



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 영 학 석 사 학 위 논 문

포획 · 채취금지 어업관리수단의 생물경제적
효과 분석: 고등어를 대상으로



2018년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 수 산 경 영 학 과

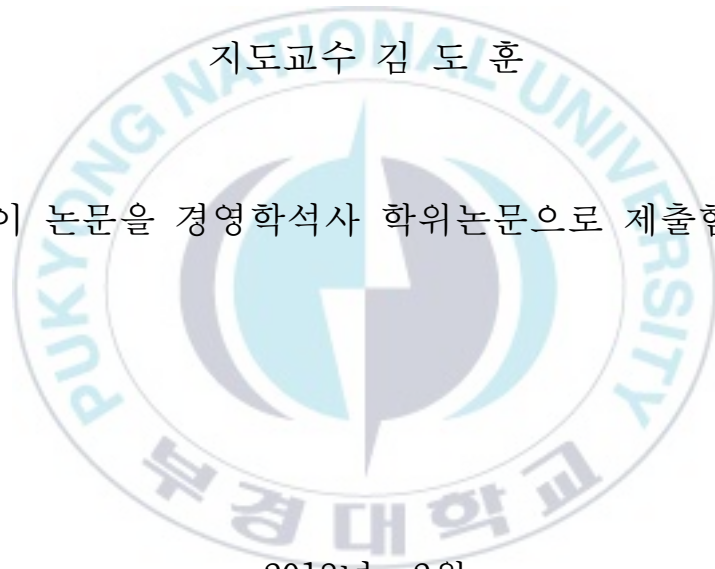
이 도 경

경 영 학 석 사 학 위 논 문

포획 · 채취금지 어업관리수단의 생물경제적
효과 분석: 고등어를 대상으로

지도교수 김도훈

이 논문을 경영학석사 학위논문으로 제출함.



2018년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 수 산 경 영 학 과

이 도 경

이도경의 경영학석사 학위논문을 인준함.

2018년 2월 23일



위원장 학술박사 김병호 (인)

위원 경제학박사 이정삼 (인)

위원 경영학박사 김도훈 (인)

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 방법 및 내용	4
II. 선행연구	5
1. 어업관리수단 분석에 관한 선행연구	5
2. 고등어의 자원생태학적 특성에 관한 선행연구	8
III. 고등어의 생태 및 생산현황	10
1. 고등어의 생태	10
2. 어업의 현황	16
3. 포획·채취금지 규정현황	20
IV. 분석 방법 및 자료	23
1. 분석 방법	23
2. 분석 자료	27
V. 분석 결과	34
1. 생물학적 효과	34
2. 경제학적 효과	44
VI. 요약 및 결론	52
1. 연구 요약 및 결론	52
2. 연구의 한계점과 시사점	54
참고문헌	57

표 차례

〈표 2-1〉 어업관리수단 분석에 관한 선행연구	7
〈표 2-2〉 고등어의 자원생태학적 특성에 관한 선행연구	9
〈표 3-1〉 연근해 주요 어종별 자연 상태	15
〈표 3-2〉 대형선망어업 어선 추이	18
〈표 3-3〉 대형선망어업의 최근 5년(2012년~2016년)간 고등어·전갱이의 연평균 생산량 및 생산금액	20
〈표 3-4〉 수산자원관리정책의 수단	21
〈표 3-5〉 포획·채취금지규정	22
〈표 4-1〉 연령별 생체량, 평균중량, 개체수, 암컷개체수	28
〈표 4-2〉 연령별 성숙비율, 평균어획량, 암컷자원량, 월간어획비율	29
〈표 4-3〉 연령별 체장, 성숙비, 포란수, 출생률	30
〈표 4-4〉 연령별 어획사망계수	30
〈표 4-5〉 연령별 생산률	31
〈표 4-6〉 금어기 1개월 및 금지체장 21cm이하 생산률, 출생률, 암컷개체수	31
〈표 4-7〉 평균생산가격	33
〈표 5-1〉 금어기 1개월 및 금지체장 21cm이하 자원량 변동	35
〈표 5-2〉 금어기 1개월 및 금지체장 21cm이하 어획량 변동	35

<표 5-3> 시나리오별 어획량과 자원량 변동	43
<표 5-4> 규정 이전과 현재 규정 NPV	45
<표 5-5> 금어기 2개월 및 금지체장 21cm이하 NPV	46
<표 5-6> 금어기 3개월 및 금지체장 21cm이하 NPV	46
<표 5-7> 금어기 4개월 및 금지체장 21cm이하 NPV	47
<표 5-8> 금어기 4개월 및 금지체장 30cm이하 NPV	48
<표 5-9> 금어기 1개월 및 금지체장 36cm이하 NPV	48
<표 5-10> 시나리오별 생산금액 및 NPV	50
<표 5-11> 시나리오별 생산금액 변동	51

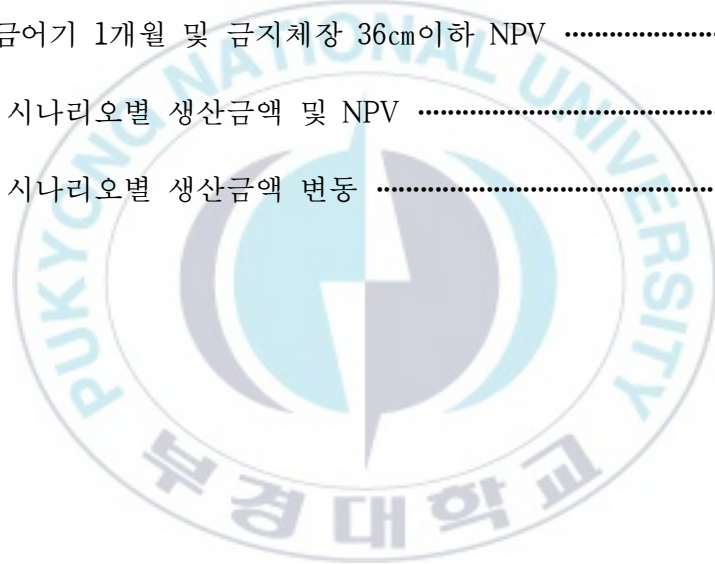


그림 차례

〈그림 3-1〉 고등어 어장도	10
〈그림 3-2〉 고등어 회유도	12
〈그림 3-3〉 고등어의 성장곡선	13
〈그림 3-4〉 고등어 연도별 어획량	14
〈그림 3-5〉 고등어 어획량 중 미성어 비율	15
〈그림 3-6〉 어업별 어구의 규모·형태·사용량 및 사용방법	17
〈그림 3-7〉 대형선망어업의 생산현황	19
〈그림 5-1〉 금지규정 이전과 현재규정의 자원량과 어획량 변동	36
〈그림 5-2〉 금어기 2개월 및 금지체장 21cm이하 자원량과 어획량 변동	37
〈그림 5-3〉 금어기 3개월 및 금지체장 21cm이하 자원량과 어획량 변동	37
〈그림 5-4〉 금어기 4개월 및 금지체장 21cm이하 자원량과 어획량 변동	38
〈그림 5-5〉 금어기 1개월 및 금지체장 30cm이하 자원량과 어획량 변동	39
〈그림 5-6〉 금어기 1개월 및 금지체장 36cm이하 자원량과 어획량 변동	40
〈그림 5-7〉 금지체장 30cm이하 자원량과 어획량 변동	41
〈그림 5-8〉 금지체장 36cm이하 자원량과 어획량 변동	42
〈그림 5-9〉 규정 이전과 현재 규정 생산금액 변동	44
〈그림 5-10〉 금어기 2개월 및 금지체장 21cm이하 생산금액 변동	45

<그림 5-11> 금어기 3개월 및 금지체장 21cm이하 생산금액 변동46
<그림 5-12> 금어기 1개월 및 금지체장 30cm이하 생산금액 변동47
<그림 5-13> 금어기 1개월 및 금지체장 36cm이하 생산금액 변동48



**A Bioeconomic Analysis on Closed Season and
Catch Size Limit Management Measures
- Focusing on Chub mackerel**

Dokyong Lee

Department of Marine & Fisheries Business and Economics,
The Graduate School, Pukyong National University

Abstract

Fisheries resources have been declining due to the changes in the marine environment, caused by climate change and environmental pollution, as well as overfishing and overexploitation of fishing. In the past, fisheries resources were regarded as inexhaustible, however, the advancement of fishing technology and the improvement of fishing capacity lead to a dramatic increase in the catches, resulting in a decline in fisheries resources.

Various policies and legislations have been proposed to mitigate a decline in fisheries resources and to recover fisheries resources state. However, there are few scientific studies on the relevant laws and regulations as well as analyses on the relevant policies.

This study investigates biological and economic effect about rule of fisheries closures and catch size limit for chub mackerel. The rule provides 1 month closed season from April 1 to June 30 and minimum 21cm catch size limit.

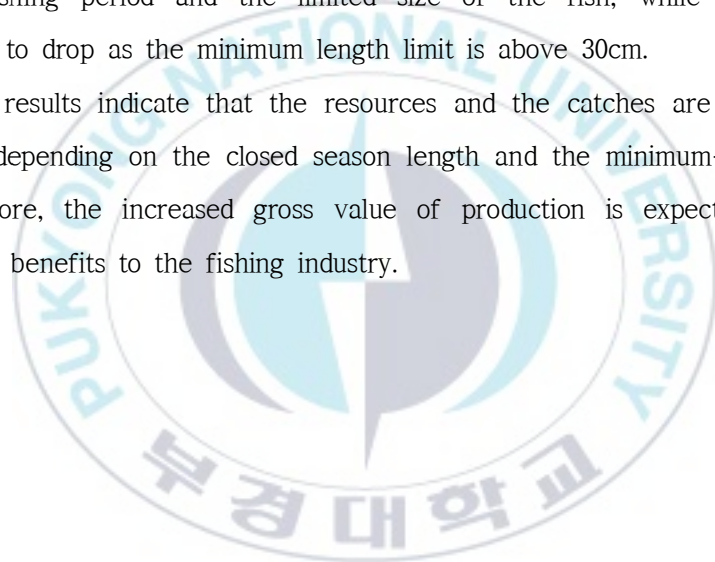
First, this study estimates changes in the fisheries resources stocks and the catches for the next 10 years by the application of the bioeconomic model (Leslie Matrix). Second, this study shows the economic effects by the analysis

of the changes in the gross value of production and the Net Present Value. In this case, a social discount rate of 5.5% is applied to the NPV.

The study demonstrates that the amount of fisheries resources and catches has continuously decreased with the existing regulations or without regulation, and the resources are expected to recover with the minimum length limit above 30cm in one month closed season or closed fishing period for at least more than 3 months.

The gross value of production is expected to increase by expanding the closed fishing period and the limited size of the fish, while the NPV is expected to drop as the minimum length limit is above 30cm.

These results indicate that the resources and the catches are expected to recover depending on the closed season length and the minimum-length limit. Furthermore, the increased gross value of production is expected to bring economic benefits to the fishing industry.



I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

과거에는 바다를 무한한 자원의 보고로 여겨 어업자원은 무한히 이용할 수 있는 공유자원으로서 고갈되지 않을 것이라 믿었다. 그러나 어획 기술의 발달과 적극적인 어장개척 등으로 인한 어획량 증가로 인하여 어업자원이 현저하게 감소함에 따라 어업자원보호를 위한 관리가 시급한 과제로 대두되게 되었다. 어업자원은 생물학적 특성상 다른 천연자원과 달리 자율갱신적인(self-renewable)성격을 가지고 있다(Schaefer, 1945; Hilborn&Walters, 1992; Quinn&Deriso, 1999). 이에 따라 어업자원 스스로 번식하고, 성장할 수 있기 때문에 적절히 생산하고 관리해 간다면 영구적으로 이용할 수 있다. 하지만 어업자원은 공유자원(common resources)으로 사적으로 소유하기 어렵고, 공유자원의 성격인 경합성과 비배제성으로 인하여 쉽게 남획상태에 놓이게 될 위험이 크다(Anderson, 1986; Clark, 1990; Conrad, 1999; 이상고, 2007). 그러므로 대부분의 국가들에서는 정부차원에서 어업관리정책을 수립하거나 법령을 마련하는 등 어업자원 관리를 실시하고 있는 실정이다.

어업경영은 어업자원을 직접 생산대상으로 하므로 어업자원의 변화는 바로 어업경영에 영향을 미치게 된다. 과도한 어획경쟁 등으로 어업자원이 남획되거나 감소할 경우 어업수입은 크게 줄어들게 되어 어업경영은 악화될 수밖에 없다(최종열·김도훈, 2009). 자원량 감소는 어획고 감소

로 이어지며 이로 인한 어업수입의 감소는 어획경쟁을 심화시키고, 이는 미성어 어획을 증가시키게 되어 결국에는 자원량 감소로 이어지는 악순환이 되풀이되기 마련이다. 이러한 연결고리는 결국 자원량 및 생산량이 지속적으로 감소되는 결과를 불러오게 된다.

해양수산부에서는 여러 가지 다양한 수산자원관리 방안을 마련하고 있으며 관련 법령을 제정하여 시행 중이다. 그 일환으로 수산자원관리법 시행령에서 포획·채취 등의 제한에 관해 규정하고 있다(수산자원관리법 시행령 제6조). 포획 금지기간 및 금지체장의 설정은 대상 어류의 산란기 및 치어기의 어획을 제한하여 산란자원의 원활한 번식을 유도하며 치어 및 미성어를 보호하여 향후 어업자원을 증가시키는 효과를 기대하게 한다. 그러나 이러한 규정이 실시되고 규제가 강화됨에도 불구하고 전체적인 자원량의 감소도 지속되고 있으며, 미성어의 어획량도 점점 늘어나는 등 자원보호는 제대로 이루어지지 않고 있다. 또한 이러한 수단들은 어획노력을 제한하는 방식이므로 단기적으로 어획량의 감소와 더불어 어업수익의 감소를 가져올 수 있기 때문에 이러한 영향을 사전에 검토하여 합리적인 방안을 마련하는 것이 필요하다. 따라서 이러한 관리 규정의 효과에 대한 과학적인 연구와 분석이 필요하다.

본 연구에서는 수산자원관리규정 중 포획·채취금지규정의 효과를 고등어를 대상으로 하여 생물경제학적 분석모델을 이용하여 분석하고자 한다. 고등어는 대중성 어종으로 다른 어종에 비해 경제적 가치가 크며, 대형선망이 국내 고등어 생산량의 약 90% 정도를 어획하고 있으므로 관련 연구를 위해 필요한 데이터를 수집하기가 용이하여 본 연구의 대상으로 하였다.

농림축산식품해양수산위원회 소속 권석창의원이 발표한 2017년 국정감사 자료에 따르면 고등어의 경우 어획량의 감소로 수입이 증가하고 있으

며, 수입산 고등어의 증가율이 작년보다 59.3% 증가한 것으로 나타났다. 고등어는 수입이 증가하는 것뿐만 아니라 미성어 어획량도 점점 증가하고 있다. 부산공동어시장의 자료에 따르면 전체 고등어 어획량 중에 미성어가 대부분을 차지할 만큼 비율이 아주 높게 나타나고 있다.

