



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

생물경제모델을 이용한 참조기
어업관리수단의 효과 분석



2016년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 수 산 경 영 학 과

김 준 성

경 영 학 석 사 학 위 논 문

생물경제모델을 이용한 참조기
어업관리수단의 효과 분석

지도교수 김 도 훈

이 논문을 경영학석사 학위논문으로 제출함.

2016년 02월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 수 산 경 영 학 과

김 준 성

김준성의 경영학석사 학위논문을 인준함.

2016년 2월 26일



위원장 수산학박사 송정헌



위원 이학박사 서영일



위원 경영학박사 김도훈



목 차

I. 서 론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 선행연구	5
II. 참조기 어업현황	9
1. 생산 동향	9
2. 주요 어업들의 어업노력량 및 CPUE 변화	11
III. 분석 방법 및 자료	14
1. 분석 방법	14
2. 분석 자료	23
IV. 분석 결과	28
1. 참조기 자원동태모델 분석 결과	28
2. 권고안별 분석 결과	30
V. 요약 및 결론	69
1. 요약	69
2. 결론 및 한계점	71
참고문헌	74

표 목 차

<표 1-1> 우리나라 연도별 자원회복 대상종 현황	4
<표 1-2> 선행연구	8
<표 3-1> 연도별 어업별 어획노력량	25
<표 3-2> 연도별 어업별 어획량	26
<표 3-3> 2013년 어업별 출어비	27
<표 4-1> 참조기 CYP모델 회귀분석 결과	29
<표 4-2> CYP모델에 의한 참조기 생물학적 변수 및 MSY	29
<표 4-3> MSY 및 연도별 어획량	29
<표 4-4> 권고안별 효과 분석(SQ)	30
<표 4-5> 권고안별 효과 분석(포획금지체장 15cm)	33
<표 4-6> 권고안별 효과 분석(포획금지기간)	36
<표 4-7> 권고안별 효과 분석(포획금지체장 15cm + 포획금지기간)	39
<표 4-8> 권고안별 효과 분석(TAC 30,000톤)	42
<표 4-9> 권고안별 효과 분석(TAC 28,000톤)	45
<표 4-10> 권고안별 효과 분석(근해자망어업 어획강도 23.8% 감축)	58
<표 4-11> 권고안별 효과 분석(포획금지체장 15cm+포획금지기간+근해자망어업 어획강도 23.8% 감축)	61
<표 4-12> 권고안별 어업매출 추정(2015~2025)	64
<표 4-13> 권고안1 효과분석	65
<표 4-14> 권고안2 효과분석	65
<표 4-15> 권고안3 효과분석	66

그림 목 차

<그림 2-1> 참조기 총어획량 및 어업별 어획량 변화(1990~2013)	10
<그림 2-2> 어업별 어선수 변화(1990~2013)	12
<그림 2-3> 어업별 CPUE(척) 변화(1990~2013)	12
<그림 2-4> 어업별 참조기 어장변화	13
<그림 3-1> 생물경제모델의 구축 절차	18
<그림 4-1> 자원량과 어획량의 변화(SQ)	31
<그림 4-2> 2025년 자원회복 목표달성 확률(SQ)	32
<그림 4-3> 자원량과 어획량의 변화(포획금지체장15cm)	34
<그림 4-4> 2025년 자원회복 목표달성 확률(포획금지체장15cm)	35
<그림 4-5> 자원량과 어획량의 변화(포획금지기간)	37
<그림 4-4> 2025년 자원회복 목표달성 확률(포획금지기간)	38
<그림 4-7> 자원량과 어획량의 변화(포획금지체장15cm+포획금지기간)	40
<그림 4-4> 2025년 자원회복 목표달성 확률(포획금지체장15cm+포획금지기간) ..	41
<그림 4-9> 자원량과 어획량의 변화(TAC 30,000톤)	43
<그림 4-4> 2025년 자원회복 목표달성 및 자원고갈 확률(TAC 30,000톤)	44
<그림 4-11> 자원량과 어획량의 변화(TAC 28,000톤)	46
<그림 4-12> 2025년 자원회복 목표달성 및 자원고갈 확률(TAC 28,000톤)	47
<그림 4-13> 자원량과 어획량의 변화(TAC 25,000톤)	50
<그림 4-14> 2025년 자원회복 목표달성 및 자원고갈 확률(TAC 25,000톤)	51
<그림 4-15> 자원량과 어획량의 변화(TAC 23,000톤)	52
<그림 4-16> 2025년 자원회복 목표달성 및 자원고갈 확률(TAC 23,000톤)	53
<그림 4-17> 자원량과 어획량의 변화(TAC 20,000톤)	54
<그림 4-18> 2025년 자원회복 목표달성 및 자원고갈 확률(TAC 20,000톤)	55
<그림 4-19> 자원량과 어획량의 변화(TAC 15,000톤)	56
<그림 4-20> 2025년 자원회복 목표달성 및 자원고갈 확률(TAC 15,000톤)	57

<그림 4-21> 자원량과 어획량의 변화(근해자망어획강도 23.8% 감축)	59
<그림 4-22> 2025년 자원회복 목표달성 확률(근해자망어획강도 23.8% 감축) ...	60
<그림 4-23> 자원량과 어획량의 변화(금지체장15cm+포획금지기간+근해자망어획 강도 23.8% 감축)	62
<그림 4-24> 2025년 자원회복 목표달성 확률(금지체장15cm+포획금지기간+근해 자망어획강도 23.8% 감축)	63
<그림 4-25> 2025년 SQ 및 권고안별 결과 비교(자원량·경제성)	67
<그림 4-26> 2025년 SQ 및 권고안별 결과 비교(어획량·경제성)	67
<그림 4-27> 2025년 SQ와 권고안별 결과 비교(목표 달성률·경제성)	68



**Analyzing the effectiveness of fisheries management measures
for Yellow Croaker using Bioeconomic model**

Jun Seong, Kim

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

Abstract

Yellow croaker has been designated as a target species of fisheries resource management in the South Korea since 2007. National Institute of Fisheries Science has announced the fisheries management measures for resource recovery as the recommendation in 2015.

Lately, pre-assessment of the fisheries management measures using the bioeconomic model is importantly considered in the world. Pre-evaluation of the recommendation is necessary to lead to success of the fish stock rebuilding plan and to improve the effectiveness of fisheries management measures on the Yellow croaker.

For stock assessment of the Yellow croaker, data used in the analysis are catch of Yellow croaker and fishing efforts of the Gill net, the Stow net, and the Pair trawl which account for most of Yellow croaker catch in Korea(1990~2013). The fishing efforts are total horsepower and tonnage of active vessel belonging to each fishery.

To develop a bioeconomic model on this species, surplus production models were used which are needed catch and fishing effort data for

analysis. As there is no data to replace the fisheries catch statistics on catch data and it has difficulty in understanding the relationship between catch and effort, it is hard to conclude which data is the best for the stock assessment. For this reason, amount of resources and biological variables were estimated by using the six kinds of fishing efforts(number of vessels, hp, tons of vessels, hp / tons of vessels, hp / number of vessels, tons of vessels / number of vessels) and five kinds of surplus production models(Shaefer, Schnute, W&H, FOX, CYP). 30 kinds of regression analysis were conducted and the results were compared. Finally, the number of vessels was used as a fishing effort and CYP model was selected.

The coefficients of the regression equation of CYP model can be utilized for estimating the amount of resources, MSY and biological variables. These are essential factors for developing the bioeconomic model.

The bioeconomic model was used to analyze resource management effectiveness and economic impact of the recommendations being presented as measures to rebuild Yellow croaker resources. The contents of recommendations are as follows; minimum legal length and the adjustment of fishing prohibition period, selecting Yellow croaker as TAC management species, reduction of fishing efforts of gill nets and management of the fisheries environment.

The results of this study were as follows. First, the reduction of fishing efforts of gill net fishery is the most efficient method in the recommendation. Second, if the minimum legal length and the adjustment of fishing prohibition period are conducted with the reduction of fishing efforts of gill nets, the amount of catch and revenue of the Yellow croaker would be slightly reduced. However, it

would be helpful to increase the amount of resources. Third, TAC 30,000 tons or 28,000 tons of the Yellow croaker are expected to have very high risk of resource depletion. Fourth, current recommendations are unlikely to achieve the target catch and the amount of resources.



I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

세계 해양의 수산자원은 상당부분이 최대 지속적 생산량(Maximum Sustainable Yield, MSY)을 넘는 수준에서 이용되고 있다. 그리고 현재 세계의 해양어업은 남획, 과잉투자, 환경악화 등 다양한 문제에 직면해 있다(장창익, 2010). 현재 우리나라 어업자원은 우리나라 어업자원은 환경오염, 해양생태계의 악화, 과잉어획 등으로 인해 점점 고갈되거나 정체되어 있는 상태이다(조정희 외, 2009).

이러한 상황에서 우리나라를 비롯한 세계 각국에서는 어업자원 감소를 회복하기 위하여 자원회복계획을 통해서 어업관리정책이 수립되고 시행되고 있다. 우리나라의 기존 어업관리정책은 명확한 정책 목표설정과 자원 상태에 대한 정확한 진단을 토대로 한 과학적 근거 제시 미흡으로 정책 추진의 설득력이 부족하였다. 그리고 해역별·어종별 특성을 고려한 사업별 우선순위 선정 등 개별 정책들이 상호 연계 없이 독자적으로 추진되어 목적달성에 미흡하며 어업인의 자발적 참여를 유도할 수 있는 효율적인 자원관리체제의 미흡하였다. 또한, 정부 주도의 자원관리정책은 한계에 봉착했으므로 수산자원회복계획의 수립과 추진을 통해 수산자원의 회복을 통한 어업생산성의 확대가 필요하다(해양수산부, 2005).

수산자원회복계획은 현재의 자원량 수준을 평가하고, 목표 자원량 수준을 결정하여 이를 정해진 기간 내에 달성하기 위해 어업관리수단을 사용한다. 자원회복계획에서 목표 자원량의 효율적인 달성을 위해서 어업관리

수단의 사전평가가 필수적이고 중요한 요소로 간주되어 지고 있다.

현재 생물경제모델(Bioeconomic model)을 이용한 정책수단의 평가가 가장 대중적인 방법으로 사용되고 있다. 이 모델은 생물학적 자원평가모델(population dynamics)을 통해서 관리수단이 자원량에 미치는 영향을 분석하고 예측함과 동시에 어업자의 어업활동모델을 이용하여 어업자의 경제적인 변화를 예측할 수 있다. 즉, 관리수단별 목표 달성의 가능성과 어업자의 경제적 소득효과를 고려한 가장 효율적인 관리수단을 선택 할 수 있는 기준을 제공한다.(Lee, Larkin and Adams, 2000; Eggert and Ulmestrand, 1999; Griffin *et al.*, 2001; Thunberg, Helser and Mayo, 1998; Danielsson *et al.*, 1997).

그러므로 우리나라도 수산자원회복을 위하여 제시되는 관리수단들을 생물경제모델을 이용하여 평가하고, 그 결과를 통해 자원적인 측면과 어업자들의 경영적인 측면에 가장 좋은 수단이나 수준을 파악하여 효율적으로 목표를 달성할 수 있는 관리수단을 채택해야 한다.

본 연구의 대상은 참조기(*Larimichthys polyactis*)로, 영명은 Yellow croaker이고, 농어목 민어과로 산란기는 4~6월, 포란수는 전장 30cm의 개체가 약 3만~7만 개이다(국립수산과학원, 2011). 국립수산과학원, 2010). 참조기는 한국의 서해 및 남해, 발해, 황해 및 동중국해에 분포하고 산란기는 4~6월, 산란장은 한국의 서해 중부연안(흑산도-연평도), 중국 절강, 강소, 발해연안이다. 산란수온은 12~14℃, 성숙체장은 19.1cm이며, 서식수온은 7~25℃, 서식수층 90m 이내, 그리고 식성은 단각류, 요각류, 새우류, 멸치, 소형어류를 먹는다(국립수산과학원, 2010).

몸 빛깔은 등 쪽은 회색을 띤 황금색, 옆줄 아래쪽은 선명한 황금색을 띠고 있다. 입술은 붉은색을 띠고 있으며, 입안은 희고 아가미구멍은 검은색을 띤다. 몸의 형태는 가슴지느러미에서 뒷지느러미에 이르는 몸통 높

이가 큰 차이 없이 밋밋한 기다란 사각형에 가깝다. 등·뒷지느러미 연조부의 지느러미막에는 기저에서 약 2/3 이상이 작은 둥근비늘로 덮여있으며, 꼬리지느러미에도 작은 비늘이 덮여 있다. 뒷지느러미 2번째 가시의 길이는 눈지름보다도 짧다. 비늘은 다소 큰 편이며, 등지느러미 시작 부분에서 옆줄까지에는 5~6줄의 비늘이 있다. 입은 크고 윗턱 뒤끝부분은 눈 뒷부분의 아래까지 도달하며, 아래턱은 윗턱보다 약간 길다. 옆줄 구멍은 부세보다 크며 꼬리자루 높이도 두툼한 편이다(국립수산과학원, 2006; Kim *et al.*, 2005).

참조기는 우리나라 전체 어획량에서 멸치, 오징어, 고등어, 갈치에 이어서 5번째로 어획량이 많은 대표적인 주요 어종이다(자료 : 수산정보포털). 예부터 궁중의 진상품이었고, 지금도 제수용, 선물용으로 많이 쓰이는 고급어종이다.

참조기를 대상으로한 이유는 현재 목표 어획량은 충족되고 있으나, 미성어의 어획비율이 높고, 크기가 커질수록 가격상승의 폭이 매우 크기 때문에 양적인 자원회복과 질적인 자원회복이 동시에 고려되어야 한다. 그리고 참조기는 2007년에 자원회복대상종으로 지정되었고, 이후 매년 목표 어획량을 초과 달성해 오다가 2011년에 어획량이 급격히 증가한 이후로는 감소하는 추세를 보이고 있으므로, 자원회복을 위한 실질적인 어업관리수단의 적용이 시급하기 때문이다.

이런 상황에서 국립수산과학원에서는 2012년부터 목표량을 30,000톤 수준 유지로 정하고, 참조기 자원관리를 위한 금지체장, 금어기, TAC, 어획노력량 관리, 어장환경관리와 같은 자원회복수단을 권고안으로 제안했다(국립수산과학원, 2015).

이에 따라 본 연구에서는 참조기 생물경제모델을 구축하고, 이를 통해 각 권고안별로 생물·경제적 효과를 분석·비교하고자 하였다.

<표 1-1> 우리나라 연도별 자원회복 대상종 현황

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	도루묵	도루묵	도루묵	도루묵	도루묵	도루묵	도루묵	도루묵	도루묵
2	꽃게	꽃게	꽃게	꽃게	꽃게	꽃게	꽃게	꽃게	꽃게
3	낙지	낙지	낙지	낙지	낙지	낙지	낙지	낙지	낙지
4	오분자기	오분자기	오분자기	오분자기	오분자기	오분자기	오분자기	오분자기	오분자기
5		참홍어							
6		참조기							
7		대구							
8		기름 가자미							
9		개조개							
10		말쥐치							
11			갈치						
12			갯장어						
13							고등어	고등어	고등어
14							대문어	대문어	대문어
15							옥돔	옥돔	옥돔
16									명태

자료 : 국립수산물과학원(2015)

2. 선행연구

Sakuramoto *et al.*(2001)은 아키타현의 도루목을 대상으로 MPA의 실시와 어획노력량을 제한하는 것에 대한 효과를 어획량 예측모델과 연령구조 모델을 통해 분석하였다. 그 결과, MPA는 그 효과가 매우 큰 것으로 나타났다. MPA의 면적이 넓을수록 효과는 커지는 것으로 나타났다. 그리고 어획노력량이 현재 수준의 2/3 정도로 통제되면, 자원량 증대를 기대할 수 있는 것으로 분석되었다. 또한, MPA와 병행되면 더 큰 자원량 증대효과를 기대할 수 있으나, 자원회복기간 동안 어업이익이 크게 감소할 것으로 분석되었다.

Chakravorty and Nemoto(2001)은 미국 하와이 연승어업에 대해서 바다거북의 보호를 위한 어획금지구역 설정과 세금 수단의 효과를 비교·분석하였다. 그 결과, 어획금지구역과 세금을 통해서 자원량의 증가를 기대할 수 있지만, 어업이익이 감소되는 것으로 나타났다. 그리고 바다거북의 서식지를 어획금지구역으로 지정하면, 바다거북의 감소를 막고 황새치의 자원량의 증대도 기대할 수 있는 것으로 분석되었다.

Danielsson *et al.*(1997)은 아이슬란드 지역의 대구를 대상으로 TAC를 적용하였을 때의 효과를 분석하였다. 그리고 TAC시행에 따른 대구와 빙어(capelin), 새우의 자원량 변화를 동시에 분석하였다. 그 결과, 대구에 대하여 TAC를 실시할 경우에 대구의 자원량은 증가하는 반면, 대구의 먹이인 빙어와 새우의 자원량은 감소하는 것으로 나타났다.

Kim(2003)은 미국 멕시코만의 레드그루퍼(Red Grouper)를 대상으로 정책수단 1(5개월 금어기), 2(1개월 금어기와 연승어선 50패덤 이내 조업금지), 3(3개월 금어기와 2,000 파운드 출어당 어획량)의 효과를 비교·분석하였다. 그 결과, 정책수단 1에서는 연승어업과 기계식 외줄낚시어업 모두 큰

경제적인 효과를 내는 것으로 나타났다. 그리고 정책수단 2와 3에서는 연승어업은 오히려 현 상태의 유지보다 경제적 효과가 감소하지만, 기계식 외줄낚시어업에서는 큰 경제적 효과가 있는 것으로 나타났다. 분석 결과와 어업여건을 고려했을 때 정책수단 2가 가장 효과적인 것으로 분석되었다.

김도훈(2014)은 생물경제모델에 의한 수산자원변화 예측 및 어업관리 효과 분석에서 도루묵의 자원회복계획을 생물경제모델을 통해 포획금지제장 상황, 동해구기저 금어기간, 산란장 보호수면 확대, 도루묵 난 수거 방류, 동해구기저 TAC(2,990톤, 4,550톤)의 방법을 비교·분석하여 산란장 보호수면 확대가 가장 효과적인 것으로 추정하였다.

류정곤 외(2005)는 어업관리수단 효과분석을 위한 생물경제모델 활용에 관한 연구에서 우리나라 고등어와 도루묵을 대상으로 하였다. 고등어는 TAC(155,000톤, 82,687톤)제도, 휴어제의 효과, 도루묵은 자원회복계획 하의 어업관리수단의 효과를 생물경제모델로 분석하였다. 그 결과 고등어는 TAC 155,000톤의 설정은 자원량 증가가 어렵고, TAC 82,687톤과 휴어제는 자원량 증가와 그에 따른 어획량이 증가되는 것으로 분석하였다. 그리고 도루묵은 목표자원량(X_{MSY})을 달성시키기 위해서는 어획사망계수의 수준이 0.21~0.26 사이로 통제되어야 하는 것으로 나타났다.

김도훈(2003)은 미국 멕시코만의 심해 그루퍼류의 한 어종인 Yellowedge Grouper 어업에 대한 자원평가와 이를 바탕으로 생물경제모델을 만들어 어업관리 정책수단에 대한 평가를 하였다. 고정어획량 TAC와 변동어획량 TAC에 대한 효과 분석을 실시한 결과, 변동어획량 TAC제도 하에서 자원량 증가가 빨리 이루어졌지만 10년의 자원회복기간 이후에는 자원량 수준이 동일한 것으로 추정했다. 그리고 경제적 효과에 있어서는 고정어획량 TAC제도 하에서 약간 높은 것으로 분석되었다.

심성현(2015)은 생물경제모형을 이용한 참조기의 자원평가에 관한 연구에서 CYP모형을 이용하여 우리나라의 참조기자원 평가를 하였다. 결과로는 MSY는 29,667톤, E_{MSY} 는 261,064마력, ABC는 18,499톤, E_{ABC} 는 82,028마력, MEY는 25,706톤, E_{MEY} 는 145,134마력으로 추정했다. 그리고 분석 결과로 우리나라 참조기는 각 어업의 경쟁적 조업상태에서 과도한 어획노력량이 투입되어져 자원이 남획되고 있는 것으로 분석했고, 참조기의 자원회복을 위한 제도를 마련하고, 특히 TAC의 설정이 필요하다고 제안했다. 그리고 자원동태 변수를 구했는데 그 값은 $r=0.337$, $q=0.00000129$, $k=239,323,336$ 이다. 이 결과들은 1992~2013년의 근해자망과 근해안강망의 생산량과 노력량 통계자료를 이용하여 도출했다. 특히 노력량은 Gavaris (1980)의 일반선형모형을 이용하여 표준화 하였다.

본 연구와 심성현(2015)의 공통점은 참조기를 대상으로 CYP모형을 이용하여 자원평가를 하였다는 것이다. 그리고 차이점은 심성현(2015)에서 마력(hp)을 어획노력량으로 사용하였고, 2종류의 어업(근해자망, 근해안강망)의 1992~2013년 어획량과 어획노력량자료를 사용하였다. 본 연구에서는 어선수(척)을 어획노력량으로 사용하였고, 3종류의 어업(근해자망, 근해안강망, 쌍끌이대형기선저인망)의 1990~2013년 어획량과 어획노력량자료를 사용하였다.

<표 1-2> 선행연구

저 자	지 역	대상어종 및 어업	관리수단 및 분석내용
Sakuramoto <i>et al.</i> (2001)	아키타현	도루묵	MPA, 어획노력량 조정
Chakravorty and Nemoto(2001)	하와이	연승어업	바다거북 보호를 위한 어획금지구역, 세금
Danielsson <i>et al.</i> (1997)	아이슬란드	대구	TAC, TAC 하에서 대구, 빙어, 새우의 자원량 변화
Kim(2003)	멕시코만	Red Grouper	금어기, 출어당 어획량, 연승어선 50패덤 이내 조업금지
김도훈(2014)	한국	도루묵	포획금지체장, 금어기, 산란장보호수면 확대, TAC, 난 수거 방류
류정곤 외(2005)	한국	고등어, 도루묵	고등어 : TAC, 휴어제 도루묵 : 자원회복계획 하의 관리수단
김도훈(2003)	멕시코만	Yellowedge Grouper	고정어획량 TAC, 변동어획량 TAC
심성현(2015)	한국	참조기	CYP모델을 이용한 자원평가

Ⅱ. 참조기 어업현황

1. 생산 동향

참조기는 2009~2013년간 최근 5년 동안에 총 197,309톤이 생산되어 국내 전체 생산량의 약 4.1%를 차지하여, 멸치류, 오징어류, 고등어류, 갈치에 이어 5번째로 생산량이 많은 어종이다.

