



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](#)

이 학 박 사 학 위 논 문

생태계 기반 어업자원의 시공간적
평가와 예측 연구



2018년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

수산물리학과

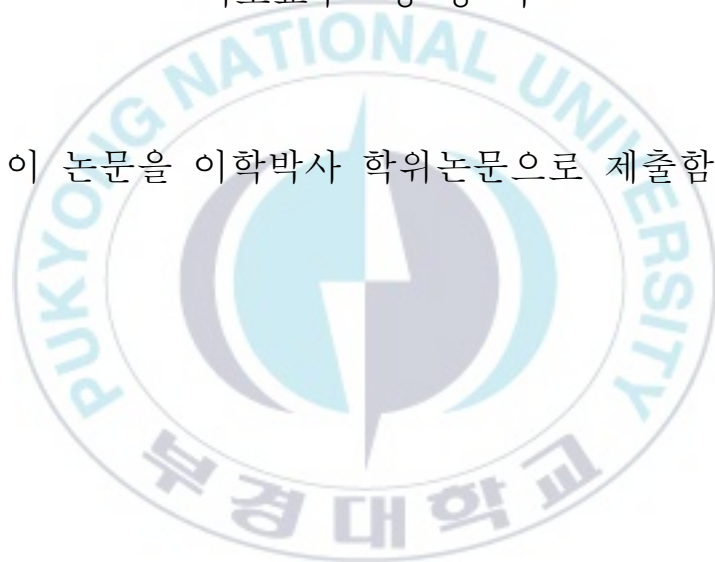
강 희 중

이 학 박 사 학 위 논 문

생태계 기반 어업자원의 시공간적 평가와 예측 연구

지도교수 장 창 익

이 논문을 이학박사 학위논문으로 제출함.



2018년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

수산물리학과

강 희 중

강희중의 이학박사 학위논문을 인준함.

2018년 8월 24일



위 원 장 이학박사 차 형 기 (인)

위 원 이학박사 서 영 일 (인)

위 원 이학박사 윤 상 철 (인)

위 원 이학박사 박 희 원 (인)

위 원 이학박사 장 창 익 (인)

TABLE OF CONTENTS

List of Figures	ii
List of Tables	vii
Abstract	ix
I. 서론	1
II. 생태계 기반 시공간적 위험도 평가	5
1. 서론	5
2. 자료 및 방법	6
가. 대상 생태계 및 어업	6
나. 생태계 기반 위험도 평가 모델	9
다. 시공간적 분석을 위한 생태계 기반 위험도 평가 모델	13
라. 시공간적 분석을 위한 생태계 기반 위험도 평가 적용	16
3. 결과	21
가. 지표별 위험도 점수	21
나. 목표위험지수	33
다. 중위험지수	39
라. 어업위험지수	39
마. 생태계위험지수	47
4. 고찰	52

III. 생태계 기반 시공간적 어업 위험도 예측	54
1. 서론	54
2. 자료 및 방법	54
가. Extended IFRAME	54
나. 생태계 구조, 역학, 공간 모델	59
다. 생태계 기반 위험도 평가	77
3. 결과	79
가. 생태계 구조	79
나. 시공간적 자원량 및 어획량 변동	82
다. 시공간적 지표별 위험도 변동	89
4. 고찰	94
IV. 생태계 기반 어업 관리 방안	95
1. 서론	95
2. GIS 기반 생태계 통합 어업자원 관리 시스템	96
가. 관리 시스템 체계	96
나. 사용자 소프트웨어 구성	99
3. 고찰	104
참고문헌	107
감사의 글	112
Appendix	113

List of figures

Fig. 1.1. Conceptual diagram for spatio-temporal ecosystem-based assessment & forecasting approach	4
Fig. 2.1. A map showing the study area including East Sea ecosystem. The numbers indicate identification numbers of sea blocks numbers.	7
Fig. 2.2. Management objectives for the EBFA (ecosystem-based fisheries assessment).	10
Fig. 2.3. Structure of nested indices for the EBFA approach (modified from Zhang et al.(2009; 2010).	12
Fig. 2.4. Revised structure of nested indices for the spatio-temporal EBFA approach.	14
Fig. 2.5. Annual variation of RS for the fishing intensity of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery.	23
Fig. 2.6. Annual variation of RS for the fishing intensity of common squid harvested by offshore angling fishery.	26
Fig. 2.7. Annual variation of RS for the biomass of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery.	28
Fig. 2.8. Annual variation of RS for the biomass of common squid harvested by offshore angling fishery.	32
Fig. 2.9. Annual variation of ORI for sustainability of sandfish and pacific cod	

harvested by eastern danish seine fishery.	35
Fig. 2.10. Annual variation of ORI for sustainability of common squid harvested by offshore angling fishery.	38
Fig. 2.11. Annual variation of SRI of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery.	41
Fig. 2.12. Annual variation of SRI of common squid harvested by offshore angling fishery.	44
Fig. 2.13. Annual variation of FRI of eastern danish seine fishery.	46
Fig. 2.14. Annual variation of ERI in the East Sea marine ecosystem.	50
Fig. 2.15. Spatial distribution of ERI in the East Sea marine ecosystem.	51
Fig. 2.16. Spatial maps showing distribution of ERI for the earlier and this study.	53
Fig. 3.1. Flowchart illustrating detailed mechanisms of the extended IFRAME. The light-green highlights indicate the parts modified from the existing IFRAME (Zhang et al., 2011).	56
Fig. 3.2. Procedures for ecosystem-based risk assessment & forecasting based on spatio-temporal ecosystem modeling, and visualization.	58
Fig. 3.3. Ecosim approach to simulation of biomass flow between unavailable biomass of prey ($B_i - V_i$), available biomass of prey (V_i), and flow to predator j with biomass B_j (modified from Walters et al.(1997)).	63

Fig. 3.4. Representing the linkages of a grid cell in Ecospace. Here x,y represents map cell row and column.	64
Fig. 3.5. EwE workspace for setting the basemap and habitats for Ecospace. 66	
Fig. 3.6. Example of results from running Ecospace.	67
Fig. 3.7. Base map used in Ecospace. Light-grey cells indicate study area, black-dotted cells shows non-study area, and dark-grey cells indicate land.	73
Fig. 3.8. Inputed (a) depth and (b) temperature data by sea blocks in Ecospace.	74
Fig. 3.9. Input foraging response to habitat for sandfish and cod.	75
Fig. 3.10. Input foraging response to habitat for common squid.	76
Fig. 3.11. Basic estimates of Ecopath output. ‘Ecotrophic Efficiency’ and ‘Production/consumption’ were automatically estimated by Ecopath.	80
Fig. 3.12. Overview of the ecosystem structure of East Sea ecosystem constructed by the Ecopath, showing the flow diagram and trophic levels of the functional groups in the Ecopath. The size of each square is proportional to the biomass of each functional group. ...	81
Fig. 3.13. Variation of relative biomass for the scenario 1 and 2 simulated by Ecosim & Ecopath	83
Fig. 3.14. Variation of relative biomass for the scenario 3 and 4 simulated by	

Ecosim & Ecopath	84
Fig. 3.15. Spatial distribution of biomass of common squid in 2046 year by four scenarios conducted by Ecosim & Ecospace.	86
Fig. 3.16. Spatial distribution of Risk score (RS) of the fishing intensity for common squid in 2046 year by four scenarios (S1, S2, S3, S4). ..	92
Fig. 3.17. Spatial distribution of Risk score (RS) of biomass for common squid in 2046 year by four scenarios (S1, S2, S3, S4).	93
Fig. 4.1. Conceptual diagram for the GIS-based fisheries resource management system integrating ecosystem.	97
Fig. 4.2. Outlined interface of the user software for GIS-based fisheries resource management system integrating ecosystem.	100
Fig. 4.3. Structure of the index penal of the user software for GIS-based fisheries resource management system integrating ecosystem.	101
Fig. 4.4. IFRAME system applied the concept of key technologies of 4th industrial revolution.	106

List of tables

Table 2.1. Target ecosystem, fisheries and species for application of spatio-temporal EBFA in this study	8
Table 2.2. Indicators for the EBFA(ecosystem-based fisheries assessment)	11
Table 2.3. Selected Indicators, and the relevant target reference point and the limit reference point for sustainability in spatio-temporal EBFA ...	17
Table 2.4. Target reference points (TRP) and limit reference points (LRP) for the indicator of CPUE	20
Table. 2.5. RS for the fishing intensity of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery	22
Table. 2.6. RS for the fishing intensity of common squid harvested by offshore angling fishery	24
Table. 2.7. RS for the biomass of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery	27
Table. 2.8. RS for the biomass of common squid harvested by offshore angling fishery	30
Table. 2.9. ORI for sustainability of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery	34
Table. 2.10. ORI for sustainability of common squid harvested by offshore angling fishery	36

Table. 2.11. SRI of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery	40
Table. 2.12. SRI of common squid harvested by offshore angling fishery	42
Table. 2.13. FRI of eastern danish seine fishery	45
Table 2.14. ERI in the East Sea marine ecosystem	48
Table 3.1. Input basic data for the East Sea ecosystem in Ecopath	69
Table 3.2. Input diet composition data for the East Sea ecosystem in Ecopath ..	70
Table 3.3. Input fishery landing data for the East Sea ecosystem in Ecopath	72
Table 3.4. Forecasting scenarios in Ecosim & Ecospace modeling.	78
Table 3.5. Start and end values for biomass for common squid and catch by four scenarios in Ecosim & Ecospace	85
Table 3.6. Relative biomass (B) and catch (C) for common squid by sea block for four scenarios (S1, S2, S3, S4) in Ecosim & Ecospace.	87
Table 3.7. Risk scores (RS)s for the fishing intensity and Biomass for common squid in 2046 year by four scenarios (S1, S2, S3, S4)	90
Table 4.1. Contents of information by categories in the information penal of the user software for GIS-based fisheries resource management system integrating ecosystem.	102

A study on the ecosystem-based spatio-temporal assessment and forecasting

Hee Joong Kang

Department of Fisheries Physics, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

Integrated fisheries risk analysis method for ecosystems (IFRAME) has been developed to accomplish the goals of an ecosystem approach to fisheries (EAF) proposed to overcome the shortcomings of single-species approach. This approach performs an ecosystem-based assessment, forecasting and management incorporating a couple of ecosystem models, such as the ecosystem-based fisheries assessment approach (EBFA) which is an ecosystem risk analysis tool, and the EwE which is a static and dynamic ecosystem modeling. However, this IFRAME approach does not explain spatial variations of ecosystem components.

The IFRAME was extended to assess and forecast ecosystem dynamics and risk indices in a spatiotemporal context in this study. The extended IFRAME has two more components than the original approach. First, a spatial component was added to explain the risk indices by the unit sea block in EBFA. Second, Ecospace, a spatial and temporal dynamic module in EwE model, was added to the forecasting process of the IFRAME. This extended approach was demonstrated by preliminarily applying to the East Sea marine ecosystem, based on four scenarios, considering changes in fishing mortality and habitat preference, which were chosen in the forecasting process.

The GIS-based fisheries resource management system was also developed to help making decisions of relevant fisheries issues (fishing, research, management, etc.). In this system a number of real-time data are collected from marine ecosystem and fisheries, and are stored in the integrated database. The collected data in the database are used for the assessment, forecast and management of fisheries and their resources in a marine ecosystem, which can also be displayed in real-time by the user software spatiotemporarily.

I. 서론

우리나라 대부분의 연근해 어장은 수산자원에 대한 과도한 이용과 어장축소, 환경오염 등으로 인하여 생산성이 감소하고 있으며, 수산자원관리는 간접방식에 의한 자원관리를 위주로 시행되어 오고 있다. 간접방식에 의한 관리방법에는 어구제한, 어체크기/성별제한, 어장/어기제한, 수산자원 보호수역이나 관리수면의 설정 등이 있다. 그러나 배타적 경제수역이 선포되면서 총허용어획량 (TAC)에 의한 직접적인 어업관리 제도를 채택하고 있으며, 어획강도 감축을 위한 어선감척 사업도 수행 중이다. 또한, 자원조성을 위한 방안으로 바다목장 조성, 자율관리어업, 자원회복사업, 인공어초설치, 수산종묘방류, 바다 숲 조성 등을 활용하고 있다. 이러한 수산자원관리는 전통적인 단일종 관리의 방식으로서 수산자원의 생태학적인 상호작용을 바탕으로 해양생태계 전체를 종합적으로 고려한 어업관리시스템의 적용이 부족하였으며, 생태계 기반 자원관리로의 패러다임 전환이 대두되었다 (Seo, 2011).

생태계 기반 수산자원관리는 궁극적인 목표는 건강한 생태계를 생태계에서 인간이 이용할 수 있는 수산자원을 지속적으로 이용하는 것이다. 즉, 생태계 내 종 다양성 및 서식처 환경을 보존하면서 최대의 수산자원을 지속적으로 이용하기 위해 생태계에 대한 과학적 정보를 토대로 생태계와 목표 자원을 동시에 관리하는 것이라고 할 수 있다.

2002년 요하네스버그 회의에서는 해양생태계를 건강하게 유지하기 위하여 어획물 생산의 감소를 위한 노력이 지속적으로 추진되어야 한다고 결의하였다 (FAO, 2003). 결국 수산업의 지속적인 발전을 위하여 생태계 건전성을 위한 생태계 관리와 인간사회의 복리를 위한 어업관리가

결합되어야 하며, 각국의 수산자원을 지속적으로 이용하기 위한 생태계 접근 방법을 권고하였다.

생태계 기반 자원관리를 위해서는 대상 생태계 내에 존재하는 모든 생물종의 피·포식관계부터 어업, 해양환경, 사회, 경제 요소 등 다양한 분야를 통합적으로 고려하는 연구가 진행되어야 생태계의 변동 요인을 정확하게 파악할 수 있고, 이를 바탕으로 효과적인 자원관리가 가능하다. 따라서 수산자원의 고갈과 해양환경이 악화되고 있는 우리나라 연근해의 수산자원의 지속성, 생물종의 다양성, 서식처의 환경, 사회경제적 요소를 모두 고려하는 생태계 차원의 관리방법이 필요하다.

우리나라에서는 생태계 기반의 어업자원 평가를 위해 과학적인 기초자료에 근거한 지표별 위험도를 평가하여 관리목표별, 어종별, 어업별, 생태계의 위험지수를 추정하는 방법을 도입한 생태계 기반 자원평가 기법인 EBFA(ecosystem-based fisheries assessment)가 개발되었다. 그 후 EBFA를 위한 지표와 기준점에 관한 연구 (Zhang et al., 2010)와 위험도 추정방법에 대한 개선 연구 (Park et al., 2013)가 수행되면서, 분석이 간편하면서도 현실에 적용이 가능한 지표와 목표 및 한계기준점을 제시하여 실용적인 어업평가 방법으로 발전시켰다.

EBFA의 적용 및 활용에 관한 연구로는 남해 어장의 생태계 기반 자원평가 및 관리방안 연구 (Seo, 2011), 전남 바다목장에 대한 정량적 생태계 기반 자원평가 연구 (Park et al., 2013), 황해 어업자원의 생태계 기반 평가 및 관리방안 연구 (Lee, 2014), 동해 울진 연안어업의 실태와 생태계 기반 자원평가 연구 (Yoon et al., 2014), 생태계 기반 생물학적허용어획량 추정 방법 개발 연구 (Kang et al., 2018)가 있었다.

나아가 EBFA를 확장시켜 기후변화에 따른 생태계 위험도를 평가, 예측, 관리하기 위한 통합 생태계 위험도 분석방법인 IFRAME (integrated

fisheries risk analysis methods for ecosystem)이 개발되었다 (Zhang et al., 2011). IFRAME은 대상 생태계의 정의 및 생물종의 그룹핑, 현재 대상 생태계의 평가, 기후시나리오의 작성, 기후시나리오에 따른 예측 및 평가, 대상 생태계 내의 어업관리 및 피드백으로 구성되어 있다. IFRAME의 기후변화에 따른 어업평가에 대한 활용가능성은 유사 모델과의 비교연구에서 증명된바 있다 (Hollowed et al., 2013).

하지만, 기존의 IFRAME은 생태계 기반 관리의 주요 이슈인 공간관리를 위한 위험도 평가·예측을 적용하기에는 한계가 있었다. 따라서 본 연구에서는 기존의 IFRAME에 공간적 분석을 추가적으로 수행하여 시공간적 생태계 기반 어업자원 평가·예측 방법을 개발하고자한다 (Fig. 1.1). 또한, 이 방법을 우리나라 동해 어장생태계에 적용하고 효율적인 공간관리를 위한 생태계 기반 자원관리시스템 구축하는 자원관리방안을 제시함으로서 생태계 기반 어업자원의 시공간적 위험도 평가·예측을 위한 기초연구를 수행하고자 한다.

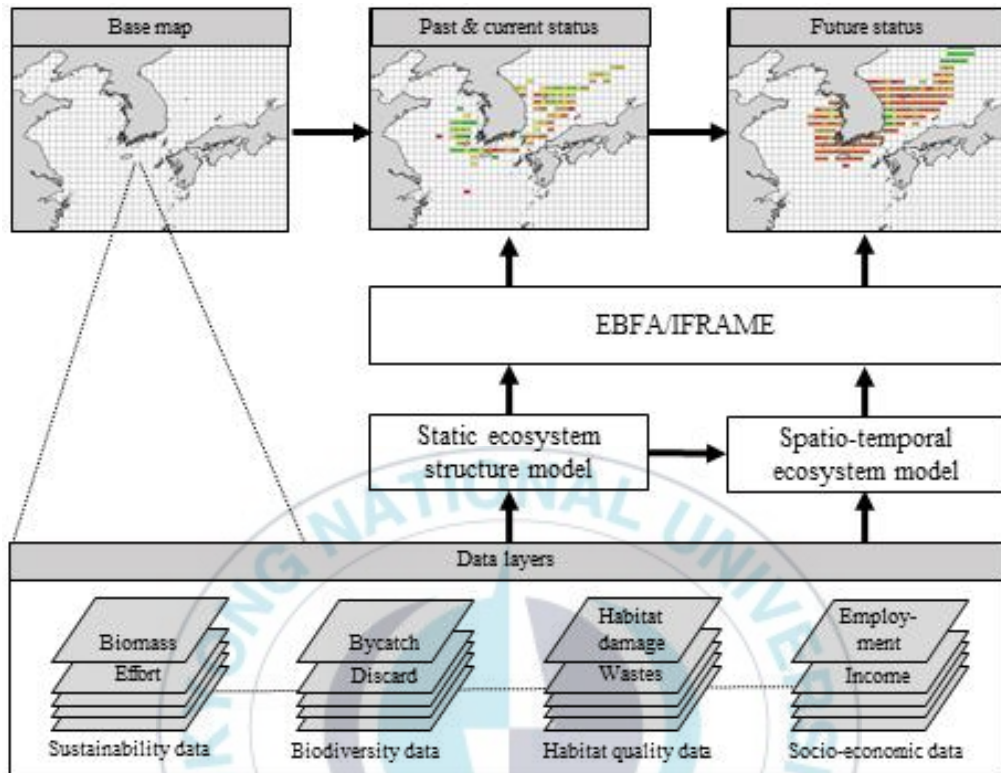


Fig. 1.1. Conceptual diagram for spatio-temporal ecosystem-based assessment & forecasting approach

II. 생태계 기반 시공간적 위험도 평가

1. 서론

생태계 기반 어업평가(ecosystem-based fisheries assessment, EBFA)는 Zhang et al.(2009)에서 처음으로 제시된 생태계 기반 자원평가 모델 중 하나이다. 이 모델을 통해 관리 목표를 설정하고 각 목표별 지표와 기준점을 통해 위험도를 추정함으로써 생태계를 평가하는 방법이며, 대상어종과 생태계 환경에 대한 정보수준에 따라 정보수준이 높은 정량적 분석방법인 tier 1과 정보수준이 낮은 준정량적 혹은 정성적 분석방법인 tier 2로 구분된다. 네 가지의 관리목표인 지속가능성, 생물다양성, 서식처질, 사회경제적 혜택의 각 지표와 지표별 기준점에 의해 평가된 위험도를 통해 각 관리목표별 목표위험지수 (Objective Risk Index, ORI), 종위험지수 (Species Risk Index, SRI), 어업위험지수 (Fishery Risk Index, FRI)를 구하고, 궁극적으로 생태계위험지수 (Ecosystem Risk Index, ERI)를 구하여 대상 생태계의 위험도를 평가한다(Zhang et al., 2009; 2010).

기존의 EBFA를 적용한 연구(Seo, 2011, Park et al., 2013, Lee, 2014, Yoon et al., 2014)들은 대상 생태계 전체에 대한 평균적인 위험도 지수를 추정하였다. 이러한 분석결과는 대상 생태계의 위험도를 직관적으로 파악하여 거시적인 관리방안을 모색하기에는 용이하지만 생태계 내의 어종 또는 어업의 공간적 분포 특성을 고려한 미시적인 공간관리를 적용하기에는 한계가 있다.

따라서 본 장에서는 생태계 기반 시공간적 위험도 평가를 위해 해구별 자료를 사용하여 EBFA를 적용하기 위한 방법을 제시하고, 우리나라 동해

생태계에 시범적으로 적용함으로써 동해 생태계의 어업자원 위험도 평가를 공간적으로 분석하고, 시공간적 분석법의 적합성을 검토하였다.

2. 자료 및 방법

가. 대상 생태계 및 어업

EBFA를 활용한 생태계 기반 시공간적 위험도 평가를 위해 87, 88해구와 한·일중간수역, 동해 북방어로한계선이 둘러싸는 동해 해역을 대상 생태계로 설정하였다. 우리나라는 주변 해역을 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 의 격자단위로 구분하여 해역의 위치를 나타내는 총 1331개의 해구번호를 지정하여 사용하고 있으며, 한 해구의 면적은 약 $3,098\text{km}^2$ 이다. 대상 생태계에 해당하는 총 해구의 개수는 92개이며, 대상 생태계의 경계 밖의 해구 면적을 제외한 실제 대상 생태계의 총 면적은 $157,528\text{km}^2$ 이다 (Fig. 2.1).

대상 어업으로는 해구별 공간적 분석을 위해 해구별 자료가 사용가능하고 동해 어업을 대표할 수 있는 근해채낚기와 동해구중형외끌이 어업을 대상 어업으로 설정하였다. 근해채낚기어업의 대상 어종은 오징어, 동해구중형외끌이의 대상 어종은 도루묵과 대구로 설정하였다 (Table 2.1).

Table 2.1. Target ecosystem, fisheries and species for application of spatio-temporal EBFA in this study

Ecosystem	Fishery	Species
East Sea	Eastern danish seine	Sandfish
		Pacific cod
	Offshore angling	Common squid



나. 생태계 기반 위험도 평가 모델

본 연구에서는 어업자원의 생태계 기반 시공간적 위험도 평가를 위해 EBFA를 활용하였다. EBFA(ecosystem-based fisheries assessment)는 생태계 기반 어업자원 위험도 평가 모델로서 지속가능성, 생물다양성, 서식처의 질, 사회경제적혜택 등 네 가지의 관리 목표 (Fig. 2.2)를 기본으로 하여 각 목표별 지표와 기준점을 통해 위험도를 추정하는 방법이다. 또한 대상해역의 생태계 환경과 목표종에 대한 정보수준 따라 두 단계로 구분되며, tier 1의 정량적 분석(Quantitative analysis)과 tier 2의 준정량적 및 정성적 분석(Semi-quantitative and qualitative analysis)으로 구분한다.

각 관리목표별 지표는 Table 2.2와 같으며 각 지표에 대하여 목표기준점 (target reference point)과 한계기준점 (limit reference point)으로 0~3점을 부과하여 위험도를 구하며, 각 지표별 위험도가 낮을수록 자원 및 생태계 관리가 잘 이루어졌음을 의미하고, 위험도가 높을수록 해당 지표의 위험도를 낮추기 위한 노력이 필요하다는 것을 의미한다.

또한, 위험도는 각각의 지표와 기준점에 의해 추정된 위험도 점수 (risk score, RS)를 이용하여 목표, 종, 어업, 생태계에 대해 추정하였다. 각 목표의 위험도 점수의 가중치를 평균한 값으로 목표위험도지수(objectives risk index, ORI)를, 목표위험도지수를 이용하여 종에 대한 위험도 지수(species risk index, SRI)를 계산하였다. 종위험도지수 값을 이용하여 어업위험도지수(fishery risk index, FRI)와 생태계 위험도지수 (ecosystem risk index, ERI)를 추정한다(Fig. 2.3).

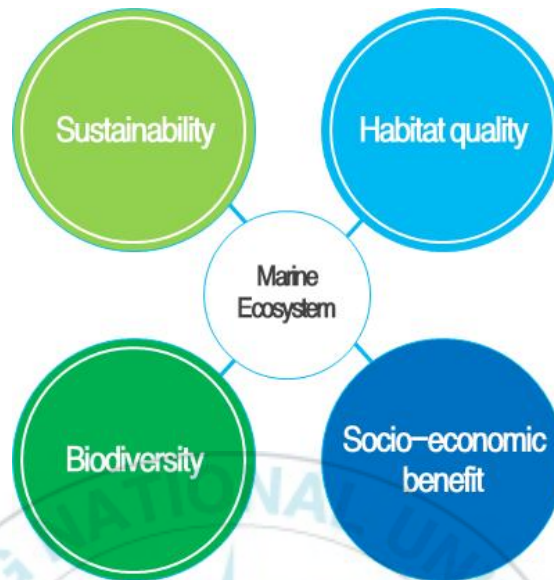


Fig. 2.2. Management objectives for the EBFA (ecosystem-based fisheries assessment).

Table 2.2. Indicators for the EBFA(ecosystem-based fisheries assessment)

Objectives	No.	Indicator	Weighted value
Sustainability	S-1	Biomass (B) or Catch per unit effort (CPUE)	*** S
	S-2	Fishing mortality (F), or catch (C)	** S
	S-3	Age (or length) at first capture (t_c or L_{opt})	** S
	S-4	Rate of mature fish (MR)	* S
Biodiversity	B-1	Bycatch rate (BC/C)	** F
	B-2	Discards rate (D/C)	** F
	B-3	Mean trophic level in catch (TL_c)	* F
	B-4	Diversity index (DI)	* S
Habitat	H-1	Critical habitat damage rate (DH/H)	** F
	H-2	Lost fishing gear (FR)	* F
	H-3	Discarded wastes (DW)	* F
Socio-economic benefit	E-1	Income per person employed (IPPE)	* F
	E-2	Ratio of profit to sales (RPS)	* F
	E-3	Employment rate (ER)	* F

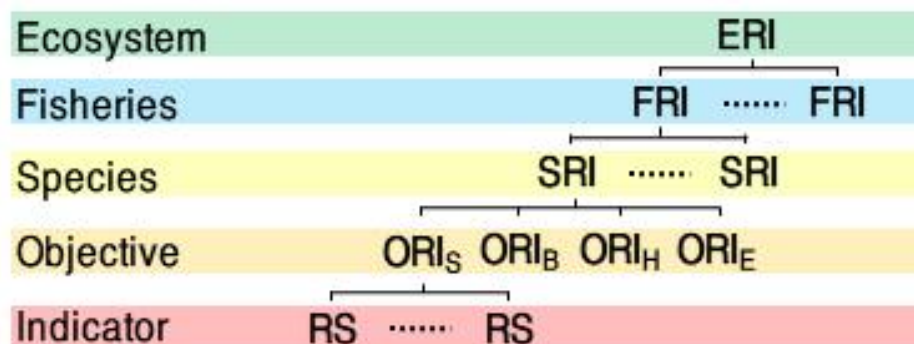
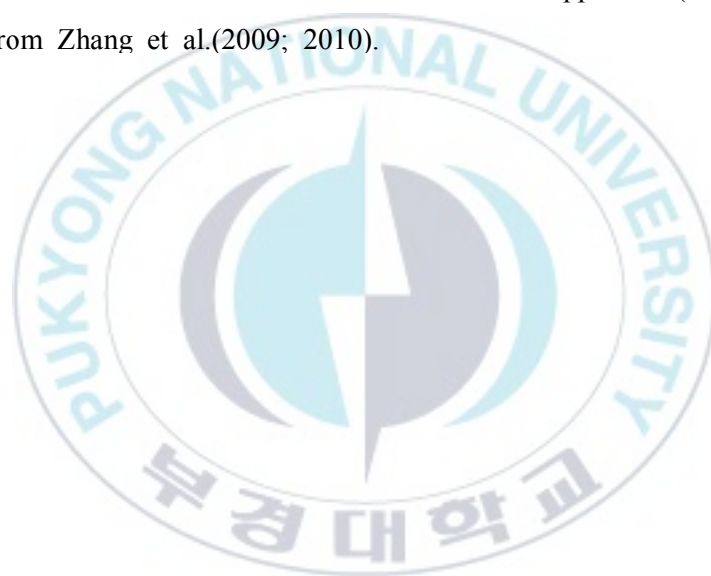


Fig. 2.3. Structure of nested indices for the EBFA approach (modified from Zhang et al.(2009; 2010).