해양수산부는 2017년 수산자원관리방안으로 「수산자원 유형별 맞춤형 관리 방안」을 발표하였다. 2016년의 어종별 생산추이 등을 분석하여 유형별 맞춤형 관리 및 어업관리제도 개선방안을 수립하는 내용을 발표하였다. 주요 대중성 어종을 ‘자원수준’과 ‘어획생산량’에 따라 지속가능형, 기후변화형, 남획형, 고갈형의 네 종류로 구분하였다. 지속가능형은 자원량 증가로 어획량도 함께 증가하는 붉은 대게, 청어, 대구, 도루묵 등이며, 기후변화형은 기후변화에 따른 해수온도 상승 등으로 자원량은 늘었으나 어군형성 시기 및 장소 등의 변화로 인하여 어군이 분산되어 생산량이 감소한 멸치, 오징어, 삼치 등이 대상이며, 남획형은 자원량은 낮으나 어획량은 증가하는 고등어, 갈치, 전어 등이 포함되며, 고갈형은 자원량도 낮고 어획량도 감소하는 참조기, 꽃게 등이 속한다. 이에 고등어는 남획형으로 분류되는데, 자원량은 현재 중간 수준이나 중국의 어선이 동중국해에서 대규모로 조업하고 있어서 머지않아 서해 고등어 자원이 급감할 개연성이 클 것으로 예상하고 있다.

고등어는 주광성 및 군집특성이 강하여 어획노력에 쉽게 영향을 받을 수 있고 환경변화에도 매우 민감하여 자원량 변동이 심하다. 또한 대형 어업의 경우, 높은 어획강도와 어획량은 지속가능성이라는 목적에 큰 위협을 초래할 수 있으므로, 이에 대한 중요성과 어업비용 등 경영에 미치는 영향을 고려하여, 사회경제적 편익을 위한 지표와 기준점 개발이 중요하다(서영일 외, 2014). 따라서 본 연구에서는 이러한 정책 마련과 규제 등에 대한 기초적인 자료를 제시하기 위해 고등어의 자원량과 어획량

변동을 통해 생물학적 효과를 살펴보고, 생산금액의 변동 및 순현재가치(NPV)를 추정함으로써 경제적 효과를 분석해보고자 한다.

2. 연구의 방법 및 내용

본 연구에서는 금어기와 금지체장의 변화가 고등어의 자원량 및 어획량에 미치는 영향을 분석하고, 더 나아가 어획량에 따른 생산금액의 추이와 순현재가치(NPV)를 통해 경제적인 효과도 살펴보고자 한다.

자원량과 어획량의 변동을 살펴보기 위해서는 연령구조모델을 이용하였다. 금어기간 및 금지체장이 자원량과 어획량에 미치는 영향을 추정하기 위해서 시나리오별로 금어기간을 확대하고 금지체장을 늘리면서 자원량과 어획량의 변동을 살펴보았다. 또한 어획량을 토대로 생산금액의 변동과 NPV도 함께 추정해서 경제적인 효과도 살펴보았다.

본 연구의 내용은 제1장은 서론, 제2장은 선행연구, 제3장에서는 고등어의 생태 및 생산현황과 제4장에서는 분석 방법 및 자료, 제5장에서는 분석 결과, 제6장은 요약 및 결론으로 구성하였다.

제1장에서는 연구의 배경 및 목적, 연구의 방법 및 내용에 대해서 설명하였다. 제2장 선행연구에서는 수산자원관리를 위한 어업관리수단에 대한 연구와 연구 대상인 고등어에 대한 자원생태적인 특성에 대한 연구등을 검토한다. 제3장에서는 고등어의 생태 및 대상어업인 대형선망어업의 현황과 더불어 현재 설정된 포획·채취금지규정을 살펴보고, 제4장에서는 이 연구의 분석 방법 및 자료, 제5장에서는 분석 결과를 본 다음 제6장에서는 이러한 분석 결과를 토대로 결론과 요약을 말하고 연구의 한계점 및 시사점에 대해서 논의하고자 한다.

II. 선행연구

1. 어업관리수단 분석에 관한 선행연구

자원량의 변동을 예측하기 위해서 이성일 외(2001)는 연령구조모형을 이용하여 한국 연근해 보구치의 자원변동을 분석하였다. 보구치 자원의 자원생태학적 추정치와 자원량 자료를 사용하여 연령별 자원개체수 및 출생률, 생산률을 추정하고, 이를 기초로 Leslie Matrix에 의해 자원량 및 어획량 변동을 예측하고 비교 분석함으로써 자원의 적정어획수준을 추정하고 관리방안을 제시하였다. 1995년을 기준으로 10여 년간 자원량을 분석해본 결과 현재 강도대로 어획이 지속된다면 자원량은 지속적으로 감소할 것이라는 분석결과를 보여주었다. 고갈되어가는 보구치 자원에 대한 관리방안의 필요성 인식과 이로 인한 자원증대 및 생산증대에 대한 근거자료로서 본 연구를 제시하였다.

천성훈 외(2015)는 효과적인 금어기 제도의 운영을 위해 금어기 제도의 효과를 정수선형계획법을 이용하여 분석하였다. 대형선망어업의 출어이익을 최대화하고 자원보호를 위한 최적의 금어기시기를 분석하기 위해서 출어일수의 변화, 어획량 및 어종별 미성어 비율 변화, 출어이익 변화 등을 월별로 분석하였다.

Sommers and Wang(1997)은 호주 북부 새우어업(Northern Prawn Fishery, NPF)의 금어기 제도의 효과에 대해서 3가지 새우종의 시기별 생물학적 자료와 어획노력량, 어획량, 가격, 비용 등의 자료를 이용해서 평가하였다. NPF는 준성체보호를 위해 1년에 두 번 조업을 제한함으로써

써 연중 두 번의 어기(4월~6월 중순, 8월~11월말)를 가진다. 1993년의 NPF와 비슷하게 기본모형을 설정하고, 금어기를 각각 달리하면서 시뮬레이션 해서 기본모형과 비교, 분석하였다. 분석 결과 금어기를 연장함으로써 산란자원 보호 및 어업이익 향상을 도모할 수 있다는 것을 보여주었다.

Grantham et al.(2008)는 남아프리카 연승어업에서 바닷새, 거북이, 상어의 혼획률 감소를 위한 연구를 하였다. 연승의 대상 어종인 다랑어와 혼획보호대상 생물 7종(바닷새 3종, 거북이 2종, 상어 3종)의 어획률 및 혼획률을 시간적·공간적으로 나누어 설정하여 시뮬레이션 하여 분석하였다. 분석결과 구역별로 다른 시기의 금어기를 적용한 경우에 혼획률이 최소화되며 이익이 최대화 되는 것으로 나타났다.

Gaither(1980)는 알래스카 연안의 게어업의 조업 계획을 제시하기 위하여 확률제한최적화모델(Stochastic Constrained Optimization Model)을 이용하였다. 어선 및 어구의 능력, 날씨, 생물학적 조건, 시장의 수용능력, 가공능력, 자원가입능력의 6가지 제한 조건 하에서 이익 최대화를 위한 분석을 하였다. 조업계획을 수립하여 실제 자료와 비교하였으며, 계획에 의한 조업이 실제 조업보다 더 고르고 높은 생산량을 나타내는 것으로 나타났다.

Cheng and Townsend(1993)는 미국의 바닷가재 어업에 대해서 금어기 설정에 따른 연간 생산량의 월별 재분배를 가정하여, 금어기의 잠재적 영향에 대해서 연구하였다. 바닷가재의 수입량, 생산량, 가격, 물가지수 등을 이용하여 주성분회귀를 통한 가격 반응을 추정하였다. 금어기 및 연간 생산량의 월별 재분배를 가정하여 금어기 영향을 추정한 결과, 3개월 이상의 금어기를 통해서 성어기의 생산량을 재분배함으로써 잠재수익을 증가시킬 수 있다는 것으로 나타났다.

〈표 2-1〉 어업관리수단 분석에 관한 선행연구

저자	제 목	분석내용
이성일 외 (2001)	한국 연근해 보구치, Argyrosomus argentatus의 Leslie Matrix에 의한 자원변동 예측	<ul style="list-style-type: none"> • 보구치 자원량·어획량 변동 예측 • 생물경제모델(연령구조모델)이용 • 연령별 자원개체수, 출생률, 생산률 추정을 통한 자원량변동 예상
천성훈 외 (2015)	정수선형계획법을 이용한 금어기 제도의 효과 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 대형선망어업의 출어일수, 어획량, 어종별 미성어 비율, 출어이익 변화를 통한 최적의 금어시기 분석 • 정수선형계획법(interger linear programming)이용
Sommers and Wang (1997)	A simulation model for evaluating seasonal closures in Australia's multispecies northern prawn fishery	<ul style="list-style-type: none"> • 호주 북부의 새우어업의 금어기에 대한 분석 및 평가 • 가입당 생물경제분석 및 복수어종 시뮬레이션 모델 사용 • 금어기간 변동에 의한 어획량 파악
Grantham et al. (2008)	Reducing by catch in the south african pelagic longline fishery :the utility of different approaches to fisheries closures	<ul style="list-style-type: none"> • 아프리카 연승어업에서 바닷새, 거북이, 상어의 혼획률 줄이기 • 시간적, 공간적으로 구분하여 금어기 설정 후 분석
Gaither (1980)	A stochastic constrained optimization model for determining commercial fishing seasons	<ul style="list-style-type: none"> • 알래스카 연안의 게어업의 이익 최대화를 위한 조업계획 제시 • 확률제한최적화모델을 이용 • 어구규모, 날씨, 생물학적 요인, 시장 수용능력, 가공능력, 가입능력의 6가지 제약 조건 하에서 시뮬레이션

Cheng and Townsend (1993)	Potential impact of seasonal closures in the U.S. lobster fishery	<ul style="list-style-type: none"> • 바닷가재의 금어기에 대한 잠재적 영향 분석 • 주성분회귀를 통한 가격 반응 추정
---------------------------	---	---

2. 고등어의 자원생태학적 특성에 관한 선행연구

이해님·김형석(2011)의 연구에서는 대형선망어업의 주요 대상 어종인 고등어 어장의 어획변동에 대해서 연구하였다. 고등어의 어장분포와 장기적인 어획변동 특성과 대형선망어업의 연도별, 월별 어획량 변동을 파악하여 공간적인 어획분포를 분석하였다. 본 연구는 대형선망어업의 자원관리 및 어획예측을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 어획변동 및 분포를 분석하였다. 대형선망어업은 주로 겨울철 어획량이 많았으며 어획된 어종은 고등어가 약 70%를 차지하였고, 월별 어획량 변동은 고등어의 어획량 변동과 비슷한 패턴을 나타내었다. 고등어의 어장분포는 5~6월에 제주도 주변 해역에서 시작하여 8월에는 서해중부에도 형성되며, 12월에는 서해어장이 소멸하면서 동해남부로 어장이 이동하며, 이듬해 4월에는 완전히 소멸되는 것으로 나타났다.

최영민 외(2004)의 연구에서는 고등어의 자원량 추정을 위한 기초연구를 하였다. 고등어의 연령구조를 기초로 가입연령, 어획개시연령 및 순간사망계수 등의 개체군의 자원생태학적 특성치들을 파악하여 자원평가 및 관리에 필요한 과학적 기초자료를 제공을 목적으로 하였다. 전화된 어획물 곡선법으로 순간전사망계수($Z=1.288/\text{year}$) 및 생산률($S=0.275$)을 구하였고, Pauly(1980)의 방법을 이용하여 순간자연사망계수($M=0.406/\text{year}$)를

구하였다. 어획물곡선식에 의해 계산된 어구가입연령은 1.62세였다. 이를 통해 순간어획사망계수를 보정하고 연도별 자원량 및 산란자원량과 가입량을 구하여 보여주고 있다.

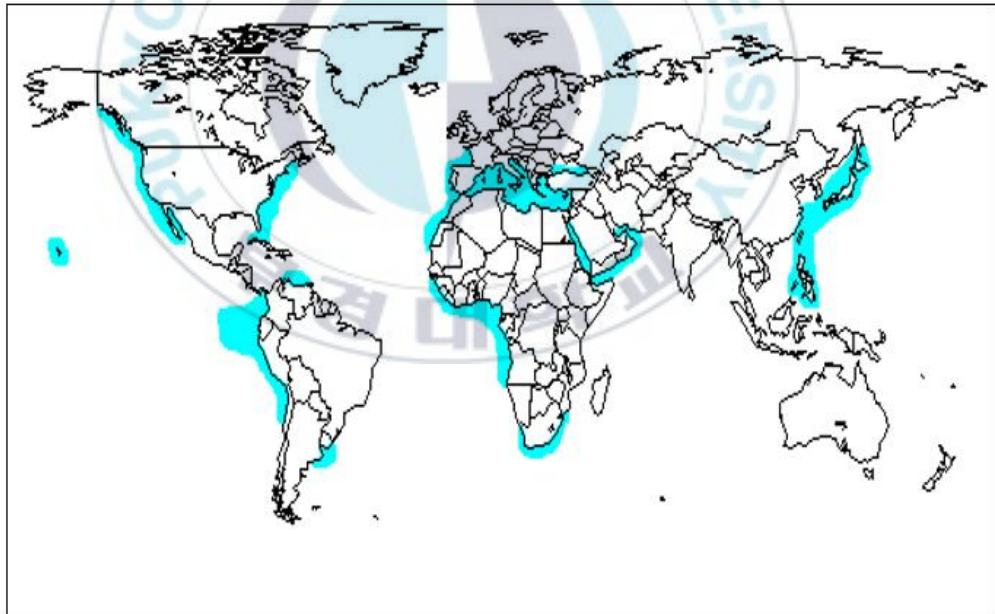
〈표 2-2〉 고등어의 자원생태학적 특성에 관한 선행연구

저자	제목	분석 내용
이햇님 · 김형석 (2011)	대형선망어업에 있어서 고등어 어장의 어황변동	<ul style="list-style-type: none"> 고등어의 어장분포와 장기적인 어황변동 특성 분석 어획분포도, 단위노력당 어획량, 대형선망어업의 어획량 변동 및 어획분포 분석
최영민 외. (2004)	한국 근해 고등어의 생태학적 특성치 및 자원량 변동	<ul style="list-style-type: none"> 우리나라 연근해 고등어의 자원량 추정, 자원변동 예측 위한 기초자료 제시 Von Bertalanffy 성장식, 코호트 분석 방법 등을 이용 성장계수, 순간자연사망계수, 어획개시연령 및 최고연령, 순간어획사망계수 등 자원생태학적 특성치분석을 통한 연도별, 연령별 자원량 추정

Ⅲ. 고등어의 생태 및 생산현황

1. 고등어 생태

고등어(학명: *Scomber japonicus*)는 한국, 중국, 일본의 전 연안과 동중국해를 비롯해 전 대양의 온대 및 열대해역에 주로 분포하고 있는 어종이다. 고등어는 부어성(Pelagic Fish) 어종으로 주서식지는 표층 또는 수심 250m이내의 수역이며 주간에는 70~150m부근에서 주로 활동하며 야간에는 20~50m층에서 활동한다.