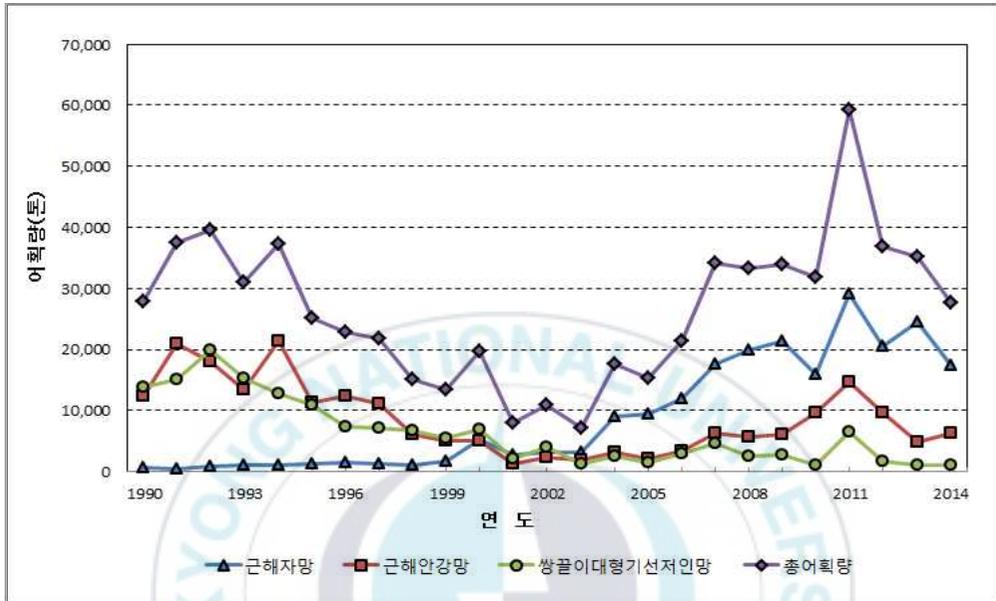
<그림 2-1>을 보면, 1990년대 초반 4만 톤에 육박하던 참조기 총생산량은 2000년대 초반까지 꾸준히 감소하여 2003년에 6,365톤으로 최저를 기록하고, 이후 다시 2010년까지 평균적으로 3만 톤에 가까운 생산량을 기록할 만큼 꾸준히 증가하였다. 그리고 2011년에 50,241톤으로 급증한 후에 2012년에 다시 3만 톤 수준으로 돌아오고, 이후 감소추세를 보이고 있다.

우리나라의 연근해어업은 현재 37개 이상의 어구·어법으로 다양한 종류의 수산자원을 어획하는 복잡한 형태를 띠고 있다(류정곤 외, 2005). 참조기도 여러 가지 어구와 어법으로 어획하고 있다. 그 중에 근해자망, 근해안강망, 쌍끌이대형기선저인망이 대표적이다.

업종별로 생산량을 보면, 1990년~2013년 동안 근해자망, 근해안강망, 쌍끌이대형기선저인망의 참조기 생산량은 많은 변동을 보인다. 근해안강망과 쌍끌이대형기선저인망은 1990년대 초에 각 2만 톤에 달하던 생산량이 계속해서 감소하여 2013년에는 안강망 5천 톤, 쌍끌이 1천 톤 수준을 보이고 있다. 반면 근해자망은 1990년대 초 5백 톤 수준에 불과하였지만, 생산량이 꾸준히 증가추세를 보였고 2013년에는 2만 5천 톤 수준임을 알 수 있다.

그리고 국내 참조기 총생산량에 대한 이들 어업의 참조기 생산량 합계는

1990년대에 평균 93% 수준에서 2000년 이후 86% 수준으로 감소하였지만, 현재까지 대부분의 비중을 차지하고 있다.



자료 : 수산정보포털(<http://fips.go.kr/>)

<그림 2-2> 참조기 총어획량 및 어업별 어획량 변화(1990~2013)

2. 주요 어업들의 어업노력량 및 CPUE 변화

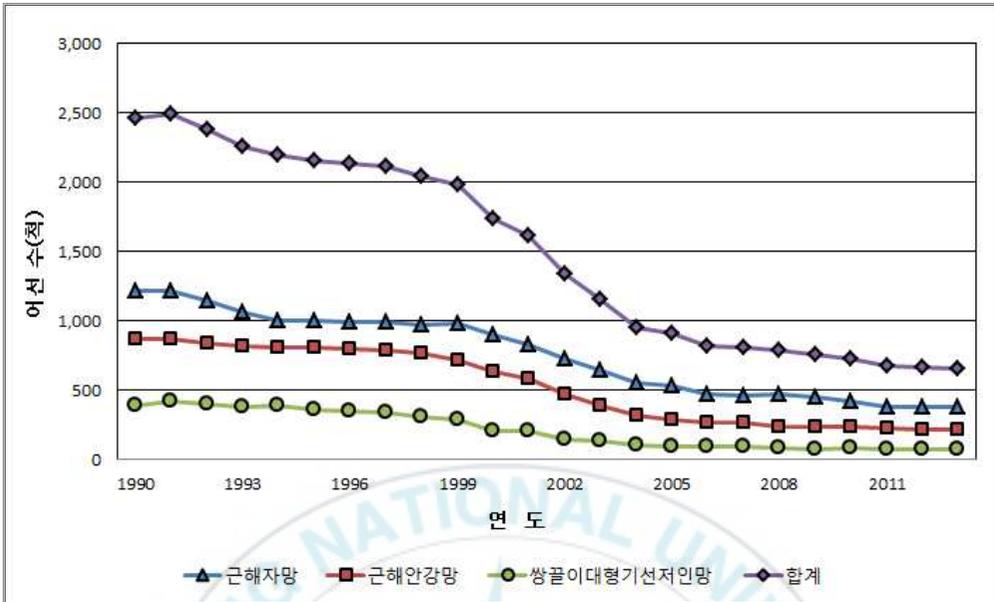
<그림 2-2>를 보면, 참조기 주요 어업들의 어선척수가 전체적으로 감소했음을 알 수 있다. 비율로 보면, 1990년 대비 2013년의 어선척수는 근해자망 31.1%, 근해안강망 24.0%, 쌍끌이대형기선저인망 18.8%로 수준으로 감소했다.

<그림 2-3>은 식(2-1)을 이용하여 근해자망, 근해안강망, 쌍끌이대형기선저인망의 어획노력량(E)을 어선척수로 하여 어획량(C)을 나누어 구한 단위노력당어획량(CPUE)의 변화를 나타낸 것이다. 어선척수가 감소하게 되어 생산량이 줄어든 쌍끌이대형기선저인망과 근해안강망의 CPUE는 참조기 전체 어획량의 증감과 비슷한 양상을 보이고 있다.

$$U(CPUE) = \frac{C}{E} \quad \text{식(2-1)}$$

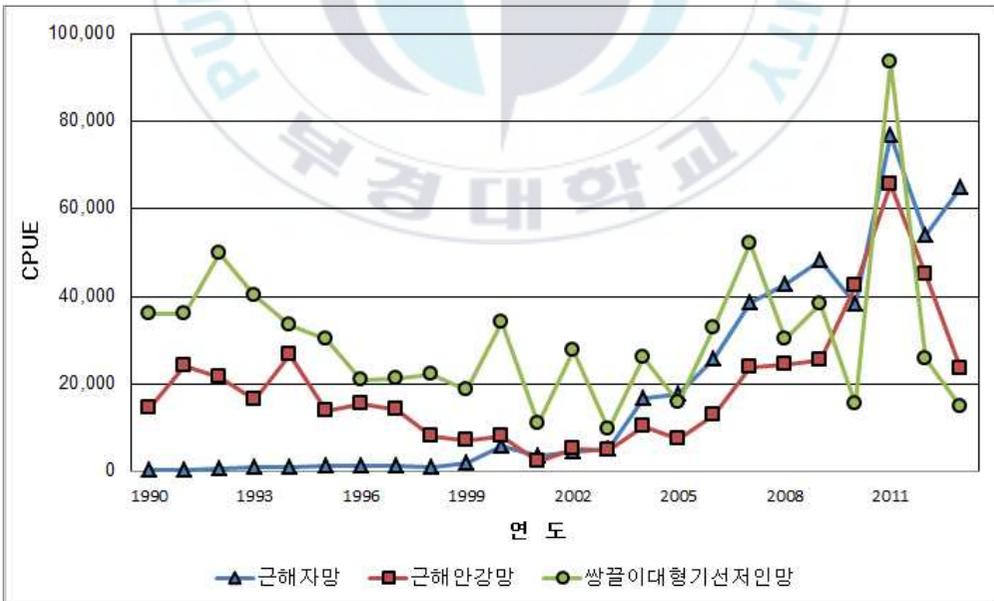
반면에 근해자망은 어선척수가 감소했음에도 불구하고 생산량과 CPUE가 증가했다. 1990년대 초반에 상대적으로 적극적인 어구인 쌍끌이대형기선저인망의 높은 어획성능으로 인해 근해자망어업의 어획량이 적었으나, 감척사업을 통해서 쌍끌이대형기선저인망의 어선수가 줄어들면서 2000년 이후에는 쌍끌이대형기선저인망의 어획량은 급감하게 되었다. 이로 인해 근해자망이 이용할 수 있는 참조기 자원량이 많아졌고, 그 결과 어획량이 급증하게 되었다고 판단된다.

근해안강망은 어법의 특성상 적극적인 면과 소극적인 면의 특징을 둘 다 가지고 있기 때문에 나머지 두 어업과는 달리 비교적 안정적인 생산량을 유지하고 있다고 판단된다.



자료 : 수산정보포털(<http://fips.go.kr/>)

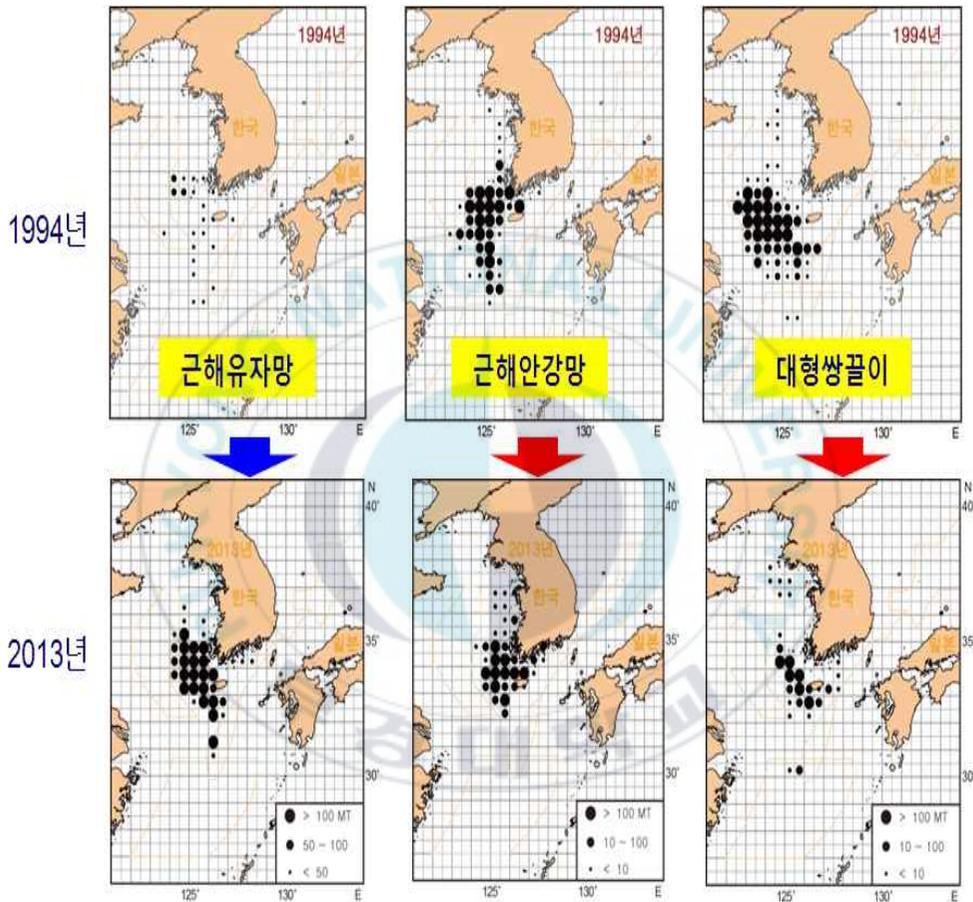
<그림 2-3> 어업별 어선척수 변화(1990~2013)



자료 : 수산정보포털(<http://fips.go.kr/>)

<그림 2-4> 어업별 CPUE(척) 변화(1990~2013)

<그림 2-4>는 각 어업의 조업어장 변화를 나타낸 것이다. 1994년에 비해 2013년에는 어장의 넓이가 근해자망은 확대되었으나, 나머지 두 어업은 그 면적이 현저히 줄어들었다.



자료 : 국립수산과학원(2010)

<그림 2-5> 어업별 참조기 어장변화

Ⅲ. 분석 방법 및 자료

1. 분석 방법

1) CYP(Clarke·Yoshimoto·Pooley)모델

수산자원의 평가에 사용되는 모델은 대표적으로 잉여생산량모델, 가입당 생산량모델, 재생산모델 등이 있다. 본 연구에서는 참조기 자원평가를 위해 잉여생산량모델을 사용했다. 잉여생산량모델을 사용한 이유는 참조기의 생물학적 자료가 부족하기 때문이다. 잉여생산량모델은 자원평가의 대상에 관련한 활용 가능한 자료가 적어도 어획량과 노력량 자료만 있다면 자원량 추정이 가능하기 때문에 일반적으로 자료가 부족한 경우 자원량 평가를 위해 사용되어진다(장창익, 2010). 그리고 흔히 연령구조모델에 의한 평가가 잉여생산량 모델에 의한 것보다 정확하다고 인식되어 있지만, 실제 행해진 다양한 어종들의 자원량 평가 결과 잉여생산량 모델에서 보다 정확하게 자원량 수준이 추정된 사례도 많다(김도훈, 2003).

본 연구에서는 CPUE와 노력량의 관계가 선형 함수의 성격을 보이는지 지수 함수의 성격을 보이는지는 단순한 비교를 통해서 알기 어려웠다. 이에 따라 잉여생산량모델 5가지(Schaefer(1954), Schnute(1977), W&H(Walters and Hilborn, 1976), Fox(1970), CYP(Clarke·Yoshimoto· Pooley, 1992)를 이용하여 자료를 분석하였다. 분석결과, 유의도(F), 각 상수의 유의도(P), 조정된 결정계수(R^2)와 자원량과 어획량의 비교를 통하여 가장 적합도가 높은 CYP모델을 이용하여 자원량과 자원동태변수들을 도출하였다.

Clarke *et al.*(1992)는 Fox모델에 미분의 개념을 적용하여 CYP모델을 개

발하였다. Fox모델은 Schaefer와 마찬가지로 Gompertz 성장함수와 “균형 상태에서의 어획량은 성장량과 같다.”와 “자원의 변화량은 한 시점의 지속적 어획량과 실제 어획량의 차이와 같으며, CPUE의 변화량 역시 자원량 변화에 비례한다.”는 개념을 근거로 도출되었다.

$$G = C_e = rB \ln\left(\frac{k}{B}\right) \quad \text{식(3-1)}$$

$$C = qEB \quad \text{식(3-2)}$$

$$\Delta U = q\Delta B \quad \text{식(3-3)}$$

$$\Delta B = C_e - C \quad \text{식(3-4)}$$

여기서, G 는 성장량, C_e 는 지속적 어획량, C 는 실제 어획량, E 는 어획노력량, r 은 자원의 본원적 성장률, q 는 어획계수, B 는 자원량, k 는 환경수용력, U 는 CPUE를 나타낸다. 식(3-4)에 식(3-1)과 (3-2), (3-3)을 대입하여 정리하고 양변을 U 로 나누면 식(3-5)가 된다.

$$\frac{\Delta U}{U_t} = r \ln(k) - r \ln(U_t) + r \ln(q) - qE \quad \text{식(3-5)}$$

Clarke *et al.*(1992)는 이렇게 도출된 Fox모델을 미분하여 식(3-6)로 변환하고 이것을 적분하여 식(3-7)로 구해냈다.

$$\frac{1}{U} \frac{dU}{U_t} = r \ln(qk) - r \ln(U) - qE \quad \text{식(3-6)}$$

$$\ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right) = r\ln(qk) - r\ln(\bar{U}) - q\bar{E} \quad \text{식(3-7)}$$

그리고 식(3-7)을 이용하여 t 년과 $t+1$ 년에 관한 식을 더해서 좌변을 $\ln(\bar{U}_{t+1})$ 로 정리하면 최종적으로 식(3-8)이 도출된다.

$$\ln(\bar{U}_{t+1}) = \frac{2}{2+r}r\ln(qk) + \frac{2-r}{2+r}\ln(\bar{U}_t) - \frac{q}{2+r}(\bar{E}_t + \bar{E}_{t+1}) \quad \text{식(3-8)}$$

CPUE와 E 의 회귀분석을 통하여 구한 계수인 Y , X_1 , X_2 는 각각 식 (3-9), 식(3-10), 식(3-11)으로 나타낼 수 있다.

$$Y = \frac{2}{2+r}r\ln(qk) \quad \text{식(3-9)}$$

$$X_1 = \frac{2-r}{2+r} \quad \text{식(3-10)}$$

$$X_2 = -\frac{q}{2+r} \quad \text{식(3-11)}$$

위의 각 식들을 q , k , r 에 대해 정리하면 식(3-12), 식(3-13), 식(3-14)가 되고 이를 통해서 자원변동계수들과 자원량 및 MSY, E_{MSY} , MEY를 추정하고 자원회복수단의 평가를 위한 생물경제모델을 구축할 수 있다.

$$r = \frac{(2 - 2X_1)}{(X_1 + 1)} \quad \text{식(3-12)}$$

$$q = -X_2(2 + r) \quad \text{식(3-13)}$$

$$k = \frac{e^{Y(2+r)/2r}}{q} \quad \text{식(3-14)}$$

2) 생물경제모델(Bioeconomic Model)의 구축

생물경제모델을 구축하기 위한 전체 과정은 <그림 3-1>과 같이 나타낼 수 있다. 과정 중의 컴퓨터프로그램 등을 이용한 생물경제모델 구축단계에서는 QuickBASIC, Visual BASIC 등의 프로그램이나 Microsoft EXCEL 등과 같은 Spreadsheet 프로그램을 이용할 수 있다. 본 연구에서는 EXCEL을 이용하여 생물경제모델을 구축하였고 사용된 변수들과 기본 개념은 다음과 같다.

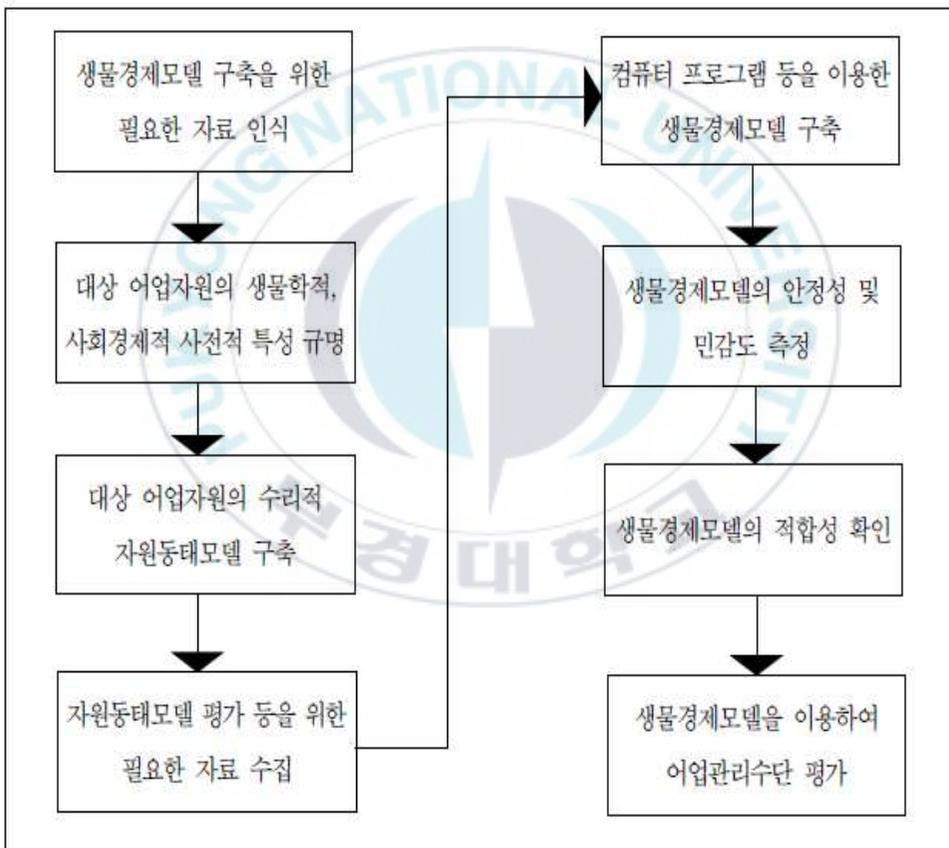
CYP모델에서 도출된 q 값과 노력량, 어획량을 식(3-2)를 좌변을 B (자원량)로 정리한 식(3-15)에 대입하여 자원량(B)을 추정하였다.

$$B = \frac{C}{qE} \quad \text{식(3-15)}$$

그리고 식(3-1)을 이용하여 자원의 성장량을 구하고 잉여생산량 모델을 사용한 자원동태 함수인 식(3-16)에 적용한다.

$$B_{t+1} = B_t + G(B_t) - C_t \quad \text{식(3-16)}$$

여기서 B_{t+1} 은 t+1년도의 자원량, B_t 는 t년도의 자원량, $G(B_t)$ 는 t년도의 성장량, C_t 는 t년도의 어획량을 의미한다. 그리고 식(3-16)에서 보는 바와 같이, 성장량의 수치가 어획량의 수치보다 높으면 다음해의 자원량은 증가한다. 반대로 성장량의 수치가 어획량의 수치보다 낮으면 다음해의 자원량은 감소하며, 성장량과 어획량의 수준이 같으면 다음해의 자원량의 증감이 없게 된다.