다. 시공간적 분석을 위한 생태계 기반 위험도 평가 모델

본 연구에서는 EBFA의 시공간적인 분석을 위해 기존의 Fig. 2.3의 위험지수 계산방법을 Fig. 2.4와 같이 변형시켰다. 기존의 EBFA 분석을 위한 위험지수는 대상 생태계의 평균적인 위험도를 나타내기 때문에 공간적인 개념은 배제되어있다. 하지만 본 연구에서는 공간적 개념을 추가하기 위해 기존의 위험지수 계산식에 x(행), y(열) 요소를 추가하였다. 대상 생태계를 동일한 사각형의 셀(cell)들로 이루어진 Grid로 생각해 볼 때, 각 셀의 위치를 행과 열로 나타낼 수 있다. i를 지표의 종류, s를 어종의 종류, f를 어업의 종류, x를 셀의 행 좌표, y를 셀의 열 좌표라고 할 때, 각 위험지수 RS, ORI, SRI, FRI, ERI에 대한 계산식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

위험도 점수 (risk score, RS)는 식(2-1),

$$RS_{i,s,f,x,y} = \frac{TRP_{i,s,f,x,y} - I_{i,s,f,x,y}}{TRP_{i,s,f,x,y} - LRP_{i,s,f,x,y}} + 1 \quad (2-1)$$

여기서, RS는 (x,y) 좌표의 셀에 대한 위험도 점수, TRP는 목표기준점, LRP는 한계기준점, I는 지표의 값이다.

각 관리목표에 대한 지표들의 위험도 점수를 가중평균하여 구하는 목표위험지수 (objectives risk index, ORI)는 각 목표별 지표의 위험도 점수 (RS)를 가중치 (W)로 곱하여 더한 값을 각 목표별 지표에 대한 가중치들의 합으로 나누어서 식(2-2)로 계산하였다.

$$ORI_{j,s,f,x,y} = \frac{\sum_i (W_{i,j} RS_{i,s,f,x,y})}{\sum_i W_{i,j}} \quad (2-2)$$

여기서, ORI는 (x,y) 좌표의 셀에 대한 관리목표 j에 대한

목표위험지수이며, $j=(S,B,H,E)$ 에서 S는 지속가능성, B는 생물다양성, H는 서식처의질, E는 사회경제적혜택을 나타낸다. W_{ij} 는 관리목표 j에서 지표 i의 중요도이다.

종위험지수 (species risk index, SRI)는 각 종의 각 관리목표에 대한 ORI에 대하여 가중치를 부여하여 나타낸 지수로 식(2-3)과 같이 계산하였다.

$$SRI_{s,f,x,y} = \frac{\sum_j (\lambda_j ORI_{j,s,f,x,y})}{\sum_j \lambda_j} \quad (2-3)$$

여기서, SRI는 (x,y) 좌표의 셀에 대한 s 어종에 대한 종위험지수, λ_j 는 관리목표 j에 대한 가중치이며, 본 연구에서는 관리목표별 가중치를 모두 동일한 1을 부여하였다.

어업위험지수 (fishery risk index, FRI)는 생태계 내 대상어업의 어종별 SRI를 가중 평균하여 식(2-4)로 계산하였다.

$$FRI_{f,x,y} = \frac{\sum_s (B_{s,x,y} \cdot SRI_{s,f,x,y})}{\sum_s B_{s,x,y}} \quad (2-4)$$

여기서, FRI는 (x,y) 좌표의 셀에 대한 f 어업에 대한 어업위험지수, B는 s 어종의 (x,y) 좌표에 대한 생체량 또는 생체량 지수이다.

생태계 내 모든 어업에 대한 어업위험도지수 (FRI)를 가중평균한 생태계위험지수 (ecosystem risk index, ERI)는 식(2-5)로 계산하였다.

$$ERI_{x,y} = \frac{\sum_f C_{f,x,y} \cdot FRI_{f,x,y}}{\sum_f C_{f,x,y}} \quad (2-5)$$

여기서, ERI는 (x,y) 좌표의 셀에 대한 생태계위험지수, C는 f 어업의 (x,y) 좌표에서의 어획량이다.

라. 시공간적 분석을 위한 생태계 기반 위험도 평가 적용

(1) 지표 및 기준점

본 연구에서는 생태계 기반 시공간적 분석방법을 통해 생태계에 적용하기 위해 해구별 자료가 사용가능한 지속가능성 목표의 어획강도와 생체량에 관한 지표 등 2가지 지표만을 고려하여 해구별 시공간적 위험도를 평가하고 예측하였으며 그 지표와 기준점은 Table 2.3과 같다. 첫 번째 어획강도 지표에 대한 목표기준점은 생물학적허용어획량(ABC) 시의 어획강도 F_{ABC} , 한계기준점은 목표기준점의 2배로 설정하였다. 두 번째 자원량 지표로는 상대적자원량지수인 CPUE를 사용하였으며 목표기준점은 최대지속적생산량(MSY) 시의 CPUE, 한계기준점은 목표기준점의 절반수준으로 설정하였다. 그 외 모든 지표에 대한 위험지수 추정결과는 NIFS (2017)의 동해 생태계에 대한 근해채낚기어업의 오징어, 동해구중형외끌이어업의 도루묵과 대구에 대한 분석결과를 모든 해구에 대해 동일하다고 가정하여 사용하였다.

(2) GIS

해구별 자료를 사용하여 EBFA를 통해 평가된 위험지수 결과들을 시공간적으로 시각화 및 분석을 위해 무료 오픈소스 GIS (geographic information system)인 QGIS (QGIS Development Team, 2018)를 사용하였다. QGIS를 사용하여 지표 평가의 기초자료인 해구별 어종별 어획량, CPUE 및 위험지수(RS, ORI, SRI, FRI, ERI)를 시각화 하였다. 또한 위험지수 0~3에 대하여, 기존의 EBFA에서는 0~1은 초록색, 1~2는 노랑색, 2~3은 빨강색으로 구간별로 단일색으로 표현하였으나, 본 연구에서는 각 구간내 값의 변화를 시각화하기 위해 색조에 gradation을 적용하였다.

Table 2.3. Selected Indicators, and the relevant target reference point and the limit reference point for sustainability in spatio-temporal EBFA

Objective	Indicator	TRP	LRP
Sustainability	Fishing intensity	F_{ABC}	$2 \times F_{ABC}$
	Biomass	$CPUE_{MSY}$	$CPUE_{MSY}/2$



(3) 자료

EBFA를 사용한 해구별 위험지수를 추정하기 위한 기초자료로 1994년부터의 해구별 어업별 어종별 어획량 및 단위노력당어획량(CPUE) 자료가 사용가능 하였지만, 2004년 전후 수집된 데이터의 질이 상이하여 동일한 데이터의 질을 가지고 있는 2004년부터 2017년까지의 해구별 어업별 어종별 자료(NIFS, 2018)를 사용하였다.

해구별 자료가 이용가능 하더라도 2004~2017년 해구별 평균 어획량이 전체 해구의 평균 어획량의 0.1% 이하일 경우에는 해당 해구에 대한 자료를 제외하였으며, 동해구중형외끌이 어업의 경우, 현실적으로 어획이 이루어지고 있는 62, 63, 70 해구에 대한 자료가 누락되어 있어 현실적인 어획현황을 고려하기 위해 나머지 해구들의 평균 자료를 62, 63, 70번 해구에 대한 자료로 가정하여 입력하였다.

따라서 동해구중형외끌이어업에 의해 어획되는 도루묵과 대구에 대한 어획량은 Appendix 1, CPUE는 Appendix 2, 근해채낚기어업에 의해 어획되는 오징어에 대한 어획량은 Appendix 5, CPUE는 Appendix 6에서 제시된 자료를 사용하였다.

본 연구에서는 시공간적 EBFA 적용을 위해 선정된 어획강도에 대한 목표기준점인 F_{ABC} 를 생물학적허용어획량 (ABC)으로 간주하여 우리나라 ABC 추정방법 5단계 (Zhang and Lee, 2001) 중 잉여생산량모델을 사용한 4단계를 이용하여 ABC를 연도별로 추정하였으며, 해구별 평균 어획량을 기준으로 해구별로 ABC를 분배하였다. 한계기준점은 목표기준점의 2배 값을 입력하였다. 자원량의 목표기준점인 $CPUE_{MSY}$ 는 잉여생산량 모델을 통해 추정된 MSY에 MSY 시의 어획노력량 수준인 f_{MSY} 를 나누어 계산하였으며, 한계기준점은 그 값의 절반 수준을 입력하였다.

따라서 동해구중형외끌이어업에 의해 어획되는 도루묵과 대구의

어획량 목표기준점과 한계기준점은 각각 Appendix 3와 Appendix 4와 같이 입력하였으며, CPUE 지표에 대한 목표기준점은 도루묵이 52.7kg/haul, 대구가 22.7kg/haul, 한계기준점은 도루묵이 26.4kg/haul, 대구가 11.3kg/haul 이었다. 근해채낚기에 의해 어획되는 오징어의 어획량 목표기준점과 한계기준점은 각각 Appendix 7과 Appendix 8과 같이 입력하였으며, CPUE 지표에 대한 목표기준점은 22.0kg/척, 한계기준점은 11.0kg/척을 입력하였다 (Table 2.4).



Table 2.4. Target reference points (TRP) and limit reference points (LRP) for the indicator of CPUE

Fishery	Species	TRP	LRP
Eastern danish seine	Sandfish	52.7kg/haul	26.4kg/haul
	Pacific cod	22.7kg/haul	11.3kg/haul
Offshore angling	Common squid	22.7kg/boat	11.3kg/boat



3. 결과

가. 지표별 위험도 점수

(1) 어획량 지표

동해구중형외끌이어업에 의해 어획되는 도루묵과 대구의 해구별 연도별 어획량 지표에 대한 RS는 Table 2.5와 같으며, 이에 대한 연도별 평균 RS 값은 Fig. 2.5와 같았다. 도루묵에 대한 어획량 지표의 RS는 2004년부터 현재 2017년 까지 지속적으로 위험도가 증가하였으며, 그 원인은 76, 82번 해구를 제외한 모든 해구에서 위험도가 증가하는 경향을 나타냈기 때문이다. 대구의 경우에는 2007년 까지 위험도가 급격히 상승하였다가 그 이후에는 계속해서 감소하는 추세를 보였다. 거의 모든 해구에서 2007년의 위험도 상승에 영향을 미쳤으며, 최근 위험도 감소에는 60, 76번 해구의 영향이 컸다.

근해채낚기어업에 의해 어획되는 오징어의 해구별 연도별 어획량 지표에 대한 RS는 Table 2.6과 같으며, 이에 대한 연도별 평균 RS 값은 Fig. 2.6과 같았다. 연도별 평균 RS를 볼 때, 2011년까지는 크게 증감을 반복하였으나, 그 이후 2014년 까지 천천히 감소 후 최근 RS가 증가 추세에 있는 것으로 평가되었다.

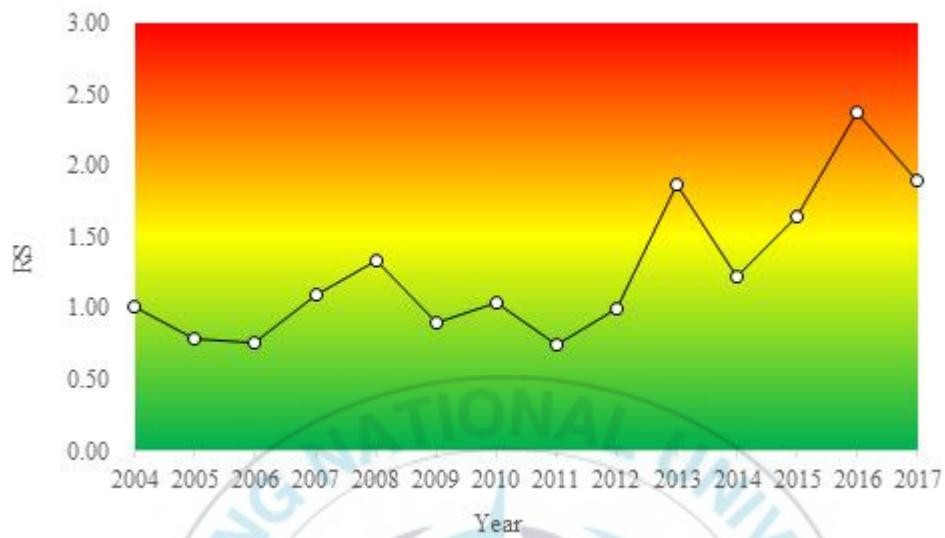
(2) CPUE 지표

동해구중형외끌이어업에 의해 어획되는 도루묵과 대구의 해구별 연도별 CPUE 지표에 대한 RS는 Table 2.7과 같으며, 이에 대한 연도별 평균 RS 값은 Fig. 2.7과 같았다. 도루묵의 경우, 2004년부터 2011년 까지 1.5 이하 수준에서 증감을 반복하다 최근 상대적으로 낮은 수준에서

Table. 2.5. RS for the fishing intensity of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery

Species	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sandfish	55	0.35	0.18	0.08	0.45	0.27	0.18	0.30	0.59	1.58	2.81	1.78	2.44	3.00	3.00
	62	0.80	0.66	0.71	1.03	1.27	0.85	0.85	0.70	1.12	1.99	1.38	1.74	2.75	2.21
	63	0.80	0.66	0.71	1.03	1.27	0.85	0.85	0.70	1.12	1.99	1.38	1.74	2.75	2.21
	60	0.86	1.21	1.45	1.43	1.56	1.03	0.68	0.18	0.47	1.04	1.20	2.14	2.88	2.30
	70	0.80	0.66	0.71	1.03	1.27	0.85	0.85	0.70	1.12	1.99	1.38	1.74	2.75	2.21
	76	2.62	1.46	0.70	1.44	1.71	1.17	2.68	1.42	0.44	1.51	0.15	0.58	0.57	0.11
	82	1.07	0.82	1.01	1.38	2.08	1.40	1.31	0.96	1.00	1.63	1.17	0.99	1.61	0.96
	87	0.80	0.66	0.71	1.03	1.27	0.85	0.85	0.70	1.12	1.99	1.38	1.74	2.75	2.21
Cod	55	1.01	0.79	0.76	1.10	1.34	0.90	1.05	0.74	0.99	1.87	1.23	1.64	2.38	1.90
	62	0.78	1.24	1.34	2.20	2.03	1.78	1.81	1.16	1.30	1.34	1.44	1.32	1.73	1.58
	63	0.78	1.24	1.34	2.20	2.03	1.78	1.81	1.16	1.30	1.34	1.44	1.32	1.73	1.58
	60	2.73	2.87	3.00	2.02	1.31	1.44	0.72	0.84	0.20	1.07	0.42	0.35	0.14	0.17
	70	0.78	1.24	1.34	2.20	2.03	1.78	1.81	1.16	1.30	1.34	1.44	1.32	1.73	1.58
	76	1.27	0.52	0.87	3.00	1.69	3.00	1.57	0.63	0.12	0.66	0.53	0.54	0.26	0.20
	82	0.19	0.74	1.15	2.59	2.70	1.58	0.94	1.42	1.89	1.66	1.87	1.86	2.55	2.33
	87	0.78	1.24	1.34	2.20	2.03	1.78	1.81	1.16	1.30	1.34	1.44	1.32	1.73	1.58

(a) Sandfish



(b) Pacific cod

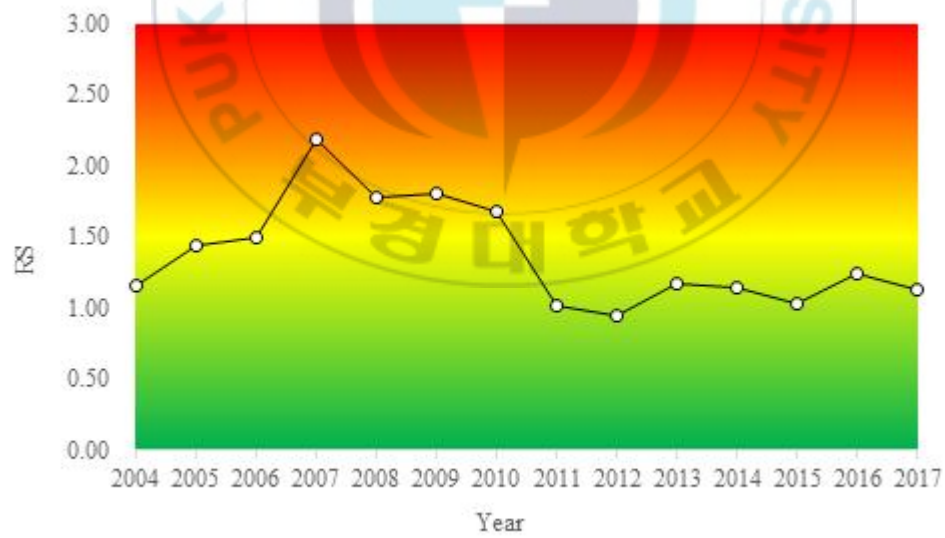


Fig. 2.5. Annual variation of RS for the fishing intensity of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery.

Table. 2.6. RS for the fishing intensity of common squid harvested by offshore angling fishery

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	47	0.07	1.08	0.08	0.00	3.00	0.45	2.91	0.61	0.00	3.00	2.50	3.00	0.00	0.21	
	48	0.81	3.00	0.64	0.26	3.00	0.80	1.55	0.82	0.20	3.00	1.51	0.02	0.05	0.16	
	49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	3.00	0.00	3.00	0.00	1.13	3.00	1.91	0.05	0.99	
	50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79	3.00	2.74	0.00	0.00	3.00	0.84	0.00	3.00	0.41	
	51	0.11	0.00	0.00	0.03	0.00	3.00	1.23	0.00	0.00	0.72	3.00	0.55	0.00	0.11	
	52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	3.00	0.00	0.00	3.00	3.00	2.13	0.00	1.00	
	53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	1.60	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	1.23	
	54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	3.00	3.00	0.00	2.43	
	55	1.22	2.06	1.81	0.76	3.00	2.30	1.63	1.38	0.06	0.86	1.23	0.35	0.07	0.18	
	56	0.79	2.67	2.17	0.40	0.99	2.94	2.36	2.02	0.16	0.91	0.42	0.45	1.16	0.23	
	57	0.50	2.16	1.08	0.67	1.11	2.59	3.00	1.23	0.91	2.57	0.67	0.41	1.14	0.52	
	58	0.46	0.31	0.44	1.24	3.00	0.55	3.00	0.64	0.53	2.85	2.99	1.88	0.14	1.21	
	59	1.15	0.06	0.43	2.08	0.63	0.35	1.74	3.00	0.39	3.00	2.87	0.37	0.05	1.17	
	60	1.30	0.85	0.81	0.20	0.00	0.53	1.90	0.28	2.22	3.00	0.67	3.00	1.13	1.20	
	61	0.05	3.00	1.28	0.04	0.09	0.17	1.25	0.35	0.44	2.44	0.47	1.30	0.30	0.38	
	62	1.05	0.77	1.08	3.00	3.00	3.00	1.45	1.49	0.33	0.11	0.47	0.42	0.14	0.06	
	63	1.47	1.89	1.04	1.81	3.00	3.00	1.36	1.22	0.21	0.16	0.39	0.31	0.13	0.09	
	64	0.73	2.35	1.97	2.75	0.99	0.66	2.68	1.13	0.34	0.66	0.21	0.68	0.18	0.16	
	65	1.14	1.66	0.68	3.00	0.99	1.11	3.00	1.23	1.08	0.68	0.73	0.37	0.22	0.16	
	66	1.38	1.62	1.15	3.00	0.48	0.72	1.07	1.83	0.83	1.53	0.99	1.65	0.45	0.24	
	67	0.86	1.34	1.63	2.48	1.15	1.39	3.00	1.66	1.05	1.49	0.96	1.53	0.31	0.20	
	68	1.89	2.26	1.61	0.85	0.73	3.00	2.21	0.65	0.40	0.55	1.26	1.18	0.16	0.12	
	69	1.07	2.27	0.33	2.95	2.21	2.90	2.07	1.18	0.19	1.40	0.16	1.18	0.13	0.38	
	70	2.25	1.52	0.39	0.88	2.61	2.40	3.00	3.00	0.46	2.59	0.26	1.78	0.34	0.44	
	71	1.16	0.64	0.57	1.13	2.45	1.96	1.53	3.00	2.77	1.59	1.29	3.00	1.14	0.51	
	72	0.94	0.60	1.15	0.66	0.80	1.42	2.06	1.97	3.00	2.58	2.25	3.00	1.46	0.46	
	73	0.63	1.39	0.74	1.62	0.76	1.52	1.26	2.58	1.75	3.00	2.97	3.00	0.59	0.33	
	74	0.76	1.77	1.99	0.61	0.26	1.34	3.00	2.68	1.41	1.61	2.12	2.28	0.31	0.23	
	75	0.57	0.67	1.19	0.44	1.41	1.35	1.09	2.73	0.52	2.35	0.35	3.00	0.20	3.00	
	76	2.41	0.63	0.32	0.46	2.28	2.46	3.00	2.48	1.51	3.00	0.41	2.34	0.45	1.15	
	77	1.24	1.04	0.75	0.70	1.70	1.34	0.67	1.08	1.41	3.00	1.42	3.00	0.96	1.11	
	78	1.17	0.75	1.58	0.60	0.41	1.54	2.02	1.16	1.14	3.00	1.29	2.58	1.44	0.44	
	79	0.27	0.35	2.02	0.62	1.06	1.56	3.00	3.00	0.23	2.99	2.44	1.97	0.57	0.28	
	80	1.23	2.11	2.87	0.25	0.23	0.07	2.64	3.00	0.13	0.78	1.65	2.06	0.43	0.27	
	81	0.00	0.43	0.22	0.54	2.66	3.00	0.82	0.86	0.29	3.00	0.17	3.00	2.84	1.51	
	82	1.28	0.58	0.47	0.39	3.00	2.54	2.30	1.82	1.83	1.19	0.47	1.81	1.90	1.35	
	83	1.11	1.41	1.19	0.64	1.26	1.56	1.16	1.69	1.53	2.07	1.72	1.78	1.26	1.00	
	84	0.45	0.75	3.00	1.02	0.64	1.23	3.00	2.59	0.95	1.27	2.20	1.01	0.58	0.64	
	85	0.71	1.84	3.00	0.88	0.22	1.86	0.68	2.00	1.32	0.43	0.18	0.11	0.54	0.07	
	86	2.47	0.81	2.15	1.27	0.28	0.10	3.00	3.00	0.26	1.20	0.87	0.89	0.06	0.02	
	87	1.14	0.68	0.49	1.04	2.36	3.00	2.40	2.03	2.00	0.96	1.46	2.19	1.27	0.99	
	88	1.17	0.55	2.01	0.90	1.42	2.12	1.09	3.00	2.68	1.47	2.06	2.52	0.51	0.34	
	89	0.73	0.86	2.38	0.99	0.46	1.95	1.46	3.00	2.63	2.20	1.17	0.35	0.50	0.04	
	90	2.67	1.16	3.00	1.12	0.31	0.42	0.40	3.00	0.27	1.37	0.72	0.28	0.09	0.00	
	91	0.49	0.19	0.56	2.19	0.65	0.01	2.03	3.00	0.19	3.00	0.94	1.15	0.07	0.01	
	329	0.14	0.31	2.02	1.02	0.88	3.00	3.00	1.01	2.49	0.92	1.78	0.22	0.09	0.08	
	332	0.00	0.09	0.00	2.05	1.52	3.00	0.67	3.00	0.00	3.00	2.89	3.00	0.05	0.18	
	333	0.16	0.53	2.69	0.54	0.66	3.00	3.00	3.00	1.12	0.67	2.80	2.05	0.22	0.42	
	334	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	2.80	2.29	3.00	1.89	0.78	
	335	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	0.00	0.73	3.00	2.02	0.00	3.00	

Table. 2.6. (continued)

spe- cies	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
com- mon squid	336	0.11	0.40	0.78	0.19	1.04	3.00	3.00	2.05	0.60	2.01	3.00	3.00	0.98	1.14
	337	0.74	1.03	0.02	0.55	0.64	3.00	3.00	1.91	2.60	0.40	3.00	2.25	0.19	0.68
	338	0.41	1.89	1.97	3.00	0.00	1.16	3.00	0.19	0.05	0.62	1.02	0.29	0.15	0.68
	339	0.06	0.05	3.00	0.01	1.77	1.34	3.00	0.47	0.60	0.49	1.13	0.41	0.46	0.63
	340	0.70	1.34	1.63	0.60	3.00	3.00	1.16	0.12	0.10	0.07	0.57	0.49	0.26	0.13
	341	3.00	0.06	0.18	0.17	3.00	1.90	0.73	0.79	0.18	0.26	0.48	0.10	0.10	0.10
	342	1.78	1.59	2.37	0.24	1.71	3.00	2.10	0.74	0.68	0.12	0.62	0.69	0.29	0.21
	343	2.21	0.39	2.78	0.32	1.44	3.00	3.00	0.40	1.04	0.09	0.93	0.74	0.26	0.16
	344	1.31	0.29	0.55	0.01	3.00	3.00	3.00	0.18	1.38	0.43	0.65	0.70	0.14	0.18
	345	0.13	0.04	0.08	0.36	3.00	3.00	1.74	0.00	0.21	0.03	0.07	0.45	0.08	0.12
	346	0.30	1.03	1.12	0.08	0.34	0.28	3.00	2.80	3.00	0.59	2.46	1.96	0.29	0.49
	347	0.07	0.72	0.73	1.89	0.39	3.00	3.00	1.22	0.55	0.68	3.00	2.47	0.27	0.23
	348	0.49	0.53	1.69	1.24	0.00	3.00	3.00	0.58	0.00	0.89	1.61	3.00	1.02	0.90
	349	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	2.68	0.00	0.00	3.00	2.46	1.39	0.42	0.63
	350	0.59	1.02	3.00	0.78	0.00	0.12	0.26	3.00	0.00	0.06	1.00	1.03	0.27	0.63
	351	0.07	3.00	1.43	0.67	0.07	0.00	0.02	0.00	0.16	0.02	0.03	0.20	0.03	0.05
	352	0.02	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	1.03	0.35	0.05	0.11
	354	0.72	1.80	3.00	0.58	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.73	0.66	0.02	0.03
	358	0.00	0.03	0.01	2.29	0.00	0.00	0.13	3.00	0.00	0.20	0.31	0.27	0.00	0.00
	916	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	2.96	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.23
	917	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
	924	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	2.16	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.17	0.28
	925	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
	932	0.02	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1.91	1.49	0.10	0.00	0.22	0.09	0.14	0.11
	933	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
	934	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.92
	940	3.00	0.48	0.49	2.61	0.00	3.00	0.17	0.40	0.06	0.06	1.06	0.18	0.03	0.25
	941	3.00	0.00	0.31	0.40	0.00	2.73	0.00	2.31	0.00	0.00	0.76	0.20	0.00	2.23
	942	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
	948	0.14	0.92	1.02	0.08	0.02	3.00	2.66	2.11	1.81	0.90	3.00	0.59	0.15	0.77
	949	1.14	0.11	0.16	0.00	0.00	3.00	2.37	2.55	3.00	1.12	3.00	0.13	0.00	2.64
	950	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	956	0.94	0.54	1.31	0.73	0.27	3.00	3.00	2.67	1.66	0.75	1.55	0.08	0.26	0.07
	957	3.00	0.86	2.79	0.00	0.00	3.00	0.43	0.20	1.79	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
	5055	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	3.00	3.00	2.75
	5087	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.98	0.00	3.00	3.00

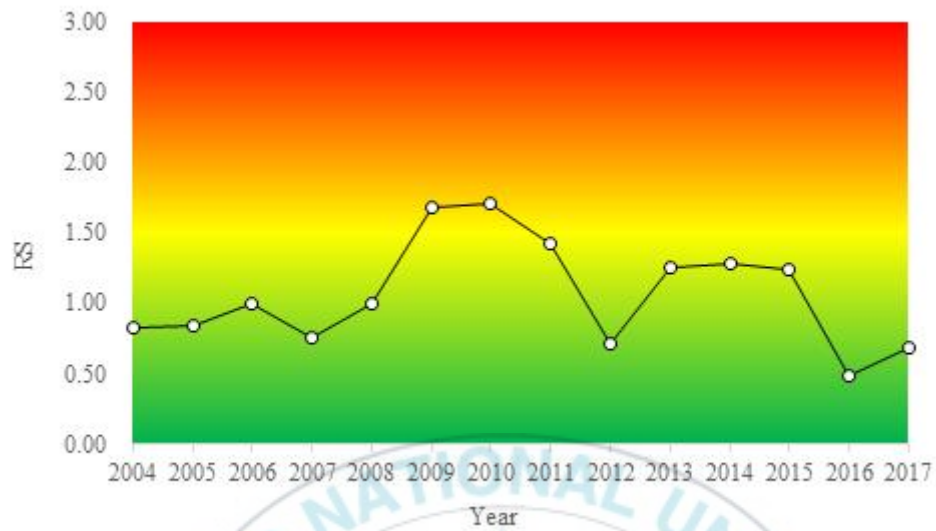
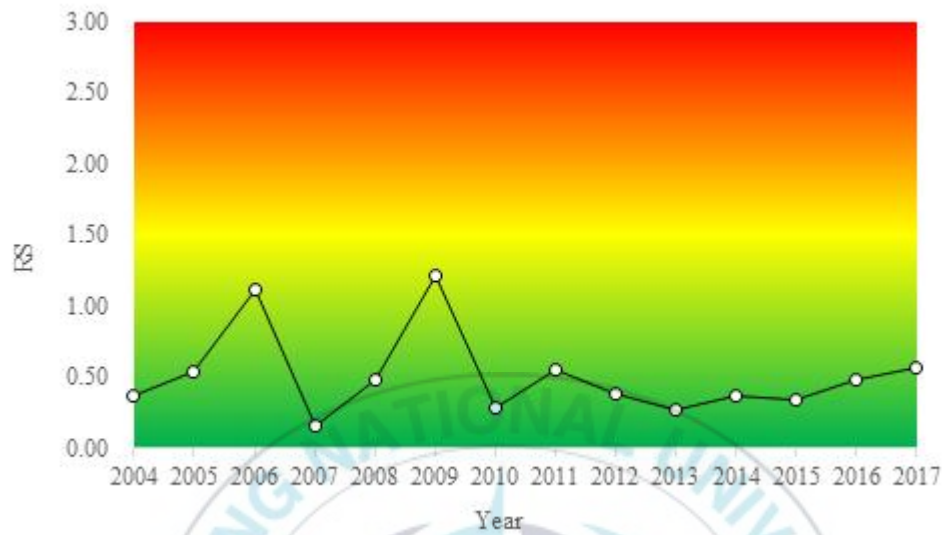


Fig. 2.6. Annual variation of RS for the fishing intensity of common squid harvested by offshore angling fishery.

