 약 114,272톤, PS_{MEY} 는 약 567,376백만 원으로 도출되었다.

<표 IV-19> 어선감척사업 시행 시 MEY 균형 하의 P , S , PS 비교

구분	P_{MEY} (원/kg)	S_{MEY} (톤)	PS_{MEY} (백만 원)
어선감척사업 시행	12,495.99	114,272	567,376

<표 IV-20>는 어선감척사업이 시행된 경우 OA 균형 하의 가격 (P_{OA}), 공급량(S_{OA}), 생산자잉여(PS_{OA})를 도출한 결과이다. 어선감척사업이 시행된 경우 P_{OA} 는 약 12,495.99원, S_{OA} 는 약 126,871톤, PS_{OA} 는 약 1,060,930백만 원으로 도출되었다.

<표 IV-20> 어선감척사업 시행 시 OA 균형 하의 P , S , PS 비교

구분	P_{OA} (원/kg)	S_{OA} (톤)	PS_{OA} (백만 원)
어선감척사업 시행	12,495.99	126,871	1,060,930

2) 어선감척사업 미시행

어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 P_{MEY} 는 약 14,333.51원, S_{MEY} 는 약 99,112톤, PS_{MEY} 는 약 567,595백만 원으로 추정되었다. 어선감척사업이 시행된 경우 P_{MEY} 는 약 1,838원 하락하고, S_{MEY} 는 약 15,160톤 증가하였으며, PS_{MEY} 는 약 291백만 원 감소하는 것으로 나타났다.

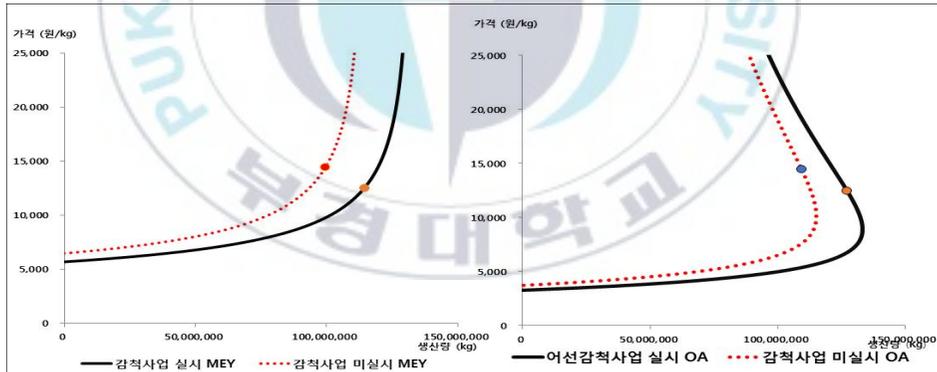
<표 IV-21> 어선감척사업 유무별 MEY 균형 하의 P , S , PS 비교

구분	P_{MEY} (원/kg)	S_{MEY} (톤)	PS_{MEY} (백만 원)
어선감척사업 시행	12,495.99	114,272	567,376
어선감척사업 미시행	14,333.51	99,112	567,595

구분	P_{MEY} (원/kg)	S_{MEY} (톤)	PS_{MEY} (백만 원)
차이	-1,838	15,160	-219

어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 P_{OA} 는 14,333.51원, S_{OA} 는 약 109,447톤, PS_{OA} 는 약 1,056,420백만 원으로 추정되었다. 어선감척사업이 시행된 경우 P_{OA} 는 약 1,838원 하락하고, S_{OA} 는 약 17,424톤 증가하며, PS_{OA} 는 약 4,510백만 원 증가하는 것으로 도출되었다.

하지만 단순히 도출된 PS_{MEY} , PS_{OA} 차이의 결과로 경제적인 효과를 단정 지을 수 없으며, 어선감척사업으로 인한 잔존 어업인들의 경제적 개선 효과가 중요함으로 어업별로 적당 자료로 환산하여 비교·분석해 볼 필요가 있다.