자료 : 류정곤의 3명(2005)

<그림 3-1> 생물경제모델의 구축 절차

그리고 q , k , r 값 중에 어획계수(q)는 각 어구가 가지는 고유의 어획성능에 따라 좌우되기 때문에 변동이 없을 것으로 가정하였고, 환경수용력(k)의 변화는 미래의 불특정한 변수에 의한 어장환경에 변화에 따라 큰 영향을 받기 때문에 큰 변수는 없을 것으로 가정하여 2013년 이후로 같은 값으로 두었다. 반면 자원의 본원적 성장률(r)은 해마다 차이를 보이고 있기 때문에 2008~2014년의 최근 5년간 최대와 최소값의 중간값을 사용하였다. 단, 경향을 크게 벗어나는 2010년도의 값은 제외하였고, 2010년도의 과잉한 값의 영향으로 2011년도에는 음의 값을 가지게 되었는데 자원의 본원적 성장률(r)이 음의 값을 가질 수는 없기 때문에 이론적 최소값인 0으로 가정하였다. 어획노력량(E)은 총조업일수(출어횟수×출어당 조업일수×어선척수)로 가정하였다.

(1) 어업별 이익

본 연구에서는 각 어업별로 어획하는 다양한 어류 중에 참조기만을 대상으로 하였기 때문에 식(3-14), 식(3-15), 식(3-16)과 같이 근해자망(TP_G), 근해안강망(TP_S), 쌍끌이대형기선저인망(TP_P)에 대하여 각 어업의 총비용(TC)에서 총고정비용(TFC)을 제외한 총변동비용(TVC)과 참조기 총수익(TR)과 관계만으로 연간 총 어업이익(TP_t)을 계산하였다. 그리고 2015년에서 2025년까지 현재의 상태가 지속될 경우(SQ)와 각 자원회복 권고안에 따라 변하는 연도별 이익의 합(STP)을 비교하였고, STP 는 식(3-17)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TP_G = TR_G - TVC_G \quad \text{식(3-14)}$$

$$TP_S = TR_S - TVC_S \quad \text{식(3-15)}$$

$$TP_P = TR_P - TVC_P \quad \text{식(3-16)}$$

$$STP = TP_{2015} + TP_{2016} + \dots + TP_{2025} \quad \text{식(3-17)}$$

$$= \sum_{T=2015}^{2025} TP_t$$

(2) 어업별 총수입(TR, Total Revenue)

t년도의 총수입(TR_t)함수는 식(3-18)과 같이 t년도의 어획량(C_t)와 시장 가격(p_t)의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$TR_t = p_t C_t \quad \text{식(3-18)}$$

근해자망어업의 총수입(TR_G), 근해안강망어업의 총수입(TR_S), 쌍끌이대형기선저인망어업의 총수입(TR_P)은 다음 식(3-19), (3-20), (3-21)과 같다. 어업별 참조기 판매단가(P)는 2013년 자료를 사용하여 각 어업별 참조기 판매단가(p_G, p_S, p_P)를 추정하였다.

$$TR_G = p_G C_G \quad \text{식(3-19)}$$

$$TR_S = p_S C_S \quad \text{식(3-20)}$$

$$TR_P = p_P C_P \quad \text{식(3-21)}$$

(3) 어업별 출어내용

t년도의 총변동비용은 식(3-22)와 같이 연간 출어횟수($Trip_t$)와 1회 출어 비용(trip cost : TTC)의 곱으로 나타내었고 일정한 것으로 가정하였다.

$$TVC_t = TTC \cdot Trip_t \quad \text{식(3-22)}$$

(4) 자원관리 권고안

현재 수산과학원에서 참조기 자원회복의 목표는 2013년 이후 어획량 3만 톤 수준 유지로 설정하였고, 목표 달성을 위한 자원회복 관리수단으로 네 가지 권고안을 제시하였다.

첫째, 소형어(미성어) 관리차원에서 포획금지체장 15cm이하, 포획금지기간이 현재 근해유자망에 한하여 4월22일~8월10일로 설정되어 있는데 안강망, 트롤, 대형쌍끌이기저에도 7월1일~7월31일로 추가로 설정한다.

둘째, 참조기 TAC를 지정한다. TAC는 28,000~30,000톤 수준에서 어업별로 배분한다.

셋째, 근해자망어업의 어획강도를 현재 수준에서 약 23.8%를 감축한다.

넷째, 어장환경관리의 측면으로 생분해성 어구의 보급 및 사용의 확대와 폐어구 수거사업 지속적 실시를 한다.

본 연구에서는 관리방안의 효과를 수치화하여 생물경제모델에 적용을 시켜야하는데 네 번째 권고안의 경우에 단독적인 수단으로 자원량과 어획량에 미치는 영향을 수치화하는 것이 현재 기초자료의 부족으로 불가능한 실정이다. 그러므로 네 번째 권고안을 제외한 나머지 세 가지 권고안에

대하여 생물경제모델을 통한 효과분석을 시행하였다.

효과분석의 기준은 향후 10년 뒤인 2025년의 자원량 및 어업량으로 하였다. 먼저 효과분석을 위한 기준으로서 현 상황(Status Quo, SQ)을 분석하였다. 그리고 각 권고안이 시행되었을 경우를 분석하여 목표량의 달성 유무 및 가능성을 도출하고, SQ와 비교·분석하였다.

(5) 불확실성의 고려

생물경제모델 분석은 주어진 생물학적 변수 값을 이용하는 것으로, 이를 통한 향후 장기적인 예측에 있어서는 많은 불확실성이 존재한다. 특히 자원량과 어획량 변화 예측에 있어서는 불확실성이 존재할 가능성이 아주 크다. 따라서 본 연구에서는 이러한 불확실성을 최대한 고려하기 위해 확률모형을 수립하고, 이를 통해 향후 자원량과 어획량 변화 등을 예측하고자 하였다.

구체적으로, 분석에 있어서는 가장 변화가 불확실한 변수 중의 하나인 자원의 본원적 성장률(r)을 확률변수로 설정하였다. 확률변수 설정에 있어서는 r 값에 대한 최근 5년간의 자료를 사용하여 최대값과 최소값을 설정하고, 'Crystal Ball' 프로그램을 이용하여 1000회 시뮬레이션 결과를 활용하였다.

2. 분석 자료

1) 어획노력량(Fishing Effort) 자료의 선택

심성현(2015)에서 CYP모형을 이용하여 우리나라의 참조기자원을 추정하였다. 하지만 이렇게 구해진 변수들은 통계적으로 유의한 것으로 판단되었으나, 이 변수들과 사용된 어획량, 표준화된 노력량 값을 이용하여 연도별로 자원량을 도출한 결과 1992~1997년 까지는 자원량이 어획량보다 낮은 수치를 나타냈다.

이러한 결과는 스스로 연구의 한계점으로 밝힌 듯이 1990년대 초반에 근해자망과 근해안강망 보다 많은 양의 어획량을 기록하여 우리나라 참조기 자원에 가장 큰 영향을 준 쌍끌이대형기선저인망어업의 자료를 고려하지 않았기 때문에 발생한 오류라고 판단된다.

그러므로 본 연구에서는 선행연구보다 정확도와 신뢰도가 더욱 높은 값을 도출하고자 근해자망과 근해안강망자료와 함께 쌍끌이대형기선저인망의 자료까지 고려하였다. 이에 따라 어획량은 이들 세 어업의 합계로 하였고, 노력량은 각 어업에서의 어선수의 합, 마력의 합, 톤수의 합, 마력/척의 합, 마력/톤의 합, 톤/척 등 여섯 가지의 경우를 모두 분석하였다. 그 결과, 통계적으로 가장 유의한 수치를 나타내고, 자원량과 어획량의 관계에 오류가 없는 어선수의 합을 채택하였다.

2) 분석 자료

본 연구에서 우리나라 참조기 자원량과 생물학적 변수를 추정하는데 사용된 자료는 근해자망(Gill net, G), 근해안강망(Stow net, S), 쌍끌이대형

기선저인망어업(Pair Trawl, P)의 연도별 참조기 생산량, 어선수, 마력, 톤수가 사용되었다. 그리고 생물경제모델 구축에 사용된 자료는 잉여생산량 모델을 통해 도출된 자원량, 성장률, 환경수용력, 어획효율과 각 어업별 참조기 단가, 출어일수, 출어당 비용, 연도별·월별 참조기 어획량 등이 사용되었다. 그리고 각 권고안 효과분석에 참조기 체장별 어획량이 사용되었다.

앞서 언급한 근해자망, 근해안강망, 쌍끌이대형기선저인망 어업의 연도별 어업별 어획노력량은 <표 3-1>과 같고, 1996년의 어선수 통계자료를 구할 수 없었기 때문에 1995년과 1997년의 평균치를 사용하였고 그 값은 근해자망 993척, 근해안강망 796척, 쌍끌이대형기선저인망 347척이다. 그리고 연도별 어업별 참조기 어획량과 총 어획량 및 근해자망, 근해안강망, 쌍끌이대형기선저인망의 어업의 참조기 어획량이 총 어획량에서 차지하는 비중은 <표 3-2>와 같다. 그리고 2013년도 근해자망, 근해안강망, 쌍끌이대형기선저인망의 참조기 생산금액과 출어비, 출어횟수는 <표 3-3>과 같다. 출어비는 어구비, 연료비, 용기대, 저장대, 소모품비, 주부식비, 후생비, 수리비로 구성되어있다.

<표 3-1> 연도별 어업별 어획노력량

연도	근해자망(G)			근해안강망(S)			쌍끌이대형 기선저인망(P)		
	척	hp	ton	척	hp	ton	척	hp	ton
1990	1,211	185,735	31,741	865	291,317	73,024	384	181,768	39,320
1991	1,212	206,825	32,270	862	296,820	72,733	418	223,618	43,828
1992	1,145	224,811	31,129	833	295,468	70,348	401	227,430	42,563
1993	1,064	232,941	30,539	818	297,684	68,673	379	223,011	40,288
1994	1,003	247,616	28,117	806	302,454	67,988	384	234,121	6,768
1995	997	266,173	28,267	806	313,409	67,815	357	231,053	37,792
1996	993	274,830	29,677	796	328,495	65,965	347	260,441	36,897
1997	989	281,865	31,087	786	314,400	64,115	337	246,144	36,002
1998	970	322,240	30,833	769	321,200	61,661	304	238,452	33,014
1999	976	324,233	31,155	718	319,852	56,736	287	229,257	31,494
2000	898	311,274	27,432	629	286,048	48,781	206	173,481	22,700
2001	824	298,656	25,268	585	271,354	43,360	201	171,197	22,331
2002	726	271,044	21,713	466	216,127	33,016	143	132,498	16,516
2003	643	246,989	18,641	382	177,385	26,332	131	127,375	15,359
2004	545	213,140	15,936	311	145,095	20,741	95	88,020	12,053
2005	534	225,513	15,918	285	134,647	17,716	93	81,055	11,806
2006	464	205,723	14,817	266	124,825	14,055	88	100,743	11,080
2007	455	225,810	12,845	262	132,112	14,105	88	101,392	11,132
2008	467	229,275	13,543	234	126,947	11,663	80	96,608	9,962
2009	444	226,472	12,179	236	127,929	11,425	74	87,635	9,234
2010	415	214,354	11,123	229	130,924	11,301	76	81,817	8,644
2011	378	205,440	10,255	224	136,832	11,210	70	80,321	8,373
2012	381	203,974	9,895	214	137,583	10,794	69	83,186	8,170
2013	377	209,898	10,027	208	141,127	10,952	72	88,657	8,464

자료 : 수산정보포털(<http://fips.go.kr/>)

<표 3-2> 연도별 어업별 어획량

연도	총 어획량	어획량				3개 어업비중
		근해자망 (G)	근해안강망 (S)	쌍끌이대형 기선저인망 (P)	계	
1990	27,890	599	12,385	13,868	26,852	0.96
1991	37,387	485	20,874	15,037	36,396	0.97
1992	39,664	768	17,962	19,976	38,706	0.98
1993	30,902	1,018	13,467	15,267	29,752	0.96
1994	37,212	1,009	21,429	12,827	35,265	0.95
1995	25,173	1,382	11,253	10,820	23,455	0.93
1996	22,894	1,387	12,376	7,269	21,032	0.92
1997	21,769	1,273	11,111	7,149	19,533	0.90
1998	15,011	1,043	6,162	6,704	13,909	0.93
1999	13,490	1,747	4,981	5,370	12,098	0.90
2000	19,630	5,349	5,144	7,001	17,494	0.89
2001	7,938	2,821	1,351	2,208	6,380	0.80
2002	10,941	3,203	2,393	3,973	9,569	0.87
2003	7,098	3,246	1,853	1,266	6,365	0.90
2004	17,570	9,122	3,168	2,460	14,750	0.84
2005	15,272	9,445	2,127	1,475	13,047	0.85
2006	21,428	11,894	3,429	2,885	18,208	0.85
2007	34,221	17,595	6,250	4,579	28,424	0.83
2008	33,200	19,896	5,752	2,429	28,077	0.85
2009	34,033	21,460	5,996	2,831	30,287	0.89
2010	31,931	15,895	9,702	1,165	26,762	0.84
2011	59,226	29,018	14,672	6,551	50,241	0.85
2012	36,840	20,569	9,647	1,766	31,982	0.87
2013	35,279	24,521	4,857	1,068	30,446	0.86

자료 : 수산정보포털(<http://fips.go.kr/>)

<표 3-3> 2013년 어업별 출어비

(단위 : 천원)

출어비 항목	근해자망(G)	근해안강망(S)	쌍끌이대형기선저인망(P)
어구비	174,403	41,350	322,578
연료비	116,100	216,870	1,755,950
용기대	15,015	16,524	237,632
저장대	8,227	4,275	167,794
소모품비	8,210	11,567	110,436
주부식비	22,043	22,366	74,085
후생비	12,932	13,375	73,305
수리비	43,139	42,098	272,550
합계	400,069	368,426	3,014,329

자료 : 국가통계포털(<http://kosis.kr/>)

IV. 분석 결과

1. 참조기 자원동태모델 분석 결과

본 연구에서는 6가지 어획노력량(E)를 어선의 척, 마력, 톤, 마력/척, 마력/톤, 톤/척의 합으로 하여 각 어획노력량별로 Shaefer, Schnute, W&H, FOX, CYP의 5가지 사용하여 총 30가지의 분석을 시행하였다. CYP모델과 척당 톤수를 사용한 것이 가장 높은 적합성을 나타냈으나, X_1 의 P값이 0.1208로 오차범위 10% 수준의 유의성을 초과하였다. CYP모델과 톤수를 사용한 것이 두 번째로 높은 적합성을 나타냈지만, 검정을 위해서 이 결과를 사용하여 과거의 데이터에 적용해 본 결과 1990년부터 2000년까지 어획량이 자원량보다 더 많은 것으로 나타났기 때문에 부적합한 것으로 판단하였다.

세 번째로 모델의 적합성이 높게 나온 CYP모델과 척을 사용한 분석결과를 살펴보면 회귀식의 각 계수가 오차범위 10% 내에서 유의하게 나타났고, 과거의 데이터를 사용하여 검정해본 결과 매년 자원량이 어획량보다 높은 것으로 추정되었다. 이러한 결과를 바탕으로 본 연구에서는 어선수를 어획노력량으로 한 CYP모델 분석결과를 채택하였다. <표 4-1>은 CYP모델의 회귀분석 결과이고, <표 4-2>는 생물학적변수와 MSY를 구한 것이다.

<표 4-3>에서 2007~2013년의 각 해의 어획량이 MSY인 33,272톤을 넘거나 비슷한 수준을 보인다. 이러한 결과는 우리나라 참조기 자원이 남획되고 있다는 것을 의미한다. 또한, 현재의 상태가 지속된다면 2013년 이후 자원량과 어획량이 감소할 것으로 추정된다.

<표 4-1> 참조기 CYP모델 회귀분석 결과

	Coefficient	t-statistics	P-value
Y	3.1309553	2.15240367	0.043757
X_1	0.7286552	5.34814375	0.000031
X_2	-0.0001539	-2.0027885	0.058972
$R^2=0.74(F=32.890, p=0.00000047)$			

<표 4-2> CYP모델에 의한 참조기 생물학적 변수 및 MSY

	CYP model
r	0.314
q	0.000356158
k	288,093,517
Emsy(척)	881
MSY(kg)	33,272,243
2013년 자원량(kg)	130,113,297

<표 4-3> MSY 및 연도별 어획량

연도	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MSY	33,272						
어획량(t)	34,221	33,200	34,033	31,931	59,226	36,840	35,279

자료 : 수산정보포털(<http://fips.go.kr/>)

2. 권고안별 분석 결과

1) 현 상태 유지(Status Quo, SQ)

현 상태를 유지하는 상황에 대한 자원적·경제적 효과 분석은 향후 상황을 예측하는 그 자체로도 의미를 가지지만, 권고안들의 효과와 비교하기 위한 기준의 역할로서 분석되었다.

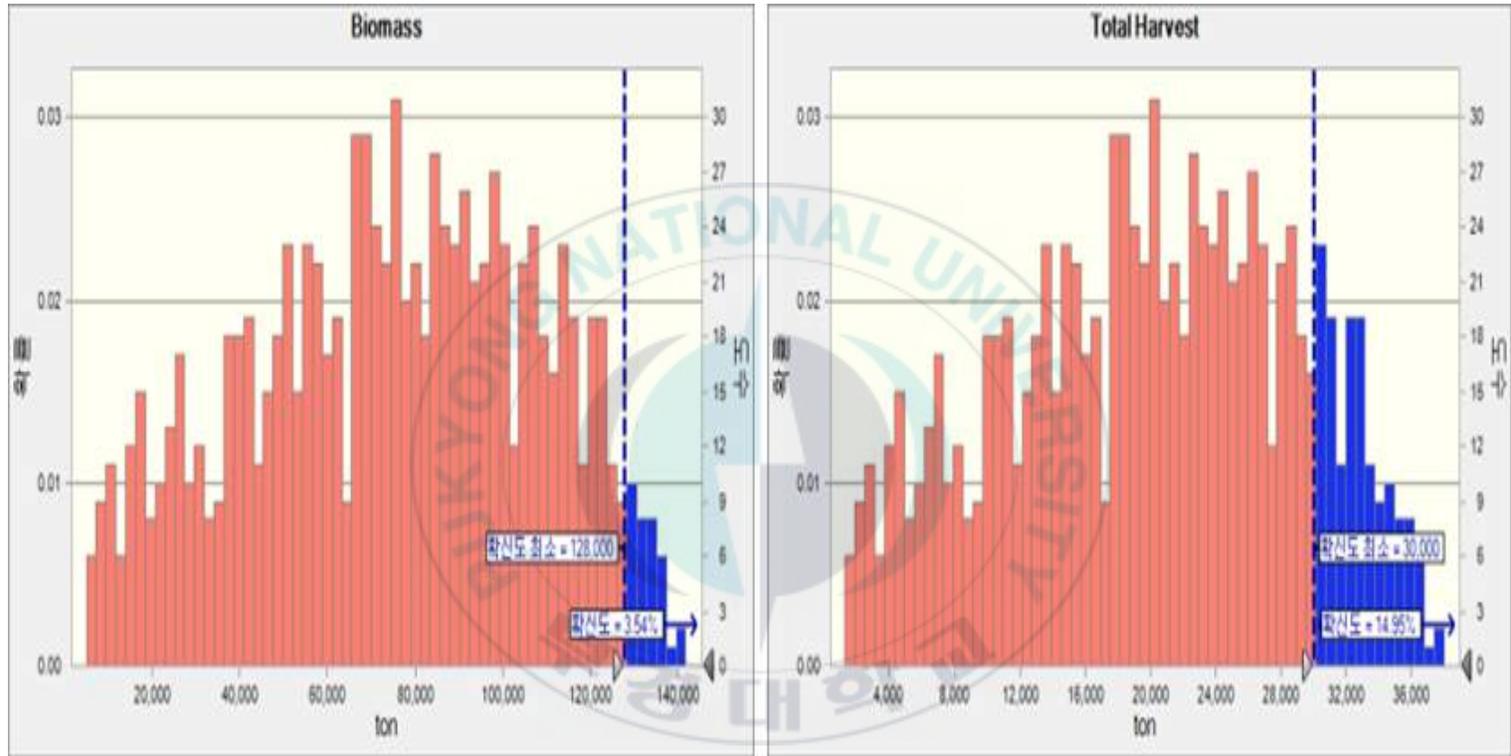
SQ상황 하에서 2015년의 어획량은 27,797톤, 자원량은 103,943톤으로 추정되었다. 그리고 2025년의 어획량은 19,731톤, 자원량은 73,780톤으로 추정되었다. <그림 4-1>을 보면, 어획량과 자원량이 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다. 또한, SQ상황 하에서 2015~2025년 어업별 참조기 어업 매출의 합을 기준(1.00)으로 하여 차후의 권고안별 어업매출의 변화를 SQ에 대한 비로 나타내었다. 2025년에 목표 자원량인 128,000톤을 달성할 확률은 3.54%, 목표 어획량인 30,000톤을 달성할 확률은 14.95%로 매우 낮은 수준을 나타내었다.