Table. 2.7. RS for the biomass of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery

Species	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sandfish	55	1.46	2.13	2.61	0.65	2.03	2.27	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	62	0.00	0.22	1.11	0.00	0.41	1.21	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	63	0.00	0.22	1.11	0.00	0.41	1.21	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	60	0.55	0.00	0.20	0.00	0.13	0.90	0.00	1.15	0.53	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	70	0.00	0.22	1.11	0.00	0.41	1.21	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	76	0.00	0.00	0.88	0.54	0.00	0.48	0.00	1.29	2.49	2.08	2.90	2.57	2.73	2.94
	82	0.88	1.33	0.74	0.00	0.05	1.18	0.70	0.00	0.00	0.00	0.08	0.14	1.09	1.62
	87	0.00	0.22	1.11	0.00	0.41	1.21	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cod	55	0.00	0.86	1.08	2.66	2.90	1.41	0.00	2.46	2.89	2.37	2.35	2.78	2.93	2.97
	62	0.00	1.94	1.43	2.43	2.61	0.00	0.00	2.02	1.68	1.82	1.71	1.69	2.00	2.38
	63	0.00	1.94	1.43	2.43	2.61	0.00	0.00	2.02	1.68	1.82	1.71	1.69	2.00	2.38
	60	0.48	2.26	2.14	2.83	2.91	2.43	1.74	2.27	2.89	2.60	2.84	2.87	2.96	2.95
	70	0.00	1.94	1.43	2.43	2.61	0.00	0.00	2.02	1.68	1.82	1.71	1.69	2.00	2.38
	76	0.00	2.38	1.51	2.35	2.47	0.00	0.00	2.73	2.94	2.78	2.80	2.76	2.91	2.95
	82	2.28	2.26	0.98	1.86	2.18	0.73	0.65	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
	87	0.00	1.94	1.43	2.43	2.61	0.00	0.00	2.02	1.68	1.82	1.71	1.69	2.00	2.38

(a) Sandfish



(b) Pacific cod

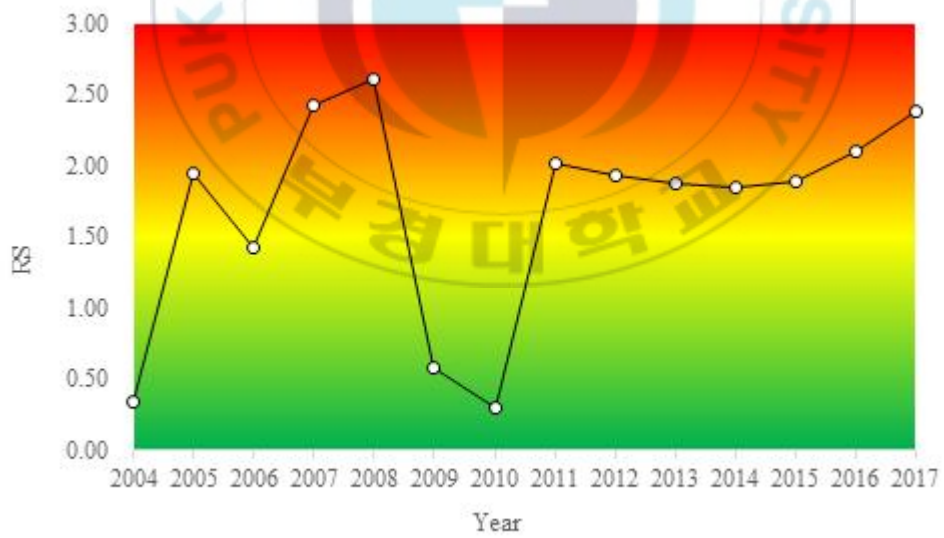


Fig. 2.7. Annual variation of RS for the biomass of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery.

증가추세이다. 최근 RS의 증가 원인은 76번 해구의 위험도가 최근 급격히 증가하였기 때문이다. 대구의 RS는 2011년 까지 증감 반복 후 최근 증가 추세이며, 82번 해구를 제외한 모든 해구에서의 CPUE에 대한 위험도가 증가하고 있다.

근해채낚기어업에 의해 어획되는 오징어의 해구별 연도별 CPUE 지표에 대한 RS는 Table 2.8과 같으며, 이에 대한 연도별 평균 RS 값은 Fig. 2.8과 같았다. 오징어의 CPUE에 대한 RS는 2004년부터 꾸준히 증가하다 2011년 감소 추세로 바뀌었지만 최근 다시 증가 추세에 있으며, 거의 모든 해구에서 유사한 추세를 보였다.



Table. 2.8. RS for the biomass of common squid harvested by offshore angling fishery

spe- cies	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
com- mon squid	47	2.62	2.57	2.62	3.00	2.21	2.99	2.72	2.74	3.00	2.57	2.24	0.00	2.96	2.90
	48	1.85	1.38	2.34	2.47	2.21	2.85	2.78	2.96	2.88	2.55	2.38	2.24	2.68	2.49
	49	3.00	3.00	3.00	3.00	2.62	2.79	3.00	2.82	3.00	2.75	2.24	1.79	2.94	2.09
	50	3.00	3.00	3.00	3.00	2.28	2.78	2.13	3.00	3.00	1.94	1.48	3.00	1.84	2.24
	51	0.00	3.00	3.00	2.24	3.00	0.00	2.21	3.00	3.00	2.51	2.33	2.46	3.00	2.65
	52	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.81	0.05	3.00	3.00	2.37	2.31	2.24	3.00	2.43
	53	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.84	1.48	3.00	3.00	2.47	3.00	2.13	3.00	2.02
	54	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.75	3.00	3.00	2.24	2.24	3.00	2.05
	55	1.92	1.41	1.81	2.27	2.19	2.84	2.70	2.76	2.96	2.67	2.36	2.15	2.29	2.29
	56	1.92	1.47	1.75	1.96	2.70	2.68	2.58	2.74	2.73	2.44	2.13	2.36	2.02	2.20
	57	2.28	1.23	2.26	2.02	2.33	2.80	2.58	2.63	0.00	2.18	1.81	1.80	1.88	1.64
	58	1.25	0.00	1.94	2.05	0.22	2.85	2.61	2.42	1.93	2.24	2.28	1.59	1.50	2.18
	59	0.00	0.00	1.68	2.19	2.34	2.69	2.62	1.59	2.26	2.42	2.04	2.36	2.03	2.16
	60	0.00	0.00	1.89	0.80	3.00	2.67	2.51	2.86	1.80	2.49	2.40	1.87	0.00	1.83
	61	0.00	0.00	0.00	2.05	1.48	2.73	2.30	2.77	1.39	2.30	2.45	1.96	1.59	2.05
	62	0.22	1.78	1.25	0.00	2.23	2.17	2.48	2.43	2.00	2.31	2.20	1.99	1.78	2.29
	63	0.76	1.31	1.37	0.22	1.54	2.40	2.53	2.42	1.88	2.29	2.16	2.09	2.03	2.15
	64	1.45	0.44	0.00	0.00	2.42	2.68	2.32	2.42	1.96	2.16	1.63	1.27	1.94	1.77
	65	0.66	0.20	1.50	0.33	2.36	2.46	2.25	2.13	2.28	2.08	1.90	1.92	2.19	2.33
	66	0.95	0.00	1.12	0.00	2.72	2.72	2.50	2.63	2.19	2.26	2.09	2.25	2.36	2.53
	67	0.23	0.00	0.68	0.00	2.31	2.32	1.81	2.39	2.08	2.17	2.13	2.05	2.37	2.54
	68	0.00	0.00	0.14	0.00	2.05	1.14	1.49	2.11	1.67	2.01	1.85	1.86	2.20	2.34
	69	0.00	0.00	1.23	0.00	2.56	2.76	2.64	2.76	2.03	2.21	2.16	2.01	2.33	2.09
	70	0.00	0.24	0.80	0.02	1.84	2.30	2.26	2.15	1.84	1.93	1.84	1.85	1.70	1.56
	71	0.44	0.35	0.48	0.45	1.88	2.24	2.38	2.03	1.87	2.08	2.02	1.78	2.18	2.14
	72	0.00	0.25	0.54	0.00	2.56	2.15	2.26	2.60	1.85	2.12	2.06	2.19	2.31	2.44
	73	0.00	0.00	0.50	0.00	2.51	2.36	2.43	2.32	2.07	2.13	2.08	2.17	2.35	2.44
	74	0.00	0.00	0.03	0.00	2.28	2.18	2.06	2.19	2.26	2.01	1.95	2.03	2.25	2.33
	75	0.00	0.00	0.00	0.40	2.51	2.20	2.57	2.20	2.43	2.20	2.32	2.20	2.25	0.00
	76	0.00	0.46	0.54	0.37	1.91	1.83	2.14	2.30	1.71	1.86	1.37	2.05	1.97	0.22
	77	0.00	0.00	0.40	0.00	1.68	1.59	2.15	2.38	1.77	1.95	2.09	1.91	2.00	1.60
	78	0.00	0.86	0.09	0.20	1.90	1.51	2.26	2.32	1.45	1.79	1.87	1.57	1.35	2.00
	79	0.22	0.11	0.00	0.00	0.00	2.06	1.79	2.25	1.86	1.53	0.85	1.94	1.96	2.09
	80	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	2.05	2.07	2.27	1.59	1.87	1.38	1.72	1.95	1.83
	81	3.00	0.00	0.63	0.11	2.52	1.66	2.50	2.72	2.67	2.36	2.38	0.93	0.00	0.00
	82	0.26	0.93	0.07	0.75	1.19	1.80	1.97	1.87	1.01	1.92	1.71	1.82	0.00	0.00
	83	0.36	0.60	0.00	0.90	0.39	1.78	2.18	2.14	1.24	1.82	1.83	1.82	1.16	0.93
	84	0.00	0.82	0.00	0.06	0.42	1.09	1.63	2.25	1.64	1.75	1.65	1.76	1.60	1.70
	85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	1.20	0.00	0.83	0.73	1.44	0.00	2.13
	86	0.00	1.08	0.00	0.00	0.00	2.90	2.46	1.74	1.96	1.58	1.80	2.10	2.31	1.86
	87	0.29	0.63	0.52	0.07	2.01	1.99	2.38	2.31	1.32	1.99	1.70	1.52	0.00	0.00
	88	0.30	0.50	0.00	0.00	1.25	1.88	1.88	2.00	1.47	1.37	1.59	1.43	1.45	1.54
	89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	1.07	0.00	2.13
	90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
	91	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	2.75	2.44	0.63	0.69	0.00	1.70	1.89	0.53	1.86
	329	0.88	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	1.73	0.00	1.22	0.00	0.00	1.74	2.04
	332	3.00	0.98	3.00	0.00	1.44	0.00	1.30	2.67	3.00	1.56	1.09	0.00	2.24	2.24
	333	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	2.05	1.35	2.38	1.36	2.31	1.61	0.41	1.83	2.07
	334	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.53	3.00	2.62	1.99	2.02	0.54	1.67
	335	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.71	3.00	2.43	1.72	0.73	3.00	2.24

Table. 2.8. (continued)

spe- cies	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
com- mon squid	336	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.84	2.44	2.05	1.82	1.46	1.35	1.64	2.13
	337	0.00	0.00	1.48	0.00	1.43	1.43	0.49	1.30	0.02	2.14	1.22	1.26	1.72	2.17
	338	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	2.83	1.40	2.66	2.00	2.51	2.18	2.07	1.83	1.88
	339	0.00	1.30	0.00	2.24	0.00	2.57	0.96	1.98	0.26	2.39	1.58	1.68	2.53	2.08
	340	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.41	2.14	1.62	1.77	1.30	1.06	1.67	2.22
	341	0.00	0.06	0.00	0.00	0.49	0.00	2.06	0.80	0.60	1.67	1.52	0.35	1.61	2.29
	342	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	1.26	1.75	1.11	2.04	1.67	1.62	2.01	2.16
	343	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	1.25	0.71	2.36	1.72	1.50	2.02	2.28
	344	0.00	0.22	0.00	2.24	0.00	0.50	1.28	1.11	0.00	2.18	2.09	1.42	2.10	2.31
	345	0.00	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55	3.00	1.99	2.62	1.86	1.55	2.14	2.34
	346	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	2.14	2.34	2.09	1.76	1.78	1.83	1.91
	347	2.49	0.00	0.00	1.02	0.00	0.00	0.41	1.04	2.05	1.67	0.75	1.83	2.14	2.19
	348	1.48	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.01	2.24	3.00	1.74	1.33	1.03	2.35	2.24
	349	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	1.48	3.00	3.00	1.86	0.73	2.24	2.62	2.24
	350	1.73	0.00	0.00	0.61	3.00	2.24	2.80	1.43	3.00	2.24	0.97	2.17	2.27	2.28
	351	1.18	0.00	0.00	0.00	0.73	3.00	2.91	3.00	0.92	2.24	2.24	1.64	2.24	2.32
	352	2.24	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.48	0.00	1.48	1.48	2.17
	354	0.00	0.00	0.00	0.05	0.73	3.00	3.00	3.00	3.00	2.24	1.23	2.24	2.24	2.24
	358	3.00	2.24	2.62	0.00	3.00	3.00	2.24	0.00	3.00	1.48	2.42	2.24	3.00	3.00
	916	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	1.86	1.48	3.00	3.00	3.00	3.00	2.37	2.24
	917	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.74
	924	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.53	0.00	3.00	1.48	3.00	3.00	3.00	1.86	1.36
	925	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.62
	932	1.48	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00	0.55	0.08	2.22	3.00	1.48	1.48	1.74	1.74
	933	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.73	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.24
	934	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	3.00	3.00	3.00	2.24
	940	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.47	1.26	0.00	1.86	0.36	1.81	2.05	1.86
	941	0.00	3.00	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00	1.32	3.00	3.00	1.03	1.48	3.00	2.20
	942	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.24
	948	0.00	0.00	0.00	0.00	1.74	1.25	1.00	1.74	0.91	1.64	0.00	1.05	1.63	2.03
	949	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	0.00	1.08	2.39	0.00	2.33	1.46	2.24	3.00	2.03
	950	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	956	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.84	1.50	0.24	1.69	0.00	0.00	1.75	2.16
	957	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	0.00	1.17	0.00	0.00	2.62	2.24	3.00	3.00	3.00
	5055	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.62	2.30	1.90	2.55
	5087	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.48	3.00	2.17	1.46

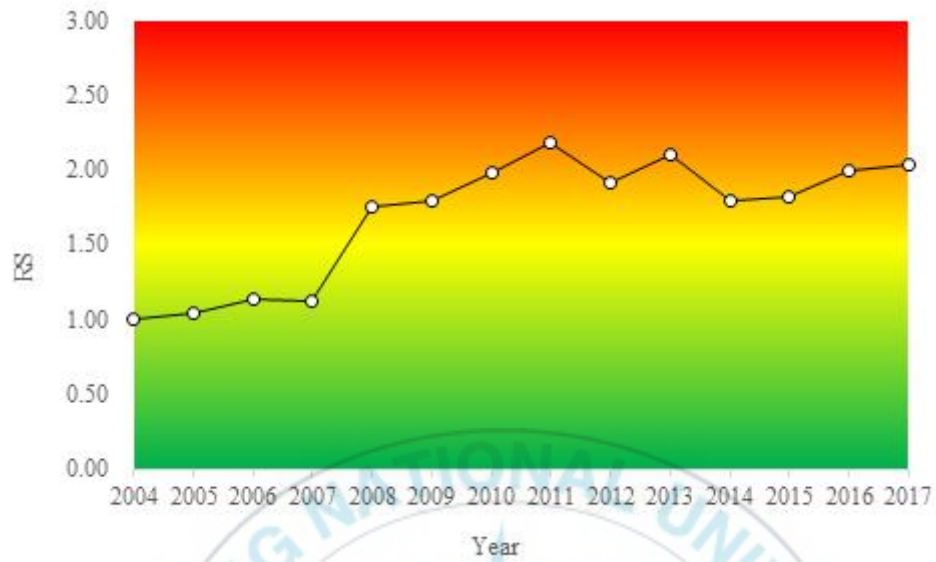


Fig. 2.8. Annual variation of RS for the biomass of common squid harvested by offshore angling fishery.

나. 목표위험지수

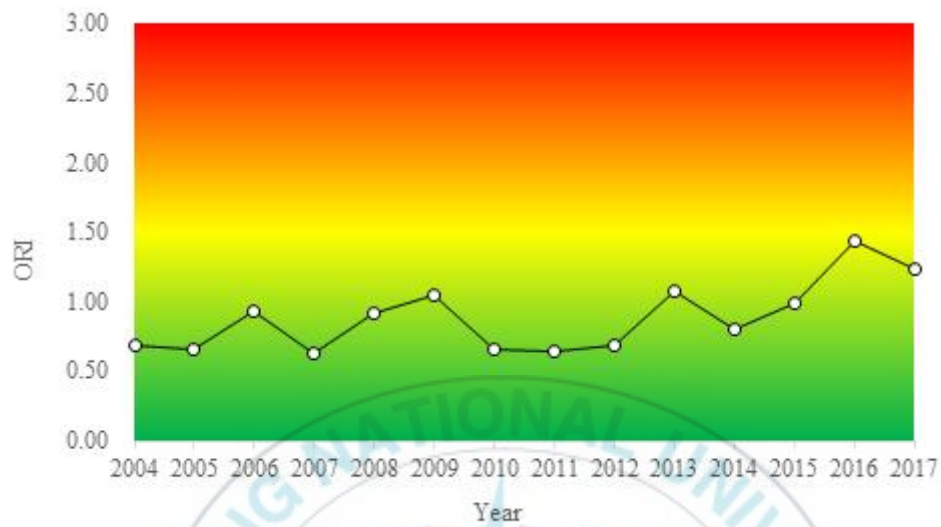
동해구중형외끌이 도루묵과 대구의 지속가능성에 대한 연도별 해구별 ORI는 Table 2.9와 같이 평가되었으며, 연도별 평균 ORI는 Fig. 2.9와 같았다. 도루묵은 2004년부터 계속해서 증가 추세를 보였으며, 최근 2017년에는 위험도가 감소하였다. 대구는 2007년 까지 위험도가 최고로 증가하였다가 급격히 감소 후 다시 증가 추세에 있다. 두 어종 모두 해구별로 뚜렷한 차이가 없었으나, 대구의 경우 62, 63, 70, 87번 해구에서의 위험도 증가가 최근 증가추세에 큰 영향을 주었다. 그 외 생물다양성은 2.02, 서식처의질은 2.05, 사회경제적혜택은 2.57의 값이 이전 연구결과(NIFS, 2017)로부터 추정되었다.

오징어채낚기에 의해 어획되는 오징어의 지속가능성에 대한 연도별 해구별 ORI는 Table 2.10과 같았고 연도별 평균 ORI는 Fig. 2.10과 같이 추정되었다. 전체적으로 2010년 까지 증가하다 최근 감소추세에 있으나 최근 2017년에는 위험도가 증가하였다. 특히, 335, 917, 941, 942, 5055, 5087번 해구에서의 위험도 증가가 큰 영향을 미쳤다. 그 외 생물다양성 1.45, 서식처의질 1.73, 사회경제적혜택 2.10의 값이 이전 연구결과(NIFS, 2017)로부터 평가되었다.

Table. 2.9. ORI for sustainability of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery

Species	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sandfish	55	0.90	1.15	1.35	0.55	1.15	1.22	0.91	0.29	0.79	1.41	0.89	1.22	1.50	1.50
	62	0.40	0.44	0.91	0.51	0.84	1.03	0.42	0.59	0.56	1.00	0.69	0.87	1.38	1.10
	63	0.40	0.44	0.91	0.51	0.84	1.03	0.42	0.59	0.56	1.00	0.69	0.87	1.38	1.10
	60	0.71	0.60	0.82	0.72	0.85	0.96	0.34	0.67	0.50	0.56	0.60	1.07	1.44	1.15
	70	0.40	0.44	0.91	0.51	0.84	1.03	0.42	0.59	0.56	1.00	0.69	0.87	1.38	1.10
	76	1.31	0.73	0.79	0.99	0.86	0.82	1.34	1.35	1.47	1.79	1.53	1.58	1.65	1.52
	82	0.98	1.08	0.87	0.69	1.07	1.29	1.00	0.48	0.50	0.81	0.62	0.56	1.35	1.29
	87	0.40	0.44	0.91	0.51	0.84	1.03	0.42	0.59	0.56	1.00	0.69	0.87	1.38	1.10
Cod	55	0.96	1.63	1.31	1.84	1.64	1.36	1.50	1.52	1.49	1.49	1.47	1.47	1.50	1.50
	62	0.39	1.59	1.38	2.31	2.32	0.89	0.90	1.59	1.49	1.58	1.57	1.51	1.87	1.98
	63	0.39	1.59	1.38	2.31	2.32	0.89	0.90	1.59	1.49	1.58	1.57	1.51	1.87	1.98
	60	1.61	2.56	2.57	2.43	2.11	1.94	1.23	1.56	1.55	1.83	1.63	1.61	1.55	1.56
	70	0.39	1.59	1.38	2.31	2.32	0.89	0.90	1.59	1.49	1.58	1.57	1.51	1.87	1.98
	76	0.63	1.45	1.19	2.68	2.08	1.50	0.78	1.68	1.53	1.72	1.66	1.65	1.58	1.57
	82	1.24	1.50	1.06	2.22	2.44	1.16	0.80	1.02	0.94	0.83	0.94	0.93	1.27	1.49
	87	0.39	1.59	1.38	2.31	2.32	0.89	0.90	1.59	1.49	1.58	1.57	1.51	1.87	1.98

(a) Sandfish



(b) Pacific cod

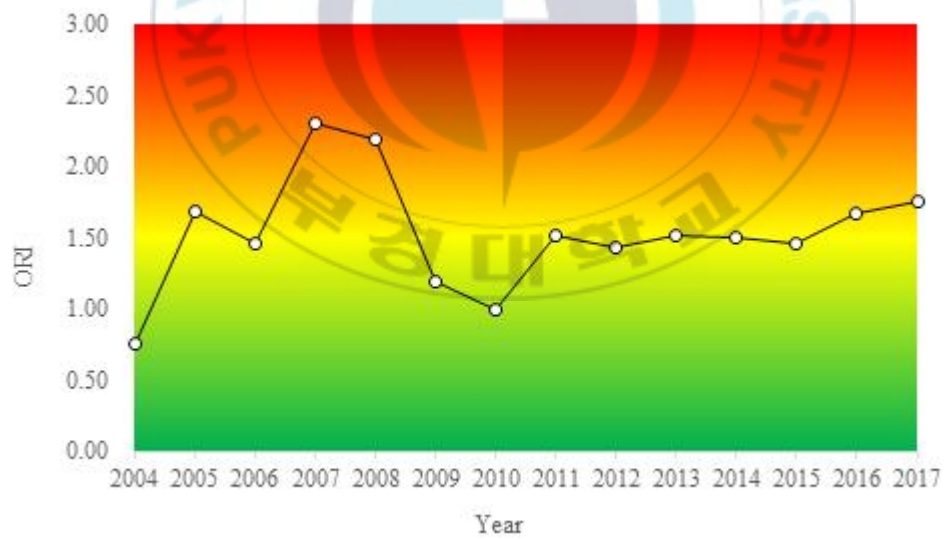


Fig. 2.9. Annual variation of ORI for sustainability of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery.

Table. 2.10. ORI for sustainability of common squid harvested by offshore angling fishery

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	47	1.35	1.82	1.35	1.50	2.61	1.72	2.81	1.68	1.50	2.79	2.37	1.50	1.48	1.55	
	48	1.33	2.19	1.49	1.37	2.60	1.83	2.16	1.89	1.54	2.78	1.94	1.13	1.36	1.33	
	49	1.50	1.50	1.50	1.50	1.79	2.89	1.50	2.91	1.50	1.94	2.62	1.85	1.50	1.54	
	50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.04	2.89	2.44	1.50	1.50	2.47	1.16	1.50	2.42	1.32	
	51	0.06	1.50	1.50	1.14	1.50	1.50	1.72	1.50	1.50	1.62	2.66	1.51	1.50	1.38	
	52	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.76	1.53	1.50	1.50	2.69	2.65	2.19	1.50	1.71	
	53	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.92	1.54	1.50	1.50	2.74	1.50	2.57	1.50	1.62	
	54	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.87	1.50	1.50	2.62	2.62	1.50	2.24	
	55	1.57	1.74	1.81	1.51	2.59	2.57	2.17	2.07	1.51	1.76	1.79	1.25	1.18	1.23	
	56	1.36	2.07	1.96	1.18	1.84	2.81	2.47	2.38	1.44	1.67	1.27	1.41	1.59	1.21	
	57	1.39	1.70	1.67	1.35	1.72	2.70	2.79	1.93	0.45	2.38	1.24	1.10	1.51	1.08	
	58	0.86	0.16	1.19	1.65	1.61	1.70	2.80	1.53	1.23	2.54	2.64	1.74	0.82	1.70	
	59	0.58	0.03	1.06	2.14	1.49	1.52	2.18	2.29	1.32	2.71	2.45	1.36	1.04	1.67	
	60	0.65	0.43	1.35	0.50	1.50	1.60	2.21	1.57	2.01	2.74	1.53	2.44	0.56	1.51	
	61	0.03	1.50	0.64	1.05	0.79	1.45	1.78	1.56	0.91	2.37	1.46	1.63	0.95	1.22	
	62	0.63	1.28	1.16	1.50	2.61	2.58	1.96	1.96	1.17	1.21	1.33	1.20	0.96	1.17	
	63	1.12	1.60	1.20	1.02	2.27	2.70	1.94	1.82	1.04	1.23	1.27	1.20	1.08	1.12	
	64	1.09	1.40	0.99	1.37	1.70	1.67	2.50	1.77	1.15	1.41	0.92	0.97	1.06	0.97	
	65	0.90	0.93	1.09	1.67	1.67	1.78	2.63	1.68	1.68	1.38	1.32	1.15	1.21	1.24	
	66	1.16	0.81	1.13	1.50	1.60	1.72	1.78	2.23	1.51	1.89	1.54	1.95	1.41	1.38	
	67	0.54	0.67	1.15	1.24	1.73	1.85	2.40	2.03	1.56	1.83	1.55	1.79	1.34	1.37	
	68	0.95	1.13	0.87	0.42	1.39	2.07	1.85	1.38	1.04	1.28	1.55	1.52	1.18	1.23	
	69	0.54	1.14	0.78	1.47	2.38	2.83	2.35	1.97	1.11	1.80	1.16	1.60	1.23	1.24	
	70	1.13	0.88	0.60	0.45	2.23	2.35	2.63	2.58	1.15	2.26	1.05	1.82	1.02	1.00	
	71	0.80	0.50	0.52	0.79	2.17	2.10	1.95	2.52	2.32	1.83	1.65	2.39	1.66	1.33	
	72	0.47	0.42	0.85	0.33	1.68	1.79	2.16	2.28	2.42	2.35	2.16	2.60	1.89	1.45	
	73	0.31	0.69	0.62	0.81	1.64	1.94	1.85	2.45	1.91	2.56	2.52	2.59	1.47	1.38	
	74	0.38	0.88	1.01	0.30	1.27	1.76	2.53	2.44	1.83	1.81	2.03	2.15	1.28	1.28	
	75	0.29	0.33	0.60	0.42	1.96	1.77	1.83	2.46	1.48	2.27	1.33	2.60	1.22	1.50	
	76	1.20	0.54	0.43	0.41	2.10	2.15	2.57	2.39	1.61	2.43	0.89	2.20	1.21	0.68	
	77	0.62	0.52	0.58	0.35	1.69	1.47	1.41	1.73	1.59	2.48	1.75	2.45	1.48	1.35	
	78	0.59	0.81	0.83	0.40	1.15	1.53	2.14	1.74	1.30	2.39	1.58	2.07	1.40	1.22	
	79	0.25	0.23	1.01	0.31	0.53	1.81	2.39	2.63	1.05	2.26	1.64	1.96	1.27	1.19	
	80	0.62	1.37	1.43	0.13	0.12	1.06	2.36	2.64	0.86	1.33	1.52	1.89	1.19	1.05	
	81	1.50	0.21	0.42	0.32	2.59	2.33	1.66	1.79	1.48	2.68	1.28	1.96	1.42	0.76	
	82	0.77	0.75	0.27	0.57	2.10	2.17	2.14	1.84	1.42	1.56	1.09	1.82	0.95	0.68	
	83	0.74	1.01	0.59	0.77	0.82	1.67	1.67	1.91	1.38	1.95	1.78	1.80	1.21	0.96	
	84	0.23	0.78	1.50	0.54	0.53	1.16	2.32	2.42	1.30	1.51	1.92	1.38	1.09	1.17	
	85	0.35	0.92	1.50	0.44	0.11	0.93	1.24	1.60	0.66	0.63	0.46	0.78	0.27	1.10	
	86	1.24	0.95	1.08	0.64	0.14	1.50	2.73	2.37	1.11	1.39	1.33	1.49	1.18	0.94	
	87	0.71	0.65	0.50	0.55	2.19	2.50	2.39	2.17	1.66	1.47	1.58	1.85	0.64	0.50	
	88	0.74	0.52	1.00	0.45	1.34	2.00	1.48	2.50	2.08	1.42	1.82	1.97	0.98	0.94	
	89	0.36	0.43	1.19	0.50	0.23	1.52	0.73	1.92	1.31	1.10	0.58	0.71	0.25	1.09	
	90	1.34	0.58	1.50	0.56	0.15	0.21	0.55	1.50	0.13	0.69	0.36	0.14	0.05	1.50	
	91	0.25	0.46	0.28	1.10	0.32	1.38	2.23	1.82	0.44	1.50	1.32	1.52	0.30	0.94	
	329	0.51	0.76	1.01	0.51	0.44	1.50	2.04	1.37	1.25	1.07	0.89	0.11	0.92	1.06	
	332	1.50	0.53	1.50	1.02	1.48	1.50	0.98	2.84	1.50	2.28	1.99	1.50	1.14	1.21	
	333	0.08	0.26	1.34	0.27	0.46	2.53	2.18	2.69	1.24	1.49	2.21	1.23	1.02	1.25	
	334	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.27	1.50	2.71	2.14	2.51	1.21	1.23	
	335	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.27	1.50	1.58	2.36	1.37	1.50	2.62	