[그림 IV-4] 어선감척사업 유무별 공급곡선 도출

<표 IV-22> 어선감척사업 유무별 OA 균형 하의 P , S , PS 비교

구분	P_{OA} (원/kg)	S_{OA} (톤)	PS_{OA} (백만 원)
어선감척사업 시행	12,495.99	126,871	1,060,930

구분	P_{OA} (원/kg)	S_{OA} (톤)	PS_{OA} (백만 원)
어선감척사업 미시행	14,333.51	109,447	1,056,420
차이	-1,838	17,424	4,510

3) 어선감척사업 유무별 척당 생산자잉여

어선감척사업의 유무별 척당 생산자잉여를 추정하기 위해 어선감척사업 유무별로 분석된 3개 연안어업 전체 PS_{MEY} 와 PS_{OA} 에 어선감척사업 유무별로 척수를 나눠 척당 PS_{MEY} 와 척당 PS_{OA} 를 도출하였다. 어선감척사업이 시행된 경우 최근 3년간(2013~2015년) 어업별 어선척수를 나누어 추정하였으며, 연안자망어업은 13,288척, 연안통발어업은 4,691척, 연안복합어업은 20,444척으로 분석되었다.

어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 어선척수는 어선감척사업이 시행되기 전인 2003년의 어선척수를 이용하였으며, 연안자망어업이 19,693척, 연안통발어업이 7,286척, 연안복합어업이 32,148척으로 나타났다.

MEY 균형 하의 연안자망어업의 척당 PS_{MEY} 는 약 18,495천 원으로 도출되었으며, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 연안자망어업의 척당 PS_{MEY} 는 약 12,791천 원으로 분석되었다. 연안자망어업의 척당 PS_{MEY} 의 증가분은 약 5,704천 원으로 나타났으며 어선감척사업으로 인하여 연안자망어업의 척당 PS_{MEY} 가 약 69%증가 한 것으로 추정되었다.

연안통발어업의 척당 PS_{MEY} 는 약 23,748천 원으로 나타났으며, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 연안통발어업의 척당 PS_{MEY} 는

약 15,173천 원으로 어선감척사업으로 인하여 연안통발어업의 척당 PS_{MEY} 가 약 8,575천 원 증가한 것으로 나타났다.

연안복합어업의 척당 PS_{MEY} 는 약 10,283천 원으로 도출되었으며, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 척당 PS_{MEY} 는 약 6,382천 원으로 어선감척사업을 통해 연안복합어업의 척당 PS_{MEY} 가 약 62% 증가한 것으로 분석되었다.

어선감척사업이 시행된 경우 MEY 균형 하의 연안 3개 어업의 척당 PS_{MEY} 가 약 52,525천 원으로 나타나 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 척당 PS_{MEY} 의 약 34,345천 원보다 약 18,180천 원 증가한 것으로 어선감척사업으로 인하여 잔존어업인의 잉여가 증가한 것으로 추정되었다.

<표 IV-23> 어선감척사업 유무별 MEY 균형 하의 척당 PS_{MEY} 비교

척당 PS_{MEY} (천 원)	어선감척사업 시행	어선감척사업 미시행	증가분	증가율 (%)
연안자망	18,495	12,791	5,704	69%
연안통발	23,748	15,173	8,575	64%
연안복합	10,283	6,382	3,901	62%
합계	52,525	34,345	18,180	65%

OA 균형 하의 연안자망어업의 척당 PS_{OA} 는 약 34,583천 원으로 도출되었으며, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 연안자망어업의 척당 PS_{OA} 는 약 23,807천 원으로 분석되었다. 연안자망어업의 척당 PS_{OA} 의 증가분은 약 10,776천 원으로 나타났으며 약 69%증가한 것으로 추정되었다.

연안통발어업의 척당 PS_{OA} 는 약 44,405천 원으로 추정되었으며, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 연안통발어업의 척당 PS_{OA} 는 약 28,240천 원으로 어선감척사업으로 인하여 연안통발어업의 척당 PS_{OA} 가 약 16,165천 원 증가한 것으로 나타났다.

연안복합어업의 척당 PS_{OA} 는 약 19,227천 원으로 도출되었으며, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우 연안복합어업의 척당 PS_{OA} 는 약 11,878천 원으로 어선감척사업으로 인하여 척당 PS_{OA} 가 약 62% 증가한 것으로 도출되었다.

어선감척사업 시행 시 OA 하의 연안 3개 어업의 척당 PS_{OA} 가 약 98,216천 원으로 어선감척사업 미시행 시의 척당 PS_{OA} 의 약 63,924천 원과 비교해 약 34,292천 원 증가한 것으로 어선감척사업으로 인하여 잔존어업인의 경제적 개선을 도모하는 목적을 달성했다고 판단된다.