<표 4-4> 권고안별 효과 분석(SQ)

		2015년	2025년
어획량(t)		27,797	19,731
자원량(t)		103,943	73,780
어업 매출 (대 SQ)	G	1.00	
	S	1.00	
	P	1.00	



<그림 4-1> 자원량과 어획량의 변화(SQ)



(a) 목표 자원량 달성

(b) 목표 어획량 달성

<그림 4-2> 2025년 자원회복 목표달성 확률(SQ)

2) 권고안1

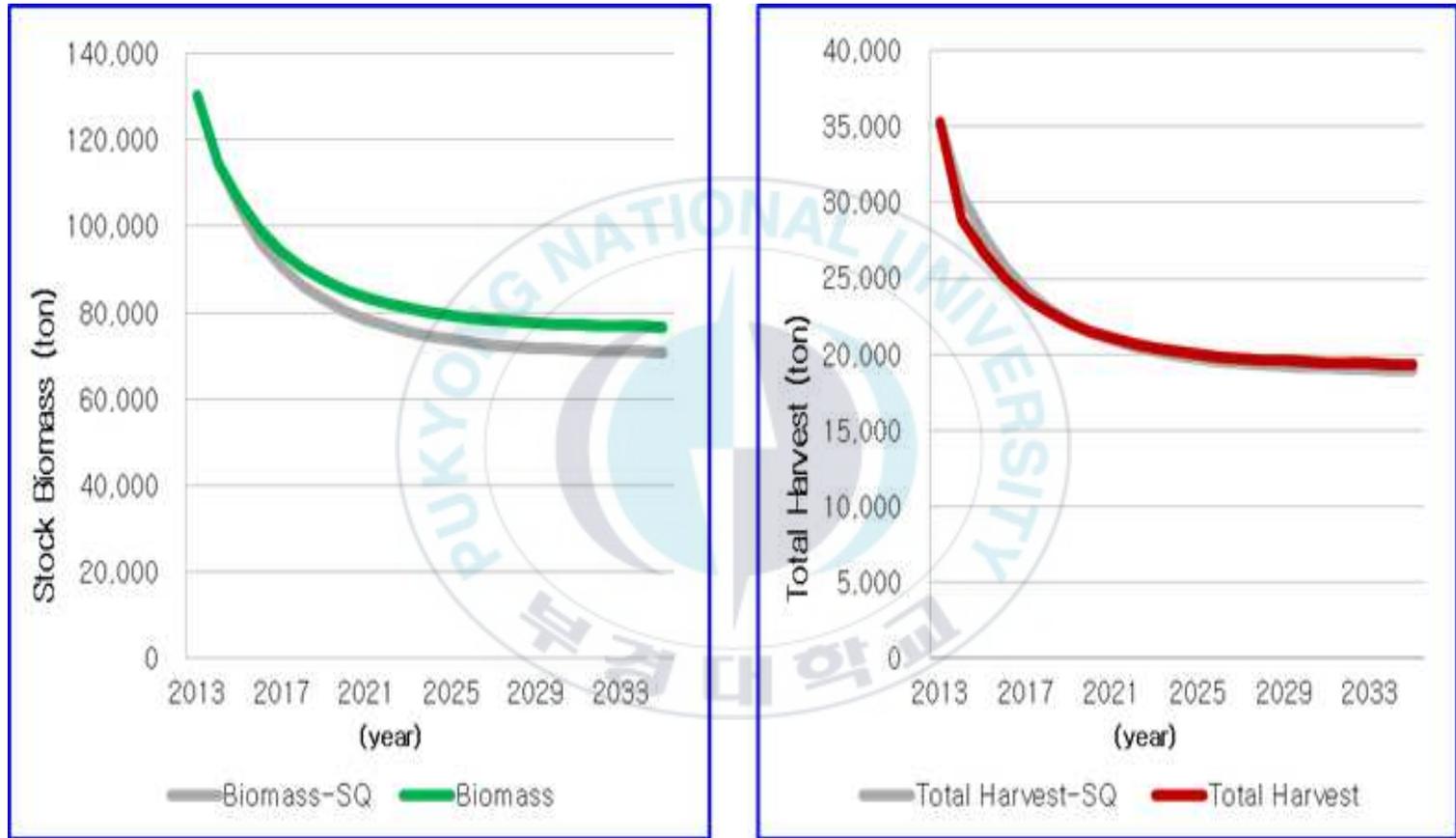
(1) 포획금지체장 15cm

생물경제모델에 포획금지체장 15cm를 설정 했을 경우, 어업별 어획량이 근해자망은 2%, 근해안강망은 6%, 대형쌍끌이기선저인망은 8% 그리고 기타어업이 23% 감소하는 것으로 가정하였다. 이는, 연도별(2012~2014) 어업별 15cm이하의 평균어획비율을 적용한 것이다(국립수산과학원, 2015).

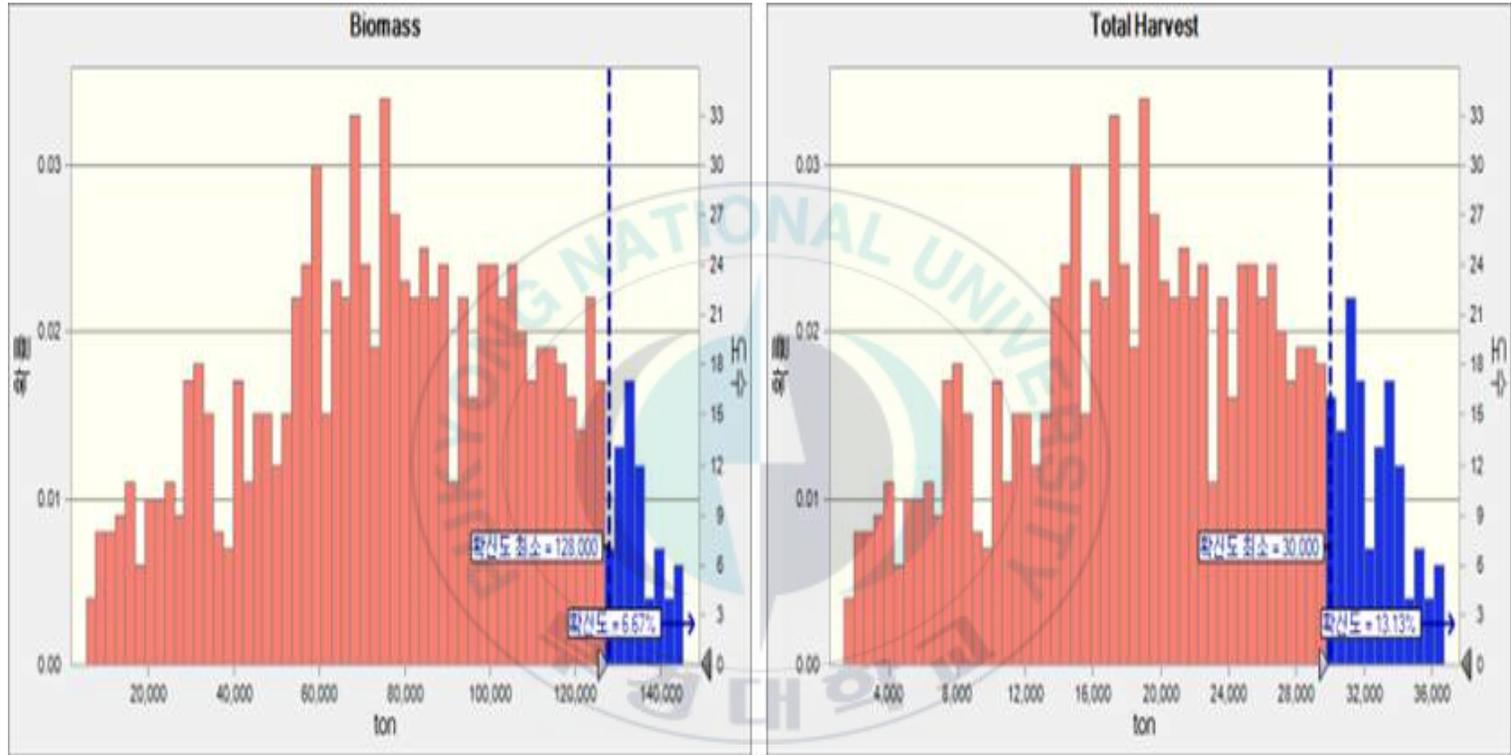
분석 결과, 2015년의 어획량은 26,664톤, 자원량은 105,670톤으로 추정되었다. 그리고 2025년의 어획량은 19,731톤, 자원량은 73,780톤으로 추정되었다. <그림 4-3>을 보면, SQ에 비해서 어획량과 자원량 모두 증가하는 것으로 나타났지만, 큰 효과를 기대하기는 어려운 것으로 나타났다. 경제적 효과는 근해자망은 1.03으로 증가하였으나, 근해안강망 0.99, 대형쌍끌이기선저인망 0.97로 다소 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 <표 4-12>를 보면, 세 어업의 이익의 합은 1.03으로 다소 증가하는 것으로 나타났다. 이 결과는 근해자망의 어획량이 많고 소형어 비율이 상대적으로 낮기 때문으로 분석된다. 2025년 목표 자원량 달성확률은 6.67%, 목표 어획량 달성확률은 13.13%로 나타났다. SQ에 비해서 높은 확률을 보이지만, 그 효과가 크지 않은 것으로 분석된다.

<표 4-5> 권고안별 효과 분석(포획금지체장 15cm)

		2015년	2025년
어획량(t)		26,664	20,014
자원량(t)		105,670	79,313
어업 매출 (대 SQ)	G	1.03	
	S	0.99	
	P	0.97	



<그림 4-3> 자원량과 어획량의 변화(포획금지체장15cm)



(a) 목표 자원량 달성

(b) 목표 어획량 달성

<그림 4-4> 2025년 자원회복 목표달성 확률(포획금지체장15cm)

(2) 포획금지기간

생물경제모델에 근해안강망과 대형쌍끌이기선저인망의 포획금지기간(7월 1일~7월 31일)을 설정 했을 경우, 두 어업의 연간 조업일수에서 31일이 줄어드는 것으로 가정하였다.

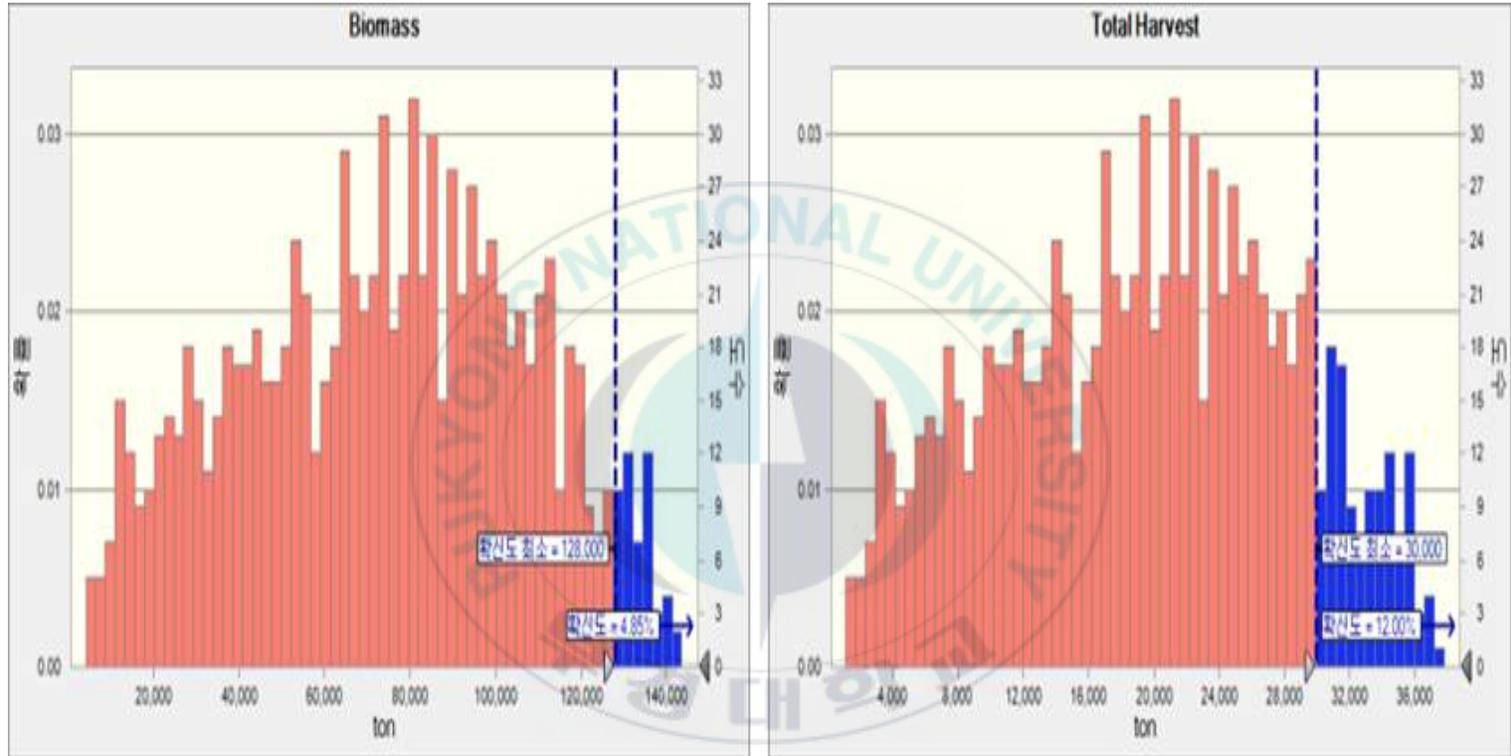
분석 결과, 2015년의 어획량은 27,482톤, 자원량은 104,431톤으로 추정되었다. 그리고 2025년의 어획량은 19,817톤, 자원량은 75,305톤으로 추정되었다. <그림 4-5>를 보면, SQ에 비해서 거의 효과가 없는 것으로 분석되었다. 경제적 효과는 근해자망은 1.01로 약간 증가하였으나, 근해안강망과 대형쌍끌이저인망이 모두 0.93으로 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 <표 4-12>를 보면, 세 어업 이익의 합은 1.003으로 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 2025년 목표 자원량 달성확률은 4.85%, 목표 어획량 달성확률은 12.00%로 나타났다. SQ에 비해서 목표 자원량 달성확률은 소폭 증가했으나, 목표 어획량 달성확률은 오히려 감소하는 것으로 분석되었다.

<표 4-6> 권고안별 효과 분석(포획금지기간)

		2015년	2025년
어획량(t)		27,482	19,817
자원량(t)		104,431	75,305
어업 매출 (대 SQ)	G	1.01	
	S	0.93	
	P	0.93	



<그림 4-5> 자원량과 어획량의 변화(포획금지기간)



(a) 목표 자원량 달성

(b) 목표 어획량 달성

<그림 4-6> 2025년 자원회복 목표달성 확률(포획금지기간)

(3) 포획금지체장 15cm, 포획금지기간

생물경제모델에 포획금지체장 15cm와 포획금지기간을 동시에 시행하는 경우, 각 어업별 어획량과 연간 조업일수를 조절하는 것으로 가정하였다.

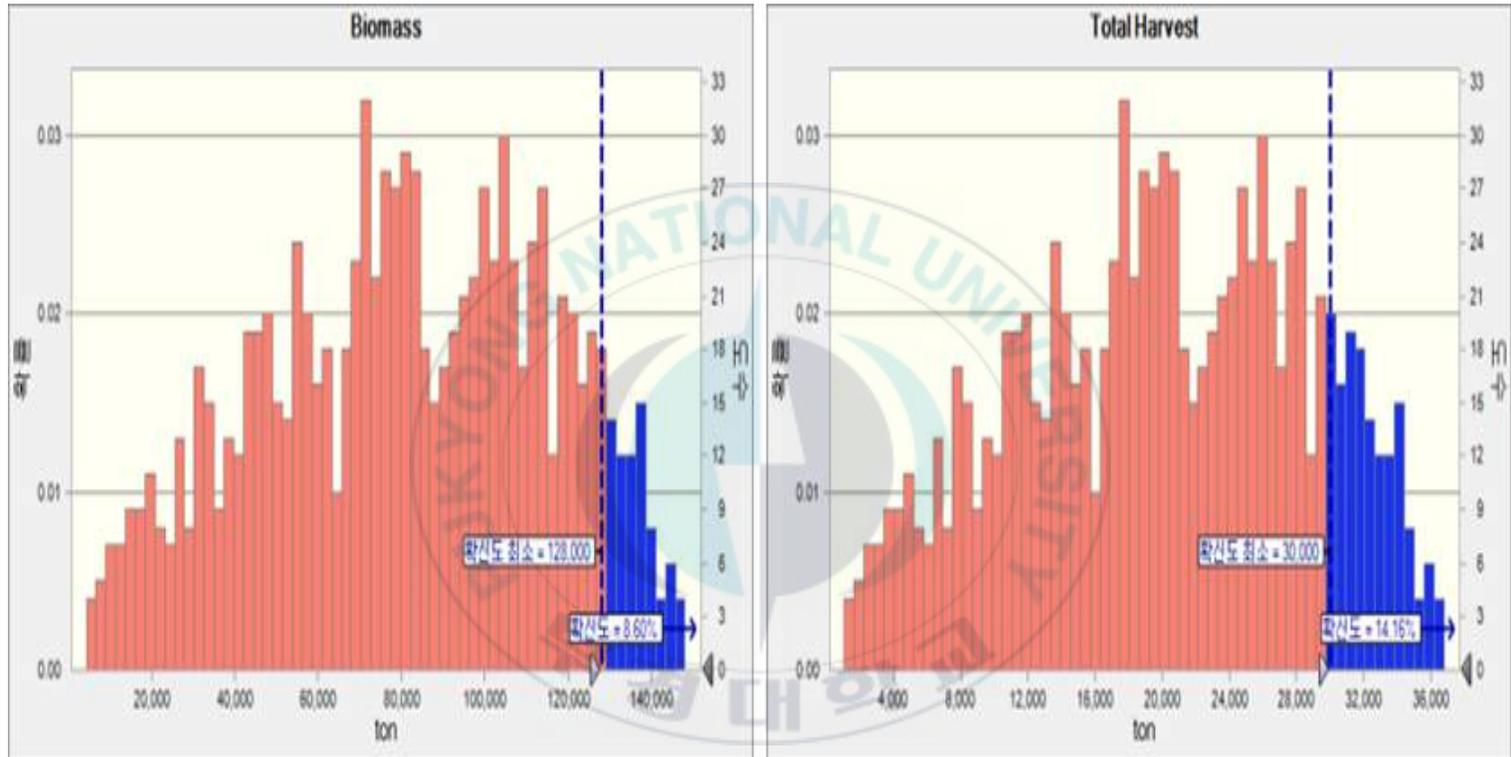
분석 결과, 2015년의 어획량은 26,365톤, 자원량은 106,114톤으로 추정되었다. 그리고 2025년의 어획량은 20,075톤, 자원량은 80,800톤으로 추정되었다. <그림 4-7>을 보면, 각각 단독으로 시행했을 때에 비해 더 큰 효과를 기대할 수 있으나, SQ에 비해서 큰 효과를 기대하기 어려울 것으로 분석되었다. 경제적 효과는 근해자망은 1.05로 증가하였으나 근해안강망 0.92, 대형쌍끌이저인망 0.90으로 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 <표 4-12>를 보면, 세 어업 이익의 합은 1.03으로 증가하였으나, 포획금지체장만 단독으로 시행했을 때와 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 2025년 목표 자원량 달성확률은 8.60%, 목표 어획량 달성확률은 14.16%로 나타났다. SQ에 비해서 증가했으나, 자원회복에 대한 큰 효과는 기대하기 어려운 것으로 분석되었다.

<표 4-7> 권고안별 효과 분석(포획금지체장 15cm + 포획금지기간)

		2015년	2025년
어획량(t)		26,365	20,075
자원량(t)		106,114	80,800
어업 매출 (대 SQ)	G	1.05	
	S	0.92	
	P	0.90	



<그림 4-7> 자원량과 어획량의 변화(포획금지체장15cm+포획금지기간)



(a) 목표 자원량 달성

(b) 목표 어획량 달성

<그림 4-8> 2025년 자원회복 목표달성 확률(포획금지체장15cm+포획금지기간)

3) 권고안2

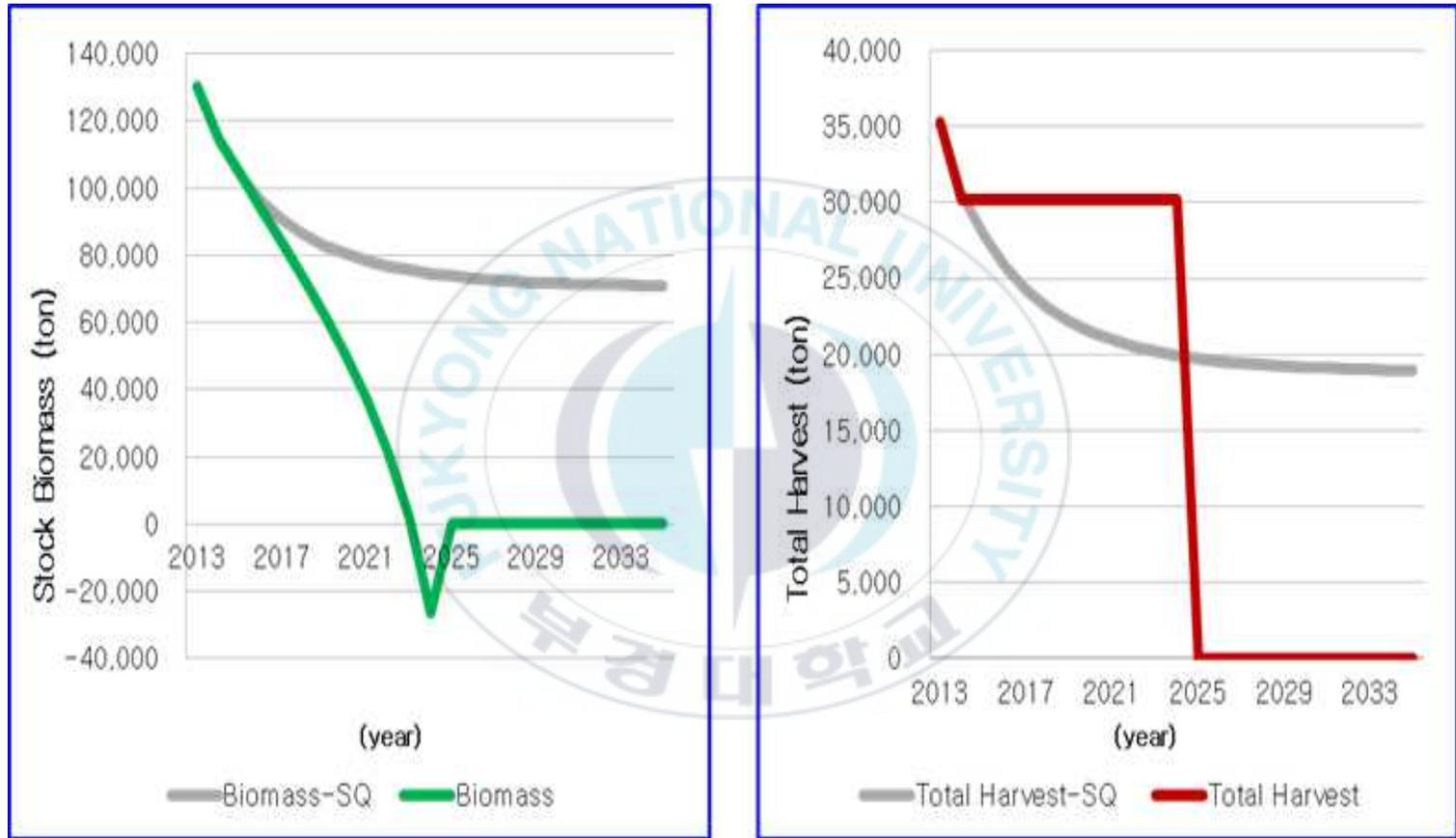
(1) TAC 30,000톤

생물경제모델에 TAC 30,000톤을 설정 했을 경우, 어업별로 근해자망 18,900톤(63%), 근해안강망 6,300톤(21%), 대형쌍끌이기선저인망 1,200톤(4%)이 배정되는 것으로 가정했다. 이는 연도별(2012~2014년) 어업별 평균어획비율을 적용한 것이다. 그리고 어업별 배정된 어획량을 기준으로 어획노력량(조업일수)을 조정하였다.