Table. 2.10. (continued)

spe- cies	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
com- mon squid	336	0.05	0.20	0.39	0.09	0.52	2.10	2.42	2.24	1.33	1.91	2.23	2.17	1.31	1.63
	337	0.37	0.52	0.75	0.27	1.04	2.21	1.74	1.60	1.31	1.27	2.11	1.75	0.96	1.43
	338	0.20	0.94	0.99	1.50	1.50	1.99	2.20	1.42	1.02	1.57	1.60	1.18	0.99	1.28
	339	0.03	0.67	1.50	1.13	0.89	1.95	1.98	1.23	0.43	1.44	1.35	1.04	1.49	1.35
	340	0.35	0.67	0.82	0.30	1.50	1.53	1.29	1.13	0.86	0.92	0.93	0.77	0.97	1.18
	341	1.50	0.06	0.09	0.09	1.75	0.95	1.39	0.79	0.39	0.97	1.00	0.22	0.85	1.19
	342	0.89	0.80	1.18	0.12	0.85	1.56	1.68	1.24	0.90	1.08	1.15	1.15	1.15	1.19
	343	1.10	0.20	1.39	0.16	0.72	1.50	1.90	0.83	0.88	1.22	1.33	1.12	1.14	1.22
	344	0.65	0.26	0.27	1.13	1.50	1.75	2.14	0.64	0.69	1.30	1.37	1.06	1.12	1.24
	345	0.06	0.57	0.04	0.18	1.50	1.50	1.64	1.50	1.10	1.32	0.97	1.00	1.11	1.23
	346	0.15	0.51	0.56	0.04	0.17	0.14	2.40	2.47	2.67	1.34	2.11	1.87	1.06	1.20
	347	1.28	0.36	0.37	1.45	0.19	1.50	1.71	1.13	1.30	1.17	1.88	2.15	1.20	1.21
	348	0.99	0.27	0.85	0.62	1.50	1.50	2.01	1.41	1.50	1.31	1.47	2.02	1.68	1.57
	349	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.08	1.50	1.50	2.43	1.60	1.81	1.52	1.44
	350	1.16	0.51	1.50	0.70	1.50	1.18	1.53	2.22	1.50	1.15	0.98	1.60	1.27	1.45
	351	0.62	1.50	0.71	0.34	0.40	1.50	1.46	1.50	0.54	1.13	1.13	0.92	1.13	1.18
	352	1.13	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.81	0.51	0.92	0.77	1.14
	354	0.36	0.90	1.50	0.32	0.47	1.50	1.50	1.50	1.50	1.14	0.98	1.45	1.13	1.14
	358	1.50	1.14	1.32	1.14	1.50	1.50	1.19	1.50	1.50	0.84	1.36	1.26	1.50	1.50
	916	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.41	1.94	1.50	1.50	1.50	1.50	1.57	1.24
	917	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.37
	924	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.77	1.08	1.50	0.87	1.50	1.50	1.50	1.02	0.82
	925	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.43
	932	0.75	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.23	0.78	1.16	1.50	0.85	0.79	0.94	0.92
	933	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.86	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.23
	934	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.58
	940	1.50	0.24	0.24	1.30	1.50	1.50	0.32	0.83	0.03	0.96	0.71	1.00	1.04	1.06
	941	1.50	1.50	0.15	0.20	1.50	1.37	1.50	1.81	1.50	1.50	0.89	0.84	1.50	2.22
	942	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.62
	948	0.07	0.46	0.51	0.04	0.88	2.12	1.83	1.93	1.36	1.27	1.50	0.82	0.89	1.40
	949	0.57	0.06	0.08	1.50	1.50	1.50	1.73	2.47	1.50	1.72	2.23	1.19	1.50	2.33
	950	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	956	0.47	0.27	0.66	0.36	0.13	1.77	1.92	2.08	0.95	1.22	0.78	0.04	1.01	1.11
	957	1.50	0.43	1.39	1.50	1.50	1.50	0.80	0.10	0.90	1.32	1.13	1.50	1.50	1.50
	5055	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.17	2.65	2.45	2.65
	5087	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.23	1.50	2.58	2.23

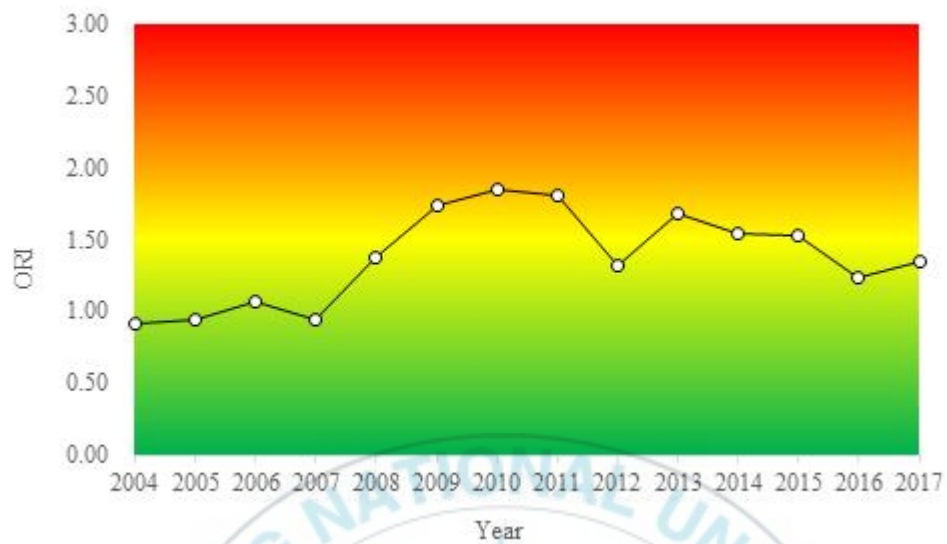


Fig. 2.10. Annual variation of ORI for sustainability of common squid harvested by offshore angling fishery.

다. 종위험지수

동해구중형외끌이어업의 도루묵과 대구에 대한 연도별 해구별 및 연도별 평균 SRI 변동은 Table 2.11과 Fig. 2.11과 같이 평가되었다. 도루묵의 평균 SRI는 2004년 1.83에서 미세하게 증가하다 2016년 2.01로 최고 위험도를 나타내었으나 최근 2017년 1.97로 소폭 감소하였다. 대구는 2004년 1.84에서 부터 2007년 2.23으로 최고 위험도를 나타내었다가 평형상태를 유지하며 최근 2017년에는 2.10로 평가되었다.

근해채낚기어업의 오징어에 대한 연도별 해구별 및 연도별 평균 SRI 변동은 Table 2.12와 Fig. 2.12와 같이 추정되었다. 2004년 1.55에서 지속적으로 증가하여 2010년 1.78로 최고점을 기록한 뒤 최근까지 감소추세에 있으며 2017년의 SRI는 1.66으로 추정되었다.

라. 어업위험지수

동해구중형외끌이어업에 대한 어업위험지수인 FRI는 Table 2.13과 Fig. 2.13과 같이, 2004년 1.83으로 시작하여 소폭으로 증감을 반복하다 2016년 최고 위험도인 2.02를 기록하였고 최근 2017년 1.98로 감소하였다. 근해채낚기어업의 경우 대상어종이 오징어 하나로만 설정되어 있어 종위험지수 SRI와 어업위험지수인 FRI는 동일한 값을 나타냈다.

Table. 2.11. SRI of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery

Species	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sandfish	55	1.88	1.94	1.99	1.79	1.94	1.96	1.88	1.73	1.85	2.01	1.88	1.96	2.03	2.03
	62	1.76	1.77	1.88	1.78	1.87	1.91	1.76	1.80	1.80	1.91	1.83	1.87	2.00	1.93
	63	1.76	1.77	1.88	1.78	1.87	1.91	1.76	1.80	1.80	1.91	1.83	1.87	2.00	1.93
	60	1.83	1.81	1.86	1.84	1.87	1.90	1.74	1.82	1.78	1.80	1.81	1.92	2.02	1.94
	70	1.76	1.77	1.88	1.78	1.87	1.91	1.76	1.80	1.80	1.91	1.83	1.87	2.00	1.93
	76	1.98	1.84	1.85	1.90	1.87	1.86	1.99	2.00	2.02	2.11	2.04	2.05	2.07	2.04
	82	1.90	1.93	1.88	1.83	1.92	1.98	1.91	1.78	1.78	1.86	1.81	1.80	1.99	1.98
	87	1.76	1.77	1.88	1.78	1.87	1.91	1.76	1.80	1.80	1.91	1.83	1.87	2.00	1.93
Cod	55	1.90	2.06	1.98	2.12	2.07	2.00	2.03	2.04	2.03	2.03	2.02	2.02	2.03	2.03
	62	1.75	2.05	2.00	2.23	2.24	1.88	1.88	2.05	2.03	2.05	2.05	2.03	2.12	2.15
	63	1.75	2.05	2.00	2.23	2.24	1.88	1.88	2.05	2.03	2.05	2.05	2.03	2.12	2.15
	60	2.06	2.30	2.30	2.26	2.18	2.14	1.96	2.05	2.04	2.11	2.06	2.06	2.04	2.05
	70	1.75	2.05	2.00	2.23	2.24	1.88	1.88	2.05	2.03	2.05	2.05	2.03	2.12	2.15
	76	1.82	2.02	1.95	2.33	2.18	2.03	1.85	2.08	2.04	2.09	2.07	2.07	2.05	2.05
	82	1.97	2.03	1.92	2.21	2.27	1.95	1.86	1.91	1.89	1.86	1.89	1.89	1.97	2.03
	87	1.75	2.05	2.00	2.23	2.24	1.88	1.88	2.05	2.03	2.05	2.05	2.03	2.12	2.15

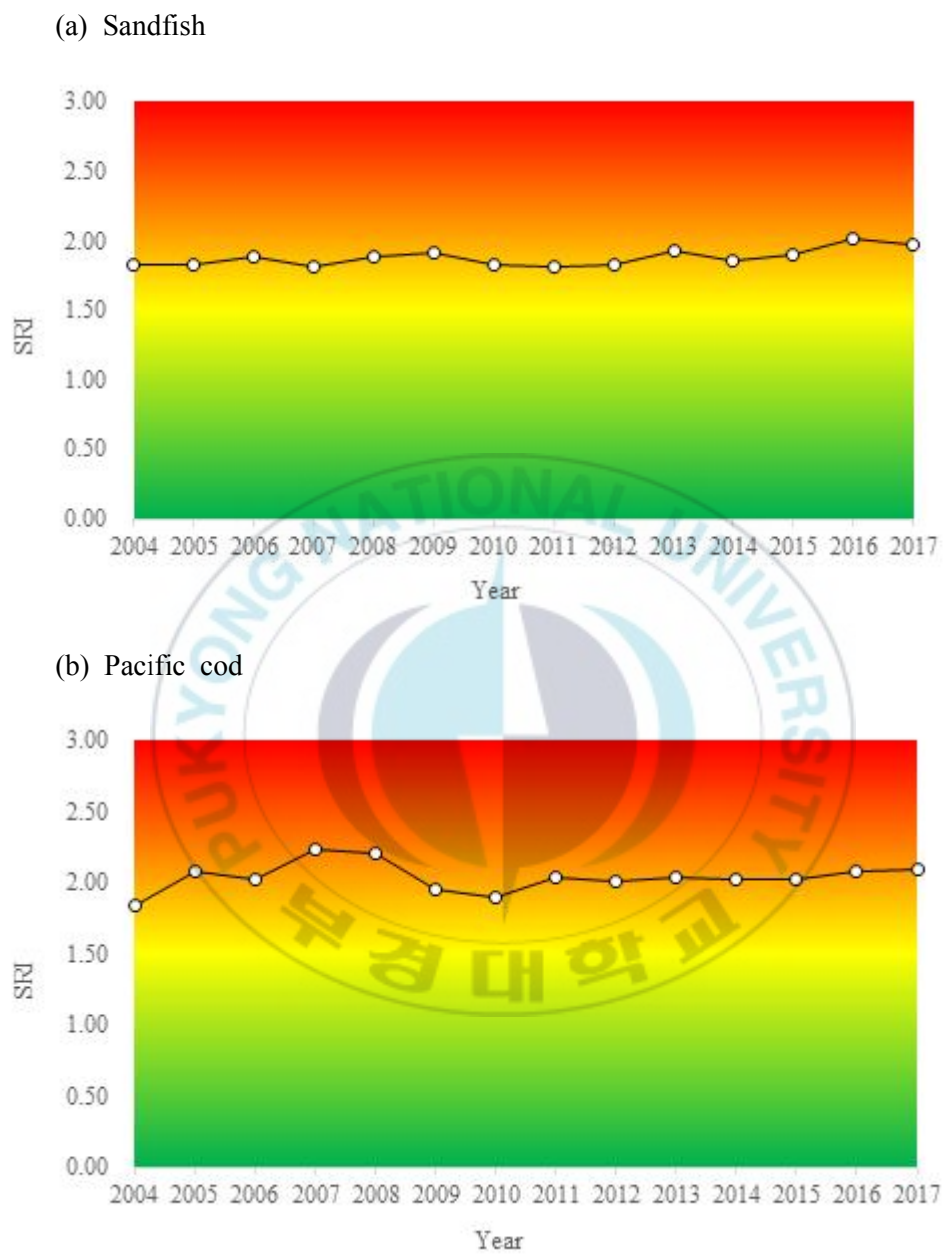


Fig. 2.11. Annual variation of SRI of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery.

Table. 2.12. SRI of common squid harvested by offshore angling fishery

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	47	1.66	1.77	1.66	1.69	1.97	1.75	2.02	1.74	1.69	2.02	1.91	1.69	1.69	1.71	
	48	1.65	1.87	1.69	1.66	1.97	1.78	1.86	1.79	1.70	2.01	1.80	1.60	1.66	1.65	
	49	1.69	1.69	1.69	1.69	1.77	2.04	1.69	2.05	1.69	1.80	1.97	1.78	1.69	1.70	
	50	1.69	1.69	1.69	1.69	1.83	2.04	1.93	1.69	1.69	1.94	1.61	1.69	1.92	1.65	
	51	1.33	1.69	1.69	1.60	1.69	1.69	1.75	1.69	1.69	1.72	1.98	1.70	1.69	1.66	
	52	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.76	1.70	1.69	1.69	1.99	1.98	1.87	1.69	1.75	
	53	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	2.05	1.70	1.69	1.69	2.00	1.69	1.96	1.69	1.72	
	54	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	2.04	1.69	1.69	1.97	1.97	1.69	1.88	
	55	1.71	1.75	1.77	1.70	1.97	1.96	1.86	1.84	1.70	1.76	1.77	1.63	1.61	1.63	
	56	1.66	1.84	1.81	1.61	1.78	2.02	1.94	1.91	1.68	1.74	1.64	1.67	1.72	1.62	
	57	1.67	1.74	1.74	1.66	1.75	1.99	2.02	1.80	1.43	1.91	1.63	1.59	1.70	1.59	
	58	1.53	1.36	1.62	1.73	1.72	1.74	2.02	1.70	1.63	1.95	1.98	1.75	1.52	1.74	
	59	1.46	1.33	1.58	1.85	1.69	1.70	1.86	1.89	1.65	2.00	1.93	1.66	1.58	1.74	
	60	1.48	1.43	1.66	1.44	1.69	1.72	1.87	1.71	1.82	2.00	1.70	1.93	1.46	1.70	
	61	1.33	1.69	1.48	1.58	1.52	1.68	1.76	1.71	1.55	1.91	1.68	1.73	1.56	1.62	
	62	1.48	1.64	1.61	1.69	1.97	1.96	1.81	1.81	1.61	1.62	1.65	1.62	1.56	1.61	
	63	1.60	1.72	1.62	1.57	1.89	1.99	1.80	1.77	1.58	1.63	1.64	1.62	1.59	1.60	
	64	1.59	1.67	1.57	1.66	1.74	1.74	1.94	1.76	1.61	1.67	1.55	1.56	1.58	1.56	
	65	1.54	1.55	1.59	1.74	1.74	1.76	1.98	1.74	1.74	1.66	1.65	1.61	1.62	1.63	
	66	1.61	1.52	1.60	1.69	1.72	1.75	1.76	1.88	1.70	1.79	1.70	1.81	1.67	1.66	
	67	1.45	1.49	1.61	1.63	1.75	1.78	1.92	1.83	1.71	1.78	1.71	1.77	1.65	1.66	
	68	1.56	1.60	1.54	1.42	1.67	1.84	1.78	1.66	1.58	1.64	1.71	1.70	1.61	1.63	
	69	1.45	1.60	1.51	1.69	1.92	2.03	1.91	1.81	1.60	1.77	1.61	1.72	1.63	1.63	
	70	1.60	1.54	1.47	1.43	1.88	1.91	1.98	1.96	1.61	1.88	1.58	1.77	1.57	1.57	
	71	1.52	1.44	1.45	1.52	1.86	1.84	1.81	1.95	1.90	1.78	1.73	1.92	1.73	1.65	
	72	1.44	1.42	1.53	1.40	1.74	1.77	1.86	1.89	1.92	1.91	1.86	1.97	1.79	1.68	
	73	1.40	1.49	1.47	1.52	1.73	1.80	1.78	1.93	1.80	1.96	1.95	1.97	1.69	1.66	
	74	1.41	1.54	1.57	1.39	1.64	1.76	1.95	1.93	1.78	1.77	1.83	1.86	1.64	1.64	
	75	1.39	1.40	1.47	1.42	1.81	1.76	1.78	1.93	1.69	1.89	1.65	1.97	1.63	1.69	
	76	1.62	1.45	1.43	1.42	1.84	1.86	1.96	1.92	1.72	1.93	1.54	1.87	1.62	1.49	
	77	1.47	1.45	1.46	1.41	1.74	1.69	1.67	1.75	1.72	1.94	1.76	1.93	1.69	1.66	
	78	1.47	1.52	1.53	1.42	1.61	1.70	1.85	1.75	1.64	1.92	1.71	1.84	1.67	1.62	
	79	1.38	1.38	1.57	1.40	1.45	1.77	1.92	1.98	1.58	1.88	1.73	1.81	1.64	1.62	
	80	1.47	1.66	1.68	1.35	1.35	1.58	1.91	1.98	1.53	1.65	1.70	1.79	1.62	1.58	
	81	1.69	1.37	1.42	1.40	1.97	1.90	1.73	1.77	1.69	1.99	1.64	1.81	1.67	1.51	
	82	1.51	1.51	1.39	1.46	1.84	1.86	1.85	1.78	1.67	1.71	1.59	1.77	1.56	1.49	
	83	1.50	1.57	1.47	1.51	1.52	1.74	1.74	1.80	1.66	1.81	1.76	1.77	1.62	1.56	
	84	1.38	1.51	1.69	1.45	1.45	1.61	1.90	1.92	1.64	1.70	1.80	1.66	1.59	1.61	
	85	1.41	1.55	1.69	1.43	1.35	1.55	1.63	1.72	1.48	1.48	1.43	1.51	1.39	1.59	
	86	1.63	1.56	1.59	1.48	1.35	1.69	2.00	1.91	1.60	1.67	1.65	1.69	1.61	1.55	
	87	1.50	1.48	1.44	1.46	1.87	1.94	1.92	1.86	1.73	1.69	1.71	1.78	1.48	1.44	
	88	1.50	1.45	1.57	1.43	1.65	1.82	1.69	1.94	1.84	1.67	1.77	1.81	1.56	1.55	
	89	1.41	1.43	1.62	1.44	1.38	1.70	1.50	1.80	1.65	1.59	1.46	1.50	1.38	1.59	
	90	1.65	1.46	1.69	1.46	1.36	1.37	1.46	1.69	1.35	1.49	1.41	1.35	1.33	1.69	
	91	1.38	1.43	1.39	1.59	1.40	1.66	1.88	1.77	1.43	1.69	1.65	1.70	1.39	1.55	
	329	1.45	1.51	1.57	1.45	1.43	1.69	1.83	1.66	1.63	1.59	1.54	1.35	1.55	1.58	
	332	1.69	1.45	1.69	1.57	1.69	1.69	1.57	2.03	1.69	1.89	1.82	1.69	1.60	1.62	
	333	1.34	1.38	1.65	1.39	1.43	1.95	1.86	1.99	1.63	1.69	1.87	1.63	1.57	1.63	
	334	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.89	1.69	2.00	1.85	1.95	1.62	1.63	
	335	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.89	1.69	1.71	1.91	1.66	1.69	1.97	

Table. 2.12. (continued)

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	336	1.33	1.37	1.42	1.34	1.45	1.84	1.92	1.88	1.65	1.80	1.88	1.86	1.65	1.73	
	337	1.41	1.45	1.51	1.39	1.58	1.87	1.75	1.72	1.65	1.64	1.85	1.76	1.56	1.68	
	338	1.37	1.56	1.57	1.69	1.69	1.82	1.87	1.67	1.58	1.71	1.72	1.61	1.57	1.64	
	339	1.33	1.49	1.69	1.60	1.54	1.81	1.81	1.63	1.43	1.68	1.66	1.58	1.69	1.66	
	340	1.41	1.49	1.52	1.39	1.69	1.70	1.64	1.60	1.53	1.55	1.55	1.51	1.56	1.61	
	341	1.69	1.33	1.34	1.34	1.76	1.56	1.67	1.52	1.42	1.56	1.57	1.38	1.53	1.62	
	342	1.54	1.52	1.61	1.35	1.53	1.71	1.74	1.63	1.54	1.59	1.61	1.61	1.61	1.62	
	343	1.59	1.37	1.67	1.36	1.50	1.69	1.79	1.53	1.54	1.62	1.65	1.60	1.60	1.62	
	344	1.48	1.38	1.39	1.60	1.69	1.76	1.85	1.48	1.49	1.65	1.66	1.58	1.60	1.63	
	345	1.33	1.46	1.33	1.36	1.69	1.69	1.73	1.69	1.59	1.65	1.56	1.57	1.60	1.63	
	346	1.36	1.45	1.46	1.33	1.36	1.35	1.92	1.94	1.99	1.65	1.85	1.79	1.58	1.62	
	347	1.64	1.41	1.41	1.68	1.37	1.69	1.75	1.60	1.64	1.61	1.79	1.86	1.62	1.62	
	348	1.57	1.39	1.53	1.47	1.69	1.69	1.82	1.67	1.69	1.65	1.69	1.82	1.74	1.71	
	349	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.84	1.69	1.69	1.93	1.72	1.77	1.70	1.68	
	350	1.61	1.45	1.69	1.49	1.69	1.61	1.70	1.87	1.69	1.61	1.56	1.72	1.64	1.68	
	351	1.48	1.69	1.50	1.40	1.42	1.69	1.68	1.69	1.45	1.60	1.60	1.55	1.60	1.61	
	352	1.60	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.52	1.45	1.55	1.51	1.60	
	354	1.41	1.54	1.69	1.40	1.44	1.69	1.69	1.69	1.69	1.61	1.56	1.68	1.60	1.60	
	358	1.69	1.60	1.65	1.60	1.69	1.69	1.62	1.69	1.69	1.53	1.66	1.63	1.69	1.69	
	916	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.92	1.80	1.69	1.69	1.69	1.69	1.71	1.63	
	917	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.91	
	924	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.76	1.59	1.69	1.54	1.69	1.69	1.69	1.57	1.52	
	925	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.68	
	932	1.51	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.63	1.52	1.61	1.69	1.53	1.52	1.55	1.55	
	933	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.78	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.63	
	934	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.71	
	940	1.69	1.38	1.38	1.64	1.69	1.69	1.40	1.53	1.33	1.56	1.50	1.57	1.58	1.58	
	941	1.69	1.69	1.36	1.37	1.69	1.66	1.69	1.77	1.69	1.69	1.54	1.53	1.69	1.87	
	942	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.97	
	948	1.34	1.43	1.45	1.33	1.54	1.85	1.78	1.80	1.66	1.64	1.69	1.52	1.54	1.67	
	949	1.46	1.33	1.34	1.69	1.69	1.69	1.75	1.94	1.69	1.75	1.88	1.62	1.69	1.90	
	950	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	
	956	1.44	1.39	1.48	1.41	1.35	1.76	1.80	1.84	1.56	1.62	1.51	1.33	1.57	1.60	
	957	1.69	1.43	1.67	1.69	1.69	1.69	1.52	1.34	1.54	1.65	1.60	1.69	1.69	1.69	
	5055	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.86	1.98	1.93	1.98	
	5087	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.88	1.69	1.96	1.88	

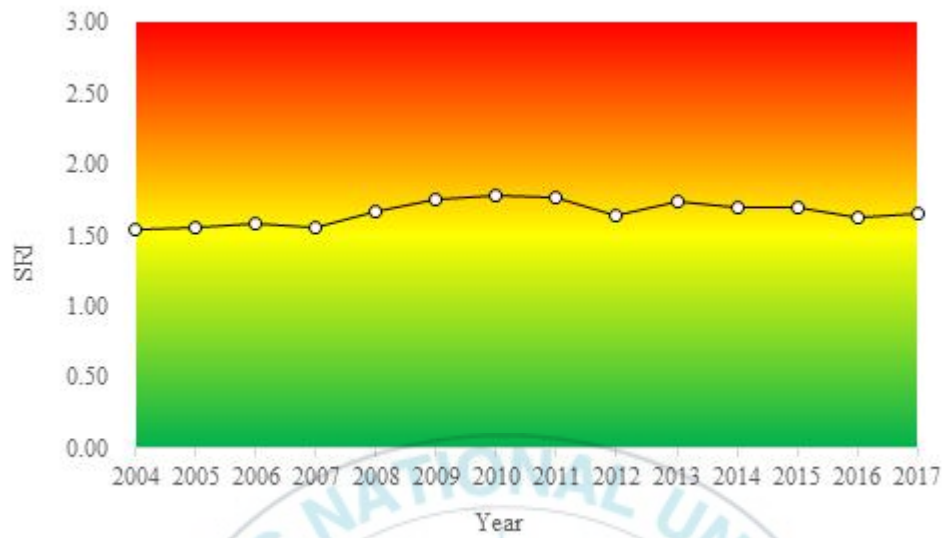


Fig. 2.12. Annual variation of SRI of common squid harvested by offshore angling fishery.