<표 IV-24> 어선감척사업 유무별 OA 균형 하의 척당 PS_{OA} 비교

척당 PS_{OA} (천 원)	어선감척사업 시행	어선감척사업 미시행	증가분	증가율 (%)
연안자망	34,583	23,807	10,776	69%
연안통발	44,405	28,240	16,165	64%
연안복합	19,227	11,878	7,349	62%
합계	98,216	63,924	34,292	65%

V. 결론

1. 요약

본 연구는 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업 3개 연안어업을 대상으로 어선감척사업의 유무별 효과를 분석하였다. 본 연구를 요약하면 첫째, 상기 3개 어업의 어선감척사업 유무별 어획노력량을 Gavaris의 일반선형모형을 이용하여 표준화한 후, CYP모형을 적용하여 q , k , r 을 추정하였다. 그리고 사업 유무별로 MSY 수준 하의 생산량, 어획노력량을 추정하여 비교·분석하였다. 둘째, 동태적인 관점에서 사업 유무별로 수산자원의 성장량을 도출하여 비교·분석하였고, 지수성장함수에 근거한 해밀토니안기법을 활용하여 최적자원량, 최적어획노력량, 최적생산량을 추정한 후 비교·분석하였다. 셋째, MEY, OA 균형 하의 공급곡선을 도출한 후 사업 유무별 생산자 잉여를 비교·분석하였다.

어선감척사업의 자원효과를 살펴보면 정태적인 관점에서 지속적 생산가능곡선이 증가한 것으로 나타났으며, MSY 수준 하에서 Y_{MSY} 는 약 132,966톤으로 어선감척이 시행되지 않았을 경우의 Y_{MSY} (약 114,952톤)보다 약 18,014톤 증가하였다. 동태적인 관점에서 수산자원의 성장량을 추정하여 비교·분석한 결과, 어선감척사업을 시행하였을 경우 자원의 성장량은 최근 3년 평균 기준 약 16,516톤 증가한 것으로 도출되었다. 또한 해밀토니안 기법을 활용하여 최적자원량(X^*)을 도출한 결과, 어선감척사업이 시행된 경우의 최적자원량은 약 457,564톤으로 추정되었고 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 최적자원

량은 약 444,528톤으로 추정되어 어선감척사업으로 인하여 수산자원량이 증가한 것으로 나타났다. 추정된 최적자원량을 통해 최적어획노력량(F^*), 최적생산량(Y^*)을 도출하였으며, 어선감척이 시행된 경우 각각 약 6,323,270마력, 약 126,871톤으로 나타나 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우와 비슷한 수준의 어획노력량을 투입하여 더 많은 생산량을 달성할 수 있는 것으로 분석되었다.

또한, 본 연구에서는 가상수요함수의 가격 탄력성을 이용하여 공급곡선을 도출하고, 3개 연안어업의 어선감척사업유무별 생산자 잉여를 추정하였다. 분석 결과, 어선감척사업이 시행된 실제 관측치의 PS_{MEY} 는 약 567,376백만 원으로 도출되었으며, 어선감척이 시행되지 않았을 경우의 PS_{MEY} 는 약 567,595백만 원으로 추정되었다. 어선감척사업이 시행된 경우의 PS_{OA} 는 약 1,060,930백만 원으로 추정되었으며, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 PS_{OA} 는 약 1,056,420백만 원으로 도출되었다.

어선감척사업이 시행된 경우 해당 PS_{MEY} 는 연안자망어업이 약 18,495천 원으로 도출되었으며, 연안통발어업 약 23,748천 원, 연안복합어업은 약 10,283천 원으로 추정되었다. 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 해당 PS_{MEY} 는 연안자망어업이 약 12,791천 원, 연안통발어업 약 15,173천 원, 연안복합어업은 약 6,382천 원으로 나타났다. 또한 해당 PS_{OA} 는 어선감척사업이 시행된 경우 연안자망어업이 약 34,582천 원, 연안통발어업 44,405천 원, 연안복합어업 19,227천 원으로 도출되었으며, 어선감척사업이 시행되지 않았을 경우의 해당 PS_{OA} 는 연안자망어업 약 23,807천 원, 연안통발어업 약 28,240천 원, 연안복합어업이 약 11,878천원으로 도출되어 잔존 어업인들의 잉여가 증대된 것으로 나타났다.