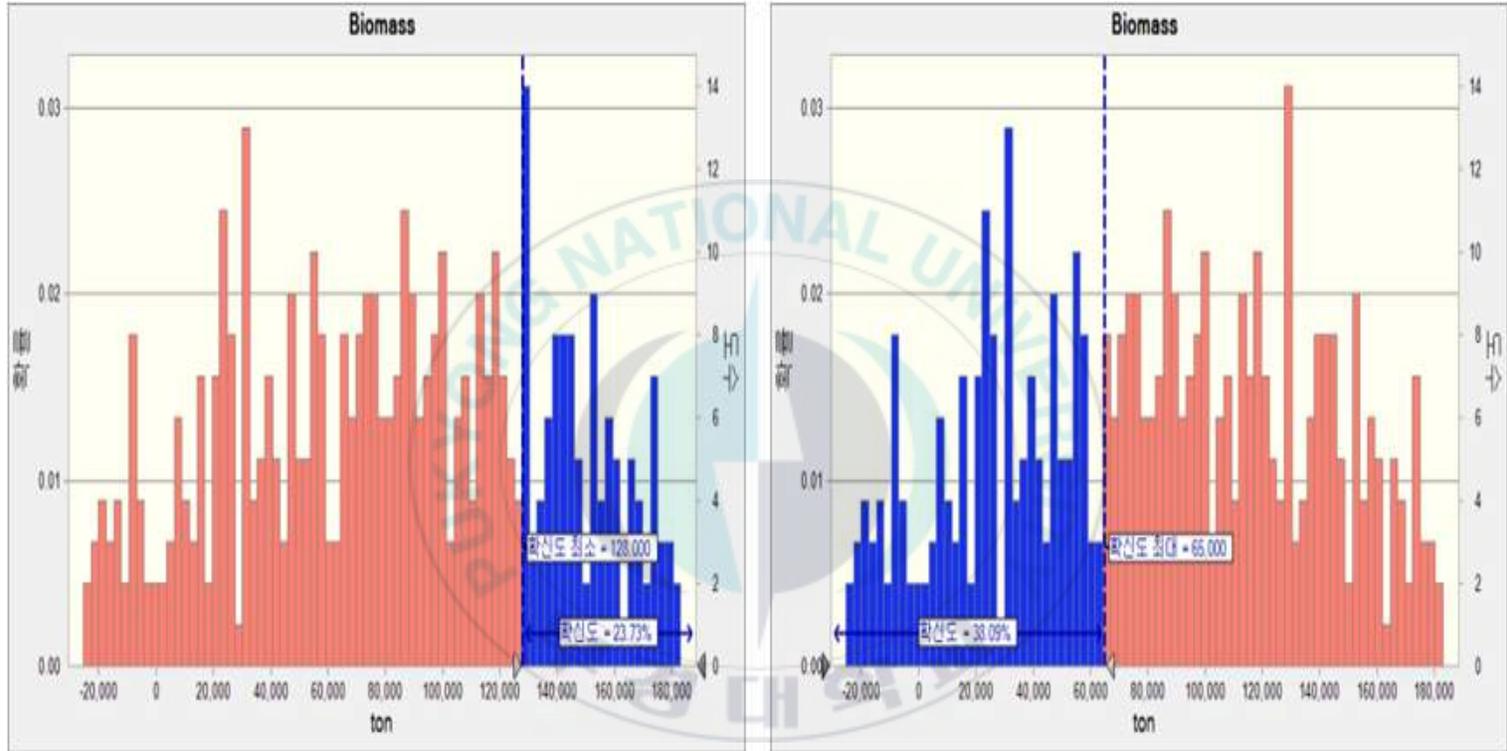
분석 결과, 2015년의 자원량은 104,387톤으로 추정되었고, 2023년의 자원량은 1,852톤 추정되었다. 그리고 2023년 이후 자원량과 어획량의 추정이 불가능한 것으로 나타났다. 경제적 효과는 근해자망은 1.15, 근해안강망 1.94, 대형쌍끌이기선저인망 1.68로 크게 증가하는 것으로 나타났고 <표 4-12>을 보면, 세 어업의 이익의 합도 1.27로 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 자원량·어획량과 마찬가지로 2023년 이후 추정이 불가능한 것으로 나타났다. 2025년 목표 자원량 달성확률은 23.73%, 목표 어획량의 절반수준인 65,000톤 이하가 될 확률은 38.09%로 나타났다. SQ에 비해서 높은 목표 달성확률을 보이지만, 자원고갈의 위험도 높은 것으로 분석된다.

<표 4-8> 권고안별 효과 분석(TAC 30,000톤)

		2015년	2023년
자원량(t)		104,387	1,852 (2023년 이후 추정불가)
어업 매출 (대 SQ)	G	1.15	
	S	1.94	
	P	1.68	



<그림 4-9> 자원량과 어획량의 변화(TAC 30,000톤)



(a) 목표 자원량 달성

(b) 자원고갈의 위험

<그림 4-10> 2025년 자원회복 목표달성 및 자원고갈 확률(TAC 30,000톤)

(2) TAC 28,000톤

생물경제모델에 TAC 28,000톤을 설정 했을 경우, 어업별로 근해자망 17,640톤(63%), 근해안강망 5,880톤(21%), 대형쌍끌이기선저인망 1,120톤(4%)이 배정되는 것으로 가정했다. 이는 연도별(2012~2014년) 어업별 평균어획비율을 적용한 것이다. 그리고 어업별 배정된 어획량을 기준으로 어획노력량(조업일수)을 조정하였다.

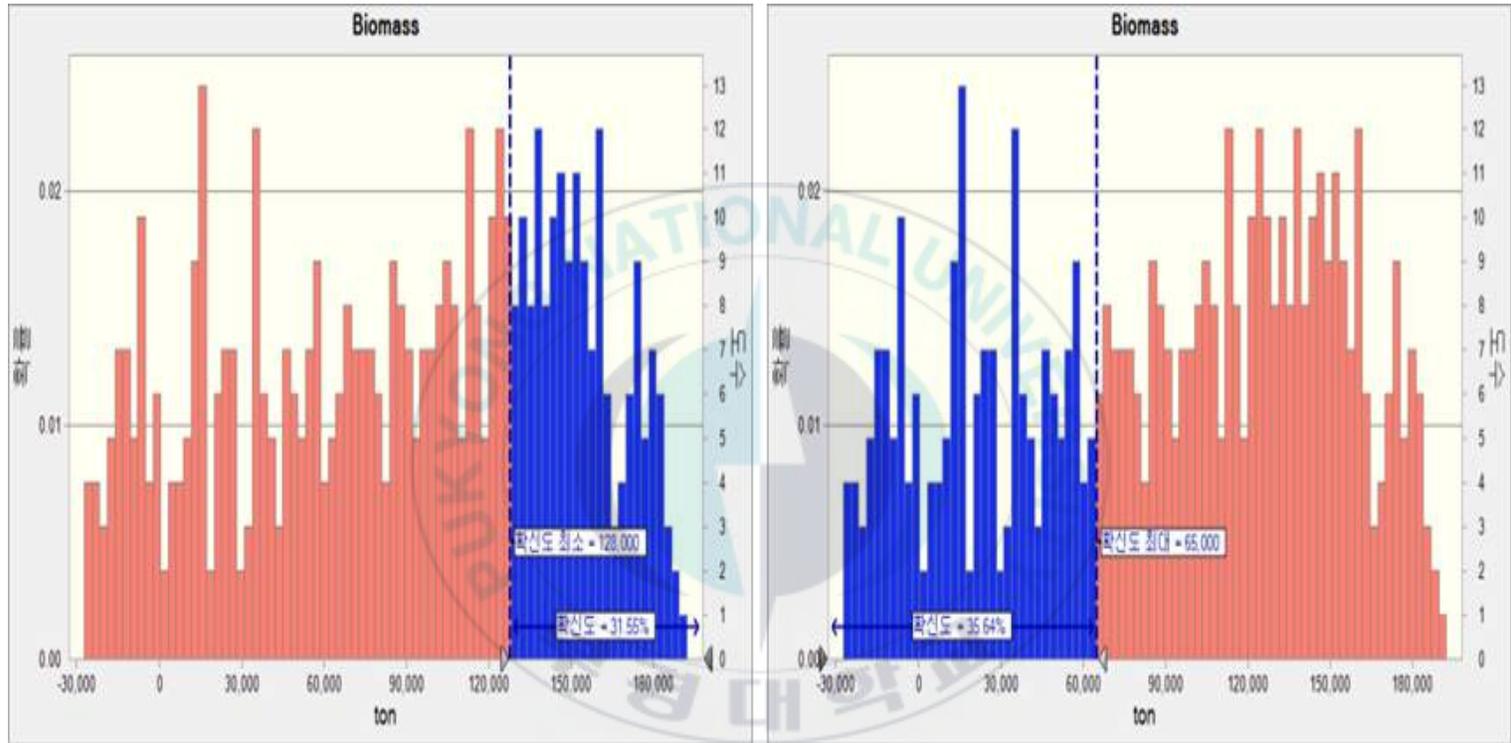
분석 결과, 2015년의 자원량은 106,399톤으로 추정되었고, 2024년의 자원량은 16,121톤 추정되었다. 그리고 2024년 이후 자원량과 어획량의 추정이 불가능한 것으로 나타났다. 경제적 효과는 근해자망은 1.09, 근해안강망 1.84, 대형쌍끌이기선저인망 1.59로 크게 증가하는 것으로 나타났고 <표 4-12>를 보면, 세 어업의 이익의 합도 1.20으로 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 자원량·어획량과 마찬가지로 2024년 이후 추정이 불가능한 것으로 나타났다. 2025년 목표 자원량 달성확률은 31.55%, 목표 어획량의 절반수준인 65,000톤 이하가 될 확률은 35.64%로 나타났다. <그림 4-11>을 <그림4-9>와 비교했을 때, TAC 30,000톤에 비해서 자원의 감소가 완만한 것으로 나타났다. 하지만 마찬가지로 자원고갈의 위험이 높은 것으로 분석된다.

<표 4-9> 권고안별 효과 분석(TAC 28,000톤)

		2015년	2024년
자원량(t)		106,399	16,121 (2024년 이후 추정불가)
어업 매출 (대 SQ)	G	1.09	
	S	1.84	
	P	1.59	



<그림 4-11> 자원량과 어획량의 변화(TAC 28,000톤)



(a) 목표 자원량 달성

(b) 자원고갈의 위험

<그림 4-12> 2025년 자원회복 목표달성 확률(TAC 28,000톤)

(3) TAC 효과 분석

권고안2에는 TAC 28,000~30,000톤을 제안하고 있지만, 생물경제모델을 통해 분석한 결과가 모두 자원에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 그래서 본 연구에서는 권고안에는 없는 TAC 설정에 대한 효과분석을 통해서 합리적인 TAC 설정을 위한 근거자료를 제시하고자 하였다. 추가적으로 25,000, 23,000, 20,000, 15,000톤의 설정했을 때의 효과를 분석하였다.

25,000톤을 설정했을 경우, 어업별로 근해자망 15,750톤, 근해안강망 5,250톤, 대형쌍끌이기선저인망 1,000톤이 배정되는 것으로 가정했다. 분석 결과, 2025년의 자원량은 52,721톤으로 추정되었다. 그리고 목표 자원량인 128,000톤 이상이 될 확률은 36.03%, 65,000톤 이하가 될 확률은 32.27%로 나타났다.

23,000톤을 설정했을 경우, 어업별로 근해자망 14,490톤, 근해안강망 4,830톤, 대형쌍끌이기선저인망 920톤이 배정되는 것으로 가정했다. 분석 결과, 2025년의 자원량은 80,093톤으로 추정되었다. 그리고 목표 자원량인 128,000톤 이상이 될 확률은 43.58%, 65,000톤 이하가 될 확률은 26.70%로 나타났다.

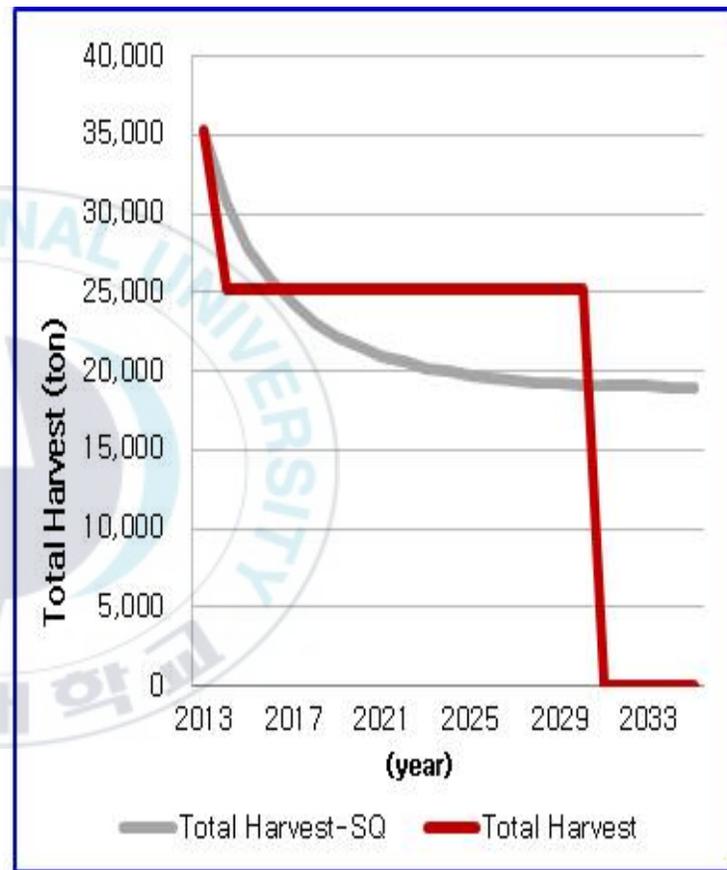
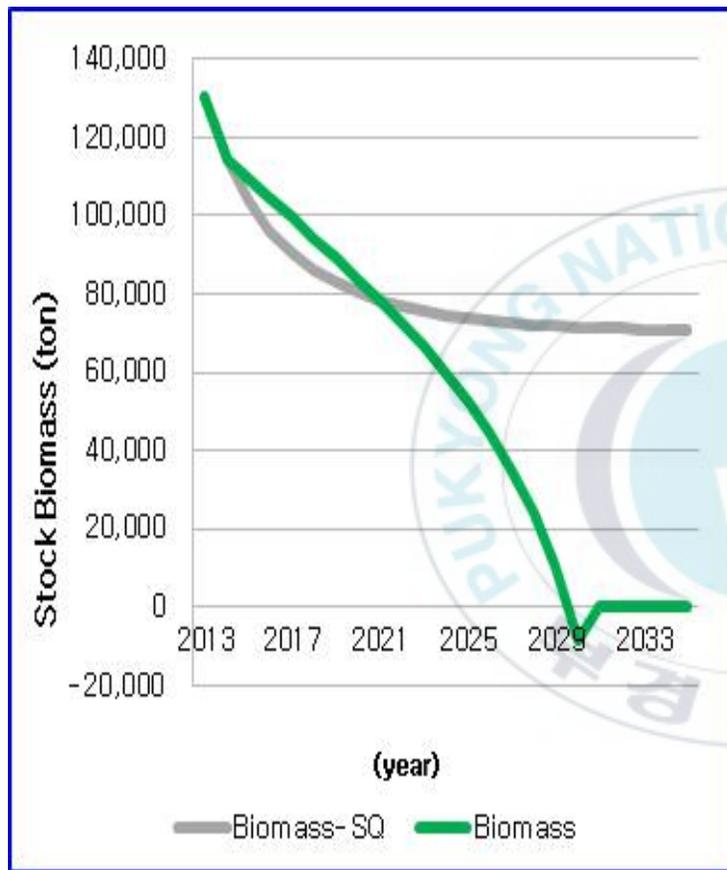
20,000톤을 설정했을 경우, 어업별로 근해자망 12,600톤, 근해안강망 4,200톤, 대형쌍끌이기선저인망 800톤이 배정되는 것으로 가정했다. 분석 결과, 2025년의 자원량은 114,070톤으로 추정되었다. 그리고 목표 자원량인 128,000톤 이상이 될 확률은 50.79%, 65,000톤 이하가 될 확률은 20.32%로 나타났다.

15,000톤을 설정했을 경우, 어업별로 근해자망 9,450톤, 근해안강망 3,150톤, 대형쌍끌이기선저인망 600톤이 배정되는 것으로 가정했다. 분석 결과, 2025년의 자원량은 159,895톤으로 추정되었다. 그리고 목표 자원량인 128,000톤 이상이 될 확률은 67.72%, 65,000톤 이하가 될 확률은

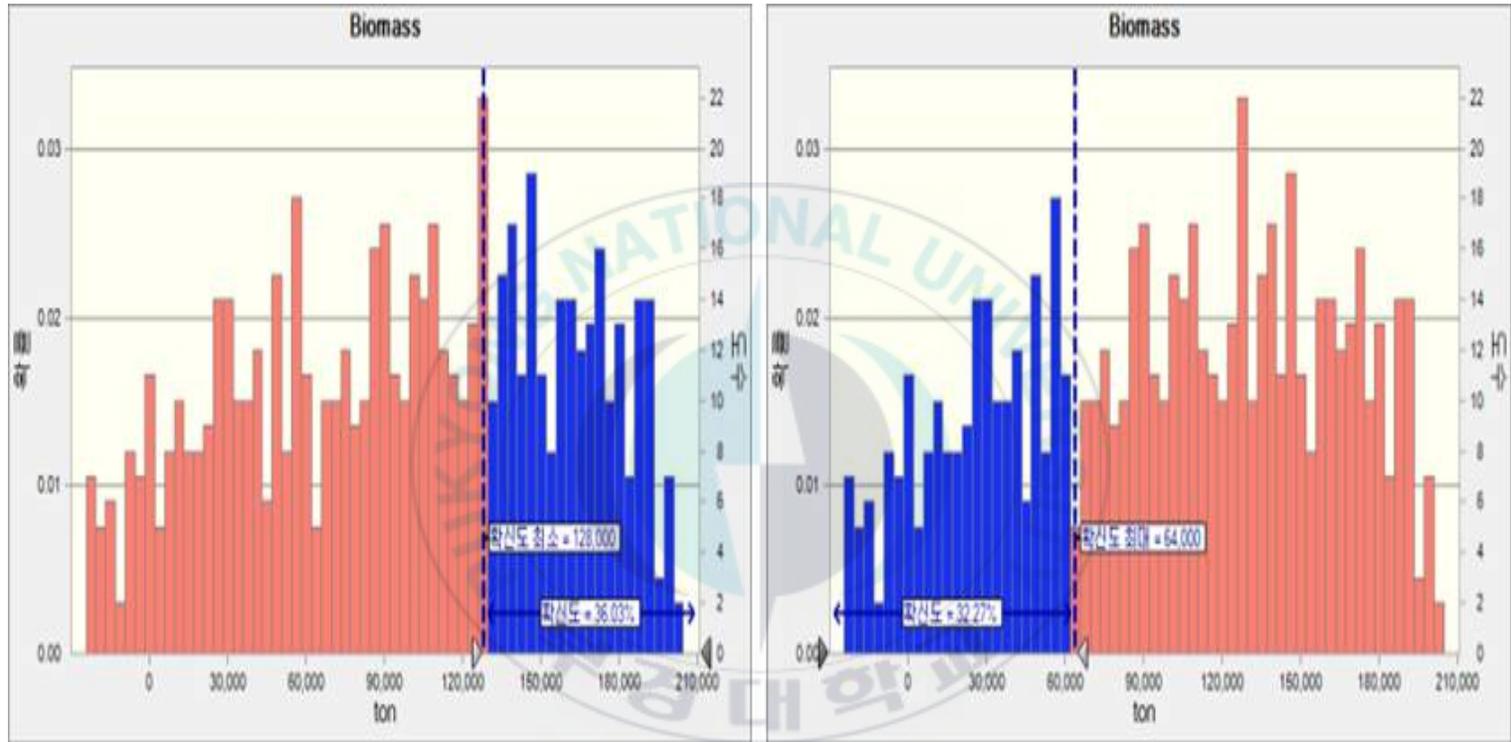
11.65%로 나타났다.(<표 4-14>참조)

분석결과들을 비교해 보았다. <그림 4-13>, <그림 4-15>를 보면, 25,000톤과 23,000톤은 정도의 차이가 있지만 자원량의 감소를 초래하게 되는 것으로 나타났다. <그림 4-17>을 보면, 20,000톤을 설정하였을 때, 자원량은 114,070톤 수준에서 유지되는 것으로 나타났다. <그림 4-18>을 보면, 15,000톤 설정 하에서 자원량이 확연하게 회복되어 목표량을 달성하는 것으로 나타났다.