Table. 2.13. FRI of eastern danish seine fishery

Species	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sand-fish	55	1.89	2.01	1.99	1.81	1.95	1.98	2.00	1.75	1.85	2.01	1.89	1.96	2.03	2.03
	62	1.76	1.82	1.92	1.82	1.90	1.90	1.82	1.85	1.83	1.92	1.87	1.90	2.02	1.96
	63	1.76	1.82	1.92	1.82	1.90	1.90	1.82	1.85	1.83	1.92	1.87	1.90	2.02	1.96
	60	1.90	1.85	1.91	1.84	1.87	1.92	1.76	1.86	1.79	1.81	1.81	1.92	2.02	1.94
	70	1.76	1.82	1.92	1.82	1.90	1.90	1.82	1.85	1.83	1.92	1.87	1.90	2.02	1.96
	76	1.95	1.85	1.88	1.95	1.89	1.98	1.96	2.00	2.02	2.10	2.05	2.05	2.07	2.04
	82	1.91	1.94	1.89	1.88	1.96	1.97	1.89	1.81	1.82	1.86	1.84	1.84	1.99	2.00
	87	1.76	1.82	1.92	1.82	1.90	1.90	1.82	1.85	1.83	1.92	1.87	1.90	2.02	1.96

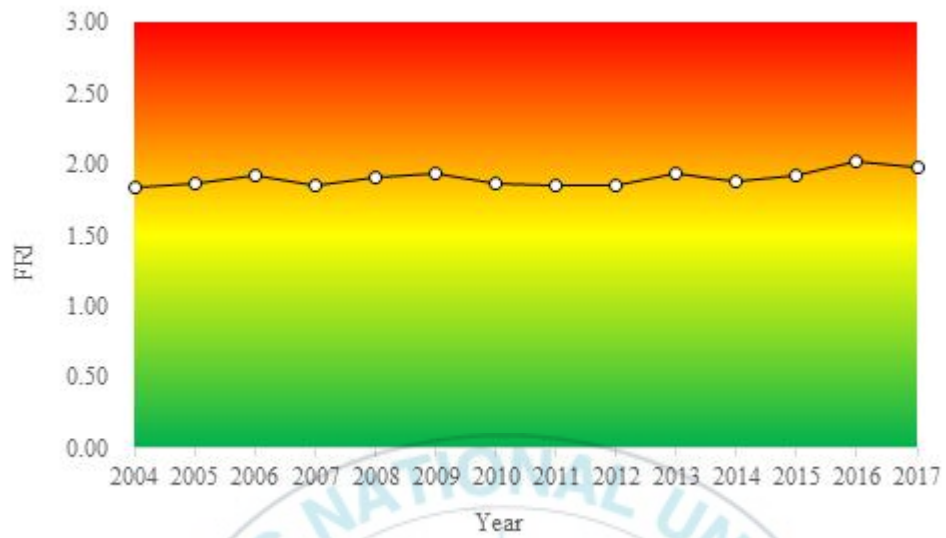


Fig. 2.13. Annual variation of FRI of eastern danish seine fishery.

마. 생태계위험지수

생태계 기반 어업자원 평가방법의 위험지수 중 가장 상위단계인 생태계의 위험지수를 나타내는 ERI의 연도별 해구별 평가결과는 Table 2.14와 같았으며, 연도별 평균 ERI는 Fig. 2.14와 같았다. 2004년 1.56에서 지속적으로 증가하여 2010년 1.78로 최고점을 기록한 뒤, 평형상태를 유지하다 최근 2017년에는 1.68로 평가되었다. 해구별 ERI를 볼 때, 대체적으로 2004년부터 2008년까지는 초록색 계열의 상대적으로 위험도가 낮은 해구가 많이 나타났으나 그 이후에는 붉은색 계열의 상대적으로 위험도가 높은 해구가 많이 나타났다.

2004년과 2017년 두 시점에 대한 대상 생태계의 시공간적인 분포를 QGIS로 나타내었으며, 해구와 해구사이의 위험도는 거리반비례가중보간법 (IDW, inverse distance weighted method)을 사용하여 추정하였다 (Fig. 2.15). 2004년에는 동해 연안 전체와 한일중간수역 동쪽 해구에 상대적으로 ERI 분포가 높았으며, 그 외 해구는 상대적으로 위험도가 낮았으나 2017년에는 대부분의 해구의 위험도가 증가하는 역전 현상을 나타냈다. 특히 강원도 연안 55, 62, 63, 69, 70번 해구와 한일중간수역 동쪽 917, 941, 942, 949번 해구에 대한 ERI가 상대적으로 크게 증가하였다.

사실상 55, 62, 63, 69, 70, 76, 82, 87번 해구를 제외한 나머지 해구의 ERI는 근해채낚기어업의 어장만 존재하므로 근해채낚기에 대한 FRI와 위험도가 동일하다. 동해구중형외끌이어업의 조업수역과 근해채낚기어업의 조업수역이 중복이되는 55, 62, 63, 69, 70, 76, 82, 87번 해구에 대한 ERI를 근해채낚기어업의 FRI와 비교해 보았을 때, 2009, 2010년을 제외한 모든 시기에서 ERI 값이 증가하였으며 평균적으로 위험도가 0.118 증가하였다.

Table 2.14. ERI in the East Sea marine ecosystem

spe- cies	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
com- mon squid	47	1.66	1.77	1.66	1.69	1.97	1.75	2.02	1.74	1.69	2.02	1.91	1.69	1.69	1.71
	48	1.65	1.87	1.69	1.66	1.97	1.78	1.86	1.79	1.70	2.01	1.80	1.60	1.66	1.65
	49	1.69	1.69	1.69	1.69	1.77	2.04	1.69	2.05	1.69	1.80	1.97	1.78	1.69	1.70
	50	1.69	1.69	1.69	1.69	1.83	2.04	1.93	1.69	1.69	1.94	1.61	1.69	1.92	1.65
	51	1.33	1.69	1.69	1.60	1.69	1.69	1.75	1.69	1.69	1.72	1.98	1.70	1.69	1.66
	52	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.76	1.70	1.69	1.69	1.99	1.98	1.87	1.69	1.75
	53	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	2.05	1.70	1.69	1.69	2.00	1.69	1.96	1.69	1.72
	54	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	2.04	1.69	1.69	1.97	1.97	1.69	1.88
	55	1.71	1.75	1.77	1.70	1.97	1.96	1.86	1.84	1.70	1.76	1.77	1.63	1.61	1.63
	56	1.66	1.84	1.81	1.61	1.78	2.02	1.94	1.91	1.68	1.74	1.64	1.67	1.72	1.62
	57	1.67	1.74	1.74	1.66	1.75	1.99	2.02	1.80	1.43	1.91	1.63	1.59	1.70	1.59
	58	1.53	1.36	1.62	1.73	1.72	1.74	2.02	1.70	1.63	1.95	1.98	1.75	1.52	1.74
	59	1.46	1.33	1.58	1.85	1.69	1.70	1.86	1.89	1.65	2.00	1.93	1.66	1.58	1.74
	60	1.48	1.43	1.66	1.44	1.69	1.72	1.87	1.71	1.82	2.00	1.70	1.93	1.46	1.70
	61	1.33	1.69	1.48	1.58	1.52	1.68	1.76	1.71	1.55	1.91	1.68	1.73	1.56	1.62
	62	1.48	1.64	1.61	1.69	1.97	1.96	1.81	1.81	1.61	1.62	1.65	1.62	1.56	1.61
	63	1.60	1.72	1.62	1.57	1.89	1.99	1.80	1.77	1.58	1.63	1.64	1.62	1.59	1.60
	64	1.59	1.67	1.57	1.66	1.74	1.74	1.94	1.76	1.61	1.67	1.55	1.56	1.58	1.56
	65	1.54	1.55	1.59	1.74	1.74	1.76	1.98	1.74	1.74	1.66	1.65	1.61	1.62	1.63
	66	1.61	1.52	1.60	1.69	1.72	1.75	1.76	1.88	1.70	1.79	1.70	1.81	1.67	1.66
	67	1.45	1.49	1.61	1.63	1.75	1.78	1.92	1.83	1.71	1.78	1.71	1.77	1.65	1.66
	68	1.56	1.60	1.54	1.42	1.67	1.84	1.78	1.66	1.58	1.64	1.71	1.70	1.61	1.63
	69	1.45	1.60	1.51	1.69	1.92	2.03	1.91	1.81	1.60	1.77	1.61	1.72	1.63	1.63
	70	1.60	1.54	1.47	1.43	1.88	1.91	1.98	1.96	1.61	1.88	1.58	1.77	1.57	1.57
	71	1.52	1.44	1.45	1.52	1.86	1.84	1.81	1.95	1.90	1.78	1.73	1.92	1.73	1.65
	72	1.44	1.42	1.53	1.40	1.74	1.77	1.86	1.89	1.92	1.91	1.86	1.97	1.79	1.68
	73	1.40	1.49	1.47	1.52	1.73	1.80	1.78	1.93	1.80	1.96	1.95	1.97	1.69	1.66
	74	1.41	1.54	1.57	1.39	1.64	1.76	1.95	1.93	1.78	1.77	1.83	1.86	1.64	1.64
	75	1.39	1.40	1.47	1.42	1.81	1.76	1.78	1.93	1.69	1.89	1.65	1.97	1.63	1.69
	76	1.62	1.45	1.43	1.42	1.84	1.86	1.96	1.92	1.72	1.93	1.54	1.87	1.62	1.49
	77	1.47	1.45	1.46	1.41	1.74	1.69	1.67	1.75	1.72	1.94	1.76	1.93	1.69	1.66
	78	1.47	1.52	1.53	1.42	1.61	1.70	1.85	1.75	1.64	1.92	1.71	1.84	1.67	1.62
	79	1.38	1.38	1.57	1.40	1.45	1.77	1.92	1.98	1.58	1.88	1.73	1.81	1.64	1.62
	80	1.47	1.66	1.68	1.35	1.35	1.58	1.91	1.98	1.53	1.65	1.70	1.79	1.62	1.58
	81	1.69	1.37	1.42	1.40	1.97	1.90	1.73	1.77	1.69	1.99	1.64	1.81	1.67	1.51
	82	1.51	1.51	1.39	1.46	1.84	1.86	1.85	1.78	1.67	1.71	1.59	1.77	1.56	1.49
	83	1.50	1.57	1.47	1.51	1.52	1.74	1.74	1.80	1.66	1.81	1.76	1.77	1.62	1.56
	84	1.38	1.51	1.69	1.45	1.45	1.61	1.90	1.92	1.64	1.70	1.80	1.66	1.59	1.61
	85	1.41	1.55	1.69	1.43	1.35	1.55	1.63	1.72	1.48	1.48	1.43	1.51	1.39	1.59
	86	1.63	1.56	1.59	1.48	1.35	1.69	2.00	1.91	1.60	1.67	1.65	1.69	1.61	1.55
	87	1.50	1.48	1.44	1.46	1.87	1.94	1.92	1.86	1.73	1.69	1.71	1.78	1.48	1.44
	88	1.50	1.45	1.57	1.43	1.65	1.82	1.69	1.94	1.84	1.67	1.77	1.81	1.56	1.55
	89	1.41	1.43	1.62	1.44	1.38	1.70	1.50	1.80	1.65	1.59	1.46	1.50	1.38	1.59
	90	1.65	1.46	1.69	1.46	1.36	1.37	1.46	1.69	1.35	1.49	1.41	1.35	1.33	1.69
	91	1.38	1.43	1.39	1.59	1.40	1.66	1.88	1.77	1.43	1.69	1.65	1.70	1.39	1.55
	329	1.45	1.51	1.57	1.45	1.43	1.69	1.83	1.66	1.63	1.59	1.54	1.35	1.55	1.58
	332	1.69	1.45	1.69	1.57	1.69	1.69	1.57	2.03	1.69	1.89	1.82	1.69	1.60	1.62
	333	1.34	1.38	1.65	1.39	1.43	1.95	1.86	1.99	1.63	1.69	1.87	1.63	1.57	1.63
	334	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.89	1.69	2.00	1.85	1.95	1.62	1.63
	335	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.89	1.69	1.71	1.91	1.66	1.69	1.97

Table. 2.14. (continued)

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	336	1.33	1.37	1.42	1.34	1.45	1.84	1.92	1.88	1.65	1.80	1.88	1.86	1.65	1.73	
	337	1.41	1.45	1.51	1.39	1.58	1.87	1.75	1.72	1.65	1.64	1.85	1.76	1.56	1.68	
	338	1.37	1.56	1.57	1.69	1.69	1.82	1.87	1.67	1.58	1.71	1.72	1.61	1.57	1.64	
	339	1.33	1.49	1.69	1.60	1.54	1.81	1.81	1.63	1.43	1.68	1.66	1.58	1.69	1.66	
	340	1.41	1.49	1.52	1.39	1.69	1.70	1.64	1.60	1.53	1.55	1.55	1.51	1.56	1.61	
	341	1.69	1.33	1.34	1.34	1.76	1.56	1.67	1.52	1.42	1.56	1.57	1.38	1.53	1.62	
	342	1.54	1.52	1.61	1.35	1.53	1.71	1.74	1.63	1.54	1.59	1.61	1.61	1.61	1.62	
	343	1.59	1.37	1.67	1.36	1.50	1.69	1.79	1.53	1.54	1.62	1.65	1.60	1.60	1.62	
	344	1.48	1.38	1.39	1.60	1.69	1.76	1.85	1.48	1.49	1.65	1.66	1.58	1.60	1.63	
	345	1.33	1.46	1.33	1.36	1.69	1.69	1.73	1.69	1.59	1.65	1.56	1.57	1.60	1.63	
	346	1.36	1.45	1.46	1.33	1.36	1.35	1.92	1.94	1.99	1.65	1.85	1.79	1.58	1.62	
	347	1.64	1.41	1.41	1.68	1.37	1.69	1.75	1.60	1.64	1.61	1.79	1.86	1.62	1.62	
	348	1.57	1.39	1.53	1.47	1.69	1.69	1.82	1.67	1.69	1.65	1.69	1.82	1.74	1.71	
	349	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.84	1.69	1.69	1.93	1.72	1.77	1.70	1.68	
	350	1.61	1.45	1.69	1.49	1.69	1.61	1.70	1.87	1.69	1.61	1.56	1.72	1.64	1.68	
	351	1.48	1.69	1.50	1.40	1.42	1.69	1.68	1.69	1.45	1.60	1.60	1.55	1.60	1.61	
	352	1.60	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.52	1.45	1.55	1.51	1.60	
	354	1.41	1.54	1.69	1.40	1.44	1.69	1.69	1.69	1.69	1.61	1.56	1.68	1.60	1.60	
	358	1.69	1.60	1.65	1.60	1.69	1.69	1.62	1.69	1.69	1.53	1.66	1.63	1.69	1.69	
	916	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.92	1.80	1.69	1.69	1.69	1.69	1.71	1.63	
	917	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.91	
	924	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.76	1.59	1.69	1.54	1.69	1.69	1.69	1.57	1.52	
	925	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.68	
	932	1.51	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.63	1.52	1.61	1.69	1.53	1.52	1.55	1.55	
	933	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.78	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.63	
	934	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.71	
	940	1.69	1.38	1.38	1.64	1.69	1.69	1.40	1.53	1.33	1.56	1.50	1.57	1.58	1.58	
	941	1.69	1.69	1.36	1.37	1.69	1.66	1.69	1.77	1.69	1.69	1.54	1.53	1.69	1.87	
	942	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.97	
	948	1.34	1.43	1.45	1.33	1.54	1.85	1.78	1.80	1.66	1.64	1.69	1.52	1.54	1.67	
	949	1.46	1.33	1.34	1.69	1.69	1.69	1.75	1.94	1.69	1.75	1.88	1.62	1.69	1.90	
	950	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	
	956	1.44	1.39	1.48	1.41	1.35	1.76	1.80	1.84	1.56	1.62	1.51	1.33	1.57	1.60	
	957	1.69	1.43	1.67	1.69	1.69	1.69	1.52	1.34	1.54	1.65	1.60	1.69	1.69	1.69	
	5055	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.86	1.98	1.93	1.98	
	5087	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.88	1.69	1.96	1.88	

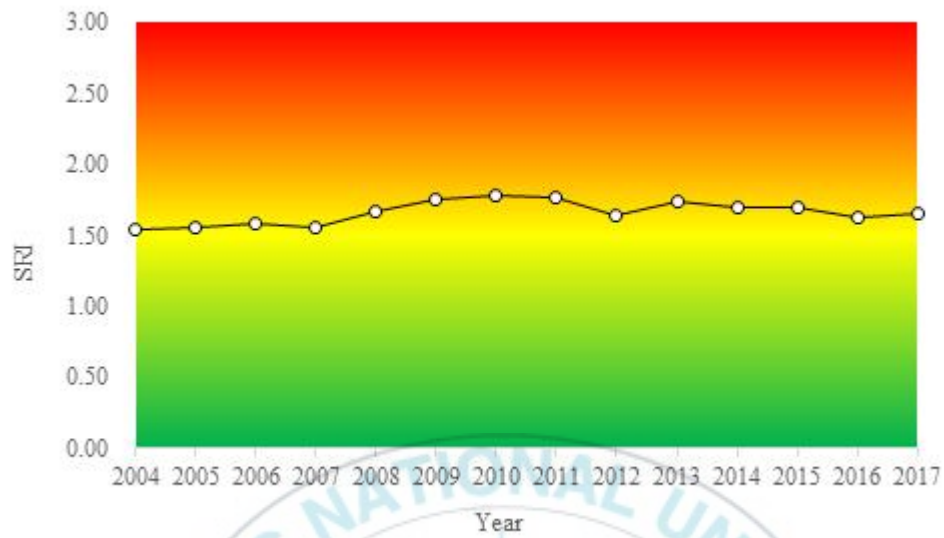
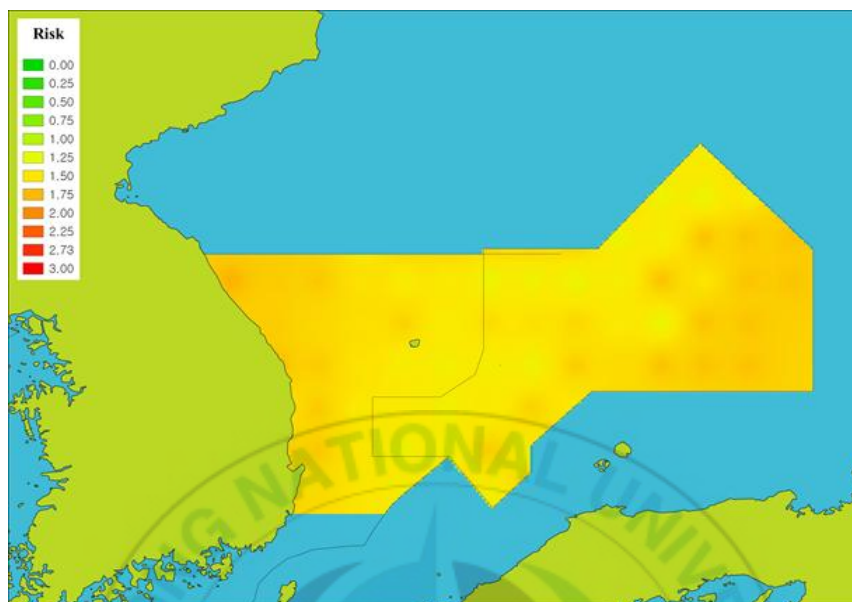


Fig. 2.14. Annual variation of ERI in the East Sea marine ecosystem.

(a) ERI in 2004



(b) ERI in 2017



Fig. 2.15. Spatial distribution of ERI in the East Sea marine ecosystem.

4. 고찰

기존의 EBFA (Zhang et al., 2009; 2010)에서 제시된 방법을 사용하여 본 연구 대상 해역인 동해에 대한 생태계위험지수 (ERI)를 표현한다면 동해 생태계의 2017년 ERI는 1.68으로 추정된다. 여기서 ERI는 동해 생태계 전체에 대한 평균적인 값을 나타내므로 (Fig. 2.16), 이 결과만으로는 공간관리를 위한 연구 자료로 사용하기에는 어려움이 있다. 하지만 본 연구에서 제시한 기존의 EBFA에 공간적 개념을 추가한 방법은 해구별 ERI를 추정함으로써 위험도가 높은 해역(해구)에 대해 집중적 관리가 가능하다. 동일한 어업방식으로 동일한 어종을 대상으로 어획을 하더라도 지역별 자원상태, 환경 또는 지속적 어업실행 여부에 따라 생태계에 대한 위험도가 상이할 수 있으나, 기존의 EBFA를 기반으로 관리수단을 설정할 경우 지역을 고려하지 않은 획일적인 규제로 인해 실제로는 위험도가 낮은 지역에 대한 불필요한 규제를 실시할 가능성이 있다. 하지만 본 연구에서 제시하는 공간을 고려한 EBFA 방법은 지역별로 융통성 있는 관리를 시행하는데 유용하며, 특히 금지어장, 수산자원보호구역, 해양보호구역(MPA) 설정 등 공간관리를 기반으로 하는 관리수단 설정에 용이하다.

공간기반의 어업자원 평가를 통한 관리방식의 장점은 다양하지만 아직까지 연근해 생태계 전체에 대해 적용하기에는 어려움이 존재한다. 본 연구에서도 해구별 자료 수집의 한계로 동해 생태계의 두 가지 어업 세 가지 어종 그리고 두 가지 지표에 대해서만 실제 평가를 실시하고 나머지 지표에 대해서는 이전 연구결과를 사용하였다. 따라서 본 연구에서 수행된 평가결과가 동해 생태계의 생태계 위험도를 실제적으로 반영하기에는 위험성이 따르지만 시공간적 생태계 기반 어업자원 평가방법의 적용가능성을 검토하는데 있어 큰 의미가 있다.

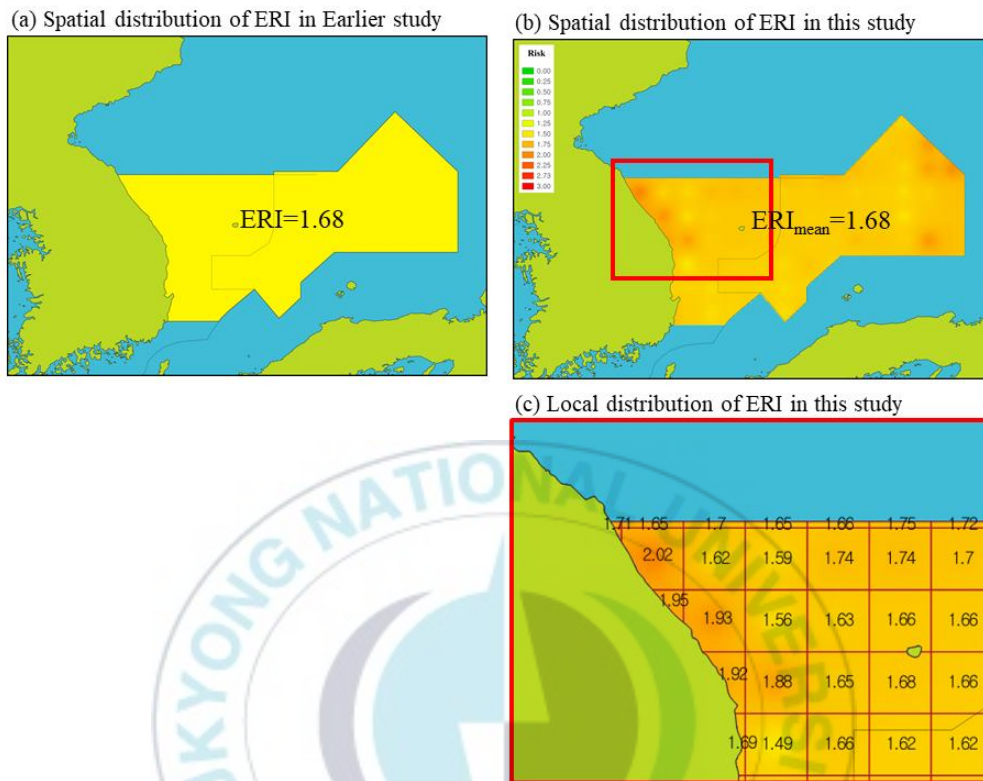


Fig. 2.16. Spatial maps showing distribution of ERI for the earlier and this study.

Ⅲ. 생태계 기반 시공간적 어업 위험도 예측

1. 서론

대상 생태계를 정확히 묘사하고자 많은 생물군을 포함시키더라도 실제 생태계는 생태계 구조 모델에 의해서 나타낼 수 있는 질량 및 에너지 흐름보다 훨씬 복잡하다. 또한 생태계는 생태계 역학 모델에 의해 나타낼 수 있는 역학적 변동보다도 훨씬 복잡하다. 하지만, 시뮬레이션에 의한 결과의 현실성 여부를 평가하는데 있어서 중요한 것은 그 결과에 생태계 내 작용을 얼마나 더 복잡하게 묘사할 수 있는가가 아니라, 제한되는 자료로 대상 생태계의 기본적 특징을 어떻게 잘 묘사할 수 있는가이다. 이러한 부분에서 Ecopath with Ecosim 접근법의 가장 큰 단점이 생물군들의 양적 변동이 공간적으로 동일하다는 가정이다. 따라서 Ecopath with Ecosim 접근법에 대한 이러한 문제점을 보완하고자 공간적 역학 시뮬레이션 기능을 포함시킨 생태계 공간 모델인 Ecospace가 개발되었다 (Walters et al, 1999).

본 연구에서는 생태계 기반 시공간적 어업 위험도 예측을 위하여 기존의 IFRAME에 공간분석을 추가한 Extended IFRAME을 개발하고 동해 생태계에 적용함으로써 각 시나리오에 따른 대상 생태계의 위험도 변화를 예측함으로써 제시된 방법의 활용가능성에 대해 제시하였다.

2. 자료 및 방법

가. Extended IFRAME

본 연구에서는 시공간적인 생태계 기반 어업자원의 평가·예측을 위해 기존에 개발된 생태계 기반 위험도 평가·예측·관리 모델인 IFRAME (Zhang et al., 2011)에 시공간적 요소를 추가하여 Extended IFRAME 모델을 개발하였다. Extended IFRAME에서는 공간적 분석을 위해 기본적으로 해구와 같은 격자로 이루어진 각 cell에 대한 자료를 사용하여 위험도를 평가하고 예측단계에서 시공간적 예측을 위해 Ecosim과 더불어 Ecospace 모델을 추가적으로 적용하였다 (Fig.3.1).

Extended IFRAME의 평가 단계에서는 생태계 구조를 구축하고 시공간적 위험도 평가를 위해 아래의 과정을 수행한다. (1) SOM (self-organizing map)을 이용한 대상 생태계의 어종그룹 분류 (2) NEMURO 모델을 통한 저차 생태계 그룹의 생체량 및 생산력 추정 (3) Eocpath를 이용한 생태계 구조 구축 (4) EBFA (ecosystem-based fisheries assessment)를 이용한 생태계 기반 위험도 평가 (5) QGIS (QGIS Development Team, 2018)를 통해 위험도 평가 결과를 시공간적으로 시각화하고 공간적 분석을 작업을 수행한다.

두 번째 단계인 예측 단계에서는 설정된 기후변화 또는 어업자원 관리 시나리오에 따른 생태계 위험도의 시공간적 변화를 예측하는 단계이며 그 과정은 다음과 같다. (1) IPCC 시나리오에 따른 저차 생태계 변화를 NEMURO 모델을 통해 추정 (2) NEMURO 결과와 관리 시나리오 따른 어획강도 시나리오를 Ecosim에 적용하여 생태계 구조 변화 예측 (3) Ecospace를 통해 Ecosim 시나리오에 따른 어종그룹에 대한 생체량 및 어획량의 공간적 분포 예측 (4) Ecospace 예측 결과 및 IPCC 시나리오에 따른 지표의 변화를 추정하고 EBFA를 통해 생태계 기반 위험도 예측 (5) QGIS를 통한 위험도 예측 결과를 시공간적으로 시각화한다.

마지막 단계인 관리 단계에서는 기존의 IFRAME과 동일하며, 평가와

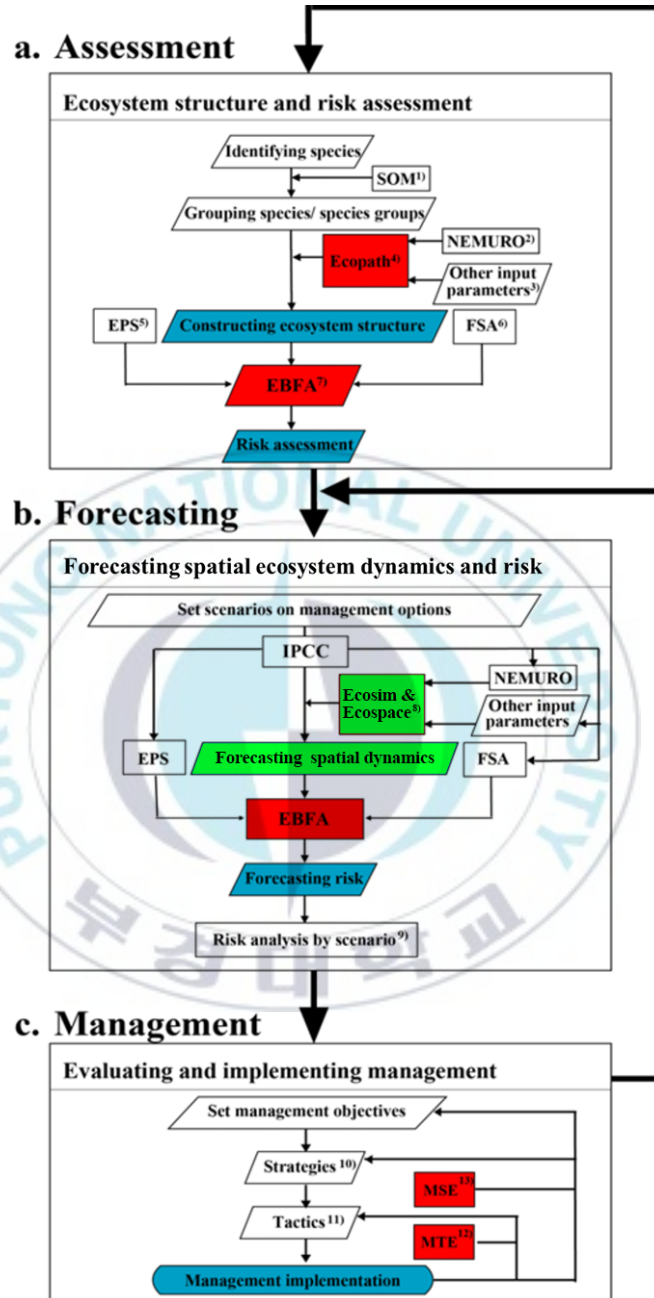


Fig. 3.1. Flowchart illustrating detailed mechanisms of the extended IFRAME. The light-green highlights indicate the parts modified from the existing IFRAME (Zhang et al., 2011).