자료: www.fao.org

<그림 3-1> 고등어 어장도

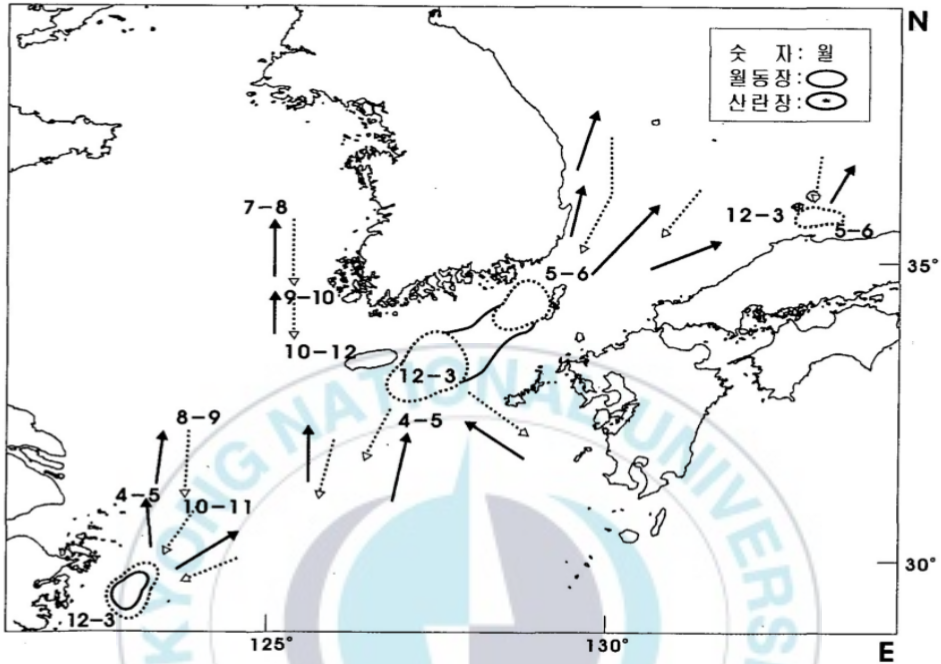
난류성, 추광성, 군집 회유성 탐식성으로 계절에 따른 회유범위가 다른 어종에 비해 넓어 북반구(Northern Hemisphere)에 서식하는 고등어의 경우 봄~여름에는 수온이 상승함에 따라 북쪽으로 이동하며 산란 및 먹이를 섭취하며, 가을~겨울에는 월동을 위해 남쪽으로 이동한다. 남반구(Southern Hemisphere)에 살고 있는 고등어는 이와는 반대되는 회유 형태를 보인다. <그림 3-2>는 우리나라 근해에 서식하고 있는 고등어의 회유경류와 월동장 및 산란장을 보여주고 있다.

산란장은 동중국해의 양쯔강 연안해역과 제주도 동부해역 및 대마도 연안해역이며, 산란기는 동중국해에서는 3~5월, 제주도와 대마도 연안에서는 5~6월로, 국내에서의 산란기는 2~6월이며 주산란기는 3~5월이다. 야마다 외(1998)의 연구에 따르면 일본의 Izu섬에서는 4~6월이 산란기이며 주산란기는 5월말~6월초라고 한다. 산란장은 제주도 근해에서는 5~7월에 형성되며, 미시마 근해에서는 6~7월에 형성된다. 산란수온은 15~23℃(최적 수온 17~18℃)이다.

한국 근해에서 어획되는 고등어는 동중국해 등 쓰시마난류의 영향을 받는 해역에 널리 분포하며, 서식 가능한 수온의 범위는 7~25℃, 서식하기에 가장 알맞은 수온은 15~19℃이다. 월동장의 수온은 11~17℃인데 15cm내외의 미성어는 서식 수온 폭이 6~30℃로 환경적응성이 크다.

또한 고등어는 수평이동 외에 봄~여름에는 얕은 곳으로, 가을에는 깊은 곳으로 이동하는 계절적 수직 이동도 한다.

고등어 회유도



자료: 이장욱 외, 배타적경제수역(EEZ) 주요 어업자원의 생태와 어장, 국립수산과학원, 2000

〈그림 3-2〉 고등어 회유도

부유성 갑각류, 작은 어류, 연체동물의 유생체 등이 주요 먹이이다. 특히 산란을 마치면 먹이를 닷치는 대로 먹기 시작하는 탐식성을 가지며, 이러한 활동은 가을철 월동장에 들어가기 전까지 계속된다.

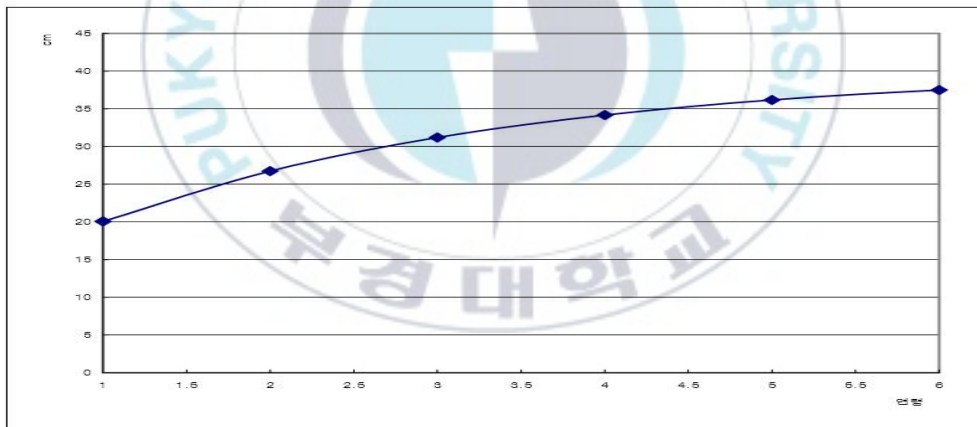
만 1년이 되면 약 50%가 성숙하며, 2세가 되면 대부분 산란에 참가하여 1회 산란 시 약 3만 개의 알을 산란하며, 산란기간 중 여러 번 산란한다. 성장 속도가 빨라 만 1년이면 가랑이 체장이 25~30cm, 2년이면 32~35cm, 3년이면 35cm이상으로 자란다(국립수산과학원, 한국연근해 유용어류도감). 대체로 성숙체장은 27~29cm사이로 보는데, 유용어류도감

(2004)에서는 25~30cm사이로 폭 넓게 보고 있다.

고등어의 성장과 나이의 관계를 LVB(Ludwig von Bertalanffy)성장모델을 이용해서 나타내면 다음과 같다.

$$L(t) = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

파라미터 L은 고등어의 길이, L_{∞} (401.8mm)은 고등어의 최대길이를 나타낸다. t는 연령, t_0 (0.718)는 위치파라미터(Location Parameter)로서 곡선의 X절편을 나타낸다. K(0.403)는 만곡파라미터(Curvature Parameter)로 고등어의 최대 성장에 다다른 속도를 조절하는데 영향을 준다. 대체적으로 나이가 증가함에 따라 성장은 완만하게 이루어지고 있으며, 산란 후 6년이 되면 최대성장에 도달하게 된다. (조정희 외, KMI연구보고서, 2001)



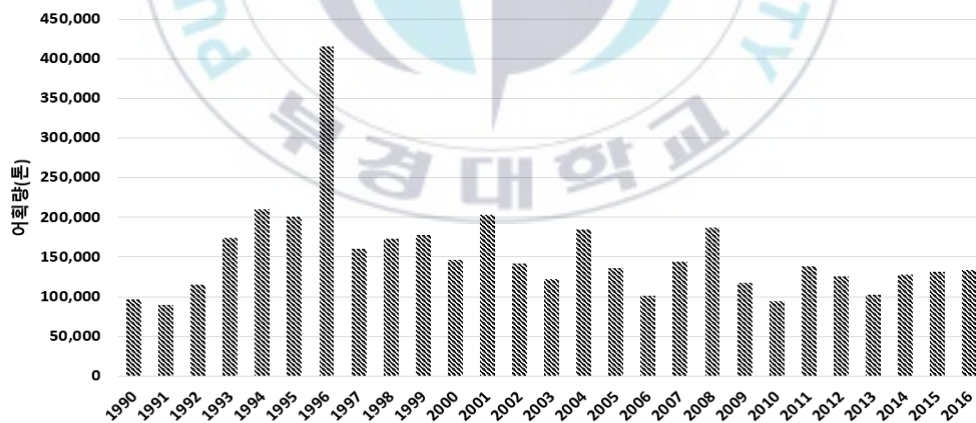
자료: 이장욱 외, 배타적경제수역(EEZ) 주요 어업자원의 생태와 어장, 국립수산물과학원, 2000

〈그림 3-3〉 고등어의 성장곡선

고등어는 3cm 이상 성장하면 크기별로 군집을 이루어 생활한다. 북동태평양에서는 다른 어종들과 함께 군집을 이루어 이동하기도 한다. 고등

어는 군집특성(Schooling)이 강하여 어획노력에 쉽게 영향을 받을 수 있고 환경변화에도 매우 민감하여 자원량 변동이 심한 편이다. 다른 어종에 비해 공포심이 많고 장애물에 부딪치면 아래로 도피하는 성질이 있어 그물로 잡는 경우 그물의 아래쪽에 많이 걸리는 경향이 있다. 또한 낮보다는 야간에 활동성이 더 많으며 주광성이 강하여 불빛을 이용하여 집어하는 대형선망어업의 주요 어획대상이 되고 있다.

고등어는 우리나라 연근해어업 중 어획량이 상위권에 속하는 어종이다. 1990년 이후 고등어의 어획 실적을 살펴보면 1990년 약 10만톤 가량의 어획량을 보이며 점점 증가하다가 1996년 약 41만 5천톤의 최대 어획량을 보인 후 급감하여 현재까지 증감을 반복하면서 지속적으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한 해양수산부의 수산자원관리시행계획 <표 3-1>에 따르면 고등어의 자원수준은 낮으며, 자원량이 감소하는 것으로 나타나고 있다.



자료: 통계청 , 어업생산동향

<그림 3-4> 고등어 연도별 어획량

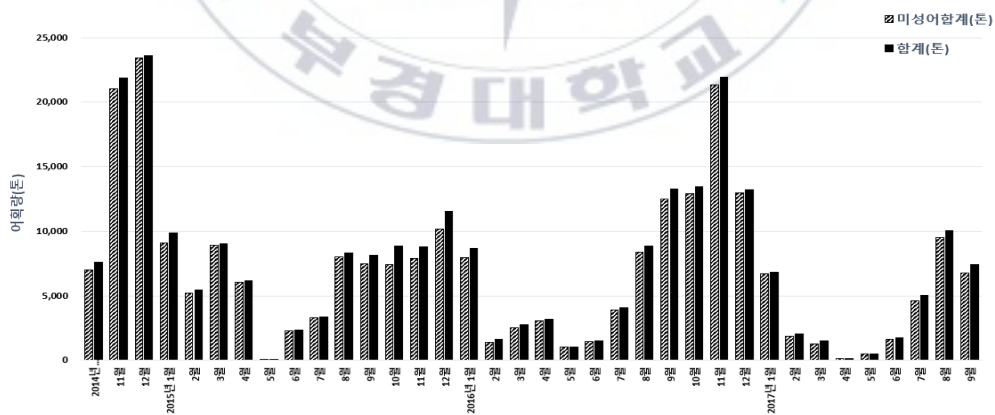
<표 3-1> 연근해 주요 어종별 자원 상태

(단위: 톤)

순번	대상어종	어획량(2013)	자원수준	자원동향
1	고등어	115,427	낮음	감소
2	갈치	47,099	중간	증가
3	참조기	35,279	중간	평형
4	삼치류	29,394	중간	평형
5	전갱이	19,799	낮음	평형

자료: 해양수산부, '15 수산자원관리시행계획, 2015

고등어 자원량의 감소와 더불어 미성어 어획량의 증가를 볼 수 있다. 부산공동어시장 위판자료를 전체어획량과 180g이하의 어획량으로 나누어 살펴보았다. <그림 3-5>를 보면 전체어획량 중에 대부분이 180g이하의 미성어임을 알 수 있다. 이러한 미성어의 어획량 증가는 자원 감소를 지속시킬 우려가 있다. 또한 180g이하의 미성어의 경우 식용으로 이용되지 못하고 사료로 유통되는 형편으로 미루어보아 어업수익의 감소에도 영향을 줄 것으로 보인다.



자료: 부산공동어시장, 어종별 위판실적

<그림 3-5> 고등어 어획량 중 미성어 비율

2. 어업의 현황

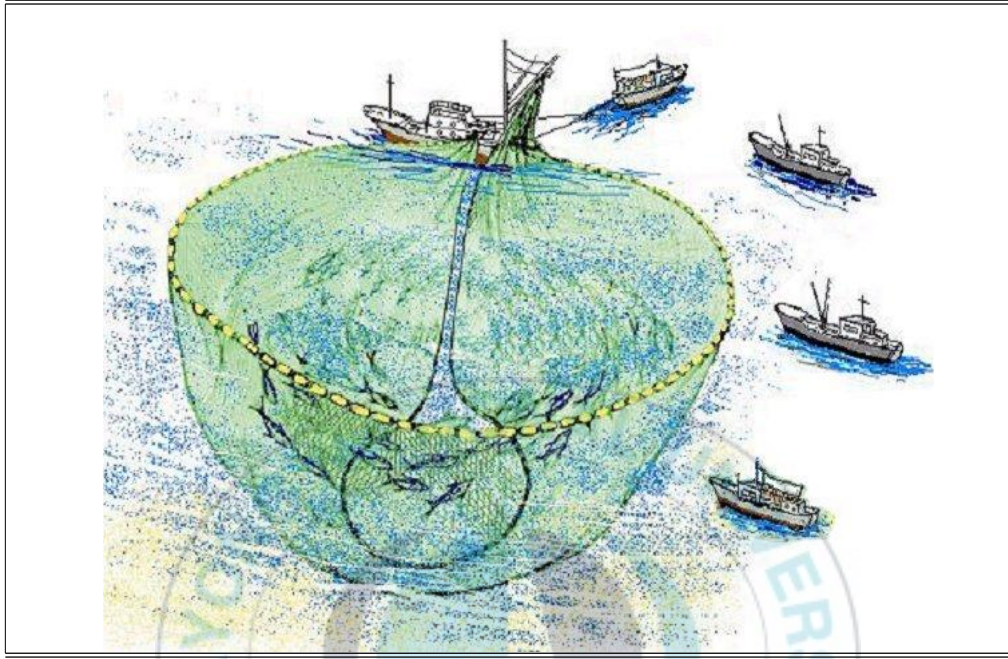
고등어를 어획하는 어업으로는 대형선망, 유자망, 정치망, 소형선망, 저인망, 인강망 등이 있으며, 이 중 대형선망의 어획량이 전체의 약 90% 정도로 대부분을 차지하고 있다.

대형선망어업이란 총톤수 50톤 이상인 1척의 동력어선으로 선망을 사용하여 수산 동물을 포획하는 어업을 말한다(수산업법 시행령 제24조).

대형선망어업은 우리나라의 주요 연근해어업으로 일반해면어업 어획량의 약 18%를 차지하고 있다. 선망어업은 본선 1척, 등선 2척, 운반선 3척 등 6척으로 선단을 이루어 조업한다. 조업과정은 본선이 등선의 도움을 받으면서 대상어군을 탐색하는 어탐과정과 그물로 어군을 둘러싸고 그물 밑의 조임줄을 조여서 어군이 빠져나가지 못하게 한 후 그물을 양망하여 어획물을 수납하는 투망·양망 과정으로 구성된다. 다확성 어업의 대표적인 업종으로 대상어종은 표층이나 중층에 서식하며, 밀집성이 강한 고등어, 전갱이, 정어리, 삼치, 오징어 등이다. 이러한 대상어종을 어망에 둘러서 어류를 포획하는 기업적 어업으로 자본규모가 가장 큰 근해어업이다(이햇님 외, 2011).

대형선망어업은 한 번의 어획 작업을 통해서 군집한 다양한 어류를 한꺼번에 포획하는 방식이다. 이러한 일시다확성 어업에서는 특정 어종이나 일정 체장 이상의 어류만을 선별해서 어획한다는 것은 사실상 불가능하다. 따라서 포획금지체장 규정의 원활한 이행을 위해서는 일정 크기 이상의 어류만을 선별적으로 어획할 수 있는 어구기술의 개발이 필요하다고 하겠다.