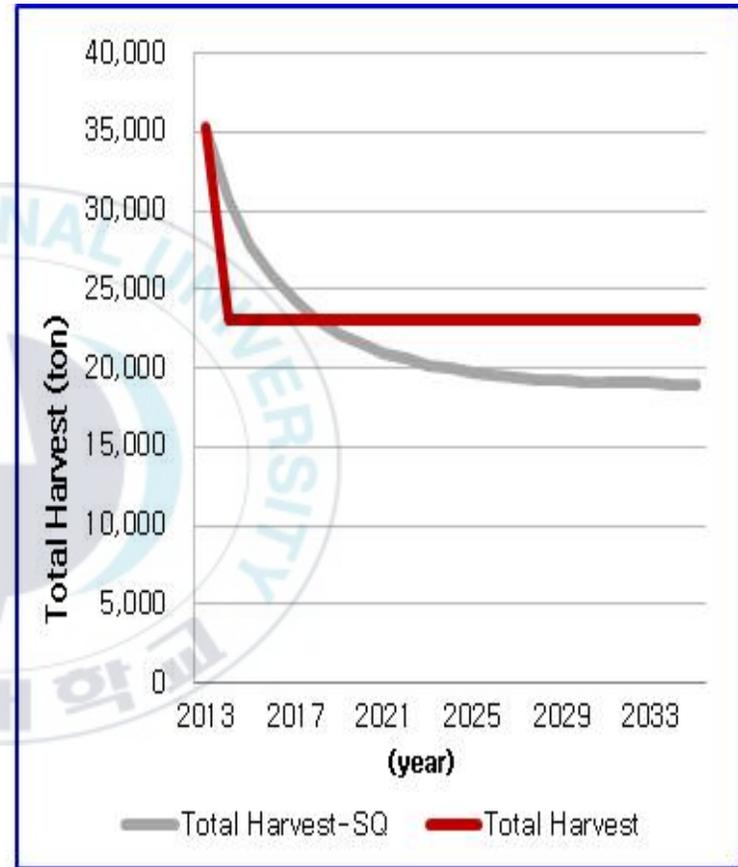
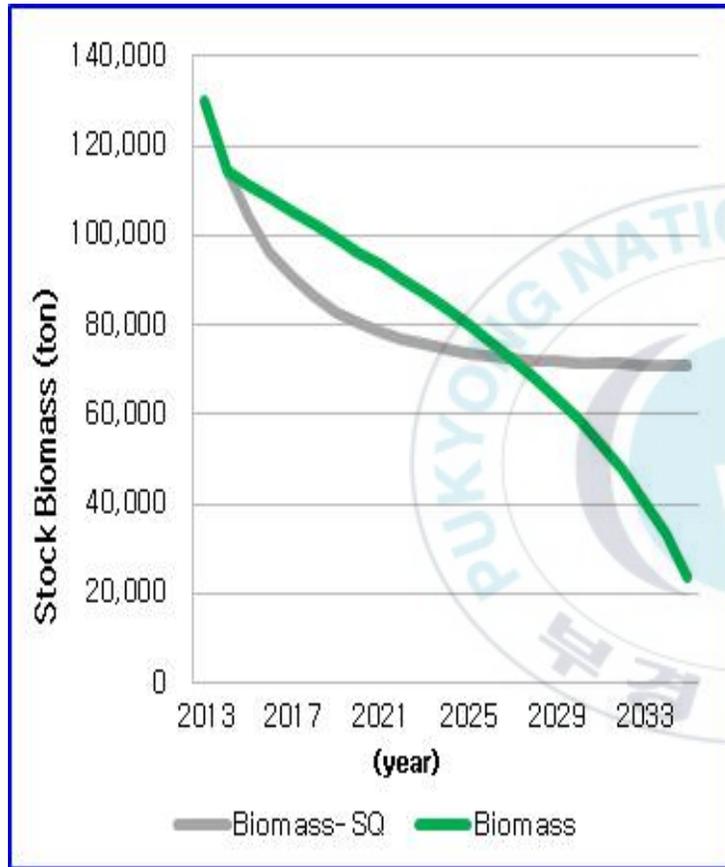
<그림 4-13> 자원량과 어획량의 변화(TAC 25,000톤)



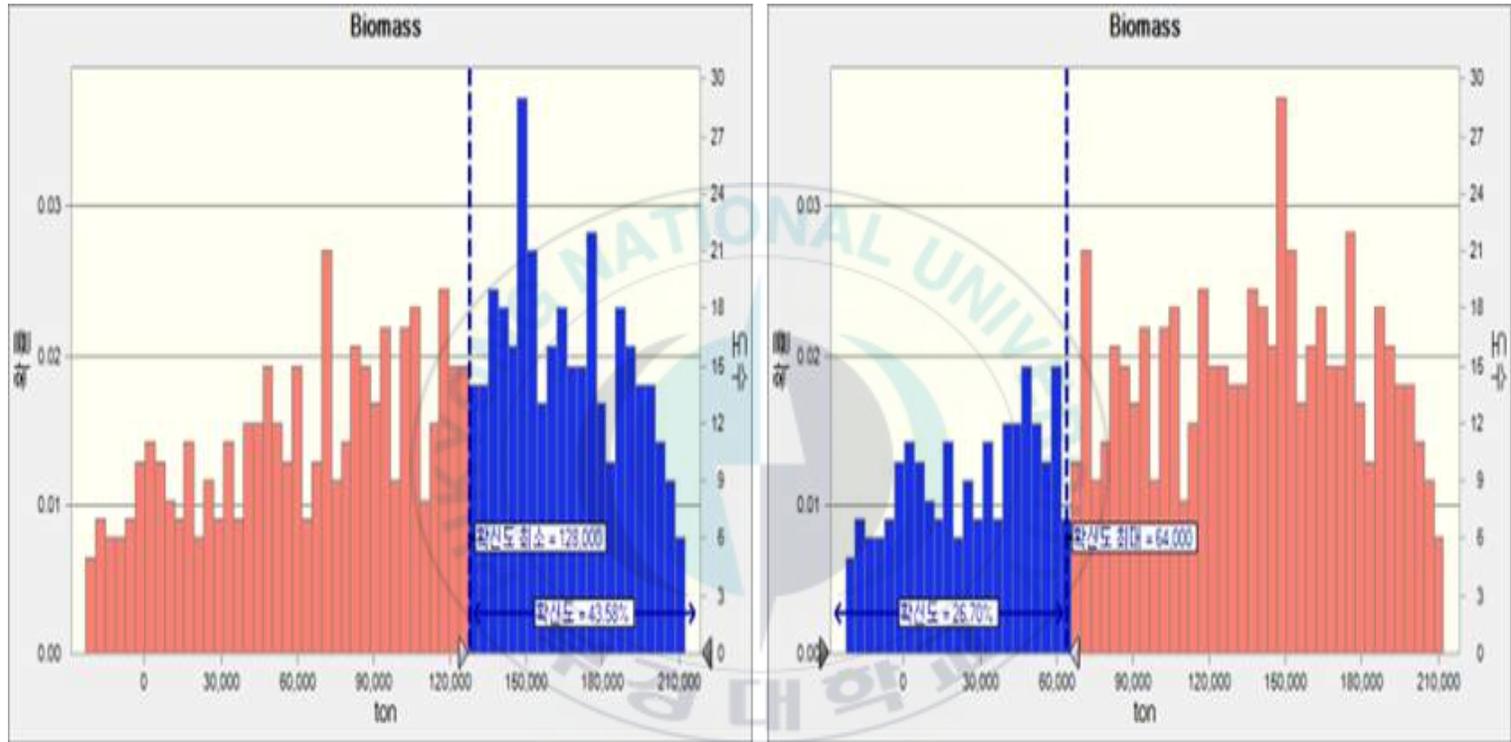
(a) 목표 자원량 달성

(b) 자원고갈의 위험

<그림 4-14> 2025년 자원회복 목표달성 확률(TAC 25,000톤)



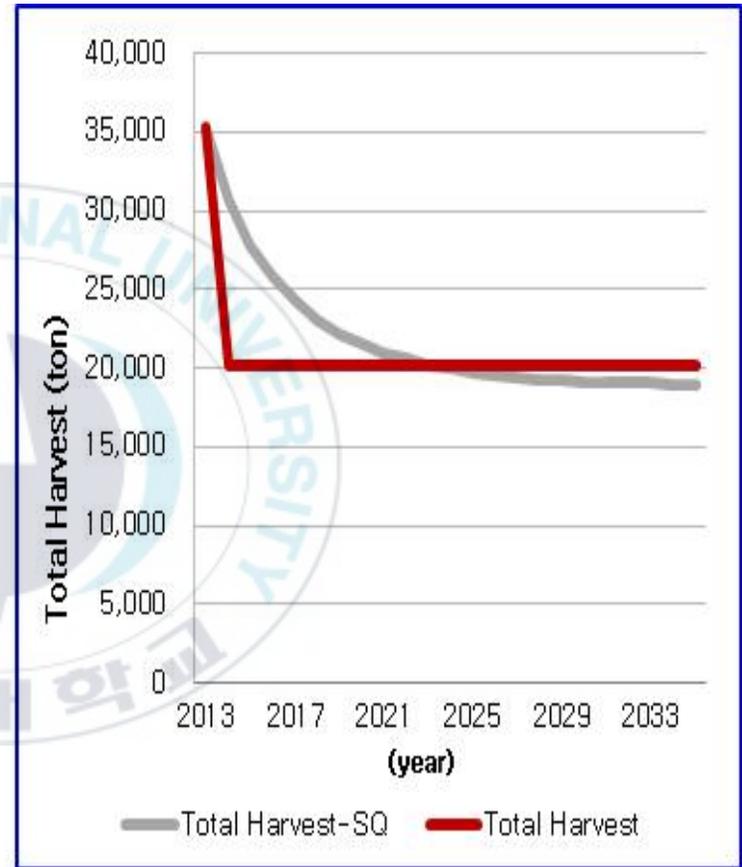
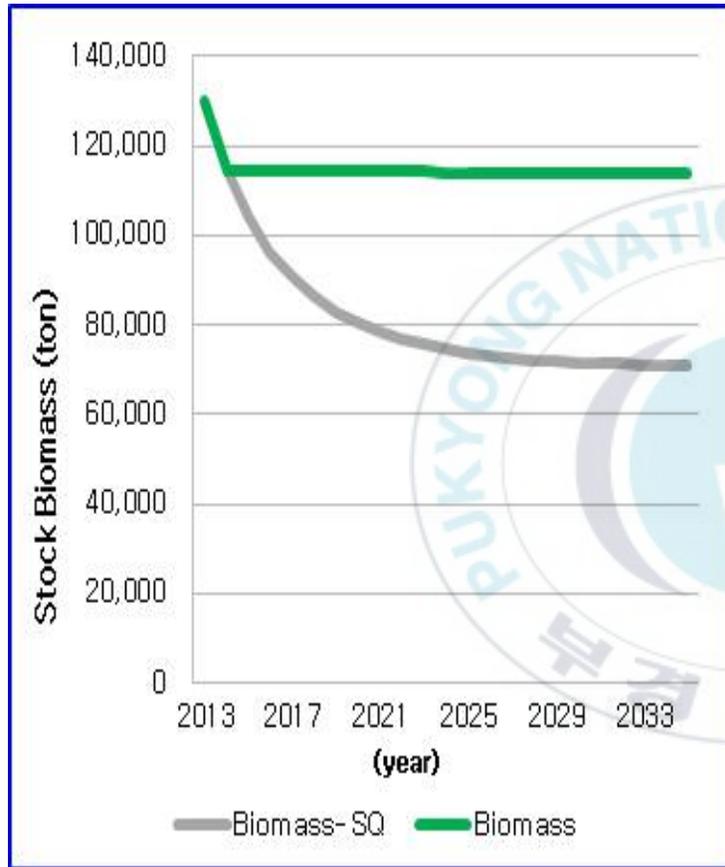
<그림 4-15> 자원량과 어획량의 변화(TAC 23,000톤)



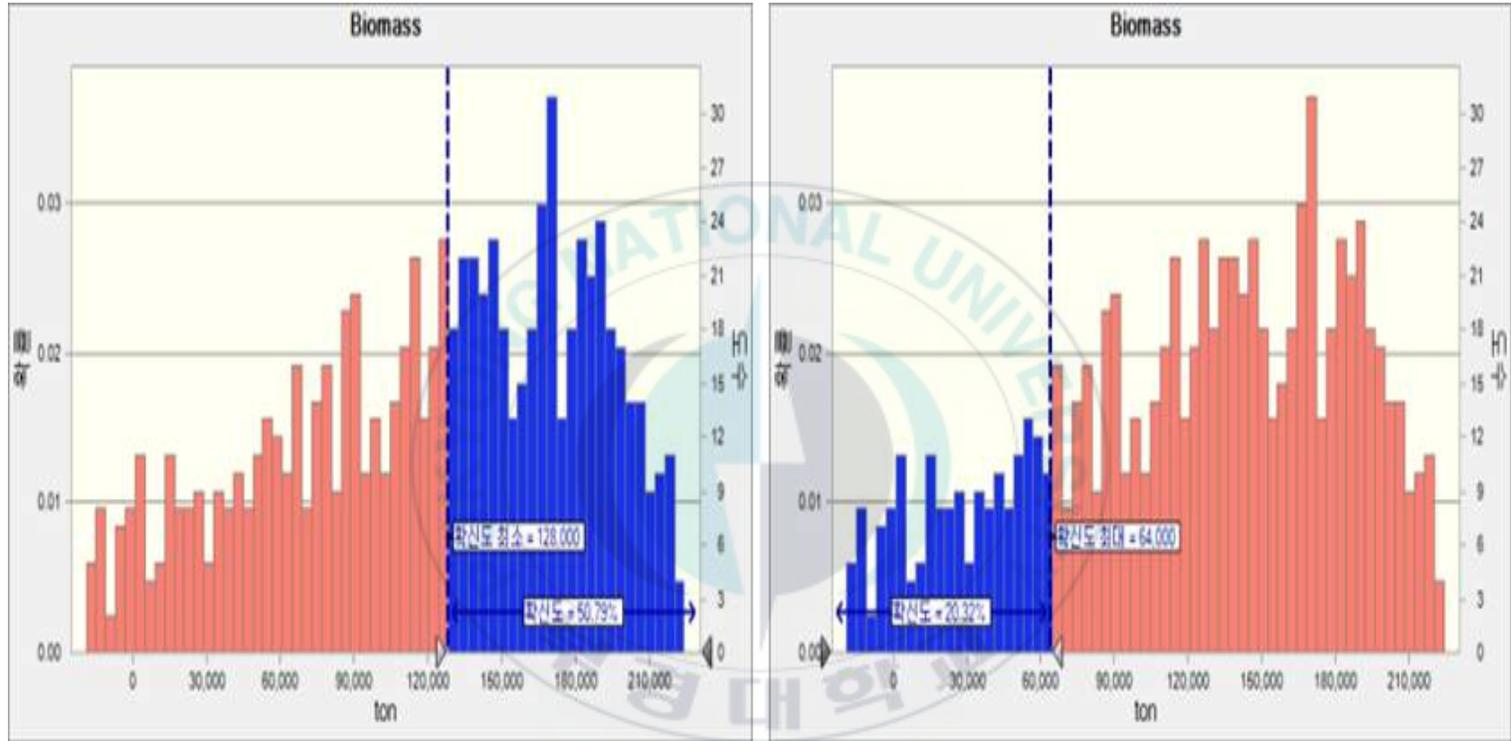
(a) 목표 자원량 달성

(b) 자원고갈의 위험

<그림 4-16> 2025년 자원회복 목표달성 확률(TAC 23,000톤)



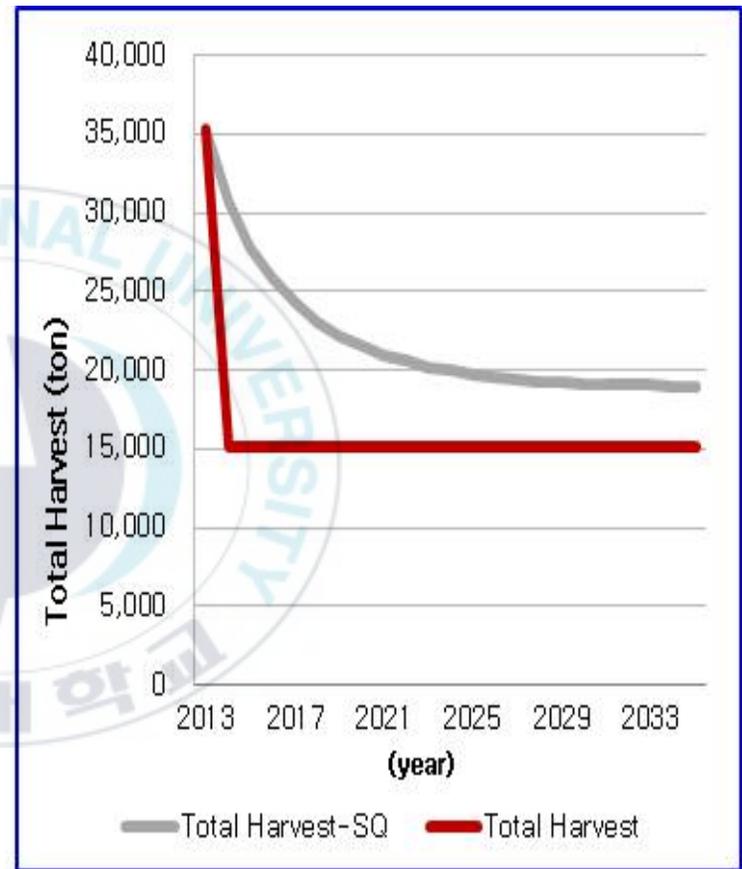
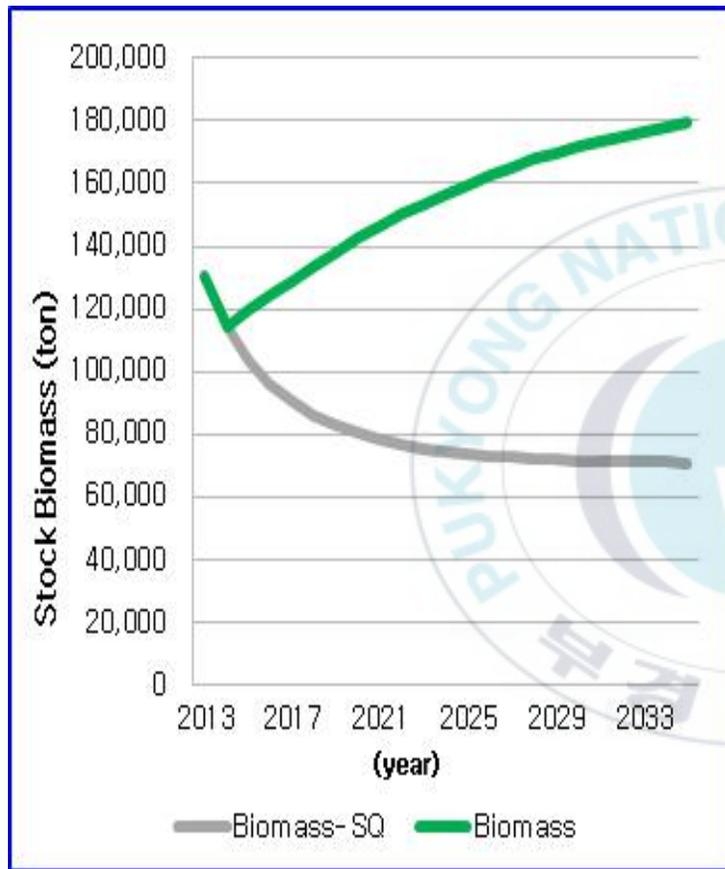
<그림 4-17> 자원량과 어획량의 변화(TAC 20,000톤)



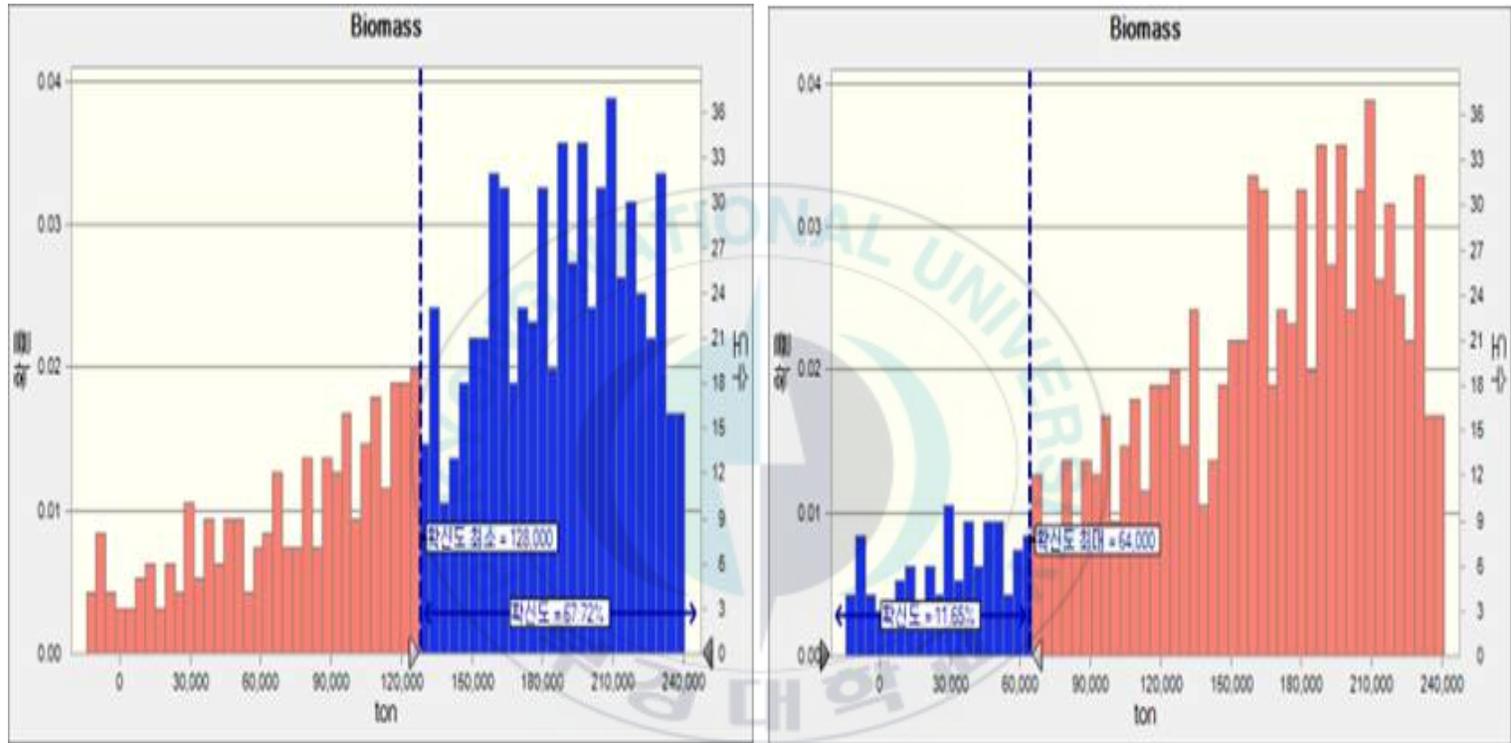
(a) 목표 자원량 달성

(b) 자원고갈의 위험

<그림 4-18> 2025년 자원회복 목표달성 확률(TAC 20,000톤)