예측 단계에서 추정된 위험도 결과로부터 관리목표와 관리전략, 관리전술을 설정하고 적절한 관리수단을 시행한다. 관리수단 시행에 따른 위험도 변화를 모니터링하여 관리전략평가 (MSE, management strategy evaluation), 관리전술평가(MTE, management tactics evaluation)를 통해 관리목표, 관리전략, 관리전술을 재설정하거나 평가, 예측 단계를 재수행한다.

즉 Extended IFRAME에서는 분석에 필요한 자료를 수집하고 생태계의 정적인 먹이망 구조를 파악하는 생태계구조모델 (static ecosystem model)을 통해 대상 생태계의 어종그룹 간의 피·포식에 의한 에너지 흐름을 파악하고 생태계역학모델 (dynamic ecosystem model)을 통해 시간에 따른 자원변동을 생태계공간모델 (spatial ecosystem model)에 접합시킴으로서 생태계시공간모델 (spatio-temporal ecosystem model)을 통해 시공간적인 자원과 어획량 변동을 예측한다. 다음으로 생태계 기반 위험도 평가 모델을 통해 생태계의 위험도를 평가하고 이것을 GIS 프로그램을 이용해 시각화 한다 (fig. 3.2).

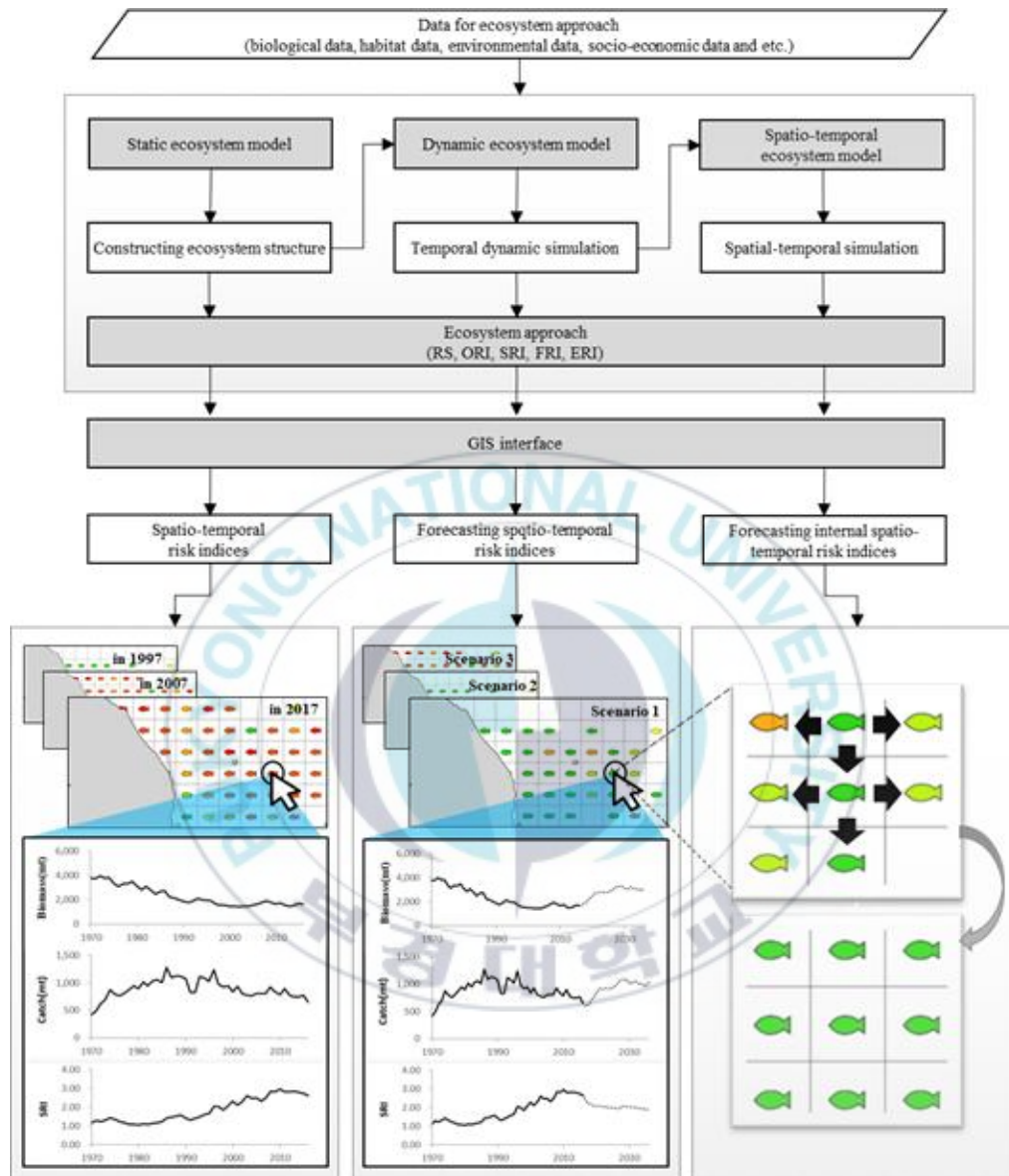


Fig. 3.2. Procedures for ecosystem-based risk assessment & forecasting based on spatio-temporal ecosystem modeling, and visualization.

나. 생태계 구조, 역학, 공간 모델

생태계 모델 중 하나인 EwE는 크게 세 가지의 Ecopath, Ecosim, Ecospace 모델을 구성하고 있다. 생태계 구조 모델인 Ecopath는 생태계의 구조를 설명해 주는 다양한 생태계 특성치를 추정하여 대상생태계 영양학적 구조의 정적인 단면을 나타낸다. 생태계 역학 모델 Ecosim은 생태계 구조 모델에서 추정된 결과를 바탕으로 어획과 환경의 변화가 생태계에 미치는 영향을 역학적 시뮬레이션으로 보여주며, Ecospace는 Ecosim의 자원량 변동을 공간적으로 분석한다.

본 연구에서는 생태계 내 어종그룹의 자원량 및 어획강도에 대한 시공간적 변동을 파악하여 위험도 예측의 지표로 활용하기 위해 Ecopath를 사용하여 대상 생태계의 생태계 구조를 분석하고 그 결과를 Ecosim 및 Ecospace의 입력자료로 사용함으로써 어종그룹의 시공간적 변화를 예측하였다.

(1) Ecopath

대상생태계 내 구성생물들의 이입·이출량이 같고 평형상태라 가정하면, Ecopath에서의 질량균형 모델은 식(3-1)에 의해 정의된다.

$$B_i \cdot (P/B)_i = Y_i + \sum_{j=1}^n B_j \cdot (Q/B)_j DC_{ji} + M_0 B_i \quad (3-1)$$

여기서, B_i 는 특정 기간 동안 i 의 생체량이며 $(P/B)_i$ 는 평형상태 하에서 순간전사망계수 (Z_i)와 같은 i 의 생산량/생체량 비이다. Y_i 는 i 의 어획량으로 $Y_i = F_i \cdot B_i$ 로 나타낼 수 있고, 여기서 F 는 순간어획사망계수이다. B_j 는 소비자 혹은 포식자의 생체량이다. $(Q/B)_j$ 는

소비자 j의 단위 생체량 당 먹이 소비량이고, DC_{ji} 는 j의 먹이에서 i가 차지하는 부분 (j가 i를 먹지 않을 때, $DC_{ji} = 0$)이다. 그러므로 특정 기간 동안 포식자 j가 피식자 i를 섭취한 총 섭식량 (Q_{ji})은 $Q_{ji} = B_j(Q/B)_j DC_{ji}$ 으로 나타낼 수 있다. M_0 는 어획과 섭식에 의한 사망을 제외한 기타사망계수이다.

기초 생산자를 제외하고, Ecopath에서는 $B_i \cdot (P/B)_i$ 를 그룹 i에 의해 섭취된 먹이량 ($\sum Q_{ij}$)과 성장효율 (g_i)과의 곱으로 계산한다. 즉, 소비자 i로의 영향흐름 Q_{ij} 는 $B_i \cdot (P/B)_i = g_i \sum Q_{ij}$ 이 만족되도록 계산된다.

(2) Ecosim & Ecospace

생태계 기반 어업자원의 시공간적 예측을 위해서는 위험도 평가의 지표가 될 수 있는 어종별 해구별 자원량 및 어획량을 추정해야 한다. Ecosim에서는 어획강도 시나리오에 따른 어종별 자원량과 어획량 예측이 가능하지만 공간적인 이동의 예측은 불가능하다. 따라서 대상 어업자원의 시공간적 변동을 예측하여 어종별 해구별 자원량과 어획량을 예측하기 위해 Ecosim의 시간에 따른 개체군 변동 예측 메커니즘에 공간적 변동 요소를 추가적으로 고려하는 생태계 공간 모델인 Ecospace을 사용하였다.

Ecosim은 생태계 요인 또는 어종그룹간의 생체량 역학에 관한 차분방정식으로 대상 생태계 전체의 공간적으로 집약된 역학관계를 나타내는 모델이다 (Walters et al., 1997). 어종그룹(i)의 자원량(B)에 대한 순간변화율을 나타내는 차분방정식은 식(3-2)와 같다..

$$\frac{dB_i}{dt} = g_i \sum_j C_{ji} - \sum_j C_{ij} + I_i - (M_i + F_i + e_i) B_i \quad (3-2)$$

여기서, g_i 는 순성장효율, I_i 는 생체량 이입률, M_i 는 비포식 자연사망률, F_i 는

어획사망률, e_i 는 이출율이며, C_{ij} 는 포식자 j 에 의한 피식자 i 의 섭식률, 즉, 피식자 i 로부터 포식자 j 로의 단위시간당 에너지흐름이다. 반면 C_{ji} 는 어종그룹 i 의 피식자 j 에 대한 섭식률이며, 섭식량에 관한 항인 $g \sum C$ 는 기초생산자 그룹의 경우 생체량-종속 생산률로 대체된다.

$$C_{ij} = \frac{v_{ij}a_{ij}B_iB_j}{(2v_{ij} + a_{ij}B_j)} , \quad (3-3)$$

여기서, a_{ij} 는 포식자 j 가 피식자 i 를 포식하기 위한 발견률, v_{ij} 는 피식자생체량교환속도, 즉, 피식자 i 의 생체량 B_i 를 포식자가 이용가능한 생체량 V_{ij} 와 이용되지 않는 생체량 $(B_i - V_{ij})$ 간에 상호 교환되는 영양흐름 속도이다.

피식자 i 의 생체량 B_i 에서 포식자 j 에게 이용되는 생체량은 V_{ij} 이며, V_{ij} 는 식(3-3)에 의해 이용되지 않는 생체량인 $(B_i - V_{ij})$ 와 생체량을 교환한다(Fig. 3.3).

$$\frac{dV_{ij}}{dt} = v_{ij}(B_i - V_{ij}) - v_{ij}V_{ij} - a_{ij}V_{ij}B_j , \quad (3-4)$$

즉, V_{ij} 는 이용하지 않는 생체량 $(B_i - V_{ij})$ 로부터 v_{ij} 의 속도로 생체량을 공급받으며, $v_{ij}V_{ij}$ 의 속도로 이용하지 않는 상태의 생체량으로 환원되고, 포식자에 의해 $a_{ij}V_{ij}B_j$ 의 속도로 감소한다(Fig. 3.3). V_{ij} 와 $B_i - V_{ij}$ 가 평형상태에 있다고 가정하면($dV_{ij}/dt = 0$) 식(3-4)은 식(3-5)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{ij} = \frac{v_{ij}B_i}{2v_{ij} + a_{ij}B_j} \quad (3-5)$$

생체량교환속도 v_{ij} 가 낮으면 섭식률은 이용되지 않는 생체량에서 이용되는 생체량으로 이동되는 속도인 v 값에 의해 제한되는 “ratio-dependent” 또는 “bottom up” 조절방법에 가까워진다. 반면, v_{ij} 가 높으면 “top down” 또

○는 “mass-action” 섭식률 조절방식에 가까워진다.

Ecospace의 목적은 시간뿐만 아니라 2차원 공간에 대한 생체량의 변화를 나타내는 것이다. 즉, 시간 t 와 x, y 축의 공간적인 변화에 따른 식(3-1)과 식(3-2)의 생체량을 추정하는 것이다. 이를 위해 Ecospace에서는 공간적인 셀(cell)들을 사각형의 격자(grid)로 정의하고 각 셀에 대한 자원량 차분방정식 식(3-1)과 식(3-2)을 계산한다. 셀(cell)들은 육지 또는 물로 정의될 수 있으며, 생체량의 이동은 마주보는 4개의 인접하는 셀로만 이동이 가능하며 육지나 대각선 방향의 셀로는 이동하지 못한다.

Ecospace에서는 각 셀에 대하여 서식처의 종류와 담수 또는 용승에 의한 영양공급에 따른 지역적인 생산력의 변화를 고려하기 위한 기초생산력이 높은 지역을 설정 할 수 있다. 또한 특정한 어구·어법이나 모든 어업에 대하여 MPA와 같은 어획금지구역 설정함으로써 어획노력에 대한 공간적인 분포변화를 예측할 수 있다.

각 셀에 대하여 식(3-1)의 이입량 I_i 는 인접하는 셀들로부터 이동해 오는 4개의 이출량 e_i 의 합으로 계산되며, 인접하는 각 셀에 대한 이출량은 순간이출율(m_i)과 생체량 B_i 의 곱으로 나타낼 수 있다 (Fig. 3.4).

순간적인 이출/발산/혼합률을 나타내는 순간이출율 m_i 는 다음 3가지 요소에 의해 변한다고 가정한다. (a) 어종그룹의 종류(일반적으로 특정 종류의 어종그룹이 얼마나 빨리 자력으로 이동하는지 또는 물리적인 작용에 의해 수송되는지에 따라 변함); (b)서식처 종류(상대적으로 선호하는 서식처에 대하여 이출량이 높고 비선호 서식처에 대한 이출량이 적음); (c)포·포식작용에 대한 반응(predation risk/food availability, 즉, $\sum C_{ij}/\sum C_{ji}$ 로 나타낼 수 있는 “risk ratio”에 의해 해당 셀의 포식에 의한 위험도가 먹이이용가능성보다 높다면 이출량이 많고, 먹이이용가능성이 상대적으로 높다면 이출량이 적음).

순간이출율 $m_i = V_i/(\pi L)$ 식에 의해 계산되며, 평균이동(분산/이송/발산)속도 V_i 에 비례하고, 셀의 측면 길이 L 에 따라 반비례한다.

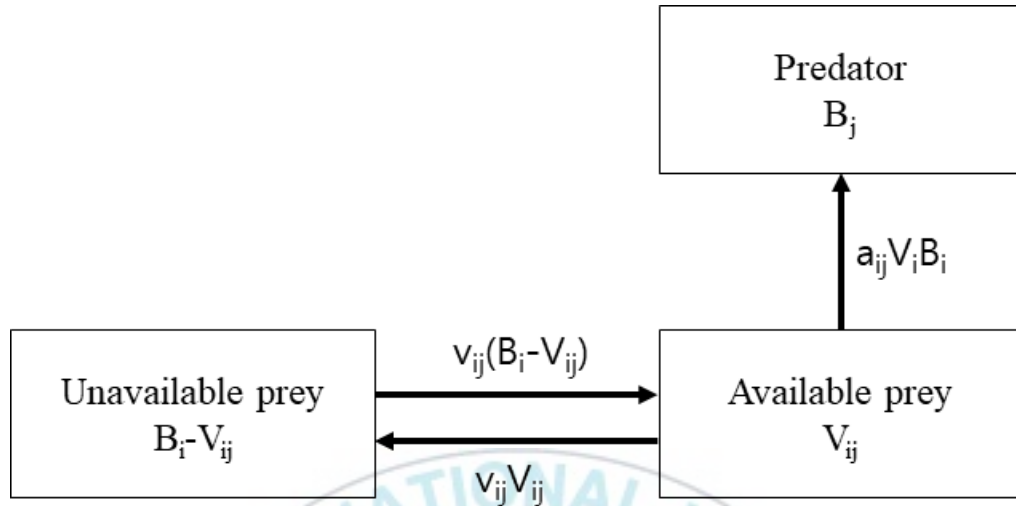


Fig. 3.3. Ecosim approach to simulation of biomass flow between unavailable biomass of prey ($B_i - V_{ij}$), available biomass of prey (V_{ij}), and flow to predator j with biomass B_j (modified from Walters et al.(1997)).

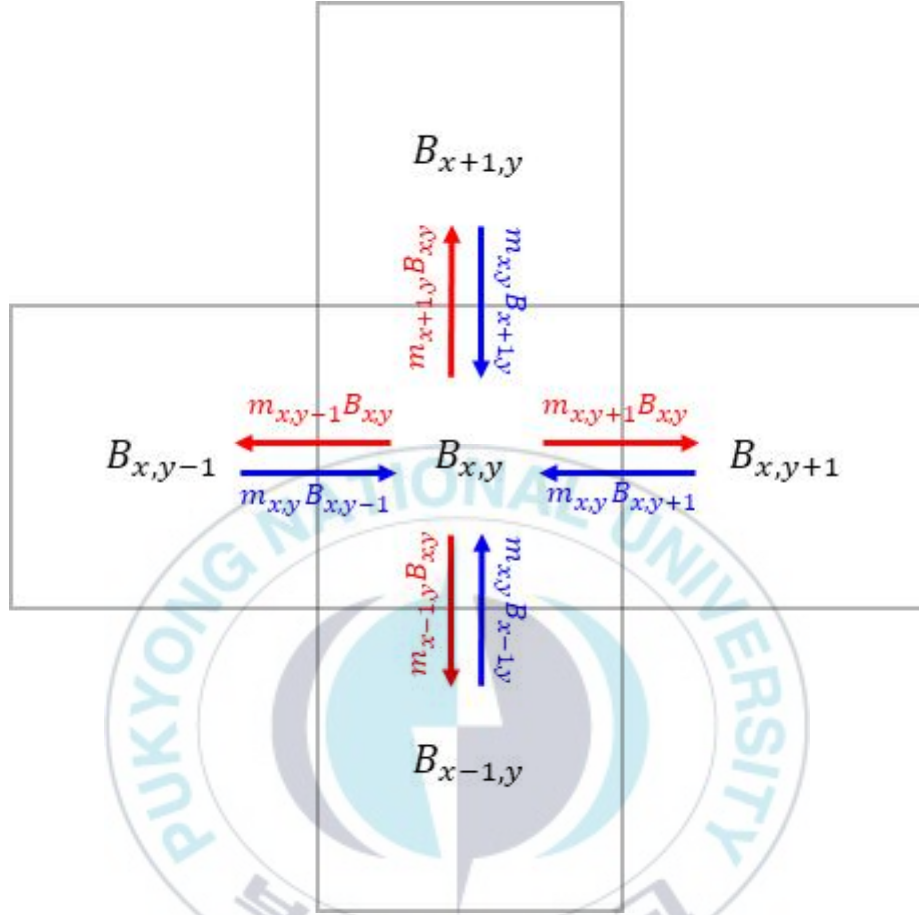


Fig. 3.4. Representing the linkages of a grid cell in Ecospace. Here x,y represents map cell row and column.

기본적으로 Ecospace를 사용하기 위한 세부절차는 아래와 같다.

(1) 대상 생태계에 대한 정사격형의 셀(cell)로 이루어진 격자(grid) 지도를 작성(basemap)한다. 설정방법은 Fig. 3.5의 [Ecospace]-[Input]-[Maps]에서 ‘Edit basemap’을 클릭하여 ‘Dimensions’에 격자의 크기를 설정하고, ‘Spatial reference’에서 Cell size를 설정한다.

(2) Basemap에 대한 분석 대상 셀을 정의한다. 설정방법은 [Ecospace]-[Input]-[Maps]에서 ‘Excluded cells’를 클릭하여 대화창에서 ‘Data’ 탭에 분석 대상 셀을 ‘True’ 또는 “False”로 입력한다.

(3) Basemap에 대한 수심, 수온, 혼합층, 저질 등과 같은 서식처에 대한 특성을 입력한다. 설정방법은 [Ecospace]-[Input]-[Maps]에서 수심은 ‘Depth’에서 그 밖의 서식처의 환경 요소는 ‘Environmental drivers’에서 각각 해당하는 셀에 대한 값을 입력한다.

(4) 각 어종 또는 그룹이 선호하는 서식처와 선호의 정도인 선호도를 설정한다. 설정방법은 [Ecospace]-[Input]-[Habitat based foraging]에서 어종별 서식처별 선호도에 대한 값을 ‘import’로 불러오거나 ‘add’로 추가한 다음 하위 디렉터리인 ‘Apply foraging responses’에서 각 어종에 해당하는 서식처 선호도를 적용시킨다.

(5) 출력할 항목을 설정하고 Ecospace를 실행시킨다. 화면상에는 설정된 결과만 표시되더라도 모든 추정결과 값들은 csv파일 형태로 출력이 된다. Ecospace의 실행결과 값은 Fig. 3.6)와 같이 나타나며, 실행방법은 [Ecospace]-[Output]-[Run Ecospace]에서 ‘Run’을 클릭한다.

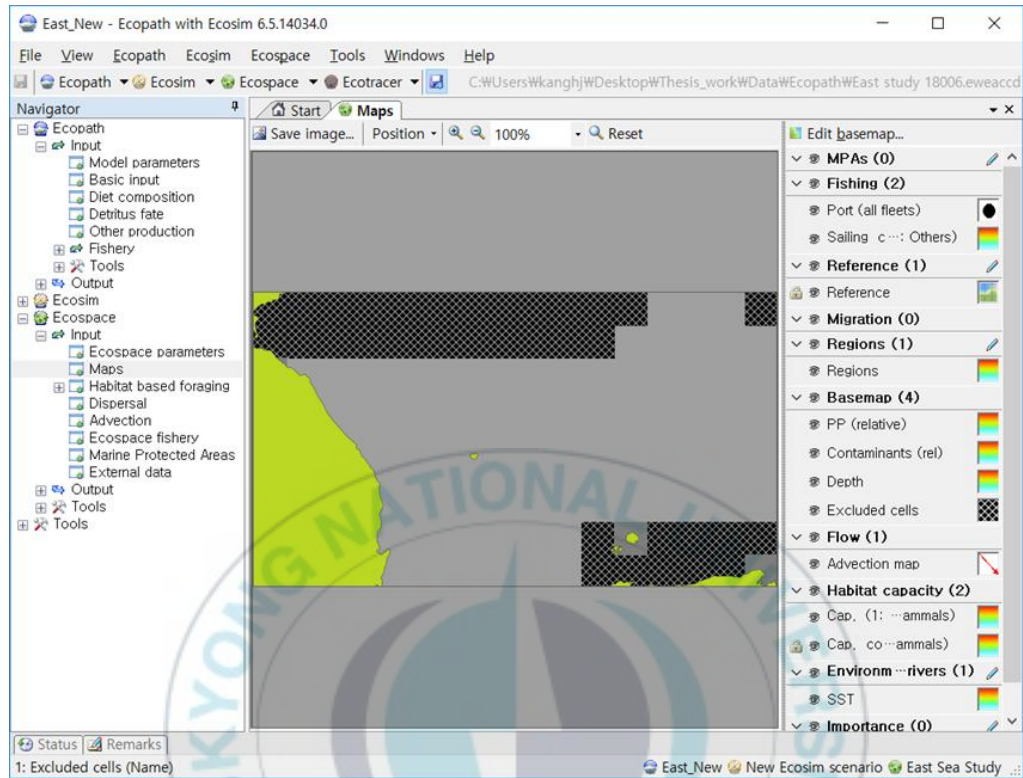


Fig. 3.5. EwE workspace for setting the basemap and habitats for Ecospace.

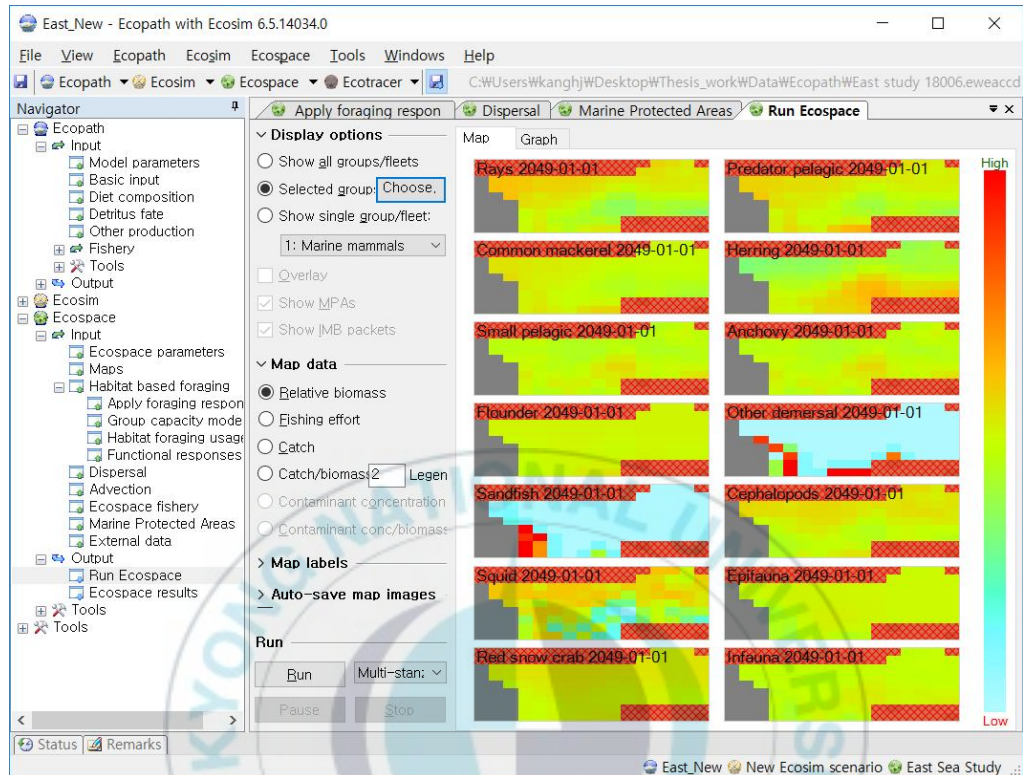


Fig. 3.6. Example of results from running Ecospace.

(3) 자료

Ecopath의 기초 입력자료는 NIFS(2017)에서 사용된 동해 생태계에 대한 Ecopath 입력자료를 사용하였으며, 기초 입력자료 중 생태학적 입력자료는 모델의 안정화(balancing)를 위해 일부 수정하여 사용하였다 (Table 3.1; Table 3.2). 어법별 양륙량 자료는 국가통계포털(kostat.go.kr/)의 2017년 어업생산동향조사 자료를 사용하였으며, 근해채낚기 및 동해구중형외끌이 어업을 따로 분류하여 근해채낚기 오징어 어획량과 동해구중형외끌이 도루묵 및 대구 어획량을 따로 구분하여 입력하였다 (Table 3.3)

Ecospace의 기본 입력자료인 basemap은 대상 생태계를 포함하는 N40.0°, E127.5°, N35.5°, E135.5°가 둘러싸는 9×16 격자, 총 144개의 셀(cell)을 사용하였다 (Fig. 3.7). 여기서 밝은회색의 cell은 대상 생태계 해구를 나타내며, 검은색과 짙은회색은 각각 비 대상 생태계 해구와 육지를 나타내기 때문에 분석에서는 제외된다.

Basemap에 대한 해구별(cell) 수심은 50m bathymetry 자료 (Natural Earth, 2018)를 사용하였고, 수온은 US National Oceanographic Data Center and GHRSSST(<http://pathfinder.nodc.noaa.gov>)에서 수집된 AVHRR Pathfinder Version 5.2 (PFV5.2) 자료 중 연중 평균수온이 가장 높았던 2017년 8월의 수온 자료를 입력하였다 (Fig. 3.8). PFV5.2 자료는 Pathfinder Version 5.0과 5.1 (Casey et al., 2010) 업데이트 버전이다.

서식처 선호도 (habitat preference) 자료는 국립수산물과학원 생태와 어장(NIFS, 2018)의 어종별 생태 자료 중 적수심 및 적수온에 대한 자료를 기준으로 하여 서식처별 선호도에 자료를 입력하였으며, 대구와 도루묵은 저서성 어류이므로 수온에 대한 영향을 받지 않는다는 가정으로 수온에 대한 서식처 선호도만 설정하였다 (Fig. 3.9). 반면 오징어는 수심과 수온에

대한 선호도를 모두 설정하였다 (Fig. 3.10).