대형선망 조업모식도



자료: 수산업법 시행령, [별표 1-2] 어업별 어구의 규모·형태·사용량 및 사용방법

<그림 3-6> 어업별 어구의 규모·형태·사용량 및 사용방법

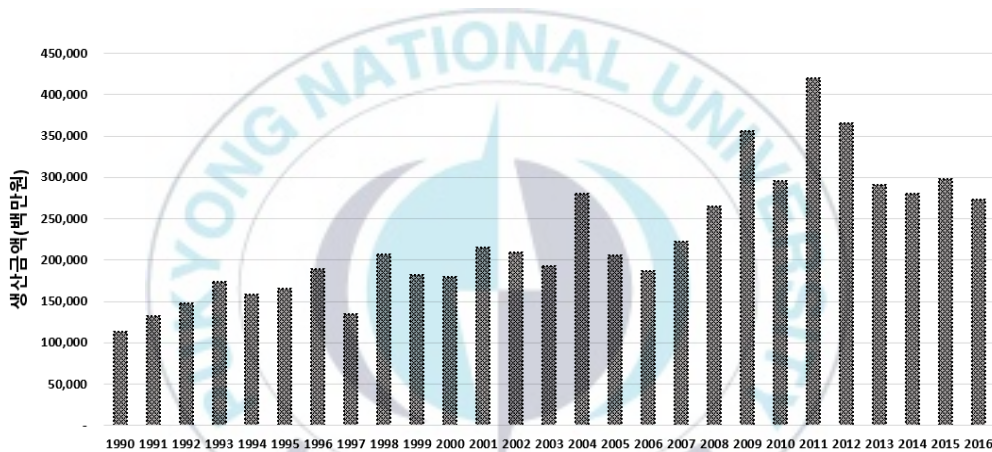
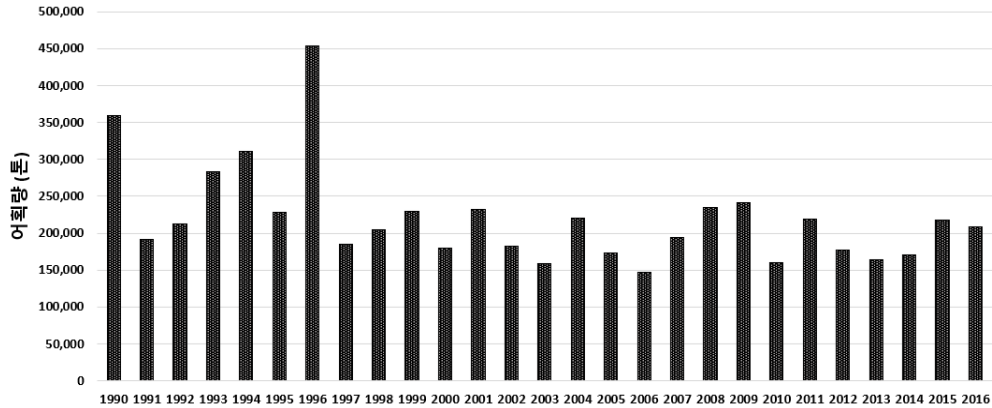
대형선망어업의 어선 수는 1990년 367척에서 2011년 143척으로 지속적으로 감소세를 보이고 있다. 2015년에 146척으로 늘었다가 2016년에 다시 144척으로 줄었다. 척당 톤수는 1990년에 129톤, 2016년에는 165톤, 척당 마력은 1990년에 785마력이던 것이, 2016년에 1,405마력으로 증가함으로 대형화 및 고마력화가 진행되었다는 것을 알 수 있다.

〈표 3-2〉 대형선망어업 어선 추이

연도	합계			척당 톤수	척당 마력수
	척수	톤수	마력수		
1990	367	47,227	278,985	128.8	784.7
1992	342	44,651	282,924	130.6	827.3
1994	327	43,494	295,383	133.0	903.3
1997	280	37,047	279,551	132.3	998.4
1998	251	32,481	259,070	129.4	1,032.2
2000	232	31,377	255,927	135.2	1,103.1
2002	220	29,496	255,641	134.1	1,162.0
2004	190	25,880	194,166	136.2	1,021.9
2006	191	26,191	228,933	137.1	1,198.6
2008	175	24,491	220,834	140.0	1,261.9
2010	153	22,360	200,426	146.1	1,310.0
2011	143	21,959	196,009	153.6	1,370.7
2014	143	22,846	197,688	159.8	1,382.4
2015	146	23,866	203,783	163.5	1,395.8
2016	144	23,767	202,314	165.1	1,405.0

자료: 해양수산부, 해양수산통계, 등록어선통계

대형선망어업의 어획량은 해마다 커다란 변동 폭을 보이고 있는데, 이것은 어획 대상어종인 고등어 및 전갱이가 자원변동이 심한 부어류에 속하기 때문이다. 1990년대에 21만~47만 톤이 어획되던 것이 2000년대에 들어서 10만 톤까지 감소하였다가 다시 어느 정도의 회복세를 보이고 있다. 대형선망어업의 생산금액은 수산물 단가의 상승으로 상승하는 경향을 나타내고 있다.



자료: 통계청, 어업생산동향조사, 어업별 총괄표

<그림 3-7> 대형선망어업의 생산현황

대형선망어업의 주요 어획 대상 어종은 고등어, 전갱이, 방어, 살오징어, 삼치, 갈치, 정어리 등이며 이 중 고등어, 전갱이의 생산량이 전체의 70%가량을 차지하고 있다. 대형선망어업에서 고등어의 어획비율은 1980년대에 31%를 차지했으나, 90년대부터는 60%이상의 어획비율을 차지하고 있다. 이는 1980년대 이후 정어리 어획량이 급격히 감소하면서 반대로 고등어의 어획비율이 높아지게 된 것이다. 현재 고등어의 생산량은 대형선망어업 생산량 중 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 전체의 62%

정도이다. 고등어 생산금액은 전체의 64%를 차지하고 있다. 전갱이의 경우 전체 생산량의 10%, 생산금액은 6%를 차지하고 있다. 대형선망어업의 생산량과 생산금액은 대부분이 고등어와 전갱이가 차지하고 있으며 전체 생산량과 생산금액의 70%이상을 차지하고 있다.

〈표 3-3〉 대형선망어업의 최근 5년(2012년~2016년)간
고등어·전갱이의 연평균 생산량 및 생산금액

	생산량 (톤)	비중	생산금액 (백만원)	비중
전체어류	187,649	100%	301,517	100%
고등어(A)	117,091	62%	194,367	64%
전갱이류(B)	18,740	10%	17,212	6%
(A)+(B)	135,831	72%	211,579	70%

자료: 통계청, 어업생산동향조사, 대형선망어업어종별통계

3. 포획·채취금지 규정 현황

해양수산부는 자원회복을 위해 「수산자원관리법」 제8조 및 같은 법 시행령 제3조에 따라 수산자원관리기본계획 및 시행계획을 수립토록 규정하고 있다. 이에 따라 자원회복을 위해 「수산자원관리기본계획(11~15)」을 수립하고 시행하였으며, “명태 살리기 프로젝트” 등 주요 감소어종의 집중 자원회복을 추진하고, 산란기 어미고기 및 어린고기 보호를 위한 포획금지규정을 시행하며, 총허용어획량(TAC)설정으로 어획량 제한

및 자원회복을 위한 자원조성, 종묘방류 등의 사업을 시행하였거나 시행 중이다.

수산자원관리 체계는 어장조성 및 어장관리, 수산자원회복, 바다 목장, 종묘방류 등의 자원관리 영역 안에 조업구역규제와 어획량규제 및 어획량규제, 기술적규제와 감시감독 및 자율관리어업 및 기타규제 등의 어업관리 영역이 속하며, 이에 자원조사 및 자원평가의 자원조사·평가 영역이 속하게 된다. 이러한 수산자원관리 정책의 수단을 분류별로 표로 나타내어 보면 다음과 같다.

〈표 3-4〉 수산자원관리 정책의 수단

대분류	중분류	수산자원관리 정책의 수단
조사평가	자원조사	양륙항조사, 시험선조사, 어업실적보고, 자원생태조사
	자원평가	자원관리 대상종 자원평가, 한·중·일 관련어종 자원평가
어업관리	노력량규제	허가정수, 톤수마력규제, 어선감척, TAE(총허용노력량)
	어획량규제	TAC(총허용어획량), IQ(개별할당량), ITQ(개별양도성할당량)
	기술적규제	어선·어구제한, 그물코규격제한, 포획금지구역·수심·기간, 포획금지채장·체중, 암컷포획금지, 어란 및 치어포획금지 등
	구역규제	보호수면, 수산자원관리수면, 수산자원보호구역
	기타규제	유해어법금지, 범칙어획물판매금지, 범칙어획물방류
	감시감독	불법어업단속, 소형기선저인망정리, 조사원감시체계
	자율관리	자율관리공동체 지원
자원증강	어장관리	어장환경개선, 해적생물구제, 불법 및 침적어구철거
	어장조성	인공어초, 바다숲조성, 갯닦기, 투석
	종묘방류	건강종묘 방류 및 질병관리
	바다목장	시범 바다목장, 연안 바다목장
자원회복	자원회복	자원회복 휴어제, 자원회복 감척, 자원회복 TAC
	생태회복	서식지 및 산란장 회복, MPA(해양보호수역) 설정

자료: 해양수산부, '15 수산자원관리시행계획, 2015

기술적규제 수단 중 하나인 포획·채취금지 규정은 시행 후 지속적으로 대상어종을 추가하는 등 개정을 거듭하고 있다. 그중 고등어는 2015년에 대상어종으로 포함되었으며, 포획금지 기간은 2016년 5월1일~5월 20일, 2017년 4월11일~5월10일에 시행되었고, 2018년 4월30일~5월 29일로 시행예정이다.

〈표 3-5〉 포획·채취금지규정

포획·채취금지 규정 현황[수산자원관리법 시행령 제6조]		
포획·채취금지 기간·구역 및 수심	4월 1일부터 6월 30일까지의 기간 중 1개월의 범위에서 해양수산부장관이 정하여 고시하는 기간	해당 기간 중 고등어를 어획량 의 10퍼센트 미만으로 포획· 채취하는 경우는 제외한다.
포획·채취금지 체장 또는 체중	21센티미터 이하(전장)	고등어 어획량 중 해당 체장의 고등어를 20퍼센트 미만으로 포획·채취하는 경우는 제외한 다.

자료: 국가법령정보센터, 수산자원관리법시행령, 2017

IV. 분석 방법 및 자료

1. 분석 방법

본 연구에서는 자원량과 어획량의 변동을 추정함으로써 생물학적인 효과를 분석하고, 생산금액의 변동과 순현재가치(NPV)를 이용하여 경제학적 효과도 분석하였다.

자원량과 어획량의 변동을 구하기 위해서 개체군의 시간에 따른 변화량을 나타낼 수 있는 연령구조모델(Leslie Matrix)을 이용하였다. 또한 어획량의 변동을 평균생산단가를 이용하여 생산금액의 변동을 산정하였으며, 사회적할인률 5.5%를 이용해서 순현재가치(NPV)를 구하였다.

가. Leslie Matrix

Leslie 행렬은 개체군의 시간에 따른 변화를 나타내는 행렬로 Leslie Matrix Model은 인구 증가를 추정하는데 매우 유용한 방법 중 하나로서 출산율, 생존율 및 주어진 종 등의 인구 증가를 계산하는데 사용할 수 있다. 생태학자들은 새로운 환경에 도입했을 때 종의 생존 여부를 추정할 때 사용한다. 이 모델은 주어진 종의 개체군이 특정 기간 동안 증가할지 감소할지를 결정하는데도 사용할 수 있다.

연령구조모델(Leslie Matrix)은 1945년 Leslie가 처음으로 수산자원 역학에 도입하였다. 이후 Quinn(1981)은 태평양 넙치자원에 적용하여 자원변동을 분석하였고, Vaughan(1981)은 농어류에 적용하여 밀도효과가 유생

기에 발생한다고 가정해서 자원변동을 분석하였으며, Yeh and Low(1981)는 저어자원에 적용하여 잉여생산량 모델(surplus production model)과 비교함으로써 자원관리 방안을 제시한 바 있다(이성일 외, 2001).

Leslie Matrix는 개체군 변동을 추정하는데 연령별 생산률과 출생률을 이용하는 방법을 제시하였다. Leslie Matrix는 전이행렬(transition matrix) M을 사용하여 시간에 따른 개체군 변동을 나타내는데, 모델 식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} N_{1,t+1} \\ N_{2,t+1} \\ N_{3,t+1} \\ \vdots \\ N_{i,t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 s_0 & f_2 s_0 & \dots & f_{i-1} s_0 & f_i s_0 \\ s_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & s_{i-1} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_{1,t} \\ N_{2,t} \\ N_{3,t} \\ \vdots \\ N_{i,t} \end{bmatrix} \quad (1)$$

이 모델에서는 암컷만 고려하며, $N_{i,t}$ 는 t년도에 연령이 i세인 암컷개체 수이고, S_i 는 연령 i세의 생산률이며, f_i 는 연령 i세의 암컷이 낳는 암컷 자손수이다. 위 식을 정리하면, $N_{t+1} = MN_t$ 이고, M이 일정하다면 τ 년도 후의 자원개체수 $N_{t+\tau} = M^\tau N_t$ 가 된다.

Leslie Matrix는 일정한 생산률, 출생률을 가지며 지수 함수적으로 증가하는 연령구조모델로, 결국 안정연령분포로 정착된다. 따라서 $N_{t+1} = \lambda N_t$ 가 되고, 이것은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$N_t = \lambda N_0 = e^{rt} N_0 \quad (2)$$

여기서, λ 는 M의 고유치이고, r은 개체군의 내적자연증가률이다.

나. 매개변수 추정

본 연구의 매개변수는 자원량과 어획량 변동을 추정하기 위해서 연령별 자원개체수, 연령별 암컷자원개체수, 연령별 출생률, 연령별 생산률, 어획사망계수를 이용하여 Leslie Matrix를 통해서 자원량과 어획량을 예측하였다.

연령별 자원량은 연령별 생체량(B_i)과 연령별 평균중량(W_i)을 사용하여 연령별 자원개체수(N_i)를 추정하였다.

$$N_i = B_i / W_i \quad (3)$$

연령별 성비를 1:1로 가정하여 연령별 암컷자원개체수(FN_i)를 추정하였다.

$$FN_i = N_i \times fs_i (\text{암컷성비}=0.5) \quad (4)$$

연령별 출생률(f_i)을 추정하기 위하여 산란된 난의 성비(0.5로 가정), 성숙된 암컷 당 낳는 포란수(F_c), 암컷의 연령별 성숙비(m_i)자료를 이용하였다(Quinn, 1981). (1세 때의 성비가 거의 1:1이므로 산란된 난의 성비는 1:1로 가정)

$$f_i = 0.5 \times F_c \times m_i \quad (5)$$

성숙된 암컷 당 낳는 포란수는 체장(FL)과 포란수 (F_c)관계식,

$F_c = 0.319FL^{3.832}$ 를 이용하였고, 연령별 성숙비(m_i)를 이용하였다

연령별 생산물(S_i)은 연령별 어획사망계수(F_i)와 자연사망계수($M=0.49$)와의 관계($S_i = e^{-(F_i+M)}$)를 사용해서 구하였다.

첫 해의 생산물, 즉 부화되어 자어기와 치어기를 거치면서 1세가 될 때까지의 초기생산물(S_0)은 추정하기가 어려우므로, 이 경우 초기 생산물(S_0)은 개체군의 고유치($\lambda=0.920$)를 이용하여 추정할 수 있었다. 초기생산물 추정식은 다음과 같다(이성일 외, 2001; Vaughan and Saila, 1976).

$$S_0 = \left(\sum_{i=1}^x f_i L_i \lambda^{-i} \right)^{-1} \quad (6)$$

여기에서 i 는 연령, x 는 최고연령, L_i 는 1세에서 i 세까지 살아남을 생산물로 $L_i = \prod_{j=1}^{i-1} S_j$ 이며 $L_1 = 1$ 이다.