<그림 4-19> 자원량과 어획량의 변화(TAC 15,000톤)



(a) 목표 자원량 달성

(b) 자원고갈의 위험

<그림 4-20> 2025년 자원회복 목표달성 확률(TAC 15,000톤)

4) 권고안3

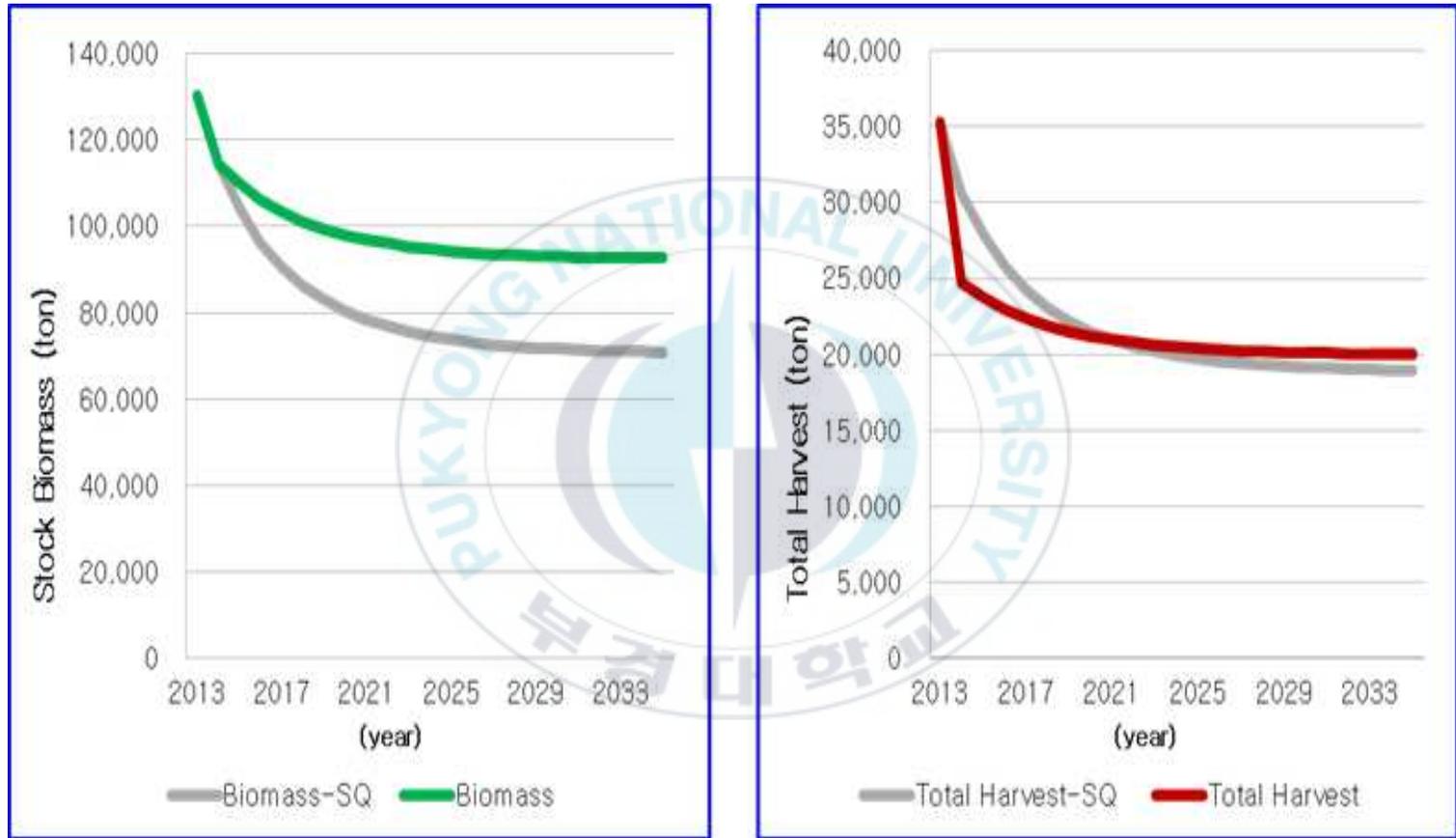
(1) 근해자망어업 어획강도 23.8% 감축

생물경제모델에 근해자망어업 어획강도 23.8% 감축을 설정 했을 경우, 근해자망어업의 어획효율(q)이 23.8% 감소되는 것으로 가정했다.

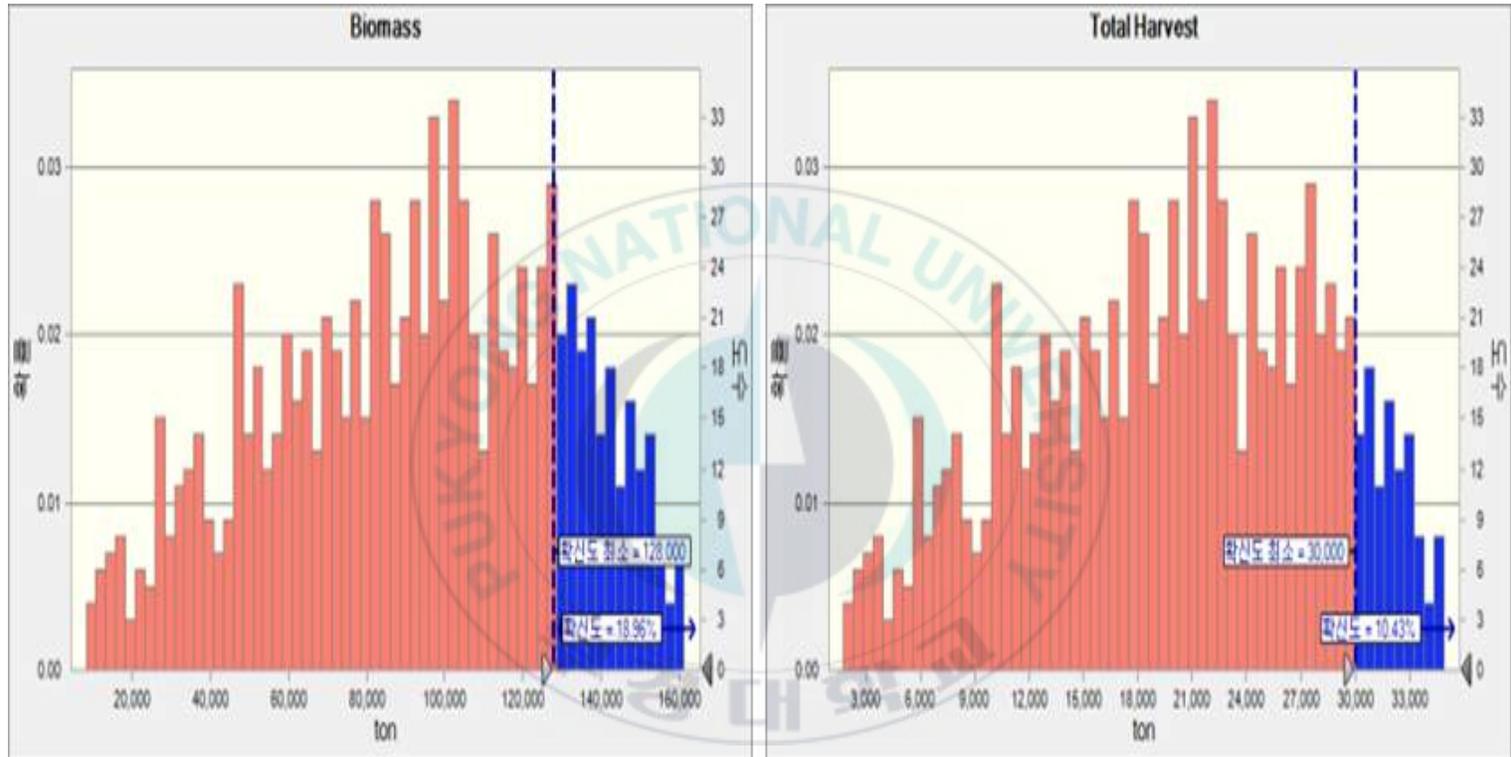
분석 결과, 2015년의 어획량은 23,737톤, 자원량은 109,811톤으로 추정되었다. 그리고 2025년의 어획량은 20,380톤, 자원량은 94,279톤으로 추정되었다. <그림 4-21>에서 SQ에 비해서 어획량은 2015년에는 작지만, 2025년에는 오히려 커지는 것으로 나타났다. 그리고 자원량은 비교적 큰 증가폭을 보였다. 경제적 효과는 근해자망은 0.91로 감소하지만, 근해안강망 1.19, 대형쌍끌이기선저인망 1.19로 증가하였다. 그리고 <표 4-12>를 보면, 세 어업의 이익의 합은 0.95로 5% 감소하는 것으로 나타났다. 2025년 목표 자원량 달성확률은 18.96%, 목표 어획량 달성확률은 10.43%로 나타났다. SQ에 비해서 높은 목표 달성확률을 보이지만, 큰 효과를 기대하는 것은 어려운 것으로 분석되었다.

<표 4-10> 권고안별 효과 분석(근해자망어업 어획강도 23.8% 감축)

		2015년	2025년
어획량(t)		23,737	20,380
자원량(t)		109,811	94,279
어업 매출 (대 SQ)	G	0.91	
	S	1.19	
	P	1.19	



<그림 4-21> 자원량과 어획량의 변화(근해자망어획강도 23.8% 감축)



(a) 목표 자원량 달성

(b) 목표 어획량 달성

<그림 4-22> 2025년 자원회복 목표달성 확률(근해자망어획강도 23.8% 감축)

(2) 금지체장15cm, 포획금지기간, 근해자망어획강도 23.8% 감축

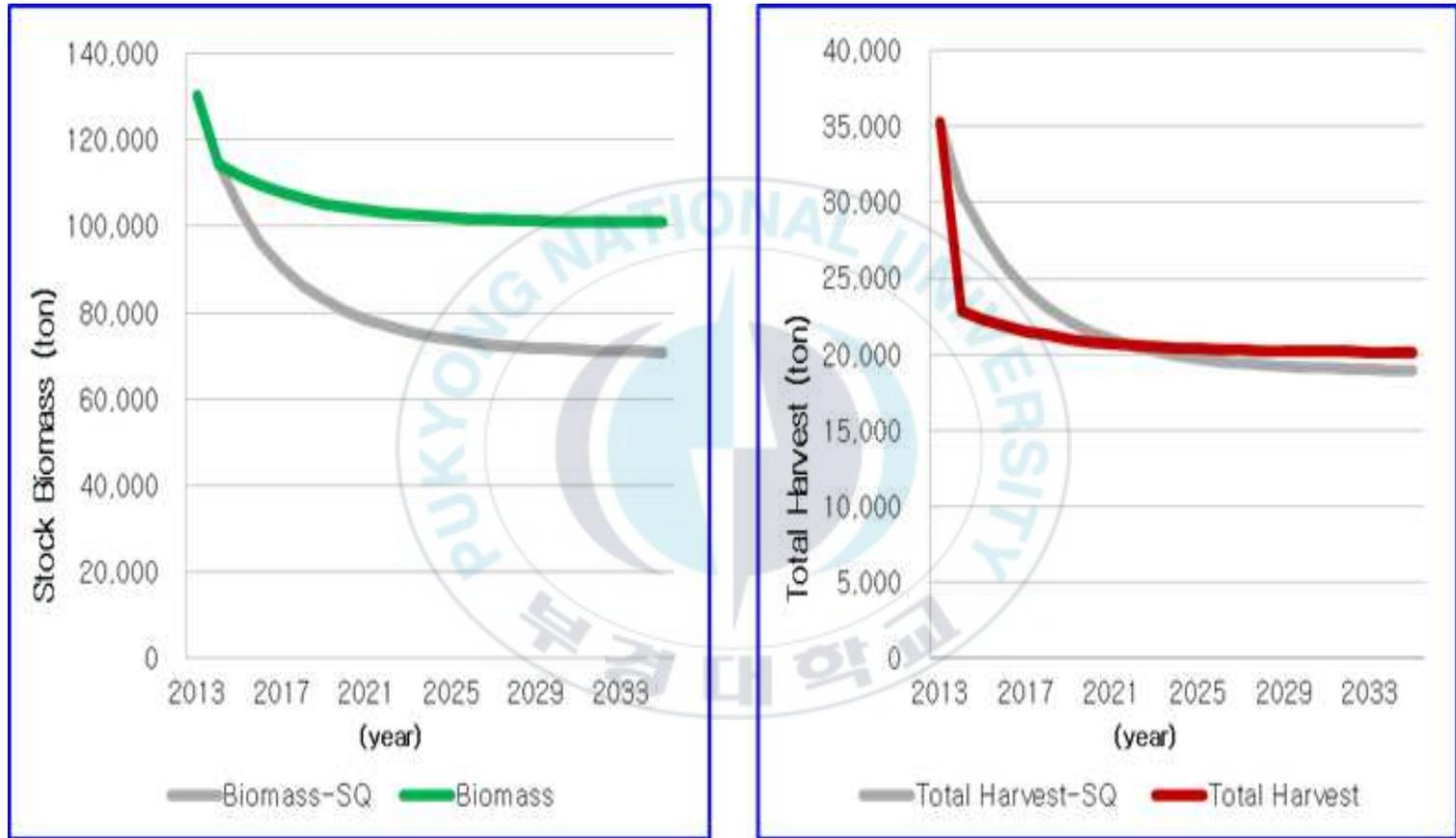
생물경제모델에 포획금지체장 15cm, 포획금지기간과 근해자망어획강도 23.8% 감축을 동시에 시행 했을 경우, 각 어업별 어획량과 연간 조업일수를 조절하고 근해자망어업의 어획효율(q)를 조절하는 것으로 가정하였다.

분석 결과, 2015년의 어획량은 22,303톤, 자원량은 111,700톤으로 추정되었다. 그리고 2025년의 어획량은 20,363톤, 자원량은 101,987톤으로 추정되었다. <그림 4-23>을 보면, SQ에 비해서 자원량은 증가하는 것으로 나타났다, 어획량은 2015년에는 SQ에 비해서 작지만 2025년에는 커지는 것으로 나타났다. 그리고 권고안 중에 가장 효과적인 것으로 분석되었다. 경제적 효과는 근해자망은 0.94로 6% 감소하였으나, 근해안강망 1.09, 대형쌍끌이기선저인망 1.06으로 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 <표 4-12>에서 세 어업의 이익의 합은 0.95로 감소하는 것으로 나타났다. 2025년 목표 자원량 달성확률은 23.55%, 목표 어획량 달성확률은 6.31%로 나타났다. SQ에 비해서 높은 확률을 보이는 것으로 분석되었다.

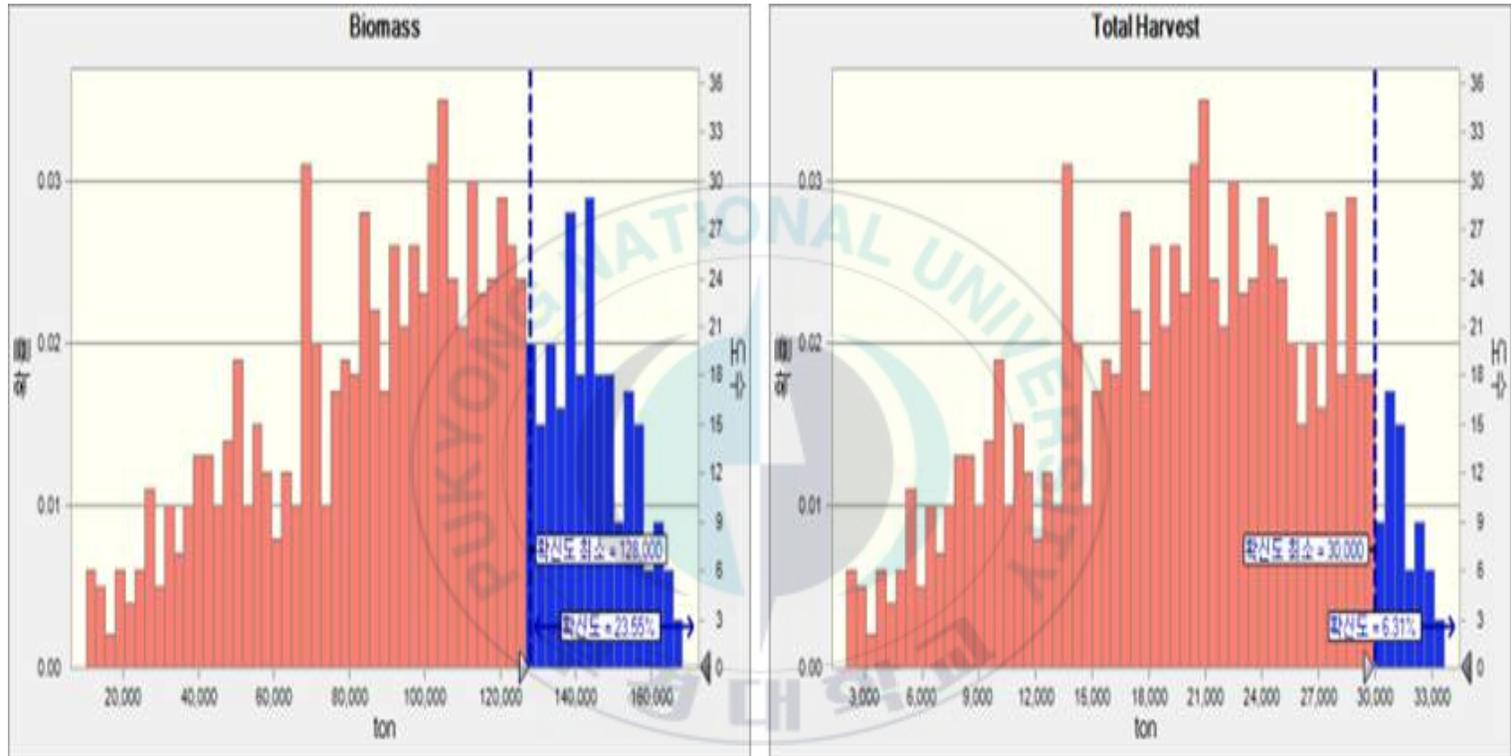
<표 4-11> 권고안별 효과 분석

(포획금지체장 15cm+포획금지기간+근해자망어획강도 23.8% 감축)

		2015년	2025년
어획량(t)		22,303	20,363
자원량(t)		111,700	101,987
어업 매출 (대 SQ)	G	0.94	
	S	1.09	
	P	1.06	



<그림 4-23> 자원량과 어획량의 변화(금지체장15cm+포획금지기간+근해자망어획강도 23.8% 감축)



(a) 목표 자원량 달성

(b) 목표 어획량 달성

<그림 4-24> 2025년 자원회복 목표달성 확률(금지체장15cm+포획금지기간+근해자망어획강도 23.8% 감축)

2013년 참조기의 각 어업별 판매단가(p)는 통계청의 통계자료인 어업별 생산량과 생산금액으로부터 1톤당 근해자망 6,526천원, 근해안강망 4,222천원, 쌍끌이대형기선저인망 4,123천원으로 파악되었다.

<표 4-12> 권고안별 어업매출 추정(2015~2025)

Method	어업매출 (대 SQ)	비고
SQ(Status Quo)	1.00	
포획금지체장 15cm	1.03	
포획금지기간	1.003	
포획금지체장 15cm +포획금지기간	1.03	
TAC 30,000 t	1.27	2023년 이후 추정불가
TAC 28,000 t	1.20	2024년 이후 추정불가
근해자망어획강도 23.8% 감축	0.95	
포획금지체장 15cm +포획금지기간 +근해자망어획강도 23.8% 감축	0.95	

<표 4-13> 권고안1 효과분석

Method	2025년			
	어획량 (ton)	자원량 (ton)	어획량 30,000 ton 이상(%)	자원량 128,000 ton 이상(%)
Status Quo	19,731	73,780	14.95	3.54
금지체장 (15cm)	20,014	79,313	13.13	6.67
금지기간	19,817	75,305	12.00	4.85
금지 체장+기간	20,077	80,838	14.16	8.60

<표 4-14> 권고안2 효과분석

TAC (ton)				2025년 자원량		
Total	G	S	P	자원량 (ton)	64,000 ton 이하(%)	128,000 ton 이상(%)
Status				73,780	36.60	3.54
30,000	18,900	6,300	1,200	-	38.09	23.73
28,000	17,640	5,880	1,120	-	35.64	31.55
25,000	15,750	5,250	1,000	52,721	32.27	36.03
23,000	14,490	4,830	920	80,093	26.70	43.58
20,000	12,600	4,200	800	114,070	20.32	50.79
15,000	9,450	3,150	600	159,895	11.65	67.72

<표 4-15> 권고안3 효과분석

Method	2025년			
	어획량 (ton)	자원량 (ton)	어획량 30,000 ton 이상(%)	자원량 128,000 ton 이상(%)
Status Quo	19,731	73,780	14.95	3.54
근해자망어업 어획강도 23.8% 감축	20,380	94,279	10.43	18.96
권고안1+3	20,363	102,035	6.31	23.55

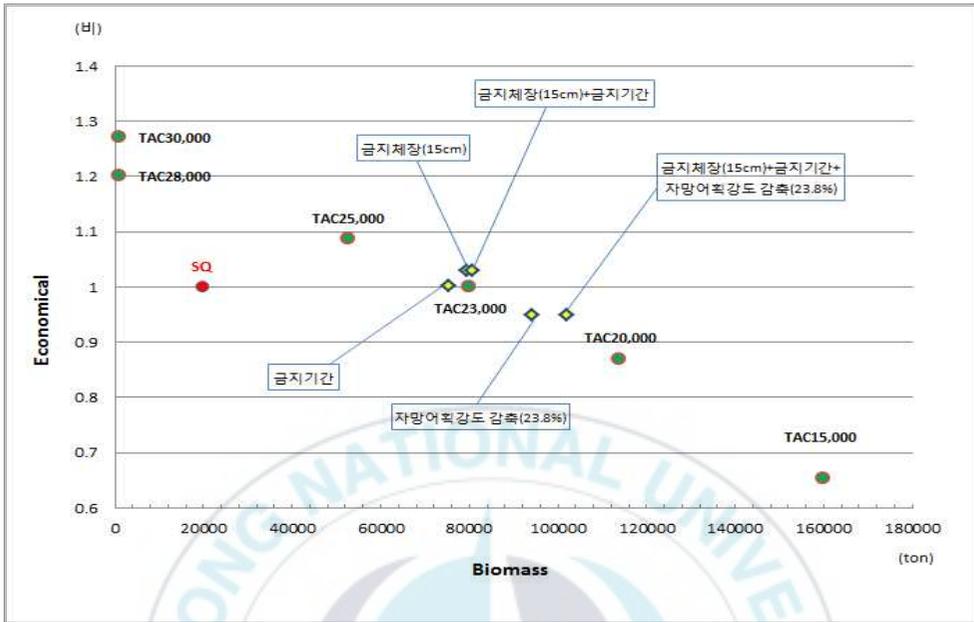
5) 종합

권고안1의 포획금지체장 15cm와 포획금지기간은 각각 단독으로 시행하여도 생물학적·경제학적으로 긍정적인 효과를 나타낸다. 그리고 동시에 같이 시행하는 것이 더 큰 효과를 내는 것으로 분석되었다. 하지만 그 효과의 정도가 크지 않아서 현 수준으로는 목표를 달성하기 어려울 것으로 분석되었다.