Table 3.1. Input basic data for the East Sea ecosystem in Ecopath

NO.	Group name	Biomass	P/B	Q/B
1	Marine mammals	0.146	0.020	9.900
2	Sea birds	0.035	0.090	60.192
3	Sharks	0.003	0.510	2.960
4	Rays	0.112	0.666	1.700
5	Predator pelagic	0.217	1.200	3.510
6	Common mackerel	0.071	0.600	1.730
7	Herring	0.368	0.800	4.340
8	Small pelagic	0.710	3.750	12.900
9	Anchovy	0.195	3.940	19.700
10	Flounder	0.216	1.100	3.200
11	Other demersal	1.817	1.420	3.700
12	Sandfish	0.044	2.280	10.100
13	Cephalopods	0.169	3.200	10.670
14	Squid	1.646	4.100	10.510
15	Epifauna	0.397	5.457	20.387
16	Red snow crab	0.571	1.000	5.000
17	Infauna	0.070	7.000	27.000
18	Zooplankton	40.483	83.000	204.663
19	Phytoplankton	70.590	176.000	
20	Detritus	100.000		

(modified from NIFS, 2017)

Table 3.2. Input diet composition data for the East Sea ecosystem in Ecopath

NO.	Prey/predator	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Marine mammals	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	Sea birds	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	Sharks	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	Rays	0.000	0.000	0.005	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
5	Predator pelagic	0.000	0.000	0.009	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
6	Common mackerel	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
7	Herring	0.000	0.000	0.015	0.013	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
8	Small pelagic	0.000	0.000	0.059	0.050	0.049	0.075	0.667	0.000	0.000
9	Anchovy	0.000	0.000	0.008	0.014	0.013	0.021	0.183	0.000	0.000
10	Flounder	0.000	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	Other demersal	0.000	0.000	0.171	0.144	0.141	0.144	0.000	0.000	0.000
12	Sandfish	0.000	0.000	0.005	0.004	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000
13	Cephalopods	0.000	0.000	0.014	0.018	0.029	0.018	0.000	0.000	0.000
14	Squid	0.000	0.000	0.686	0.579	0.568	0.575	0.000	0.000	0.000
15	Epifauna	0.000	0.472	0.016	0.069	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000
16	Red snow crab	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	Infauna	0.000	0.028	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	Zooplankton	0.800	0.000	0.000	0.000	0.150	0.150	0.150	0.600	0.650
19	Phytoplankton	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300	0.200
20	Detritus	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000	0.000	0.100	0.150

(NFIS, 2017)

Table 3.2. (continued)

NO.	Prey/predator	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Marine mammals	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	Sea birds	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	Sharks	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	Rays	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	Predator pelagic	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
6	Common mackerel	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
7	Herring	0.000	0.000	0.000	0.006	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
8	Small pelagic	0.009	0.007	0.000	0.033	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000
9	Anchovy	0.003	0.002	0.000	0.009	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
10	Flounder	0.000	0.002	0.000	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
11	Other demersal	0.055	0.042	0.091	0.064	0.075	0.009	0.108	0.000	0.000
12	Sandfish	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.003	0.000	0.000
13	Cephalopods	0.007	0.008	0.011	0.003	0.003	0.001	0.013	0.000	0.000
14	Squid	0.219	0.166	0.367	0.258	0.000	0.035	0.435	0.000	0.000
15	Epifauna	0.005	0.008	0.026	0.006	0.007	0.003	0.031	0.033	0.000
16	Red snow crab	0.000	0.012	0.000	0.009	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000
17	Infauna	0.003	0.001	0.005	0.002	0.004	0.001	0.009	0.017	0.000
18	Zooplankton	0.500	0.501	0.400	0.400	0.700	0.500	0.400	0.100	0.200
19	Phytoplankton	0.100	0.150	0.100	0.000	0.000	0.250	0.000	0.450	0.700
20	Detritus	0.100	0.100	0.000	0.200	0.100	0.200	0.000	0.400	0.100

(NFIS, 2017)

Table 3.3. Input fishery landing data for the East Sea ecosystem in Ecopath

NO.	Group name	Others	Angling	Eastern Danish	Total
1	Marine mammals	0.000	0.000	0.000	0.000
2	Sea birds	0.000	0.000	0.000	0.000
3	Sharks	0.000	0.000	0.000	0.000
4	Rays	0.001	0.000	0.000	0.001
5	Predator pelagic	0.048	0.000	0.000	0.048
6	Common mackerel	0.006	0.000	0.000	0.006
7	Herring	0.119	0.000	0.000	0.119
8	Small pelagic	0.004	0.000	0.000	0.004
9	Anchovy	0.002	0.000	0.000	0.002
10	Flounder	0.031	0.000	0.000	0.031
11	Other demersal	0.063	0.000	0.002	0.065
12	Sandfish	0.009	0.000	0.021	0.030
13	Cephalopods	0.025	0.000	0.000	0.025
14	Squid	0.251	0.145	0.000	0.396
15	Epifauna	0.046	0.000	0.000	0.046
16	Red snow crab	0.189	0.000	0.000	0.189
17	Infauna	0.003	0.000	0.000	0.003
18	Zooplankton	0.000	0.000	0.000	0.000
19	Phytoplankton	0.000	0.000	0.000	0.000
20	Detritus	0.000	0.000	0.000	0.000
21	Sum	0.797	0.145	0.023	0.965



Fig. 3.7. Base map used in Ecospace. Light-grey cells indicate study area, black-dotted cells shows non-study area, and dark-grey cells indicate land.

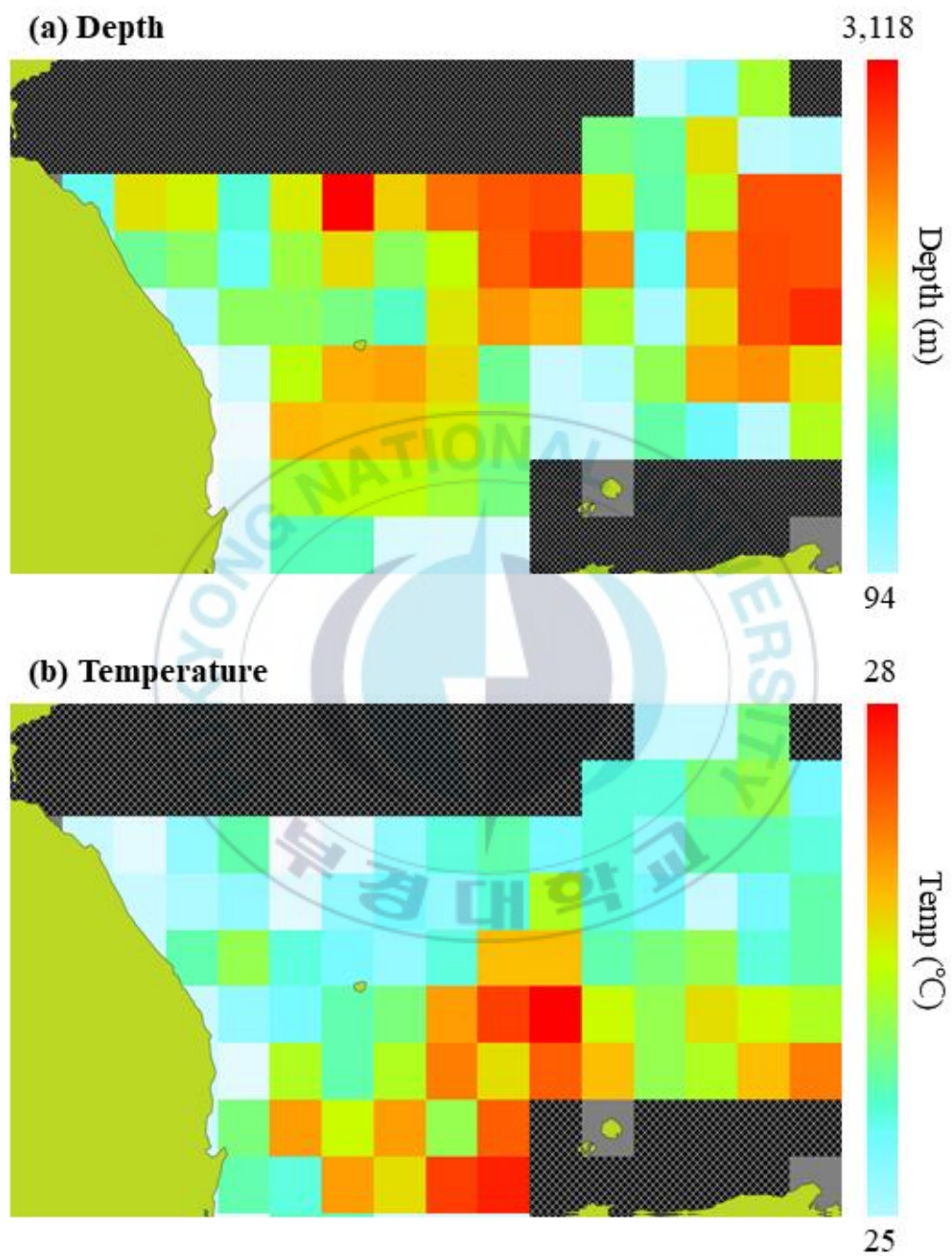


Fig. 3.8. Inputed (a) depth and (b) temperature data by sea blocks in Ecospace.

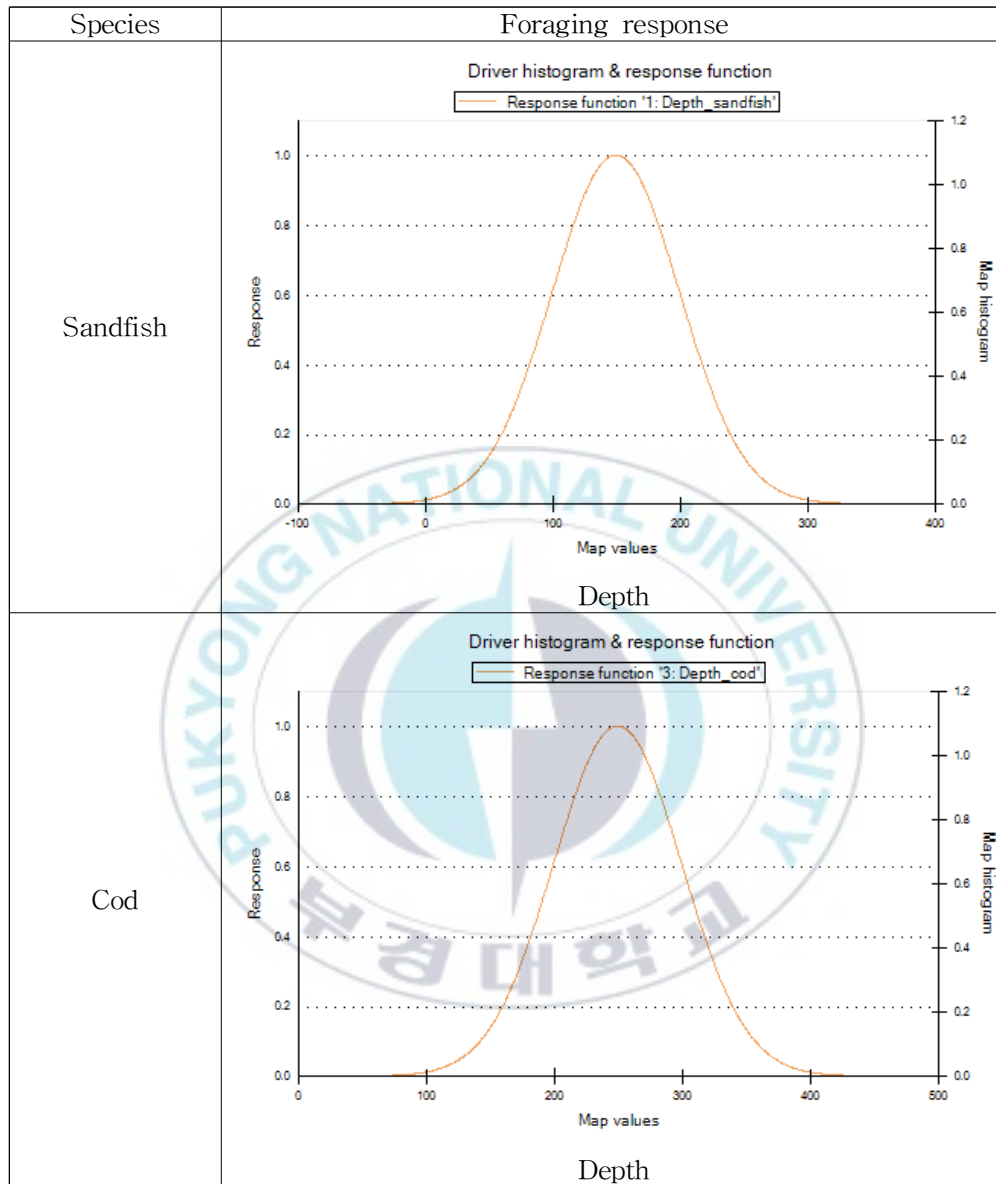


Fig. 3.9. Input foraging response to habitat for sandfish and cod.

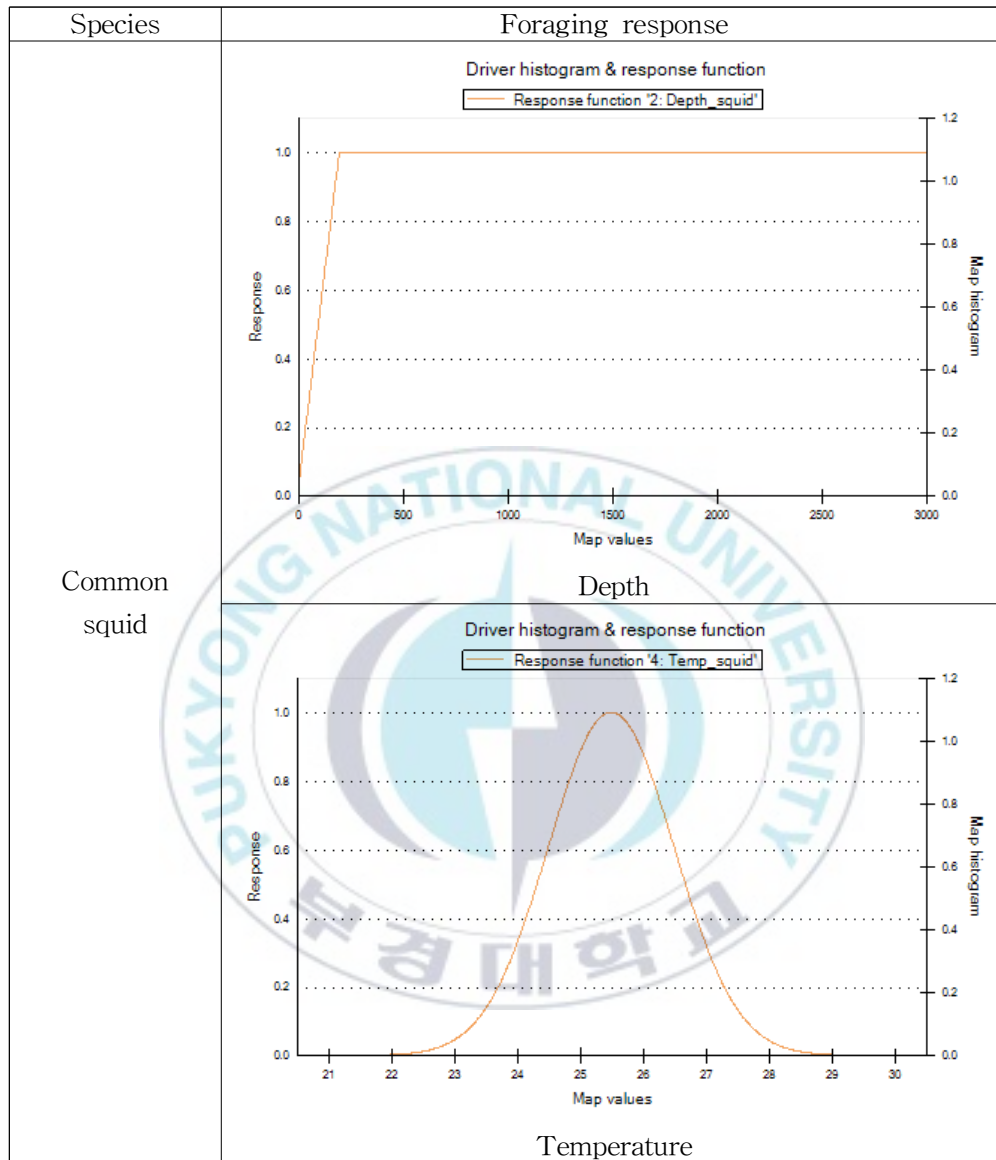


Fig. 3.10. Input foraging response to habitat for common squid.

(4) 시나리오

Ecosim & Ecospace를 이용한 어종그룹의 자원량 변동 예측을 위해 네 가지 시나리오를 적용하였으며 시뮬레이션 기간은 기준년도 2017년부터 2046년까지 30년간으로 설정하였다. 첫 번째 시나리오는 시뮬레이션 기간인 2045년까지 Ecopath에 입력된 어획강도의 2배 수준까지 점진적으로 증가시키며 각 어종에 대한 수심 선호도를 적용하는 것이다. 두 번째 시나리오는 0.5배 수준까지 점진적으로 감소시키며 수심 선호도를 적용하는 것, 세 번째는 첫 번째 시나리오에서 오징어에 설정된 수온 선호도를 적용하는 것이다. 마지막으로 네 번째 시나리오는 두 번째 시나리오에 오징어의 수온 선호도를 추가적으로 적용하는 것이다. 즉 네 가지 시나리오를 통해 어획강도에 따른 더불어 수온 선호도 추가에 따른 근해채낚기 오징어의 자원량과 어획량 변화를 비교해보고자 하였다 (Table 3.4).

다. 생태계 기반 위험도 평가

Ecosim & Ecospace에서 시나리오별로 추정된 해구별 자원량 및 어획량 예측 결과를 제2장에서 사용된 생태계 기반 시공간적 어업자원평가방법을 통해 생태계(Fig. 2.1)의 근해채낚기 오징어(Table 2.1) 자원에 적용하였다. 평가 지표는 Table 2.3의 지속가능성목표의 어획강도와 자원량을 나타내는 어획량과 CPUE 지표를 사용하였다. 다만 이번 장에서는 Ecosim & Ecospace의 예측결과에 따른 위험도 변화를 양상을 확실히 파악하기 위해 EBFA의 위험지수 중 지표별 위험도 점수인 RS 까지 추정 후 비교분석하였다.

Table 3.4. Forecasting scenarios in Ecosim & Ecospace modeling.

Scenario	Fishing intensity	Depth	Temperature
S1	× 2.0	○	×
S2	× 0.5	○	×
S3	× 2.0	○	○
S4	× 0.5	○	○



3. 결과

가. 생태계 구조

Ecopath에서는 각 어종그룹에 대한 자원량 (biomass), 생산량비 (production/biomass), 섭식량비 (consumption/biomass), 영양효율 (ecotrophic efficiency) 4개의 값 중 3개만 입력하여도 나머지 값이 자동으로 추정된다. 본 연구에서는 모든 어종그룹에 대하여 영양효율 값이 자동으로 추정되었다 (Fig. 3.11). 최상위 포식자에 속하는 바다포유류, 바다새, 상어에 대한 영양효율은 포식자가 없으므로 0으로 추정되었다.

Ecopath로 추정된 2017년 동해 생태계의 생태계 구조는 Fig. 3.11.과 같았다. 사각형의 크기는 각 어종그룹에 대한 생체량의 크기에 따라 비례하며, 각각의 연결된 선은 에너지의 흐름을 나타낸다. 각 어종그룹에 대한 영양단계는 해양포유류 3.000, 바다새 3.708, 상어류 4.248, 가오리 3.979, 포식성표영어류 4.114, 고등어 4.063, 청어 3.686, 소형표영어류 2.750, 멸치 2.813, 넙치류 3.295, 기타저서어류 3.189, 도루묵 3.616, 두족류 3.392, 살오징어 3.287, 표생동물 2.738, 붉은대게 3.837, 내생동물 2.203, 동물플랑크톤은 2.250으로 추정되었다. 동해 생태계에 대한 어획물 평균영양단계(mena trophic level)은 3.464로 추정되었다.

	Group name	Trophic level	Habitat area (fraction)	Biomass in habitat area (t/k	Biomass (t/km ²)	Production / biomass	Consumption / biomass	Ecotrophic Efficiency	Production / consumption
1	Marine mammal	3,000	1,000	0,146	0,146	0,0200	9,900	0,000	0,002
2	Sea birds	3,708	1,000	0,0350	0,0350	0,0900	60,19	0,000	0,001
3	Sharks	4,248	1,000	0,00300	0,00300	0,510	2,960	0,000	0,172
4	Rays	3,979	1,000	0,112	0,112	0,666	1,700	0,127	0,392
5	Predator pelagi	4,114	1,000	0,217	0,217	1,200	3,510	0,492	0,342
6	Common mack	4,063	1,000	0,0710	0,0710	0,600	1,730	0,626	0,347
7	Herring	3,686	1,000	0,368	0,368	0,800	4,340	0,926	0,184
8	Small pelagic	2,750	1,000	0,710	0,710	3,750	12,90	0,888	0,291
9	Anchovy	2,813	1,000	0,195	0,195	3,940	19,70	0,850	0,200
10	Flounder	3,295	1,000	0,216	0,216	1,100	3,200	0,507	0,344
11	Other demersal	3,189	1,000	1,817	1,817	1,420	3,700	0,920	0,384
12	Sandfish	3,616	1,000	0,0440	0,0440	2,280	10,10	0,953	0,226
13	Cephalopods	3,392	1,000	0,169	0,169	3,200	10,67	0,405	0,300
14	Squid	3,287	1,000	1,646	1,646	4,100	10,51	0,658	0,390
15	Epifauna	2,738	1,000	0,397	0,397	5,457	20,39	0,661	0,268
16	Red snow crab	3,837	1,000	0,571	0,571	1,000	5,000	0,818	0,200
17	Infauna	2,203	1,000	0,0700	0,0700	7,000	27,00	0,433	0,259
18	Zooplankton	2,250	1,000	40,48	40,48	83,00	204,7	0,503	0,406
19	Phytoplankton	1,000	1,000	70,59	70,59	176,0		0,467	
20	Detritus	1,000	1,000	100,00	100,00			0,084	

Fig. 3.11. Basic estimates of Ecopath output. 'Ecotrophic Efficiency' and 'Production/consumption' were automatically estimated by Ecopath.

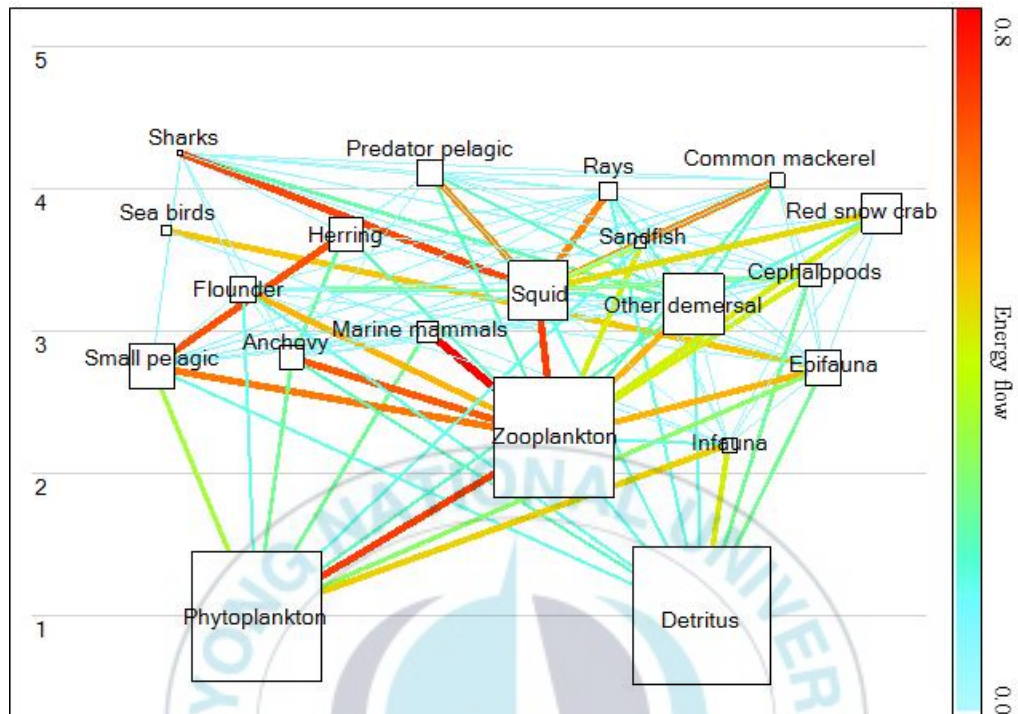


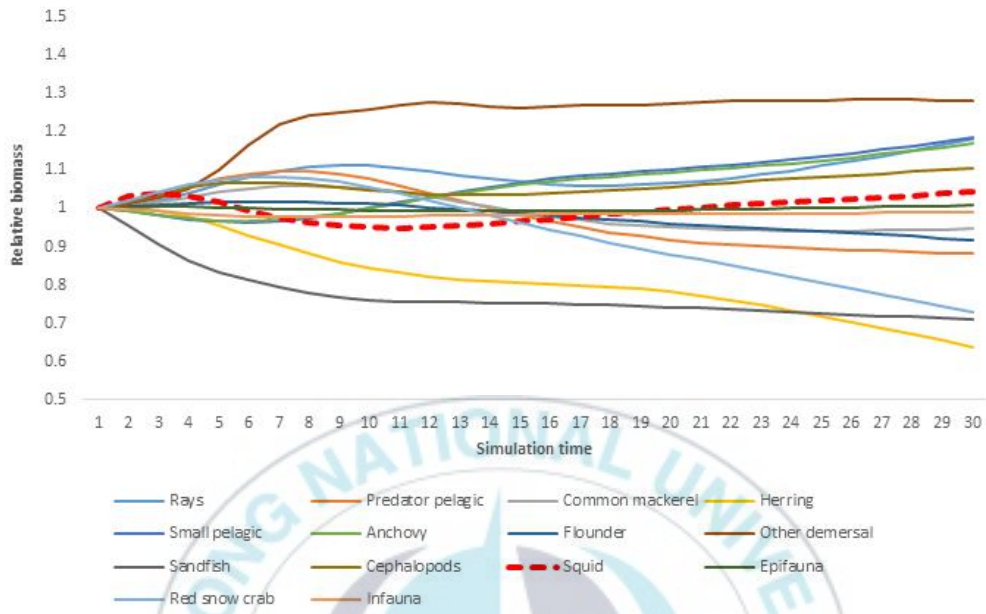
Fig. 3.12. Overview of the ecosystem structure of East Sea ecosystem constructed by the Ecopath, showing the flow diagram and trophic levels of the functional groups in the Ecopath. The size of each square is proportional to the biomass of each functional group.

나. 시공간적 자원량 및 어획량 변동

2017년을 기준으로 향후 30년인 2046년의 네 가지 시나리오에 대한 자원량과 어획량을 예측하였다. 우선 시뮬레이션 년도에 따른 대상 생태계 내 어종 그룹들의 시간에 따른 자원량 변화를 2017년 기준의 상대자원량(relative biomass)로 나타낸 결과는 Fig. 3.13; Fig. 3.14와 같다. 시나리오1 ($F \times 2$; Depth 고려)에서 오징어의 자원량은 초기에는 상승하였다가 감소 후 다시 증가하는 추세를 보이면서 기준 대비 1.048 배 증가하였고, 어획량은 1.996배 증가하였다. 시나리오2 ($F \times 0.5$; Depth 고려)에서 오징어 자원량은 초기에 상승 후 감소 후 평형추세를 보이면서 기준대비 0.946배로 감소하였으며, 어획량도 0.474로 크게 감소하였다. 시나리오3 ($F \times 2$; Depth, Temp. 고려)에서 자원량은 시나리오1과 유사한 추세를 보이며 1.070배 증가하였고 어획량은 1.873배 증가하였다. 시나리오4($F \times 0.5$; Depth, Temp. 고려)의 오징어 자원량은 시나리오2와 비슷한 변화를 보였으며 자원량은 0.977, 어획량은 0.448배 감소하였다 (Table 3.5).

공간적인 오징어의 자원량 변동을 비교해보면 수심 선호도만을 고려한 시나리오1과 시나리오3에서는 수심이 상대적으로 낮은 동해연안에서 상대자원량이 다른 해구에 비해 낮게 추정되었으나 시나리오1의 5087번 해구를 제외한 모든 해구에서 2017년 대비 2046년의 상대자원량이 증가하였다. 수온을 추가적으로 고려한 시나리오3과 시나리오4에서는 해구별 수온에 따라 해구별 자원량의 차이가 뚜렷하게 나타났으며, 기준 2017년에 비해 2046년의 상대자원량이 증가한 해구는 총 86개 해구 중 시나리오2에서 8개 시나리오4에서는 20개로 나타났으며, 그 외 해구의 상대자원량은 감소하였다 (Fig 3.15; Table 3.6).