다. 생산금액과 순현재가치(NPV) 도출

10년 동안의 생산금액의 변동과 순현재가치(Net Present Value)를 도출한다. 포획·채취금지 규정을 시나리오별로 설정하여 산정한 10년 동안의 어획량 변동과 최근 3년간 평균생산단가를 이용하여 생산금액을 추정하였다. 향후 10년간의 생산금액을 사회적 할인율 5.5%를 이용하여 순현재가치(NPV)를 도출하여 경제적 효과를 분석하였다.

2. 분석 자료

분석 자료로는 연령별 생체량 및 평균중량, 성숙비, 평균체장, 포란수 등을 이용하였다. Leslie Matrix의 매개변수를 구하기 위해서 연령별 생체량 및 평균중량을 이용해서 연령별 자원개체수 및 암컷개체수를 추정하고, 어획사망계수와 자연사망계수를 이용하여 연령별 생산률과 출생률을 구하였다. 생산금액 산정을 위해서 최근 3개년(2013년~2015년)의 평균생산단가를 이용하여 생산가격을 구하였다. 순현재가치(NPV)는 향후 10년간 사회적할인률 5.5%를 적용하였다.

가. 매개변수

(1) 연령별 암컷자원개체수(FN_t)

연령별 생체량은 국립수산과학원의 자료를 이용하였다. 2016년 연령별 생체량은 1세 98,279미, 2세 161,435미, 3세 125,957미, 4세 63,162미, 5세 57,006미, 6세 42,058미이었다. 연령별 평균중량은 1세 158g, 2세 413g, 3세 731g, 4세 1,055g, 5세 1,353g, 6세 1,610g이었다. 연령별 생체량과 연령별 평균중량으로 식(3)에 의해 연령별 자원개체수를 추정하였다.

연령별 성비는 1:1로 가정하여 식(4)에 의해 암컷의 자원개체수를 추정하였다.

〈표 4-1〉 연령별 생체량, 평균중량, 개체수, 암컷개체수

연령	생체량(B_i) (mt)	평균중량(W_i) (g)	개체수(N_i) (inds.)	암컷개체수(FN_i) (inds.)
1	98,279	158.00	622,020,766	311,010,383
2	161,435	413.00	390,882,931	195,441,466
3	125,957	731.00	172,207,879	86,153,940
4	63,162	1,055.00	59,869,056	29,934,528
5	57,006	1,353.00	42,133,084	21,066,542
6	42,058	1,610.00	26,123,222	13,061,611
합계	547,897	-	1,313,336,938	656,668,469

(2) 연령별 출생률(f_i)

연령별 성숙비(m_i)는 1세 23cm일 때 0.00, 2세 30cm일 때 0.21, 3세 36cm일 때 0.95, 4세 40cm일 때 1.00이었다.

50%군 성숙크기를 27.5cm, 1세로 산정하고, 고등어의 2006년부터 2010년까지의 평균어획량과 2015년 기준의 성숙비율을 이용하여 금어기 1개월 기준의 산란기 비율($\lambda=0.92$)을 구하였다. 현재 금어기인 1개월(2018년 기준 4.30~5.29)의 암컷 어획비율은 전체 중 34%를 차지하는 것으로 나타났으며, 이를 바탕으로 3~6월 4개월의 산란기에 암컷의 어획률은 전체 암컷어획률의 68%를 차지하는 것으로 추정되었다. 총어획량 중 산란기에 어획되는 양은 전체의 10.7%로 추정되었고, 그 중 금어기를 1개월로 산정했을 때 2.7%를 차지하는 것으로 나타났다. 금어기 1개월의 경우 산란기 비율($\lambda=0.92$)로 산정하였다.

〈표 4-2〉 연령별 성숙비율, 평균어획량, 암컷자원량, 월간어획비율

월	성숙비율 (2015년) %	평균어획량 (2006~2010) mt	암컷자원량 mt	월간어획비 율 %	비고
1	9.6	9,619	46,169	6	
2	39.1	5,343	104,463	13	
3	78.3	4,755	186,166	23	산란기
4	75.8	2,722	103,149	13	〃
5	67.8	2,485	84,255	10	〃
6	95.1	3,586	183,343	22	〃
7	32.6	3,784	61,679	7	
8	13.0	8,531	55,449	7	
9	0.0	17,090	0	0	
10	0.0	24,609	0	0	
11	0.0	28,008	0	0	
12	0.0	18,145	0	0	
합계		128,947	824,674		

연령별 포란수는 연령별 평균체장(FL)과 $F_c = 0.319FL^{3.832}$ 을 이용하여 체장과 포란수 관계식에 적용한 결과, 1세 48,498eggs, 2세 134,248 eggs, 3세 134,248eggs, 4세 404,271eggs, 5세 533,371eggs, 6세 634,876eggs 이었다. 그리고 식 (5)를 이용하여 연령별 출생률을 구하였다.

〈표 4-3〉 연령별 체장, 성숙비, 포란수, 출생률

연령	체장(FL) cm	성숙비(m_i) %	포란수(F_{ci}) inds.	출생률(f_i)
1	23.00	0.00	48,498	20
2	30.00	0.21	134,248	13,999
3	36.00	0.95	269,979	128,151
4	40.00	1.00	404,271	201,680
5	43.00	1.00	533,371	266,628
6	45.00	1.00	634,876	317,426

(3) 초기 생산률(S_0) 추정

초기 생산률은(S_0)은 연령별 생산률 추정치와 연령별 출생률 추정치, 고유치(λ)값 0.920을 이용하여 식(9)에 의해서 $S_0 = 0.0000102$ 로 구하였다.

연령별 어획사망계수는 1세 0.025, 2세 0.322, 3세 0.564, 4세 0.634, 5세 0.395, 6세 0.429로 구하였다. 자연사망계수는 $M = 0.49$ 로 산정하였다.

〈표 4-4〉 연령별 어획사망계수

연령	어획사망계수
1	0.025
2	0.322
3	0.564
4	0.634
5	0.395
6	0.429

〈표 4-5〉 연령별 생산률

연령	f_i	S_i	L_i	λ^{-1}	$f_i L_i \lambda^{-1}$
1	20	0.598	1	1.087	22
2	13,999	0.444	0.598	1.181	9,882
3	128,151	0.349	0.265	1.284	43,657
4	201,680	0.325	0.092	1.396	26,029
5	266,628	0.413	0.030	1.517	12,155
6	317,426	0.399	0.012	1.649	6,492
합계	927,904				

나. 자원량 및 어획량

2016년도 고등어 자원에 대한 연령별 생산률과 연령별 어획사망계수를 시나리오별로 산정하여 Leslie Matrix(식(1))를 이용하여 나타내었다. 현재 금지규정인 금어기 1개월 및 금지체장 21cm이하의 경우, 추정된 연령별 생산률과 출생률을 사용하여 나타내보면 〈표 4-6〉과 같이 나타난다. 이를 Leslie Matrix에 대입하여 나타내면 식(7)과 같다.

〈표 4-6〉 금어기 1개월 및 금지체장 21cm이하 생산률, 출생률, 암컷개체수

연령	f_i	S_i	FN_i
0		0.0000102	311,010,383
1	20	0.613	195,441,466
2	13,999	0.444	86,153,940
3	128,151	0.349	29,934,528
4	201,680	0.325	29,934,528

5	266,628	0.413	21,066,542
6	317,426	0.399	13,061,611
합계			656,668,469

$$M = \begin{bmatrix} 0.000 & 0.142 & 1.305 & 2.053 & 2.714 & 3.231 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.613 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.444 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.349 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.325 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.413 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

2016년 이후의 10년간의 변동을 살펴보기 위하여, Leslie Matrix, 2016년의 연령별 자원개체수, 성비, 연령별 생체량과 생산률을 이용하여 암컷 자원개체수(FN_i)의 변동을 추정한다. 이렇게 추정된 예상치와 연령별 암컷의 성비(fs_i)를 이용하여 총자원개체수(N_i)의 변동을 추정한다.

$$N_{i,t} = FN_{i,t} / fs_i \quad (8)$$

총자원개체수의 변동($N_{i,t}$)과 생체량(W_i)을 이용하여 생체량(B_i)의 변동을 구하며, 이를 이용하여 자원량의 변동을 구한다.

$$B_{i,t} = N_{i,t} \times W_i \quad (9)$$

자원량의 변동과 연령별 어획사망계수 <표 4-4>를 이용하여 어획량(C_i)의 변동을 추정하였다.

다. 생산금액 및 순현재가치(NPV)

생산금액은 2013년에서 2015년까지의 평균 생산단가를 구하여 어획량을 이용하여 추정하였다. 순현재가치(NPV)는 향후 10년간 사회적 할인율 5.5%를 적용했다(KDI, 2007).

〈표 4-7〉 평균생산가격

연도	생산량(톤)	생산금액(천원)	가격(천원)
2013	102,114	191,958,387	1,880
2014	127,452	208,506,228	1,636
2015	131,735	204,804,942	1,555
평균			1,690

자료: 통계청, 어업생산동향

V. 분석 결과

1. 생물학적 효과(자원량 및 어획량 변동)

포획·채취금지 규정에 따른 자원량과 어획량의 향후 10년간의 변동을 살펴보고자 한다. 먼저 현재 금지규정 하에서의 자원량과 어획량 변동을 살펴본 후 적절한 금어기간과 금지체장 설정을 위해서 시나리오별로 분석을 하였다.

현재 금지규정인 금어기 1개월(산란기 중 1개월) 및 금지체장 21cm이하의 규정 하에서의 자원량과 어획량의 변동을 구하였다. 연령별 생산률은 초기생산률 0.0000102, 1세 0.613, 2세 0.444, 3세 0.349, 4세 0.325, 5세 0.413, 6세 0.399를 이용하여 자원량 변동을 추정하였고, 연령별 어획사망계수는 1세 0.000, 2세 0.322, 3세 0.564, 4세 0.634, 5세 0.395, 6세 0.429를 이용하여서 어획량변동을 산정하였다.

자원량은 2016년 기준으로 547,897톤에서, 다음해 497,079톤으로 약 10%가 감소하는 것으로 나타났으며, 10년 후에는 249,735톤으로 기준해의 46%정도 밖에 되지 않는다. 어획량도 첫해 132,217톤에서 차년도 117,804톤으로 기준년도의 90%, 10년 후에는 60,540톤으로 50%이상 감소하는 것으로 나타났다.

〈표 5-1〉 금어기 1개월 및 금지체장 21cm이하 자원량 변동 (단위:톤)

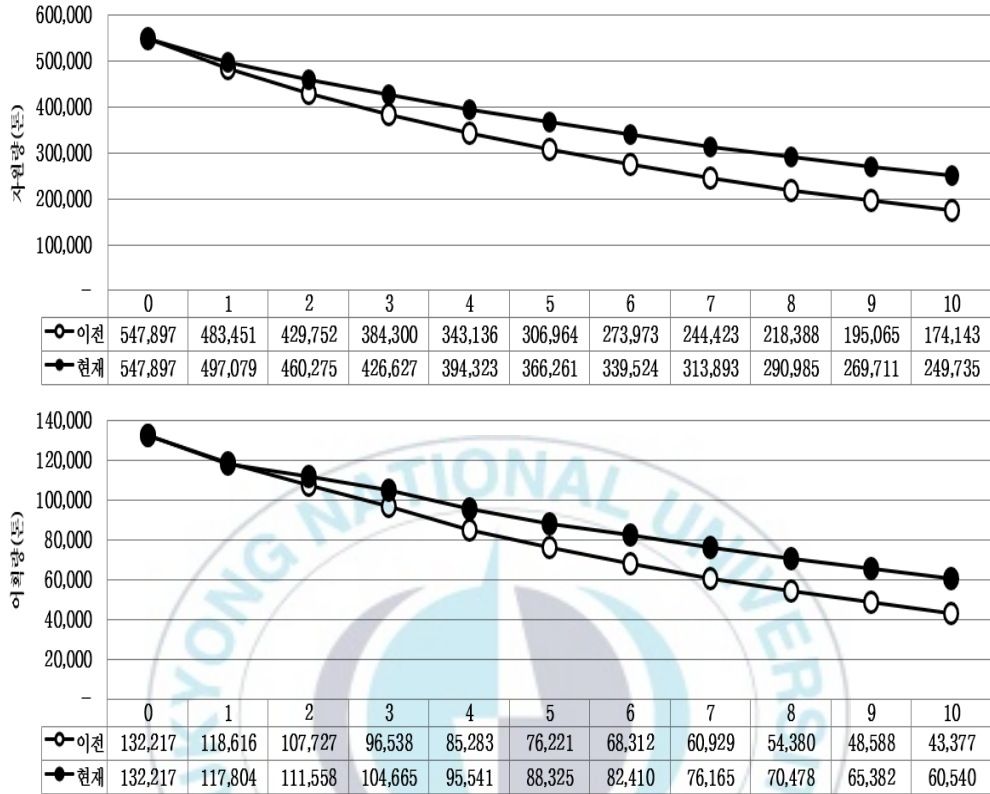
$B_{i,t}/t$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
현재	547,897	497,079	460,275	426,627	394,323	366,261	339,524	313,883	290,965	269,711	249,735
규정	100%	91%	84%	78%	72%	67%	62%	57%	53%	49%	46%

〈표 5-2〉 금어기 1개월 및 금지체장 21cm이하 어획량 변동 (단위:톤)

$C_{i,t}/t$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
현재	132,217	117,804	111,558	104,665	96,541	88,325	82,410	76,165	7,478	65,332	60,540
규정	100%	90%	86%	80%	73%	68%	63%	58%	54%	50%	46%

포획·채취금지규정 이전의 상황 하에서 10년간의 자원량과 어획량의 변동도 현재 금지규정과 동일한 생산물과 어획사망계수를 이용하여 추정하였다. 이것을 현재의 규정과 비교해서 나타내면 <그림 5-1>과 같다.

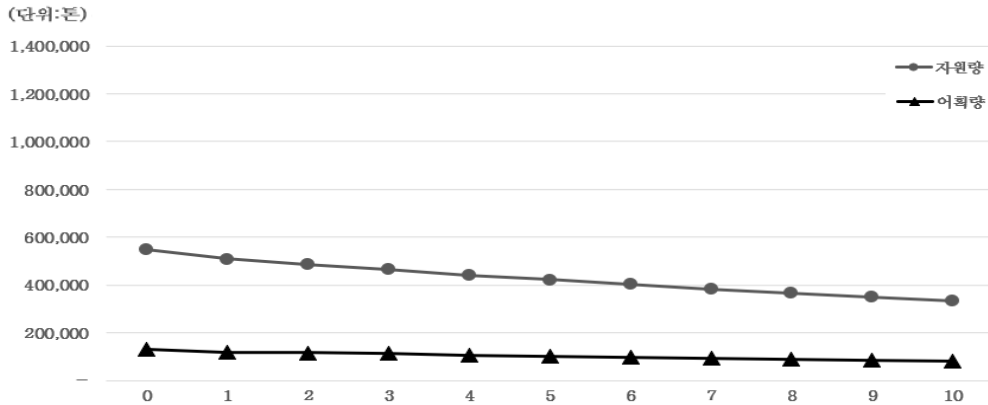
금어기 금지규정 이전의 자원량 변동을 살펴보면 금지규정 이전의 자원량은 기준년도 547,897톤에서 5년 후에는 306,964톤, 10년 후에는 174,143톤으로 감소하는 것으로 나타났다. 어획량도 132,217톤에서 5년 후에는 76,221톤, 10년 후에는 43,377톤으로 감소하는 것으로 나타났다. 규정 설정 이전보다 규정 설정 이후의 감소하는 곡선의 기울기가 더 완만해지기는 하지만 두 경우 모두 점점 감소하는 것으로 나타나서, 현재 규정 하에서는 자원회복의 목적 달성은 어려운 것으로 나타났다.