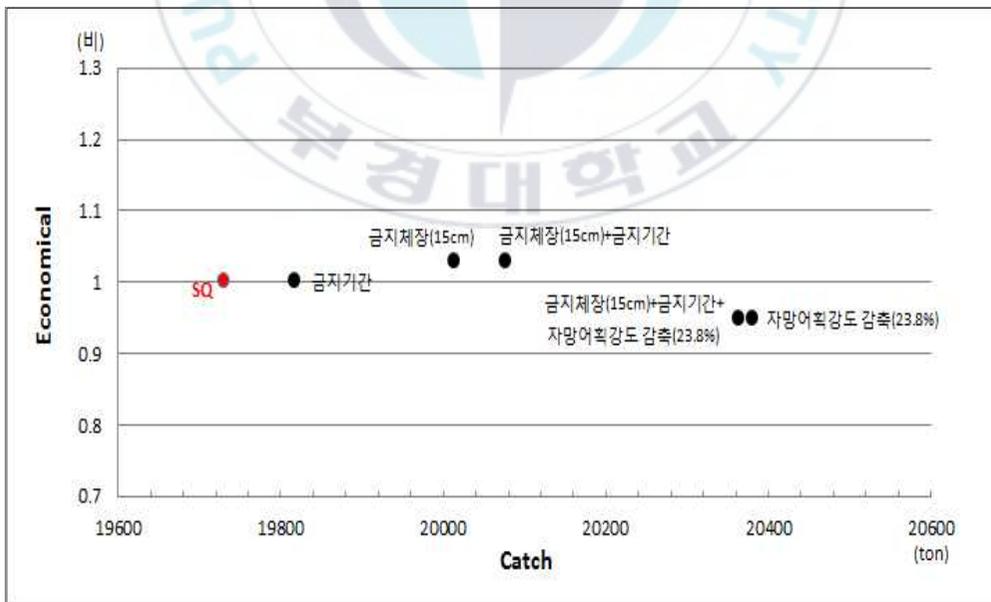
권고안2인 TAC 30,000톤과 28,000톤의 수준은 경제적 효과는 뛰어나지만 자원고갈의 우려가 큰 것으로 나타났다. 자원회복의 측면만을 고려한다면 TAC를 20,000톤 이하로 설정해야 효율적으로 목표달성을 할 수 있는 가능성이 50% 이상이 되는 것으로 분석되었다.

권고안 3인 근해자망어업 어획강도 23.8% 감축은 단일 권고안들 중에 자원적·경제적으로 가장 효율적인 것으로 나타났다. 그리고 권고안1과 동

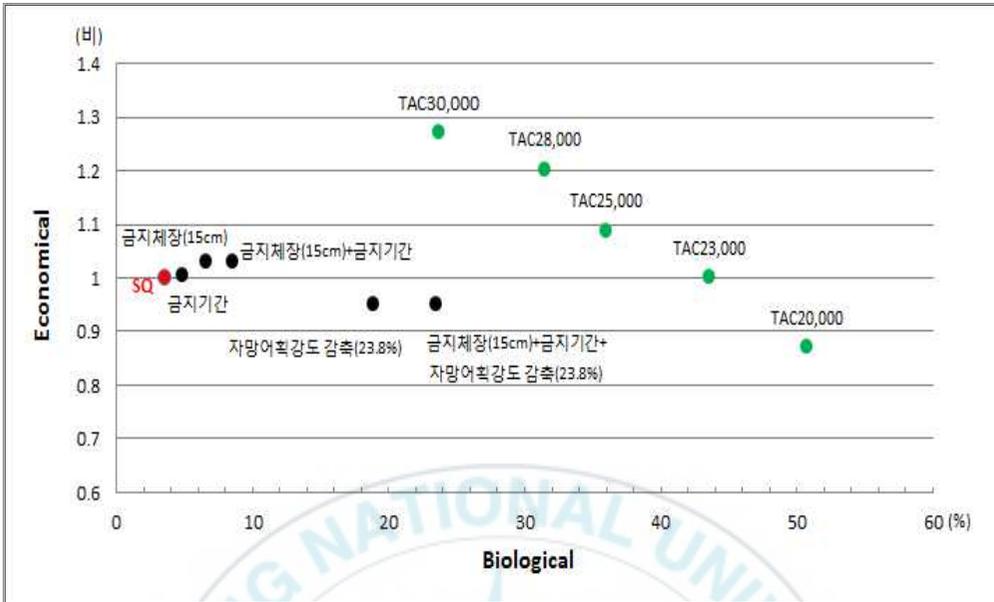
시에 시행한다면 더 좋은 효과를 낼 수 있는 것으로 분석되었다.



<그림 4-25> 2025년 SQ 및 권고안별 결과 비교(자원량·경제성)



<그림 4-26> 2025년 SQ 및 권고안별 결과 비교(어획량·경제성)



<그림 4-27> 2025년 SQ와 권고안별 결과 비교(목표 달성률·경제성)

<그림 4-25>, <그림 4-26>, <그림 4-27>을 보면, TAC 30,000톤과 28,000톤을 제외한 모든 권고안들이 SQ를 유지하는 것보다 자원회복에 도움이 되는 것으로 나타났다. 그리고 근해자망어획강도 23.8% 감축을 제외한 모든 권고안들이 SQ에 비해서 우리나라 전체 참조기어업에 경제적으로 긍정적인 효과를 주는 것으로 나타났다.

V. 요약 및 결론

1. 요약

참조기는 현재 우리나라의 자원회복대상종으로 지정되어있고 자원회복을 위한 자원관리수단이 권고안으로 발표되어있다. 세계적으로 자원관리수단에 대하여 생물경제모델을 이용한 사전평가가 중요하게 여겨지고 있는 현 시점에서 우리나라의 참조기 자원관리수단의 효율성 제고와 자원회복계획의 성공적인 목표달성을 위하여 권고안의 평가가 필요하다.

본 연구에서 참조기 자원량 추정에 사용한 자료는 1990년부터 2013년까지 우리나라 참조기 생산량의 대부분을 차지하고 있는 3가지 어업(근해자망, 근해안강망, 쌍끌이대형기선저인망)의 참조기 어획량, 어선수, 마력 수, 톤수이다.

생물경제모델을 구축하기 위해서 자원동태모델 가운데 잉여생산량모델을 사용하였고, 이를 위해서는 어획량과 노력량의 자료가 필요하다. 어획량은 통계 외에는 대체할 수 있는 자료가 없고 생산량과 노력량의 관계를 파악하기 어렵기 때문에 어떤 노력량 자료가 더 좋다고 단정할 수 없다. 이러한 이유로 6가지 어획노력량자료(어선 수, 마력, 톤, 마력/톤, 마력/척, 톤/척)와 5가지 잉여생산량 모델(Shaefer, Schnute, W&H, FOX, CYP)을 사용하여 자원량 및 생물학적변수의 추정을 시도 하였다.

어획량과 6가지 노력량과의 관계를 5가지 모델을 사용하여 총 30가지 경우에 대한 회귀분석을 시행하여 결과를 비교하였다. 이러한 비교를 통해 가장 통계적으로 유의하고 설명력이 좋으며 과거자료를 통한 검정에도 좋은 결과를 보인 것을 채택하였다. 그 결과, 어획노력량으로 어선수를 이용

하여 CYP모델을 통한 분석결과를 사용하게 되었다.

CYP모델 회귀식의 계수 이용하여 자원량과 MSY 생물학적 변수를 추정할 수 있다. 생물학적변수의 q 는 어획효율, r 는 성장률, k 는 환경수용력을 나타낸다. 이렇게 도출된 생물학적 변수들은 생물경제모델을 구축하는 기반이 된다.

생물경제모델을 사용하여 현재 참조기 자원보호를 위한 관리수단으로서 제시되고 있는 권고안들에 대한 자원관리 효과와 경제적 효과분석을 실시하였다. 권고안의 내용은 첫째, 포획금지체장 및 포획금지기간 조정, 둘째, 참조기 TAC실시, 셋째, 근해자망어업 어획강도 감축, 넷째, 어장환경 관리이다. 효과분석의 기준은 자원회복사업에서 참조기 자원회복 목표를 2012년 이후 어획량 30,000톤 유지로 하고 있으므로 CYP모델 분석 결과에 대입하여 어획량 30,000톤일 때의 자원량은 128,000톤으로 추정하여 각 권고안 시행에 따른 2025년 어획량과 자원량을 예측해보고 목표치인 어획량 30,000톤, 자원량 128,000톤 달성의 가능성을 백분율로 추정하였다. 경제적인 효과는 현재의 상황이 지속되었을 때(Status Quo: SQ) 2015년~2025년의 참조기 어획에 따른 추정 연간 매출 합에 대한 각 권고안의 적용에 따른 추정 연간매출의 합의 비로 나타내었다.

각 권고안들의 효과분석 결과를 비교하여 자원관리와 경제적으로 가장 효과적인 관리수단과 각 관리수단의 적정 기준을 추정하여 참조기 자원회복을 위한 정책 집행에 있어서 방향을 제시하고자 하였다.

2. 결론 및 한계점

우리나라의 참조기 생산량은 2011년 약 60,000톤으로 급증한 이후 2012년부터 지속적으로 감소하는 추세를 보이고 있다. 그리고 2014년에는 목표량인 30,000톤에 미치지 못하는 생산량을 기록하였다. 이러한 상황에서 우리나라 참조기 자원관리의 필요성이 대두되고 있기 때문에 본 연구에서는 CYP모델을 이용하여 참조기 자원평가를 실시하였다. 자원평가 결과 MSY가 약 33,272톤으로 추정되었으며 이러한 결과와 실제 어획량을 비교해 보았을 때, 2007년부터 2013년까지 MSY이상의 어획량을 기록했기 때문에 이 시기동안 남획상태라고 판단할 수 있다. 그러므로 2011년 이후 지속적인 어획량 감소는 2007년부터 남획을 통한 우리나라 참조기 자원의 감소가 원인이라고 추측할 수 있다.

이런 지속적인 참조기 자원의 감소가 예상되는 상황에서 국립수산과학원은 참조기 자원회복을 위한 권고안들을 내놓았다. 그래서 본 연구에서는 생물경제모델을 이용하여 다양한 권고안들의 효과를 분석하여 보다 효율적인 방법과 기준을 선택하는 것에 기여하고자 하였다.

분석결과, TAC를 30,000톤과 28,000톤으로 했을 때 경제적 효과는 다른 관리수단들에 비해 높았으나 자원량은 SQ이하의 값으로 추정되었다. 그 외의 다른 권고안들은 모두 SQ보다 자원량이 증가하는 것으로 나타났고 경제적 효과는 금지체장, 금지기간, 금지체장+금지기간은 SQ와 비슷하거나 약간 높은 것으로 추정되었고 자망어획강도 감축과 금지체장+금지기간+자망어획강도 감축은 SQ에 비해 다소 감소하는 것으로 나타났다.

그리고 TAC는 그 양이 작아질수록 자원량은 증가하는 것으로 나타났으나 23,000톤 이하로 설정하면 경제적 효과는 SQ보다 낮은 것으로 분석되었다. 현재 발표된 권고안들로는 목표 자원량 128,000톤 달성이 어려울 것

으로 추정되며, TAC를 20,000톤 미만으로 설정해야 목표 달성을 기대할 수 있을 것으로 분석되었다.

각 자원관리수단의 시행에 따른 2025년 참조기 어획량과 경제적 효과를 비교한 결과, TAC는 어획량을 고정하는 방법으로 어획량 변동을 예측하는 것은 무의미하기 때문에 제외하였다. 금지체장, 금지기간, 금지체장+금지기간은 자원량과 같은 양상을 나타내었다. 그러나 자망어획강도 감축과 금지체장+금지기간+자망어획강도 감축을 적용하였을 때가 자원량과 반대로 자망어획강도만 감축하는 것이 더 많은 어획량을 나타내었다. 하지만 가장 많은 어획량으로 추정된 값도 20,380톤으로 목표어획량 30,000톤에 크게 미치지 못하는 것으로 분석되었다.

각 자원관리수단의 시행에 따른 2025년의 자원회복목표 자원량 12,8000톤을 달성할 수 있는 가능성과 경제적 효과라는 두 가지 측면으로 비교하였을 때는 TAC를 설정하는 것이 효율적인 것으로 분석되었다.

TAC를 제외한 나머지 권고안들에 대한 것을 보면 금지기간, 금지체장, 금지기간+금지체장을 설정하는 것은 목표달성률이 다소 낮은 것으로 분석되었다. 이에 반해 자망어획강도 감축은 목표달성의 가능성이 비교적 높은 것으로 분석되었다. 그리고 TAC를 제외한 나머지 권고안들을 모두 시행하였을 때는 목표달성률이 자망어획강도 감축만 시행했을 경우보다는 다소 높아지지만 경제적 효과는 자망어획강도 감축만 시행했을 경우와 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다.

TAC설정량에 따른 결과는 TAC가 클수록 어획량이 많기 때문에 경제적 이익이 증가하고 TAC가 작을수록 어획사망이 줄어들기 때문에 자원회복에 긍정적인 영향을 주게 되어 목표달성 가능성은 증가하는 것을 알 수 있다.

위의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 권고안 중에 단일 수단으로 가장 효율적인 것은 자망어업의 어획강도 감축이다.

둘째, 자망어업의 어획강도 감축과 함께 금지체장, 금지기간을 시행한다면 어획량과 경제적 효과는 조금 감소하지만 자원량 증가에는 도움이 될 것으로 판단된다.

셋째, 현재 우리나라 참조기 자원상황에 TAC 30,000톤, 28,000톤의 적용은 자원고갈의 위험도가 매우 높은 것으로 추정된다.

넷째, 현재 발표된 권고안들로는 목표 어획량 및 자원량을 달성할 가능성이 희박한 것으로 추정되므로, 목표치에 대한 재설정이 필요할 것이다.

다섯째, TAC가 다른 자원관리수단들 보다 비교적 목표달성률은 높지만 TAC를 20,000톤 이하로 설정하였을 때 자원이 회복 추세를 보이는 것으로 분석되었고, 목표 달성률도 50% 이상을 기대 할 수 있다.

본 연구의 한계점으로는 CYP모델을 이용한 분석결과가 통계적으로 유의한 것으로 판명되었으나 3가지 어업별 노력량을 사용함에 있어서 한정된 자료로 인해 표준화를 하지 않고 합계를 사용하였다. 이는 그 결과가 심성현(2014)에서 어획노력량을 표준화하여 CYP모델을 통해 도출해 낸 분석결과와 거의 유사한 것으로 나타났기 때문이다. 그러나 향후 연구에서는 어업별 노력량에 대한 다양한 표준화 방안을 모색하고 적용해 나가야 할 것이다. 그리고 현재 완성된 참조기 생물경제모델의 r 값을 차후 연산 어획량 결과를 반영하여 지속적으로 보정함으로써 모델의 정밀도를 향상시키고, 예측의 정확성을 높여나가야 할 것이다.

참고문헌

- 국립수산과학원 (2015), 2014년 수산자원회복 대상종의 자원상태 및 권고안.
과학원간행물번호 SP-2015-FR-001, 5-17.
- 국립수산과학원 (2012), 연근해 주요 어종의 어획동향 및 자원상태 평가.
과학원간행물번호 SP-2012-FR-002, 19-21.
- 국립수산과학원 (2011), 수산자원 품종별 포획금지-관련규정 검토 보고서.
과학원간행물번호 SP-2011-FR-006, 21-26.
- 국립수산과학원 (2010), 연근해 주요 어업자원의 생태와 어장, 과학원간행물
번호 SP-2010-FR-009, 281-292.
- 국립수산과학원 (2006), 수산자원 회복대상종 생물정보 DB자료집. 과학원
간행물번호 SP-2006-RE-007, 11-24.
- 김도훈 (2003), 자원회복계획 하에서의 총허용어획량(TAC) 어업정책 효과에
관한 생물경제학적 분석-미국 멕시코만의 Yellowedge Grouper
어업을 사례로. 자원·환경경제연구, 12(4), 663-686.
- 김도훈 (2014), 생물경제모델에 의한 수산자원변화 예측 및 어업관리 효과
분석, 부경대학교.
- 류정곤, 김대영, 이정삼, 김수진 (2005), 어업관리수단 효과분석을 위한
생물경제모델 활용에 관한 연구, 한국해양수산개발원, 기본과제 2005-13.
- 류정곤, 최종화, 이광남, 이동우 (2005), 중장기 수산자원회복계획 추진에 관한
연구, 해양수산부.
- 류정곤, John M., 남종오 (2005), 다수어종·다수어업의 TAC 평가에 관한
연구-다수어종·단일어업 TAC 평가-, 한국해양수산개발원, 국제공동
연구 2005-01.

- 심성현 (2015), 생물경제모형을 이용한 참조기의 자원평가에 관한 연구-
단일어종·다수어업 사례를 중심으로. 부경대학교 석사학위 청구 논문.
- 장창익 (2010), 해양수산자원생태학, 부경대학교 출판부, 390-397.
- 조정희, 이정삼, 남종오 (2009), 생물경제모형을 이용한 수산물 최적생산량
추정 및 활용에 관한 연구, 한국해양수산개발원, 기본연구 09-14.
- 국가통계포털 (2015), 농림어업총조사, 농림어업조사, (<http://kosis.kr>)
- 국립수산과학원 (2015), 부산공동어시장 참조기 어업별 체급별 어체 측정자료.
- 수산정보포털 (2015), 어업생산통계, 어선통계, (<http://fips.go.kr>)
- Chakravorty U. and K. Nemoto (2001), Modeling the Effects of Area Closure
and tax Policies : A Spatial-Tempora Model of the Hawaii Longline
Fishery, Marine Resource Economics, Vol 15, pp. 179-204.
- Clark R.P., S.S. Yoshimoto and S.G. Pooley (1992), A bioeconomic analysis
of the North-western Hawaiian Islands lobster fishery, Marine
Resource Economics, Vol. 7, No. 3, pp. 115-140.
- Danielsson A., G. Stefansson, F.M. Baldursson and K. Thorarinsson (1997),
Utilization of the Icelandic Cod Stock in a Multispecies Context,
Marine Resource Economics, 12, pp. 329-344.
- Eggert H. and M. Ulmestrand (1999), Bioeconomic Anaysis of Swedish
Fishery for Norway Lobster, Marine Resource Economics, 14(3),
pp. 225-244.
- Fox W.W. Jr (1970), An Exponential Surplus Yield Model for Optimizing
Exploited Fish Populations, Transactions of the American Fisheries
Society, Vol. 99, No. 1, pp. 80-88.
- Griffin L.W., D. Gilling, T. Ozuna Jr (2001), A Bio-economic Assessment
of Gulf of Mexico Red Snapper Management Policies, Transaction

- of the American Fisheries Society, 30, pp. 117-119.
- Kim D. (2003), A Bioeconomic Analysis of the Management Policies for the United States Gulf of Mexico Red Grouper Fishery, *Ocean and Polar Research*, Vol. 25, No. 4, pp. 483-491.
- Kim I., Y. Choi, C. Lee, Y. Lee, B. Kim, and J. Kim (2005), Illustrated book of Korean fishes. Kyohak, Seoul. (in Korean)
- Lee D.J., S.L. Larkin and C.M. Adams (2000), A Bioeconomic Analysis of Management Alternative for the U.S. North Atlantic Swordfish Fishery, *Marine Resource Economics*, 15(2), pp. 77-96.
- Sakuramoto K., H. Sugiyama, N. Suzuki (2001), Models for Forecasting Sandfish Catch in the Coastal Waters off Akita Prefecture and the Evaluation of the Effect of a 3-year Fishery Closure, *Fisheries Science*, Vol. 67.
- Schaefer M.B. (1954), Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the cooercial marine fisheries. *Bulletin of the Schaefer, Inter-American Tropical Tuna Commission*, Vol. 1, No. 2, pp. 27-56.
- Schnute J. (1977), Improved Estimates from the Sheaffer Production Model : Theoretical Considerations, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, Vol. 34, No. 5, pp. 583-603..
- Thunberg E.M., T.E. Helser and R.K. Mayo (1998), Bioeconomic Analysis of Alternative Selection Patterns in the United States Atlantic Silver Hake Fishery, *Marine Resource Economics*, 13(1), pp. 51-74.
- Walters C.J., R. Hilborn (1976), Adaptive control of fishing systems, *Journal of the fisheries Board of Canada*, Vol. 33, No. 1, pp. 145-159.