2. 연구의 의의 및 한계

본 연구에서는 우리나라 주요연안어업인 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업을 분석대상으로 하여 어선감척사업으로 인한 효과를 추정하였으며, 어선감척사업의 자원회복 효과와 더불어 경제적 효과를 확인하였다. 상기의 분석을 통해 도출할 수 있는 본 연구의 의의는 다음과 같다.

첫째, 우리나라 주요연안어업의 어선감척사업의 효과를 추정함에 있어 등태적인 관점에서 접근한 점을 들 수 있다. 연안자망어업, 연안통발어업, 연안복합어업의 수산자원량을 추정하였으며, 이를 바탕으로 수산자원의 성장량을 도출하였다. 또한 지수적 성격의 Gompertz 성장함수에 근거하여 어선감척사업 유무별로 최적자원량, 어획노력량, 어획량을 추정하였다.

둘째, 다수어업의 어획노력량을 표준화하여 자원평가를 시도하였으며 자원평가를 토대로 MEY 균형, OA 균형 하의 공급곡선을 추정하였다. 추정된 공급곡선에 수산물의 수요탄력성을 이용하여 각각 수준하의 생산자 잉여 추정 및 어업별로 적당 생산자 잉여를 도출하였다.

셋째, 어선감척사업의 효과를 확인하였다. 상기 분석모형을 통하여 경제적 효과 및 자원효과가 존재하는 것으로 나타났으며 “어획노력량을 감소시켜 지속가능한 어업생산을 도모하고 어업인의 소득 증대에 기여한다.”는 어선감척사업의 목적에 부합하는 결과로 어선감척사업의 실효성이 존재함을 확인하였다.

하지만 어선감척이 이루어지고 있음에도 불구하고 여전히 어획노력

량은 F_{MSY} 수준이상으로 투입되고 있다. 3개 연안어업의 최근 3년 평균 마력수는 약 6,731,731마력으로 F_{MSY} 의 약 4,724,527마력보다 무려 약 2,007,204마력 이상 투입되고 있어 여전히 자원회복의 관점에서 남획의 가능성이 존재하고 있다. 따라서 수산자원의 회복을 위해서는 연안어업실태조사에서 산정한 감척목표량에 근거하여 적극적인 어선 감척과 더불어 다른 자원회복수단 및 제도와 병행하여 지속적으로 이용 가능한 수산자원을 조성해야 할 필요가 있다고 여겨진다.

본 연구의 한계로는 어선감척사업의 효과를 추정하는데 있어 수산자원 조성사업과 다른 기술적 규제 등을 고려하지 못하였다는 점이다. 인위적 요인인 금어기 및 어선·어구의 제한 및 금지, 체장·체중 설정 등의 기술적 규제, 수산종자방류사업, 인공어초 설치, 바다목장 등 수산자원 회복을 위한 조장적 수단, 자연적 요인인 지구온난화, 엘니뇨 등 정책 및 환경변화에 따른 요인은 고려하여야 하지만 본 분석에서는 단순히 생산량, 어획노력량의 변수를 이용하여 어선감척효과를 추정하였다는 것이다. 따라서 향후 연구에서는 인위적 요인인 기술적 규제, 종묘방류사업, 인공어초 설치 등의 조장적 수단과 기후변화, 생태계변화 등 환경적 요인을 모두 고려한 분석을 시행할 필요가 있다고 판단된다.