〈그림 5-1〉 금지규정 이전과 현재규정의 자원량과 어획량 변동

가. 금어기간 단일 변동(금지체장 21cm이하)

포획·채취금지 규정의 효과를 금어기간에 따라 살펴보기 위하여, 금지체장인 21cm이하 채취금지 규정 하에서 금어기간만 조정하여서 자원량과 어획량의 변동을 살펴보았다. 금어기를 2개월로 확대했을 경우, 산란기비율($\lambda = 0.947$), 초기생산률($S_0 = 0.0000113$)을 이용하여 산정하였다. 자원량은 547,897톤에서 10년 후 331,822톤으로 39%정도 감소한 것으로 나타났고, 어획량은 130,297톤에서 10년 후 79,280톤으로 40%정도 감소한 것으로 나타났다.



<그림 5-2> 금어기 2개월 및 금지체장 21cm 이하 자원량과 어획량 변동

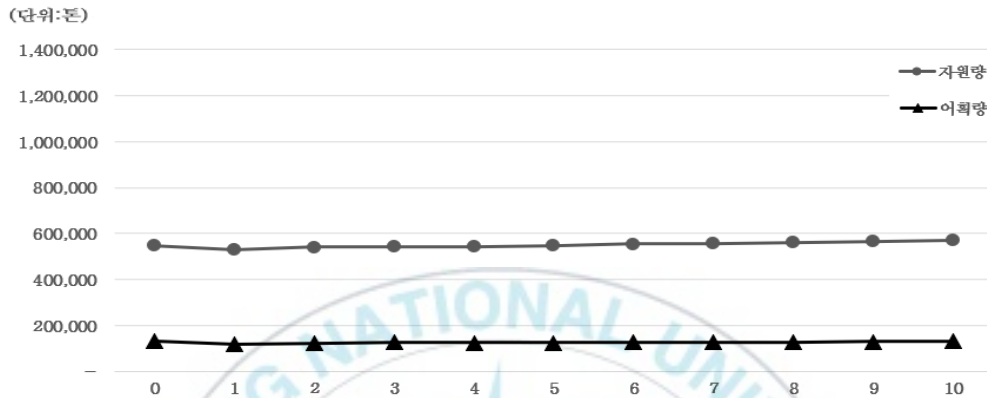
금어기를 3개월로 확대했을 경우, 산란기비율($\lambda = 0.974$), 초기생산률($S_0 = 0.0000125$)을 이용하여 추정하였다. 자원량은 438,082톤으로 20% 감소한 것으로 나타났으며, 어획량은 10년 후 103,159톤으로 22%감소한 것으로 나타났다.



<그림 5-3> 금어기 3개월 및 금지체장 21cm 이하 자원량과 어획량 변동

산란기 전체인 4개월을 금어기로 설정했을 경우, 산란기비율($\lambda = 1.00$)과 초기생산률($S_0 = 0.0000137$)을 이용하여 추정하였다. 자원량은 10년 후

569,140톤으로 초기 자원량의 104%로 자원량의 증가를 보이기 시작했다고 할 수 있다. 어획량은 10년 후 132,157톤으로 역시 초기 어획량대비 100%로 어획량 회복을 보이고 있다.



<그림 5-4> 금어기 4개월 및 금지체장 21cm 이하 자원량과 어획량 변동

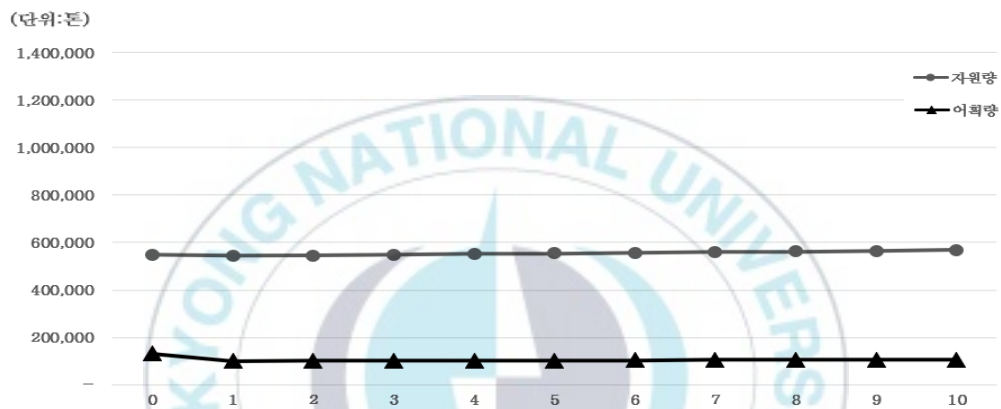
위의 분석결과를 살펴본 결과 금지체장이 현재 규정인 21cm이하로 되어 있을 경우에는 금어기가 산란기 전체인 4개월로 설정되거나, 최소 3개월 이상이 되어야 자원회복을 보일 수 있는 것으로 나타났다.

나. 금지체장 단일 변동(금어기 1개월)

포획·채취금지 규정의 효과를 금지체장의 변동에 따른 효과를 살펴보기 위하여, 금어기를 현재 규정인 산란기 중 1개월로 고정하고, 금지체장만 연령별로 1세(21cm이하), 2세(30cm이하), 3세(36cm이하)로 변동하여 시나리오별로 자원량과 어획량의 변동을 살펴보았다.

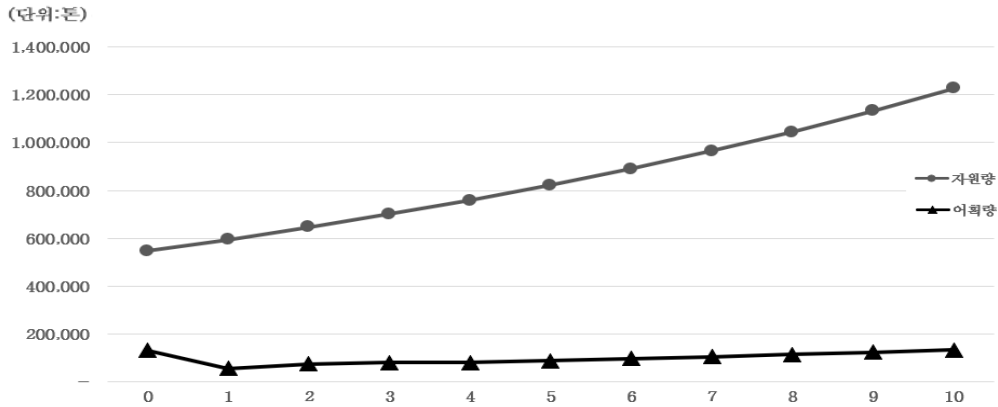
금어기 1개월일 때 체장 제한을 2세(30cm이하)로 설정하였을 경우, 초기생산률 0.0000102, 1세 때 0.613, 2세 0.613, 3세 0.349, 4세 0.325, 5세

0.413, 6세 0.399를 이용하여 자원량 변동을 구하였고, 연령별 어획사망 계수 1세 0.000, 2세 0.000, 3세 0.564, 4세 0.634, 5세 0.395, 6세 0.429를 이용하여 어획량 변동을 추정하였다. 자원량은 10년 후 568,173톤으로 기준년도 대비 104%로 증가하는 경향을 보였다. 어획량의 경우, 체장 제한으로 인하여 어획량이 감소하였으므로 기준년도 132,217톤 대비 106,547톤으로 81%로 감소하는 것으로 보였다.



<그림 5-5> 금어기 1개월 및 금지체장 30cm이하 자원량과 어획량 변동

금어기 1개월일 때 체장 제한을 3세(36cm이하)로 설정하였을 경우, 초기생잔률 0.0000102, 1세 0.613, 2세 0.613, 3세 0.613, 4세 0.325, 5세 0.413, 6세 0.399를 이용하여 자원량 변동을 추정하였다. 연령별 어획사망계수는 1세 0.000, 2세 0.000, 3세 0.000, 4세 0.634, 5세 0.395, 6세 0.429를 이용하여 어획량 변동을 추정하였다. 자원량은 10년 후 1,225,427톤으로 기준년도 대비 224%나 증가하는 것으로 보였다. 어획량은 134,622톤으로 기준년도 대비 102%가 증가하는 것으로 나타났다.



<그림 5-6> 금어기 1개월 및 금지체장 36cm이하 자원량과 어획량 변동

금어기가 1개월인 상황에서는 금지체장이 2세(30cm이하)이상일 경우부터 자원량이 증가하는 것으로 나타났다. 어획량의 경우 초기 어획량이 금지체장으로 인해서 감소하므로 감소하는 것으로 보이나 자원량이 증가하는 경향으로 보이므로 어획량도 회복될 것으로 예상된다.

다. 금지 체장과 금어기간 변동을 통한 시나리오별 분석

앞서 살펴본 결과에 의하면 금지체장 21cm이하인 경우 금어기가 3개월 이상이 되어야 자원회복이 가능한 것으로 나타났으며, 금어기가 1개월인 경우 금지 체장이 2세(30cm이하)이상인 되어야 자원회복이 가능한 것으로 나타났다. 이 외의 경우 금어기를 2개월, 3개월, 4개월로 설정 시, 그에 따른 금지 체장이 2세(30cm이하), 3세(36cm이하)일 경우를 시나리오별로 분석해보았다.

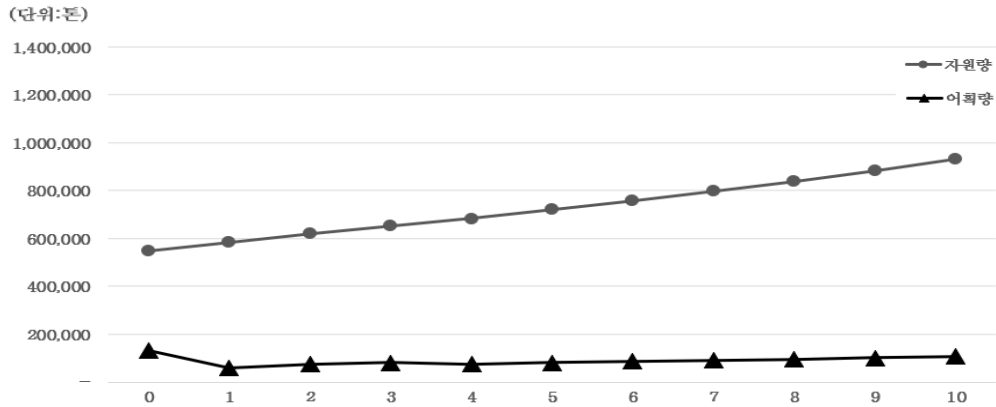
금어기가 1개월일 때 금지체장을 2세(30cm이하)로 설정했을 경우부터 자원량과 어획량의 회복을 보이는 것으로 나타났는데, 금어기가 없을 경

우 금지체장이 2세 이하, 3세 이하 일 경우의 자원회복 가능성에 대해 분석해 보았다. 금어기가 없을 경우에 산란기비율은 0.893, 초기생산률은 0.000091을 이용하였다. 금지체장만 2세 이하로 설정 시, 생산률은 1세 0.613, 2세 0.613, 연령별 어획사망계수는 1세에서 2세까지 0.000을 이용하였다. 자원량은 547,897톤에서 10년 후 424,813톤으로 22% 감소하는 것으로 나타났으며, 어획량은 132,217톤에서 81,710톤으로 38% 감소하는 것으로 나타났다.



<그림 5-7> 금지체장 30cm이하 자원량과 어획량 변동

금어기가 없는 상황에서 금지체장을 3세 이하로 늘렸을 경우, 생산률은 1에서 3세까지 0.613, 연령별 어획사망계수는 1세에서 3세까지 0.000을 이용하였다. 자원량은 547,897톤에서 930,673톤으로 170%증가하는 것으로 나타났다. 어획량은 132,217톤에서 106,752톤으로 19%감소하는 것으로 나타났으나 이는 어획 금지체장이 확대된 결과로 보이며, 자원회복의 경향을 보인다고 하겠다.



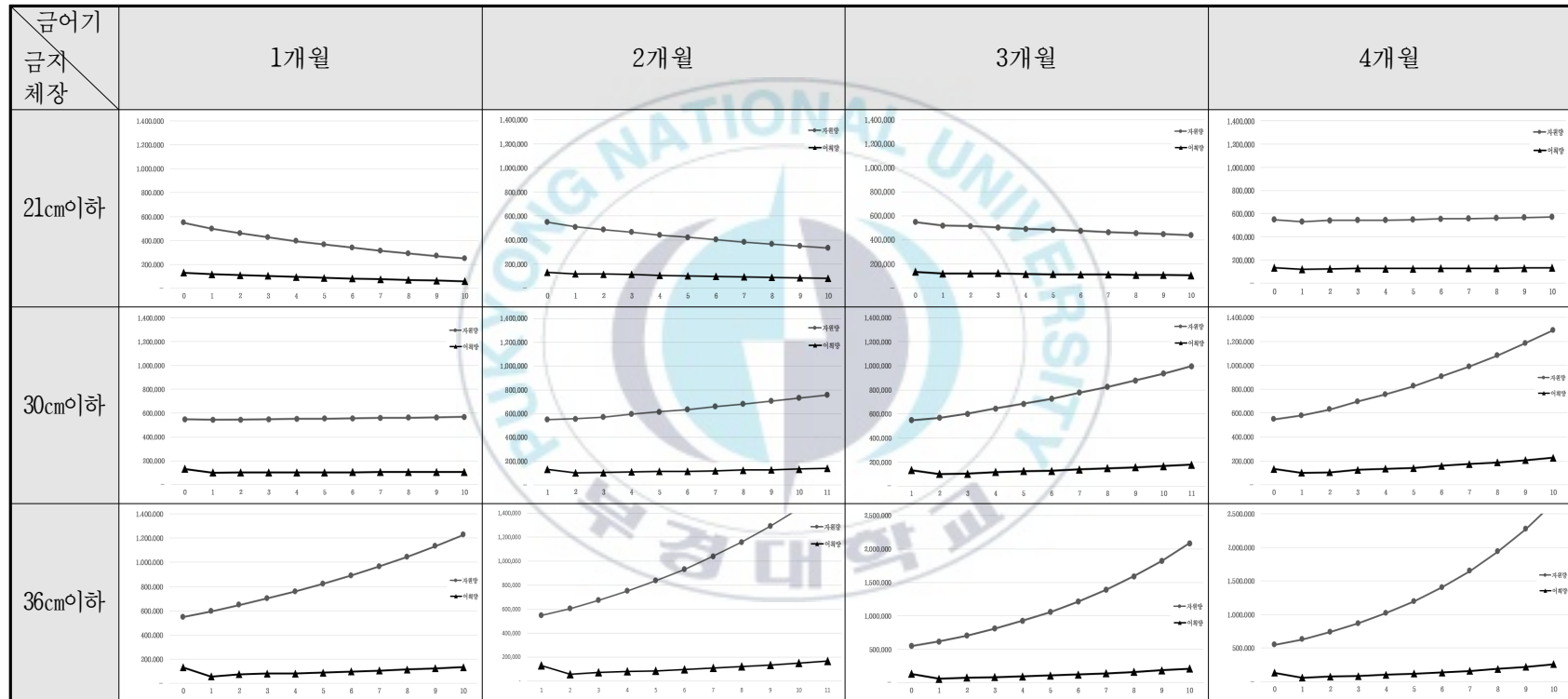
〈그림 5-8〉 금지체장 36cm이하 자원량과 어획량 변동

금어기와 금지체장의 설정을 시나리오별로 설정하여 자원량과 어획량의 변동을 전체적으로 살펴본다면 <표 5-3>과 같다.

금어기 1개월, 2개월, 3개월 하에서는 금지체장을 30cm이하로 설정했을 경우부터 자원량이 증가하는 경향을 보이며, 산란기 전체 4개월을 금어기로 설정하였을 경우는 금지체장에 관계없이 자원량이 증가하는 경향을 보인다. 전체적으로 살펴보았을 때 금어기를 3개월 이상으로 설정하거나 산란기 전체인 4개월을 금어기로 설정했을 때, 혹은 금지체장을 30cm이하로 제한했을 경우에 자원회복이 가능한 것으로 보인다.

<표 5-3> 시나리오별 어획량과 자원량 변동

(단위: 톤)

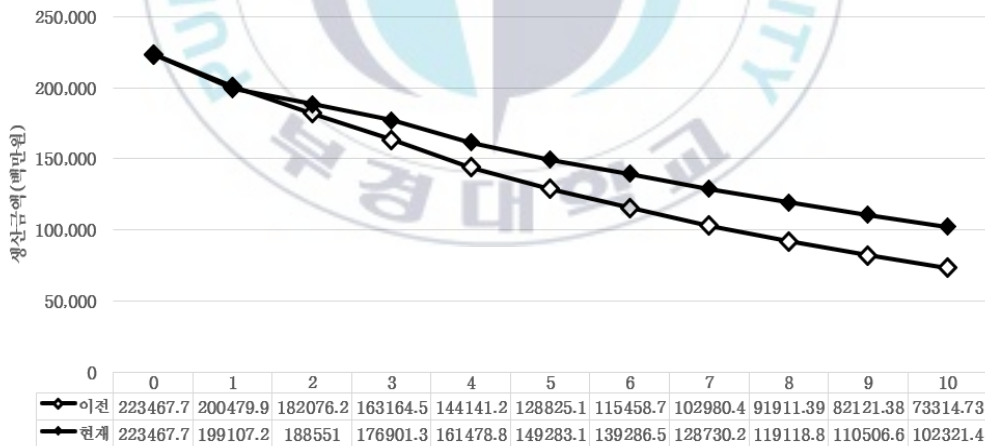


2. 경제학적 효과

포획·채취금지 규정에 따른 경제학적인 효과를 분석하기 위하여 10년 동안의 생산금액의 변동과 순현재가치(Net Present Value)를 도출하였다.

현재 금지규정 이전 상황 하에서의 생산금액과 NPV를 추정해 본 결과 생산금액은 금지규정이 없는 설정에서는 223,468백만원에서 10년 후 73,315백만원으로 감소하였으며, NPV는 1,174,423백만원으로 나타났다.

현재규정(금어기 1개월, 금지체장 21cm이하)의 상황 하에서 생산금액은 223,468백만원에서 10년 후 102,321백만원으로 감소하는 것으로 나타났고, NPV는 1,300,572백만원으로 나타났다. 생산금액은 금지규정 이전보다 현재규정 상황 하에서가 더 높게 나타났고, NPV 또한 규정 이전보다 현재규정 상황 하에서가 더 높게 나타났다.



<그림 5-9> 규정 이전과 현재규정 생산금액 변동

〈표 5-4〉 규정 이전과 현재규정 NPV

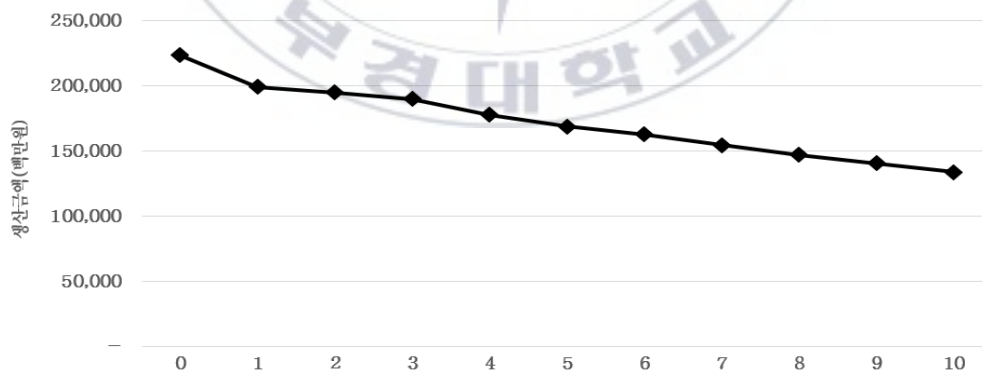
	금지 규정 이전(A)	현재 금지 규정(B)	B/A
NPV(백만원)	1,174,423	1,300,572	1.11

*NPV는 향후 10년 동안 5.5% 사회적 할인을 적용(KDI, 2007)

가. 금어기간 단일 변동(금지체장 21cm이하)

어획량 변동을 이용하여 생산금액의 변동을 분석해 보았다. 금지체장을 현재규정인 21cm이하로 설정하고 금어기간만 1개월, 2개월, 3개월, 산란기 전체인 4개월로 변동하여서 생산금액의 추이를 구하고, 각 시나리오마다 NPV를 도출하였다.

금어기를 2개월로 설정하였을 때 생산금액은 223,468백만원에서 10년 후 133,996백만원으로 감소하였다. NPV는 1,428,319백만원으로 추정되었다.



〈그림 5-10〉 금어기 2개월 및 금지체장 21cm이하 생산금액 변동

〈표 5-5〉 금어기 2개월 및 금지체장 21cm이하 NPV

	이전	현재	금어기 2개월, 21cm이하
NPV(백만원)	1,174,423	1,300,572	1,428,319

*NPV는 향후 10년 동안 5.5% 사회적 할인율 적용(KDI, 2007)



〈그림 5-11〉 금어기 3개월 및 금지체장 21cm이하 생산금액 변동

금어기를 3개월로 설정하였을 때 생산금액은 223,468백만원에서 10년 후 174,355백만원으로 감소한 것으로 나타났다. NPV는 1,577,352백만원으로 추정되었다.

〈표 5-6〉 금어기 3개월 및 금지체장 21cm이하 NPV

	이전	현재	금어기 3개월, 21cm이하
NPV(백만원)	1,174,423	1,300,572	1,577,352

*NPV는 향후 10년 동안 5.5% 사회적 할인율 적용(KDI, 2007)

금어기를 4개월로 설정하였을 때 생산금액은 223,468백만원에서 223,367백만원으로 감소한 것으로 나타났다. 순현재가치는 1,744,278백만

원으로 나타났다.

〈표5-7〉 금어기 4개 및 금지체장 21cm이하 NPV

	이전	현재	금어기 4개월, 21cm이하
NPV(백만원)	1,174,423	1,300,572	1,744,278

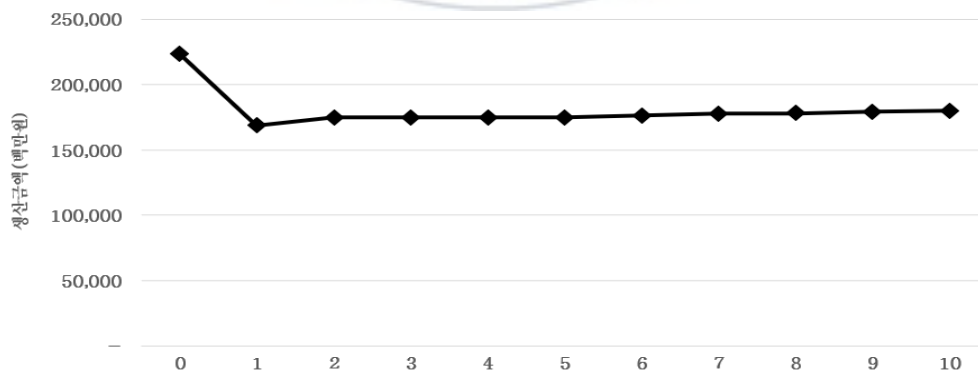
*NPV는 향후 10년 동안 5.5% 사회적 할인율 적용(KDI, 2007)

금지체장 21cm이하로 고정된 상황에서 금어기간이 1개월, 2개월, 3개월, 4개월로 확대됨에 따라 NPV도 증가하는 것으로 나타났다.

나. 금지체장 단일 변동(금어기 1개월)

금어기를 현재규정인 1개월인 상황에서 금지체장을 1세(21cm이하), 2세(30cm이하), 3세(36cm이하)로 변동하여 생산금액을 추정하였다.

금지체장이 1세인 경우는 앞에서 살펴본 바와 같고, 2세(30cm이하)인 경우 생산금액은 223,468백만원에서 10년 후 180,082백만원으로 감소하였다. NPV는 1,466,470백만원으로 나타났다.



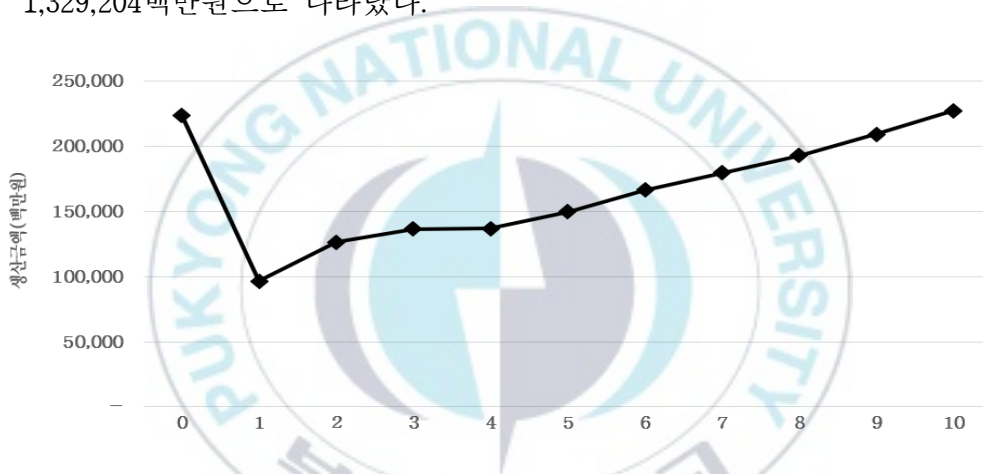
〈그림5-12〉 금어기 1개월 및 금지체장 30cm이하 생산금액 변동

〈표 5-8〉 금어기 1개월 및 금지체장 30cm이하 NPV

	이전	현재	금어기 1개월, 30cm이하
NPV(백만원)	1,174,423	1,300,572	1,466,470

*NPV는 향후 10년 동안 5.5% 사회적 할인율 적용(KDI, 2007)

금어기 1개월 하에서 금지체장 3세(36cm이하)인 경우 생산금액은 223,468백만원에서 227,532백만원으로 증가하는 것으로 나타났다. NPV는 1,329,204백만원으로 나타났다.



〈그림 5-13〉 금어기 1개월 및 금지체장 36cm이하 생산금액 변동

〈표 5-9〉 금어기 1개월 및 금지체장 36cm이하 NPV

	이전	현재	금어기 1개월, 36cm이하
NPV(백만원)	1,174,423	1,300,572	1,329,204

*NPV는 향후 10년 동안 5.5% 사회적 할인율 적용(KDI, 2007)

금어기 1개월 하에서 금지체장이 커질수록 NPV가 커질 것으로 예상했으나, 금지체장이 30cm이하 일 때가 가장 큰 값을 가지며, 36cm이하로 금

지체장을 확대하였을 때는 오히려 NPV는 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 어획량과 마찬가지로 금지체장의 증가로 초기 어획량이 줄어들기 때문일 것으로 예상된다.

다. 금지 체장과 금어기간 변동을 통한 시나리오별 분석

앞에서 살펴본 금지규정 이전과 현재규정 하에서 변동과 금어기 1개월 상황 하에서 금지체장을 변화시켰을 때와 금지체장을 21cm이하로 고정하고 금어기간만 변화시켰을 때를 분석해 보았다. 금어기간을 2개월, 3개월, 4개월로 확대한 경우와 금지체장 1세, 2세, 3세로 확대했을 때의 경우를 시나리오별로 설정하여 생산금액과 순현재가치(NPV)의 변동을 추정해 보았다.

금어기 2개월일 때 생산금액은 금지체장 21cm이하일 때 133,996백만원, 30cm이하일 때 223,240백만원, 36cm이하일 때 285,071백만원으로 나타났고, NPV는 1,428,319백만원, 1,622,267백만원, 1,459,859백만원 순으로 나타났다. NPV는 금지 체장이 30cm이하 일 경우 가장 큰 값을 나타내었다.

금어기 3개월일 때 생산금액은 금지체장 21cm이하일 때 174,355백만원, 30cm이하일 때 300,149백만원, 36cm이하일 때 354,988백만원으로 증가하는 것으로 나타났고, NPV는 1,577,352백만원, 1,804,411백만원, 1,610,364백만원 순으로 나타났다. NPV는 역시 금지체장 30cm이하의 경우가 가장 높은 값을 나타내었다.

산란기 전체(4개월)를 금어기로 설정하였을 때 생산금액은 금지체장 21cm이하 일 때 223,367백만원, 30cm이하일 때 380,436백만원, 36cm이하일 때 436,109백만원으로 증가하는 경향을 나타내었다. NPV도 1,744,278

백만원, 2,008,695백만원, 1,776,602백만원 순으로 나타났다. 이 역시 금지체장 30cm이하의 경우가 NPV가 가장 높은 것으로 나타났다. 이처럼 금어기가 동일 할 때 NPV가 금지체장이 30cm이하 일 경우가 36cm이하로 금지체장을 확장했을 경우보다 큰 이유는 체장이 늘어날수록 잡을 수 있는 초기 어획량이 줄어들기 때문인 것으로 보인다.