참고문헌

국내문헌

- 김도훈·최종열(2012) 도루묵 수산자원회복계획 하에서 동해구기선저인망 어업의 최적 어획노력량과 어획량 수준 결정에 관한 탐색적 연구, 수산경영론집, 43(1), pp.1-5.
- 김정호·이광남(2008) 어획노력이 어획량에 미치는 영향분석, 수산경영론집, 39(1), pp. 163-194.
- 남준우·이한식(2013) 제3판 계량경제학 이론과 EViews/Excel 활용.
- 남종오(2011) 해밀토니안기법을 이용한 대형선망어업의 고등어.전갱이 최적어획량 결정, 해양정책연구 제26권 제2호, pp.25-33.
- 남종오·최종두·조정희·이정삼(2010) 바이오경제모형을 이용한 최적생산량 분석: 수산업을 중심으로, 한국환경경제학회·한국자원경제학회, 제19권 제4호, pp. 771-804.
- 김정호·이광남(2005) 근해어선 감척사업의 생산량에 관한 효과분석, 수산해양교육연구, 17(1), pp. 115-131.
- 서영일·장창익(2001) 한국 근해 복수어구 및 다종어업 자원 평가모형 연구; 복수어구에 의한 단일 어종 자원의 이용, 한국수산과학회지, 제34권 제4호, pp. 359-364.
- 신영태(2002) 연안어업의 지속적인 발전을 위한 정책방향, 월간 해양수산, 통권 제211호, pp. 1-3.
- 신용민(2013) 연안어업 어업허가 거래 실태와 개선 필요성에 대한 연구, 수산경영론집, 제44권 제1호, pp. 25-37.

- 심성현(2015) 생물경제모형을 이용한 참조기의 자원평가에 관한 연구 : 단일어종 · 다수어업 사례를 중심으로, 부경대학교 석사학위 논문.
- 심성현·남종오(2015) 생물경제모형을 이용한 참조기의 자원평가에 관한 연구, Ocean and Polar Research, 제37권 제2호, pp. 161-177.
- 심성현(2017) 한국의 근해어업 생산함수 추정과 어선감척사업 및 TAC 제도의 효과 분석, 부경대학교 박사학위 논문.
- 윤상돈(2017) 시장환경 변화에 따른 기선권현망어업의 경제적 영향분석 : 면세유 영향을 중심으로, 부경대학교 석사학위 논문.
- 윤상돈·남종오(2016) 우리나라 기선권현망 멸치어업의 유류비 변동 영향 분석, 자원·환경경제연구, 제25권 제4호, pp. 517-543.
- 윤상철·정연규·장창익·양재형·최광호·이동우(2014) 한국 연안어업의 실태, 한국수산과학회지, 제47권 제6호, pp. 1037-1054.
- 이상고·신용민(2004) 우리나라 연안어업의 자율관리모델 개발에 관한 연구, 수산경영론집, 제35권 제1호, pp. 87-115.
- 이장욱(1991) 한국 동해 명태 어업의 적정어획노력량 추정-동해구기선저인망어업과 동해구트롤어업의 경제성분석을 근거로, 수산경영론집, 제22권 제2호, pp. 75-99.
- 이정삼·류정곤·John, M.G·남종오·김대영(2006) 다수어종·다수어업의 TAC 평가에 관한 연구Ⅱ: 단일어종 · 다수어업/다수어종·다수어업 TAC 평가, 한국해양수산개발원.
- 전용한(2018) 주요 수산보조금 폐지에 따른 연안어업의 피해규모 추정, 부경대학교 석사학위 논문.
- 정민주(2017) 어선감척사업으로 인한 연안자망어업의 생산자잉여 변화분석, 부경대학교 석사학위 논문.
- 정민주·남종오(2017) 우리나라 어선감척사업의 연안자망어업에 대한 어자원회복 및 경제적 효과 추정, Ocean and Polar Research, 제39권

- 제3호, pp. 221-232.
- 정민주·남종오(2016) 키조개 TAC 제도의 효과 분석, 수산경영론집, 제47권 제3호, pp. 15-33.
- 최종두·조정희(2008) 자유어업에서의 가격변화 효과 측정, 해양정책연구, 제23권 제1호, pp. 219-235.
- 최종두(2014) 연근해어업 어선감척사업으로 인한 생산성 및 투자 효과에 관한 연구, Ocean and Polar Research, 36(4), pp. 343-351.
- 표희동(2006) 우리나라 연근해어선 감척사업의 경제적 투자효과 분석, Ocean and Polar Research, 28(1), pp. 25-35.
- 국가법령정보센터, 「수산업법」, 2017.
- 국가법령정보센터, 「수산업법 시행령」, 2017.
- 통계청, 등록어선통계조사, 2017.
- 통계청, 생산자 물가지수, 2017.
- 해양수산부, 해양수산통계연보, 1978년-2016년.
- 해양수산부, 2013 연안어업실태조사, 2014.
- 해양수산부, 2014 연안어업실태조사, 2015.
- 해양수산부, 2015 연안어업실태조사, 2016.
- 해양수산부, 2016 근해어업실태조사, 2017.
- 해양수산부, 2016 연안어업실태조사, 2017.

해외문헌

- Clark, C. W.(1990) Mathematical bioeconomics: The optimal management of renewable resources, John Willy & Sons. Inc., New York.
- Clark, C. W. G. R. Munro(1975) The economics of fishing and modern capital theory : A simplified approach, Vol.2, pp.92-106.
- Clarke, R. P., Yoshimoto, S. S. and Pooley S.G.(1992) A bioeconomic analysis of the Northwestern Hawaiian Islands lobster fishery, Marine Resource Economics, Vol. 7, pp. 115-140.
- Fox Jr, W. W.(1970) An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations, Transactions of the American Fisheries Society, Vol. 99, pp. 80-88.
- Gavaris S(1980), Use of a Multiplicative Model to Estimate Catch Rate and Effort from Commercial Data, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 37, pp. 2272-2275.
- Grafton, R. Q.·Nelson, H. W.(2005), The Effects of Buy-back Programs in the British Columbia Salmon Fishery, Working Paper, Australian National University Economics and Environment, 25p.
- Jin, D., Kite-Powell, H., Hoagland, P. and Solow, A.(2012) A bioeconomic analysis of traditional fisheries in the Red Sea, Marine Resource Economics, Vol. 27, pp. 137-148.
- Kar, T. K. and Chakraborty, K.(2011) A bioeconomic assessment of the Bangladesh shrimp fishery, World Journal of Modelling and Simulation, Vol. 7, pp. 58-69.

- Kompas, T., Dichmont, C. M., Punt, A. E., Deng, A., Che, T. N., Bishop, J., Gooday, P., Ye, Y. and Zhou, S.(2010) Maximizing profits and conserving stocks in the Australian Northern Prawn Fishery, *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 54, pp. 281-299.
- Nieminen, E., Lindroos, M. and Heikinheimo, O.(2012) Optimal bioeconomic multispecies fisheries management: a Baltic Sea case study, *Marine Resource Economics*, Vol. 27, pp. 115-136.
- Nostbakken, L, and Bjorndal, T.(2003) Supply functions for North Sea herring, *Marine Resource Economics*, Vol. 18, pp. 345-361.
- Pascoe S(1995), *Bioeconomic Models and Modeling: Theory and Practice*, Centre for the Economics and Management of Aquatic Resources (CEMARE), Department of Economics, University of Portsmouth.
- Quinn T.J, Deriso R.B(1999), *Quantitative Fish Dynamics*, University of Oxford, 560p.
- Salenius, F.(2014) *Economic consequences of fuel tax concessions removal in northern Baltic salmon fisheries*, Ph. D. Dissertation, Helsingfors universitet.
- Schaefer M. B.(1954) Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries, *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, Vol. 1, pp. 23-56.
- Schaefer M. B.(1957) A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean, *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, Vol. 2, pp.

247-285.

- Schnute J.(1977) Improved estimates from the Schaefer production model: theoretical considerations, Journal of the Fisheries Board of Canada, Vol. 34, pp. 583-603.
- Spagnolo, M.(2007) The Decommissioning Scheme for the Italian Clam Fishery: A case of Success, Fisheries Buybacks, pp. 133-144.
- Teh, L. S.·Hotte, N.·Sumaila, U. R.(2017), Having It All: Can Fisheries Buybacks Achieve Capacity, Economic, Ecological, and Social Objectives?, Maritime Studies, 16(1), 18p.
- Verhulst, P. F.(1838) Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement, Correspondances mathématiques et physiques, Vol. 10, pp. 113-121.
- Walters, C. J. and Hilborn, R.(1976) Adaptive control of fishing systems, Journal of the Fisheries Board of Canada, Vol. 33, pp. 145-159.
- Yun, S. D. and Nam J. O.(2017) Application of a bioeconomic model to Spanish mackerel in the seas of Korea, Fisheries Science, Vol 82.
- FAO, FAO Fisheries Technical Paper T438, Guide for identifying, assessing and reporting on subsidies in the fisheries sector, 2004.
- FAO, The Status of World Fisheries and Aquaculture, 2016.
- OECD, Subsidies in the OECD Fisheries Sector: A Review of Recent Analysis and Future Directions, 2003.