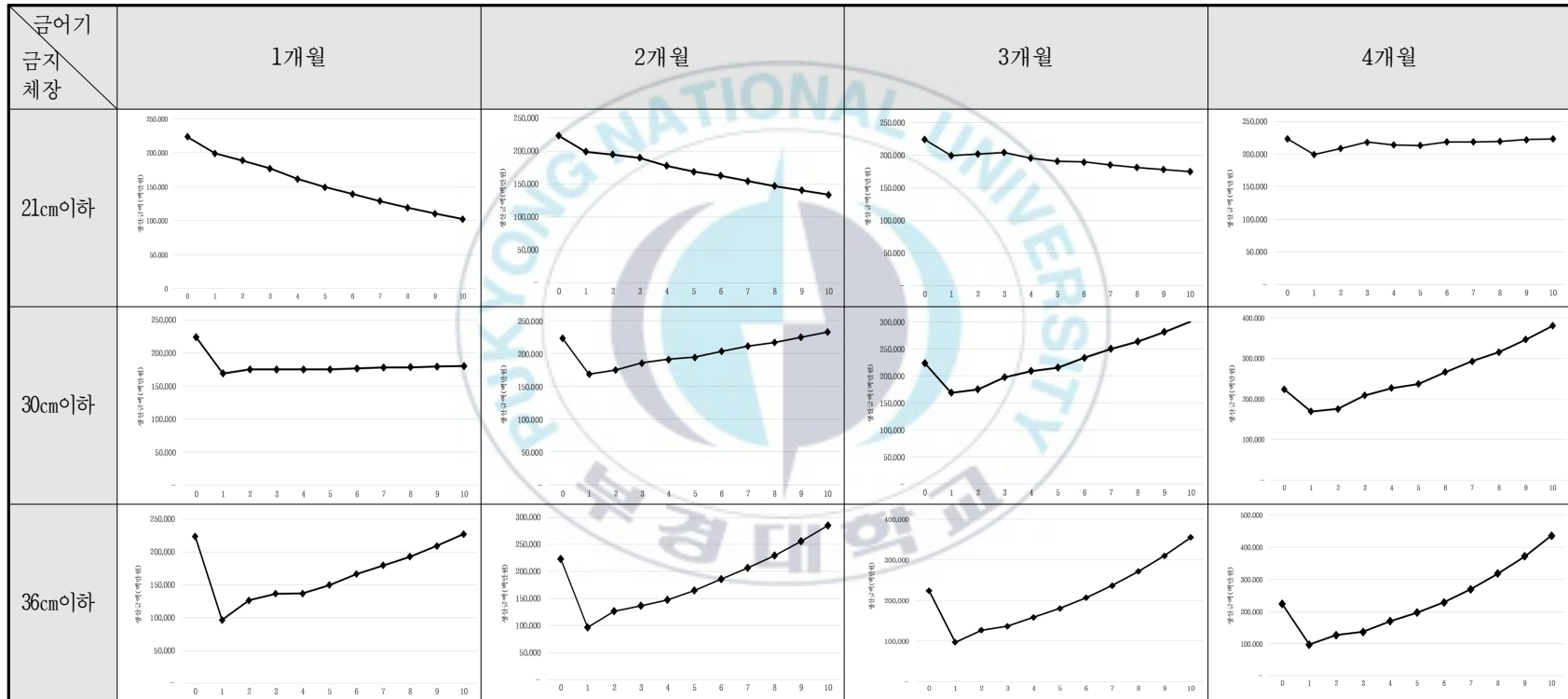
〈표 5-10〉 시나리오별 생산금액과 NPV

	생산금액(백만원)	순현재가치(NPV) (백만원)
금지규정 이전	73,315	1,174,423
현재규정 (1개월, 21cm이하)	102,321	1,300,572
1개월, 30cm이하	180,082	1,466,470
1개월, 36cm이하	227,532	1,329,204
2개월, 21cm이하	133,996	1,428,319
2개월, 30cm이하	233,240	1,622,267
2개월, 36cm이하	285,071	1,459,859
3개월, 21cm이하	174,355	1,577,352
3개월, 30cm이하	300,149	1,804,411
3개월, 36cm이하	354,988	1,610,364
4개월, 21cm이하	223,367	1,744,278
4개월, 30cm이하	380,436	2,008,695
4개월, 36cm이하	436,109	1,776,602

*NPV는 향후 10년 동안 5.5% 사회적 할인율 적용(KDI, 2007)

<표 5-11> 시나리오별 생산금액 변동

(단위: 백만원)



Ⅵ. 요약 및 결론

1. 연구 요약 및 결론

본 연구는 어업관리수단 중 하나인 포획·채취금지규정의 효과를 분석하고자 대중적인 어종인 고등어를 대상으로 연령구조모형을 이용하여 자원량과 어획량의 변동을 추정함으로써 생물학적 효과를 분석하였고, 생산금액의 변동을 통해 순현재가치(NPV)를 도출함으로써 경제적 효과도 분석하였다.

현재 포획·채취금지규정에서 정하고 있는 금어기 1개월, 금지체장 21cm이하에서의 자원량과 어획량 변동을 추정함으로써 현재규정의 효과를 분석하였을 뿐만 아니라, 금어기 확대와 금지체장 확대 등을 통해서 이러한 변화가 자원량과 어획량 변동에 미치는 영향과 생산금액 변동과 순현재가치(NPV)의 분석을 통해 경제적 효과도 분석해 보았다.

고등어의 산란기는 3월에서 6월까지의 약 4개월로 현재 포획·채취금지규정은 그 중 단 1개월을 금어기로 정하여 실시하고 있다. 본 연구에서는 금어기간의 변동에 따른 변화를 살펴보기 위하여, 금어기를 산란기 중 1개월, 2개월, 3개월, 4개월로 확대하여 금어기간 설정에 따른 효과를 분석해 보았다. 금지체장과 관계없이 자원량과 어획량은 금어기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다. 금어기 1개월 하에서 금지체장이 21cm이하인 경우는 어획량과 자원량이 각각 처음대비 46%로 감소하였고, 금지체장이 30cm이하인 경우부터 자원량이 처음 대비 104%로 회복의 조짐을 보였다. 금어기 2개월 하에서도 금지체장 21cm이하인 경우는 자원

량과 어획량 모두 처음대비 약 60%정도로 감소하는 경향을 나타내었으나, 금지체장을 30cm이하로 확장했을 때 자원량과 어획량 모두 처음대비 약 140%이상으로 나타나 증가를 보였다. 금어기를 3개월로 확대했을 경우도 금지체장 21cm이하의 경우에는 자원량과 어획량이 감소하였으나 30cm이하로 확대했을 경우부터는 둘 다 증가하는 경향을 보였다. 그러나 산란기 전체 4개월을 금어기로 설정하였을 경우는 금지체장이 21cm이하인 경우부터 자원량과 어획량 모두 회복되는 모습을 보였다. 이상의 결과들에서 금어기의 확대보다는 금지체장을 30cm이하로 늘리는 편이 자원회복에 더 효율적이라는 것을 예상할 수 있다. 이는 금지체장 설정 시 미성어 어획률의 감소로 자원증대 효과가 더 잘 나타나기 때문인 것으로 보인다. 또한 산란자원보호를 위해서 금어기를 산란기 전체인 4개월로 늘리거나 최소 3개월 이상을 금어기로 설정했을 때 자원회복을 도모할 수 있을 것으로 기대된다.

경제적 효과 분석을 위해 어획량의 변동과 생산단가의 평균치를 이용하여 생산금액의 변동을 유추해 보았다. 생산금액의 변동도 어획량의 변동에 따라 비슷한 결과를 나타내었다. 금어기간이 길어질수록 금지체장이 커질수록 생산금액의 증가 정도가 커지는 것을 볼 수 있다. 현재규정인 금어기 1개월, 금지체장 21cm이하의 경우 생산금액은 10년 후 처음대비 46%로 감소한 것으로 나타났으며, 30cm이하일 경우 81%, 36cm이하일 경우에는 처음대비 100%를 넘어서는 것을 볼 수 있다. 금어기가 2개월을 넘어서면서 금지체장 30cm이하인 경우부터 점점 증가하는 경향을 보인다. NPV는 동일 금어기간 내에서 금지체장이 30cm이하인 경우보다 36cm이하로 늘어났을 경우 그 값이 떨어지는 것으로 나타났다. 금어규정 이전의 NPV는 1,174,423백만원, 금어기 1개월일 때 금지체장 21cm이하인 경우 1,300,572백만원, 30cm이하인 경우 1,466,470백만원, 36cm이하인 경

우 1,329,204백만원으로 금지체장 30cm이하인 경우가 가장 큰 값을 보이며, 이는 금어기간이 길어지더라도 동일하다. 동일 금어기간에서는 금지체장 30cm이하인 경우가 가장 큰 값을 보인다. 이는 금지체장이 길어질수록 어획되는 초기 물량이 감소하기 때문인 것으로 예상된다. 이러한 연구 결과를 살펴볼 때 금어기간과 금지체장의 변동을 통해서 자원량과 어획량 회복에 효과를 나타낸다는 것을 알 수 있다.

2. 연구의 한계점과 시사점

생물학적 효과의 분석결과를 살펴보면 금어기간을 늘리는 것보다 금지체장을 확대하는 편이 더 효율적인 것으로 나타난다. 이에 따르면 금지체장 확대를 위한 일정 체장 이상의 어획을 위한 어구가 필요하다. 하지만 현재의 어구 기술로는 일정 체장 이상의 어류만 어획하는 것은 거의 불가능하며, 특히 대부분의 고등어를 어획하는 대형선망어업의 경우 일시다획성어업으로 선별적 어획이 불가능하여, 역시 일정 체장 이상의 어류만 어획한다는 것은 사실상 어렵다고 하겠다. 그러므로 금어기간을 늘리는 방안이 현실성이 높으며 이를 통한 산란자원의 보호 및 미성어 보호를 통한 자원회복을 도모해야 할 것으로 보인다. 고등어는 산란기가 5~7월이고 주 어획시기가 9~12월이다. 앞에서 살펴본 우리나라 고등어 회유도를 보면 봄철에는 동중국해 해역과 제주도 남쪽해역에서 서식하며 여름이 다가오면서 수온이 상승함에 따라 점점 북상하는 형태를 띠고 있다. 이러한 고등어의 생태적 특성을 고려하여 금어기간 확대와 더불어 시기별로 금어구역 설정을 한다면 더욱 효율적인 방안을 마련할 수 있을 것으로 보인다. 현재 동해정치망의 경우는 고등어 자원을 한정된 시기에

만 어획하고 있다. 이처럼 상황에 맞게 해역별로 금어시기를 설정하는 것도 대안이 될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 현재 시행되고 있는 수산자원관리수단을 각 상황별 시나리오를 통해서 생물학적·경제학적인 효과를 분석함을 통해 정책적 기초자료를 제시할 수 있다는 점에서 의의를 가진다고 하겠다. 현재 시행 중인 제도를 개선하거나 새로운 어업관리수단을 도입해야 할 경우에 앞서 어업관리수단의 효과를 비교·평가할 수 있는 토대를 마련하였다고 할 수 있겠다. 따라서 정부의 정책마련에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 본 연구에서 사용된 자료의 불확실성이 존재한다는 한계점이 있다. 조사를 통한 데이터의 수집과정에서 발생한 오류로 인하여 밀도에 의한 자원량과 어획량의 결과는 도출하지 못하는 등 다양하고 명확한 결과 도출에 한계를 지니고 있다. 과학적 분석의 경우는 정확한 데이터가 중요하므로 추후 연구에서는 이러한 점을 보완해서 명확하고 확실한 자료를 통해서 더 다양한 변수를 도입하여 연구를 할 수 있도록 해야 할 것이다.

우리나라는 수산자원회복을 위한 다양한 어업자원관리수단들을 시행하고 있다. 수산자원관리법 제8조 및 수산자원관리법 시행령 제3조에 의해서 수산자원관리기본계획(2011~2015)을 수립하여 수산자원관리정책을 시행하고 있다. 자원회복을 위해 포획·채취금지규정 이외에 인공어초 및 바다목장, 바다 숲 조성사업 등의 산란·서식장 조성사업, 종묘방류, 총허용어획량(TAC)도입, 휴어제 등의 정책 이외에도 허가정수, 톤수·마력수 규제, 어선감척 등의 정책을 시행하고 있다(수산자원관리시행계획, 해양수산부, 2015). 본 연구에서는 포획·채취금지규정만을 대상으로 하여 연구하였으나 연구의 결과에 영향을 미치는 추가적인 요인을 고려한 분석이 이루어져야 하므로 추후 연구에서는 시행되고 있는 다른 어업관

리수단들과의 보완적인 수단을 병합한 연구를 해 나가야 할 것이다. 또한 금어기 해제 후의 급격한 어획량 증가를 방지하기 위해서는 총허용어획량(TAC)제도와 같은 타 어업관리수단들과의 연계한 관리가 필요하므로 통합적인 연구가 필요할 것으로 보인다.



참고문헌

- 김진영 · 강영실 · 정희동(1999), “한국 연근해 고등어 자원량의 장기변동과 해양 환경”, 한국수산자원학회지, 2, 92-100
- 남종오(2011), “해말토니안기법을 이용한 대형선망어업의 고등어 · 전갱이 최적어 획량 결정”, KMI 해양정책연구보고서, 26(2), 21-46
- 서영일 · 천성훈 · 김도훈(2014), “선형계획법을 이용한 생태계 기반 TAC어업관리 에 관한 연구”, J. Fish. Bus. Adm., 45(2)
- 서영일 · 황강석 · 차형기 · 오택윤 · 조현수 · 김병엽 · 류경진 · 이유원(2017), “근대 대형선망어업에서 어로기술개발에 따른 어획성능지수 변동”, 한국어업기 술학회지, 53(1), 012-018
- 이햇님 · 김형석(2011), “대형선망어업에 있어서 고등어(*Scomber japonicus*)어장의 어황변동”, 한국어업기술학회지, 47(2), 108-117
- 이성일 · 서영일(2001), “한국 연근해 보구치, *Argyrosomus argentatus*의 Leslie Matrix에 의한 자원변동 예측”, J. Korean Fish. Soc. 34(5), 423-429
- 이장욱 외(2000), “배타적경제수역(EEZ) 주요 어업자원의 생태와 어장”, 국립수산 진흥원

조정희 · 홍성걸 · 오순택 · 정명생 · 이상민(2001), “생물경제모형을 이용한 고등어
자원의 최적어획량 추정에 관한 연구”, KMI연구보고서

조정희 · 이정삼 · 남종오(2009), “생물경제모형을 이용한 수산물 최적생산량 추정
및 활용에 관한 연구”, KMI연구보고서

천성훈 · 서영상 · 김도훈(2015), “정수선형계획법을 이용한 금어기 제도의 효과 분
석”, 한국수산경영학회지, 46(3)

최영민 · 장창익 · 김영섭 · 백척인 · 박영철(2004), “한국 근해 고등어의 생태학적
특성치 및 자원량 변동”, 한국수산자원학회지, 6(2), 79-89

최종열 · 김도훈(2009), “자율갱신적 어업자원의 최적 생산 결정: 고등어 대형선망
어업을 사례로”, 한국생산관리학회지, 20(1)

표희동 · 권석재(2004), “생물경제학적 어업자원 관리정책에 관한 연구”, 한국수산
해양교육연구학회지, 16(1),84-98

국가법령정보센터, www.law.go.kr, 수산자원관리법, 수산자원관리법시행령

부산공동어시장, <http://www.bcfm.co.kr/data>, 어종별 월실적

해양수산통계시스템, <https://www.mof.go.kr/statPortal>, 어업자원/등록어선통계/어업
별 업종별 어선세력

해양수산부, 2015년 수산자원관리시행계획, 해양수산부

Anderson, C. J., & Govender, A., Branch, G. M. (2007), “Are closed fishing seasons an effective means of increasing reproductive out put? A per-recruit simulation using the limpet *Cymbula granatina* as a case history” , Fisheries Research, 85, 93-100

Anderson, L. G. (1986), “The economics of fisheries management” , Johns Hopkins University Press.

Cheng, H. T., & Townsend, R. E. (1993), “Potential impact of seasonal closures in the U.S. lobster fishery” , Marine Resource Economics, 8, 101-117.

Clark, C. (1990), “Mathematical bioeconomics: The optimal management of renewable resources” , John Wiley & Sonsm Inc.

Conrad, J. (1999), “Resource economics” , Cambridge University Press.

Gaither, N. (1980), “A stochastic constrained optimization model for determining commercial fishing seasons” , Management Science, 26(2), 143-154.

Grantham, H. S., Petersen, S. L., & Possingham, H. P. (2008), “Reducing bycatch in the South African pelagic longline fishery:

the utility of different approaches to fisheries closures” ,
Endangered Species Research, 5, 291-299.

Hilborn, R. & Waters C. J.(1992), “Quantitative fisheries stock
assessment” , Chapman & Hall

Nakashima, J. (1982), “On the growth and age of three populations of
Jack mackerel, *Trachurus japonicus*, in the western seas of
Japan” , Bulletin of the Seikai Regional Fisheries Research
Laboratory, 57, 47-58.

Oliveira, M. M., Camanho, A. S., & Gaspar, M. B. (2014), “ Enhancing
the performance of quota managed fisheries using seasonality
information: The case of the Portuguese artisanal dredge fleet” ,
Marine Policy, 45, 114-120.

Rodrigues, A.(1990), “Operations Research and Management in
Fishing” , Kluwer Academic Publishers.

Somers, I., & Wang, Y. G. (1997) “A simulation model for evaluating
seasonal closures in Australia’s multispecies northern prawn
fishery” , North American Journal of Fisheries Management,
17(1), 114-130