Scenario 1



Scenario 2

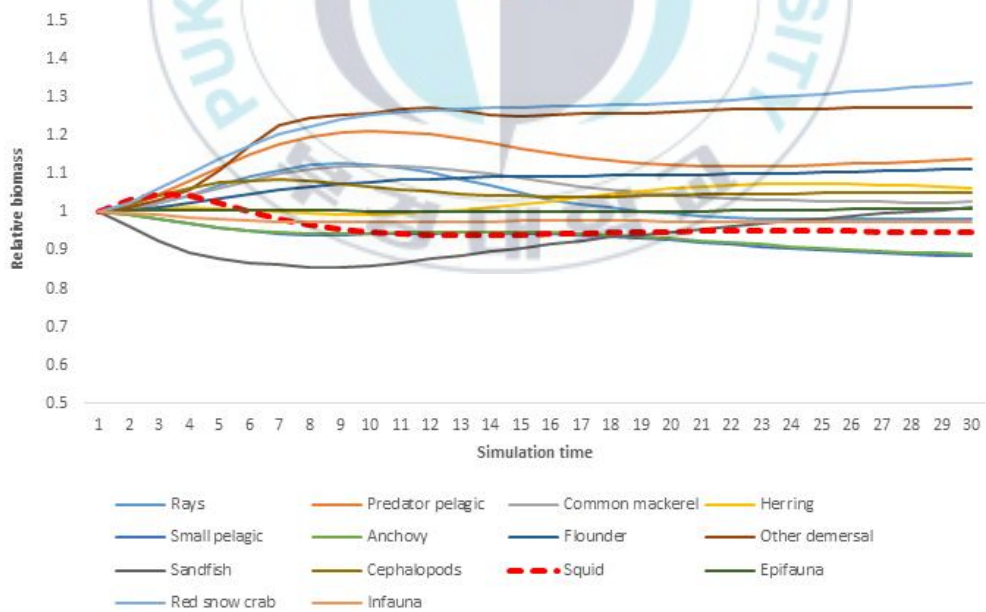
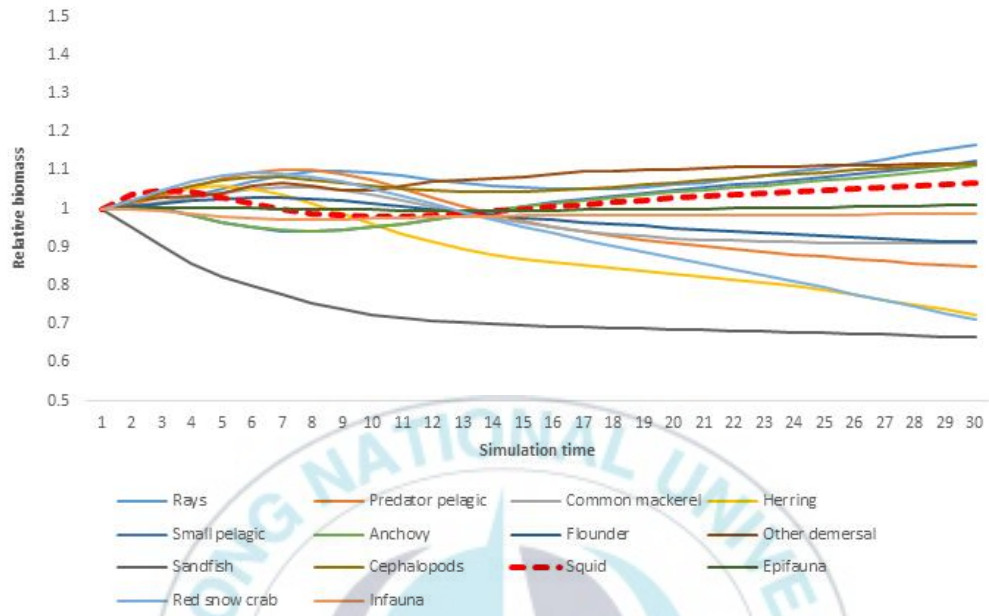


Fig. 3.13. Variation of relative biomass for the scenario 1 and 2 simulated by Ecosim & Ecopath

Scenario 3



Scenario 4

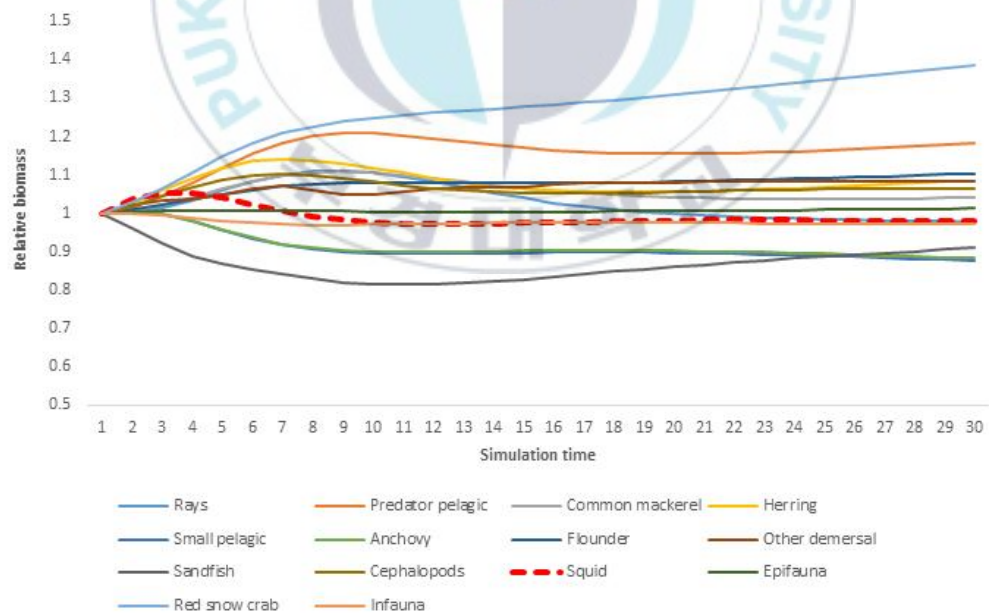
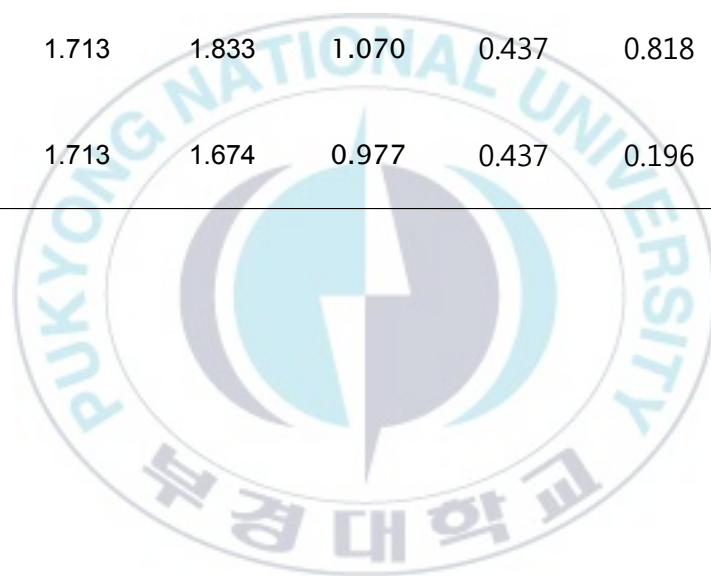


Fig. 3.14. Variation of relative biomass for the scenario 3 and 4 simulated by Ecosim & Ecopath

Table 3.5. Start and end values for biomass for common squid and catch by four scenarios in Ecosim & Ecospace

Scenario	Biomass (start)	Biomass (end)	Biomass (E/S)	Catch (start)	Catch (end)	Catch (E/S)
S1	1.716	1.798	1.048	0.397	0.791	1.996
S2	1.716	1.623	0.946	0.397	0.188	0.474
S3	1.713	1.833	1.070	0.437	0.818	1.873
S4	1.713	1.674	0.977	0.437	0.196	0.448



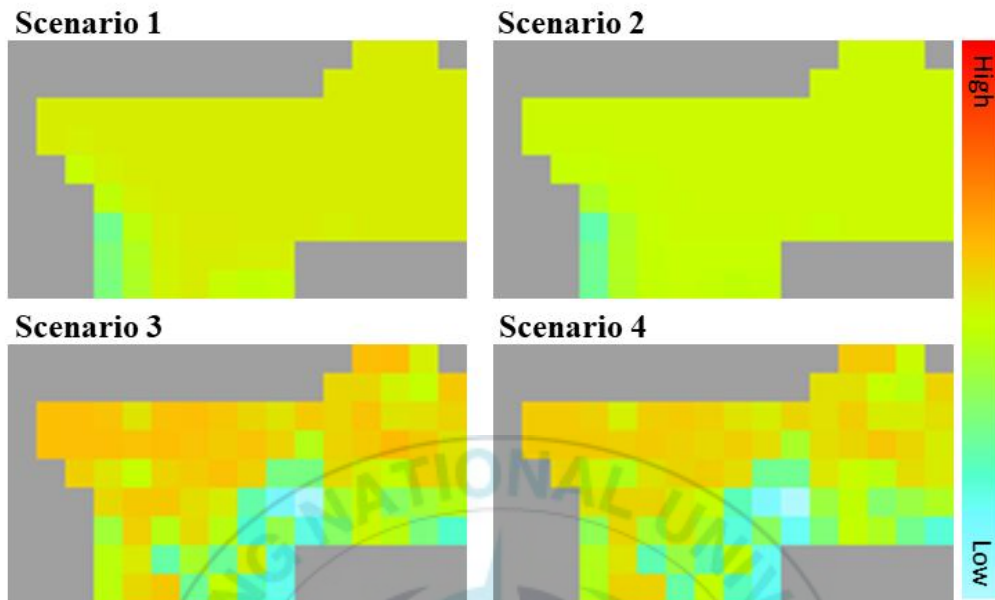


Fig. 3.15. Spatial distribution of biomass of common squid in 2046 year by four scenarios conducted by Ecosim & Ecospace.

Table 3.6. Relative biomass (B) and catch (C) for common squid by sea block for four scenarios (S1, S2, S3, S4) in Ecosim & Ecospace.

Sea block	S1_B	S2_B	S3_B	S4_B	S1_C	S2_C	S3_C	S4_C
47	1.030	0.927	1.011	0.915	2.048	0.505	1.762	0.437
48	1.032	0.929	1.017	0.922	2.036	0.503	1.766	0.438
49	1.030	0.928	1.018	0.921	2.045	0.505	1.789	0.442
50	1.026	0.927	1.009	0.908	2.047	0.507	1.773	0.440
51	1.022	0.927	1.007	0.918	2.046	0.509	1.783	0.444
52	1.019	0.928	1.001	0.917	2.045	0.510	1.773	0.444
53	1.018	0.929	0.999	0.916	2.043	0.511	1.779	0.445
54	1.017	0.929	1.000	0.914	2.044	0.512	1.798	0.449
55	1.054	0.951	1.044	0.950	1.966	0.493	1.722	0.432
56	1.043	0.933	1.035	0.936	2.017	0.497	1.786	0.441
57	1.034	0.929	1.024	0.927	2.043	0.503	1.806	0.445
58	1.027	0.928	1.013	0.924	2.047	0.507	1.797	0.447
59	1.022	0.928	1.004	0.919	2.046	0.509	1.785	0.446
60	1.019	0.928	1.004	0.920	2.044	0.510	1.798	0.450
61	1.018	0.929	1.015	0.935	2.043	0.511	1.852	0.463
62	1.248	1.228	1.258	1.213	1.864	0.497	1.402	0.365
63	1.090	0.970	1.089	0.974	1.868	0.468	1.662	0.414
64	1.056	0.937	1.041	0.924	2.009	0.490	1.748	0.432
65	1.038	0.929	1.025	0.925	2.046	0.502	1.816	0.447
66	1.028	0.927	1.017	0.927	2.050	0.506	1.828	0.453
67	1.023	0.928	1.023	0.939	2.047	0.509	1.871	0.466
68	1.021	0.928	1.037	0.951	2.045	0.509	1.945	0.485
69	1.292	1.121	1.274	1.153	1.577	0.381	1.281	0.318
70	1.112	0.974	1.113	1.007	1.873	0.457	1.670	0.413
71	1.057	0.934	1.057	0.953	2.019	0.490	1.845	0.451
72	1.038	0.927	1.038	0.935	2.051	0.501	1.890	0.463
73	1.031	0.927	1.042	0.937	2.052	0.505	1.956	0.478
74	1.028	0.927	1.049	0.954	2.048	0.506	2.017	0.536
75	1.077	0.897	1.138	0.986	1.243	0.330	1.326	0.340
76	1.255	1.120	1.394	1.305	1.531	0.386	1.486	0.384
77	1.076	0.940	1.105	0.976	1.912	0.463	1.835	0.455
78	1.051	0.926	1.075	0.958	2.038	0.492	2.004	0.481
79	1.044	0.927	1.072	0.948	2.045	0.498	2.052	0.498
80	1.041	0.927	1.083	0.971	2.035	0.498	2.120	0.563
81	1.007	0.871	1.169	1.071	1.071	0.279	1.302	0.342
82	1.161	1.155	1.755	1.823	1.460	0.394	1.976	0.554
83	1.068	0.938	1.174	1.058	1.806	0.446	1.878	0.522
84	1.063	0.927	1.125	0.980	2.004	0.481	2.108	0.515
85	1.070	0.943	1.216	1.092	1.970	0.483	2.264	0.612
86	1.069	0.947	1.173	1.027	1.914	0.476	2.317	0.563
87	1.126	1.147	1.771	1.845	1.395	0.388	2.040	0.577
88	1.069	0.937	1.226	1.124	1.764	0.439	2.099	0.539
89	1.086	0.947	1.289	1.156	1.928	0.471	2.279	0.630

Table 3.6. (continued)

Sea block	S1_B	S2_B	S3_B	S4_B	S1_C	S2_C	S3_C	S4_C
90	1.217	1.147	2.413	2.356	1.855	0.478	4.700	1.253
91	1.255	1.243	3.641	3.698	1.741	0.462	6.137	1.639
329	1.015	0.929	1.007	0.933	2.044	0.513	1.811	0.458
332	1.016	0.930	1.003	0.919	2.043	0.513	1.811	0.452
333	1.015	0.930	1.004	0.922	2.044	0.513	1.813	0.454
334	1.016	0.929	1.004	0.917	2.044	0.512	1.824	0.455
335	1.017	0.930	1.012	0.931	2.044	0.513	1.848	0.462
336	1.016	0.930	1.006	0.925	2.043	0.513	1.822	0.457
337	1.016	0.930	1.008	0.932	2.043	0.513	1.827	0.459
338	1.018	0.929	1.023	0.939	2.044	0.512	1.898	0.473
339	1.018	0.930	1.008	0.923	2.043	0.512	1.861	0.474
340	1.018	0.931	1.016	0.938	2.042	0.512	1.872	0.469
341	1.017	0.930	1.010	0.937	2.043	0.512	1.845	0.465
342	1.021	0.929	1.030	0.947	2.045	0.510	1.960	0.520
343	1.021	0.931	1.032	0.949	2.044	0.511	1.983	0.523
344	1.022	0.933	1.040	0.958	2.040	0.511	1.976	0.492
345	1.020	0.931	1.019	0.936	2.042	0.512	1.905	0.475
346	1.027	0.929	1.094	0.987	2.047	0.507	2.058	0.558
347	1.028	0.933	1.108	1.002	2.041	0.508	2.103	0.574
348	1.031	0.940	1.079	0.985	2.021	0.506	2.113	0.531
349	1.025	0.934	1.043	0.957	2.038	0.510	2.012	0.499
350	1.040	0.929	1.122	0.993	2.035	0.500	2.293	0.569
351	1.041	0.941	1.158	1.045	2.018	0.502	2.356	0.623
352	1.077	0.996	1.356	1.241	1.909	0.480	2.708	0.663
354	1.068	0.944	1.222	1.093	1.937	0.480	2.352	0.665
358	1.211	1.165	3.182	3.043	1.755	0.471	5.725	1.528
916	1.020	0.931	1.015	0.940	2.043	0.511	1.946	0.501
917	1.017	0.930	1.022	0.945	2.044	0.512	1.976	0.503
924	1.018	0.930	1.007	0.926	2.044	0.512	1.870	0.469
925	1.016	0.929	1.019	0.945	2.044	0.512	1.902	0.477
932	1.016	0.930	1.012	0.943	2.044	0.513	1.848	0.467
933	1.015	0.929	1.010	0.936	2.044	0.513	1.846	0.465
934	1.015	0.928	1.003	0.923	2.046	0.513	1.835	0.460
940	1.015	0.929	1.004	0.920	2.044	0.513	1.819	0.456
941	1.015	0.929	1.007	0.922	2.045	0.513	1.833	0.458
942	1.015	0.928	1.009	0.927	2.046	0.513	1.842	0.460
948	1.015	0.929	1.005	0.916	2.044	0.513	1.818	0.455
949	1.015	0.929	1.007	0.917	2.045	0.513	1.828	0.459
950	1.015	0.928	1.017	0.937	2.046	0.513	1.863	0.466
956	1.015	0.929	1.016	0.941	2.045	0.513	1.848	0.465
957	1.014	0.929	1.015	0.923	2.045	0.513	1.853	0.461
5055	1.036	0.930	1.018	0.921	2.035	0.501	1.755	0.436
5087	0.981	0.857	1.170	1.081	1.028	0.271	1.300	0.345

다. 시공간적 지표별 위험도 변동

Ecosim & Ecospace에서 예측된 해구별 자원량 및 어획량 변동 자료를 지표값으로 사용하여 제2장의 생태계 기반 시공간적 평가방법에 적용하여 오징어의 각 지표에 대한 위험도 점수 RS를 해구별로 시나리오별로 예측하고 비교분석하였다.

어획강도에 관한 지표에서 기준년도 2017년에 비해 어획노력량이 2배로 설정된 시나리오1과 시나리오3의 위험도가 전반적으로 증가하였다. 특히, 동해 연안해역인 75, 76, 77, 81, 82, 83, 87번 해구와 어로한계선의 남측인 58, 59, 60번 해구에서 위험도가 크게 증가한 것으로 예측되었다. 시나리오2와 시나리오4에서는 917, 942번 해구를 제외한 모든 해구의 위험도가 전반적으로 감소하였고 특히 한일중간수역 동쪽 끝 949, 941번 해구에서 위험도가 크게 낮아졌다(Table 3.7; Fig. 3.16). 2017년 어획량 지표의 전체 해구에 대한 평균 RS는 0.68, 시나리오 S1, S2, S3, S4에 대한 평균 RS는 각각 1.05, 0.36, 1.03, 0.36으로 예측되었다.

자원량에 관한 지표는 기준년도 2017년에 비해 91번 해구의 위험도가 모든 시나리오에서 낮아진 것을 제외하고는 뚜렷한 차이가 없었다 (Fig. 3.17). 2017년 CPUE 지표의 전체 해구에 대한 평균 RS는 2.03, 시나리오 S1, S2, S3, S4에 대한 평균 RS는 각각 1.99, 2.07, 1.95, 2.03으로 추정되었다.

Table 3.7. Risk scores (RS)s for the fishing intensity and Biomass for common squid in 2046 year by four scenarios (S1, S2, S3, S4)

Sea block	S1_F_RS	S2_F_RS	S3_F_RS	S4_F_RS	S1_B_RS	S2_B_RS	S3_B_RS	S4_B_RS
47	0.43	0.11	0.37	0.09	2.89	2.90	2.90	2.91
48	0.33	0.08	0.29	0.07	2.47	2.53	2.48	2.53
49	2.02	0.50	1.77	0.44	2.06	2.16	2.07	2.16
50	0.83	0.21	0.72	0.18	2.22	2.30	2.24	2.31
51	0.22	0.05	0.19	0.05	2.64	2.67	2.64	2.68
52	2.04	0.51	1.77	0.44	2.42	2.47	2.43	2.48
53	2.52	0.63	2.19	0.55	2.00	2.09	2.02	2.10
54	3.00	1.25	3.00	1.09	2.03	2.11	2.05	2.13
55	0.35	0.09	0.31	0.08	2.25	2.32	2.26	2.32
56	0.46	0.11	0.41	0.10	2.17	2.25	2.17	2.25
57	1.07	0.26	0.94	0.23	1.60	1.74	1.61	1.74
58	2.49	0.62	2.18	0.54	2.16	2.24	2.17	2.25
59	2.40	0.60	2.09	0.52	2.15	2.22	2.16	2.23
60	2.44	0.61	2.15	0.54	1.80	1.91	1.82	1.92
61	0.77	0.19	0.70	0.18	2.04	2.12	2.04	2.11
62	0.12	0.03	0.09	0.02	2.11	2.12	2.10	2.13
63	0.17	0.04	0.15	0.04	2.08	2.18	2.08	2.18
64	0.33	0.08	0.28	0.07	1.70	1.85	1.72	1.86
65	0.32	0.08	0.28	0.07	2.31	2.38	2.31	2.38
66	0.48	0.12	0.43	0.11	2.51	2.56	2.52	2.56
67	0.40	0.10	0.37	0.09	2.53	2.58	2.53	2.57
68	0.25	0.06	0.24	0.06	2.33	2.39	2.32	2.37
69	0.60	0.15	0.49	0.12	1.83	1.98	1.84	1.95
70	0.82	0.20	0.73	0.18	1.39	1.59	1.39	1.55
71	1.04	0.25	0.95	0.23	2.09	2.20	2.09	2.18
72	0.95	0.23	0.88	0.21	2.41	2.48	2.41	2.47
73	0.68	0.17	0.65	0.16	2.42	2.48	2.41	2.47
74	0.47	0.12	0.46	0.12	2.31	2.37	2.29	2.36
75	3.00	1.09	3.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00
76	1.76	0.44	1.71	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00
77	2.12	0.51	2.04	0.50	1.49	1.68	1.45	1.63
78	0.89	0.21	0.87	0.21	1.95	2.08	1.93	2.05
79	0.58	0.14	0.58	0.14	2.05	2.16	2.03	2.14
80	0.54	0.13	0.57	0.15	1.78	1.91	1.73	1.86
81	1.62	0.42	1.97	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00
82	1.97	0.53	2.67	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
83	1.80	0.44	1.87	0.52	0.79	1.06	0.57	0.81
84	1.28	0.31	1.35	0.33	1.61	1.79	1.53	1.72
85	0.13	0.03	0.15	0.04	2.06	2.18	1.94	2.04
86	0.05	0.01	0.06	0.01	1.79	1.92	1.67	1.83
87	1.38	0.39	2.02	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
88	0.60	0.15	0.71	0.18	1.44	1.63	1.21	1.36
89	0.08	0.02	0.10	0.03	2.06	2.18	1.88	1.99
90	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00
91	0.02	0.00	0.06	0.02	1.57	1.59	0.00	0.00

Table 3.7. (continued)

Sea block	S1_F_RS	S2_F_RS	S3_F_RS	S4_F_RS	S1_B_RS	S2_B_RS	S3_B_RS	S4_B_RS
329	0.17	0.04	0.15	0.04	2.03	2.11	2.04	2.11
332	0.36	0.09	0.32	0.08	2.23	2.30	2.24	2.30
333	0.86	0.22	0.77	0.19	2.06	2.14	2.07	2.15
334	1.59	0.40	1.42	0.35	1.65	1.77	1.67	1.78
335	3.00	1.58	3.00	1.43	2.23	2.30	2.23	2.29
336	2.32	0.58	2.07	0.52	2.11	2.19	2.12	2.19
337	1.40	0.35	1.25	0.31	2.15	2.23	2.16	2.22
338	1.39	0.35	1.29	0.32	1.86	1.96	1.86	1.95
339	1.28	0.32	1.16	0.30	2.07	2.15	2.07	2.15
340	0.27	0.07	0.24	0.06	2.22	2.29	2.22	2.28
341	0.20	0.05	0.18	0.05	2.28	2.34	2.28	2.33
342	0.44	0.11	0.42	0.11	2.14	2.22	2.14	2.21
343	0.33	0.08	0.32	0.08	2.26	2.33	2.25	2.31
344	0.36	0.09	0.35	0.09	2.30	2.36	2.28	2.34
345	0.24	0.06	0.22	0.06	2.33	2.39	2.33	2.39
346	1.01	0.25	1.01	0.27	1.88	1.99	1.81	1.92
347	0.47	0.12	0.48	0.13	2.17	2.24	2.10	2.19
348	1.83	0.46	1.91	0.48	2.22	2.29	2.18	2.25
349	1.29	0.32	1.28	0.32	2.22	2.29	2.21	2.27
350	1.28	0.31	1.44	0.36	2.25	2.33	2.19	2.28
351	0.09	0.02	0.11	0.03	2.29	2.36	2.21	2.29
352	0.21	0.05	0.30	0.07	2.10	2.17	1.87	1.97
354	0.06	0.01	0.07	0.02	2.19	2.28	2.07	2.17
358	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00
916	0.48	0.12	0.45	0.12	2.23	2.29	2.23	2.29
917	3.00	3.00	3.00	3.00	1.72	1.83	1.71	1.81
924	0.57	0.14	0.52	0.13	1.33	1.47	1.35	1.48
925	0.51	0.13	0.47	0.12	2.62	2.65	2.61	2.64
932	0.22	0.06	0.20	0.05	1.72	1.83	1.72	1.81
933	0.45	0.11	0.41	0.10	2.23	2.30	2.24	2.29
934	1.89	0.47	1.69	0.42	2.23	2.30	2.24	2.30
940	0.52	0.13	0.46	0.11	1.84	1.94	1.85	1.95
941	3.00	1.15	3.00	1.02	2.19	2.26	2.20	2.26
942	3.00	3.00	3.00	3.00	2.23	2.30	2.24	2.30
948	1.57	0.39	1.39	0.35	2.01	2.10	2.02	2.11
949	3.00	1.36	3.00	1.21	2.01	2.09	2.02	2.11
950	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00
956	0.15	0.04	0.13	0.03	2.15	2.22	2.14	2.21
957	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00
5055	3.00	1.38	3.00	1.20	2.54	2.59	2.55	2.59
5087	3.00	1.58	3.00	2.02	1.49	1.68	1.20	1.34

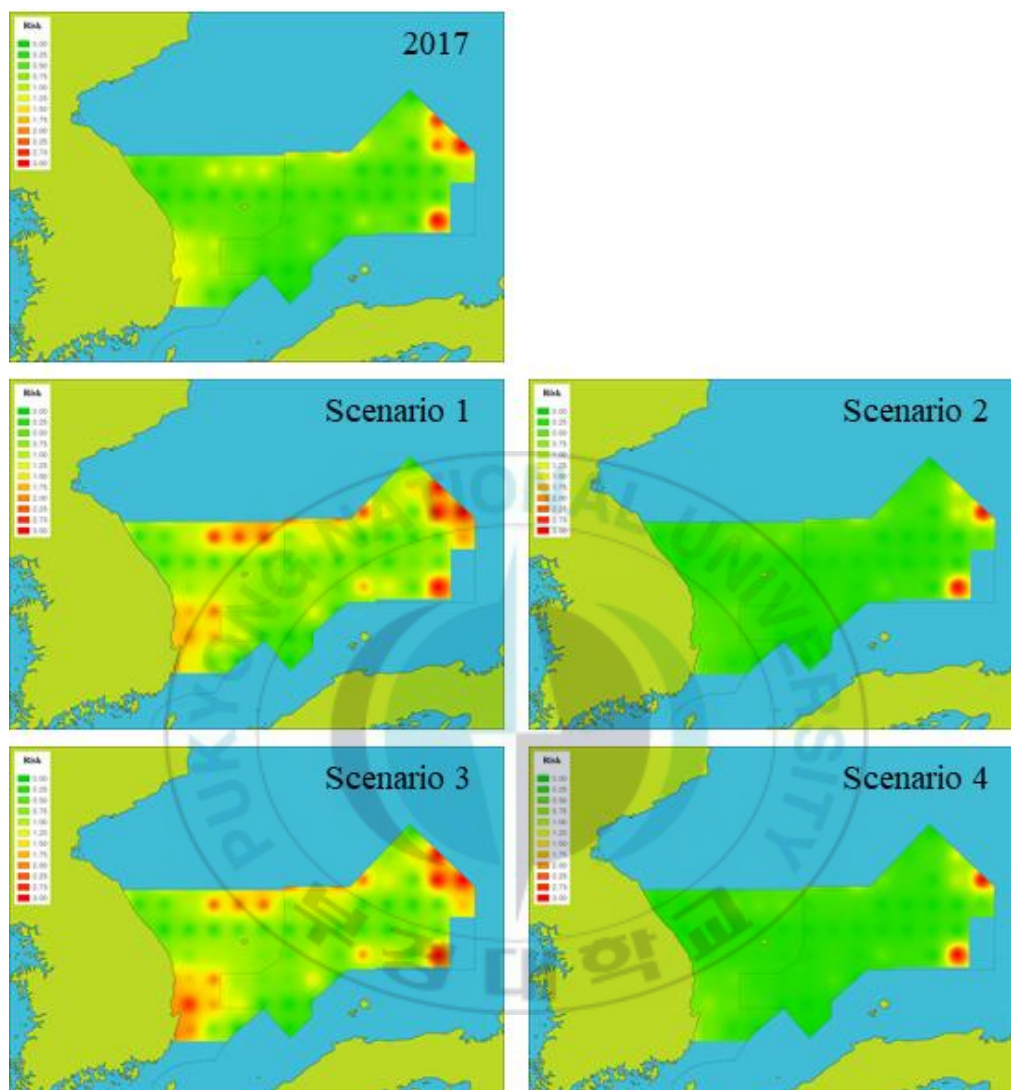


Fig. 3.16. Spatial distribution of Risk score (RS) of the fishing intensity for common squid in 2046 year by four scenarios (S1, S2, S3, S4).

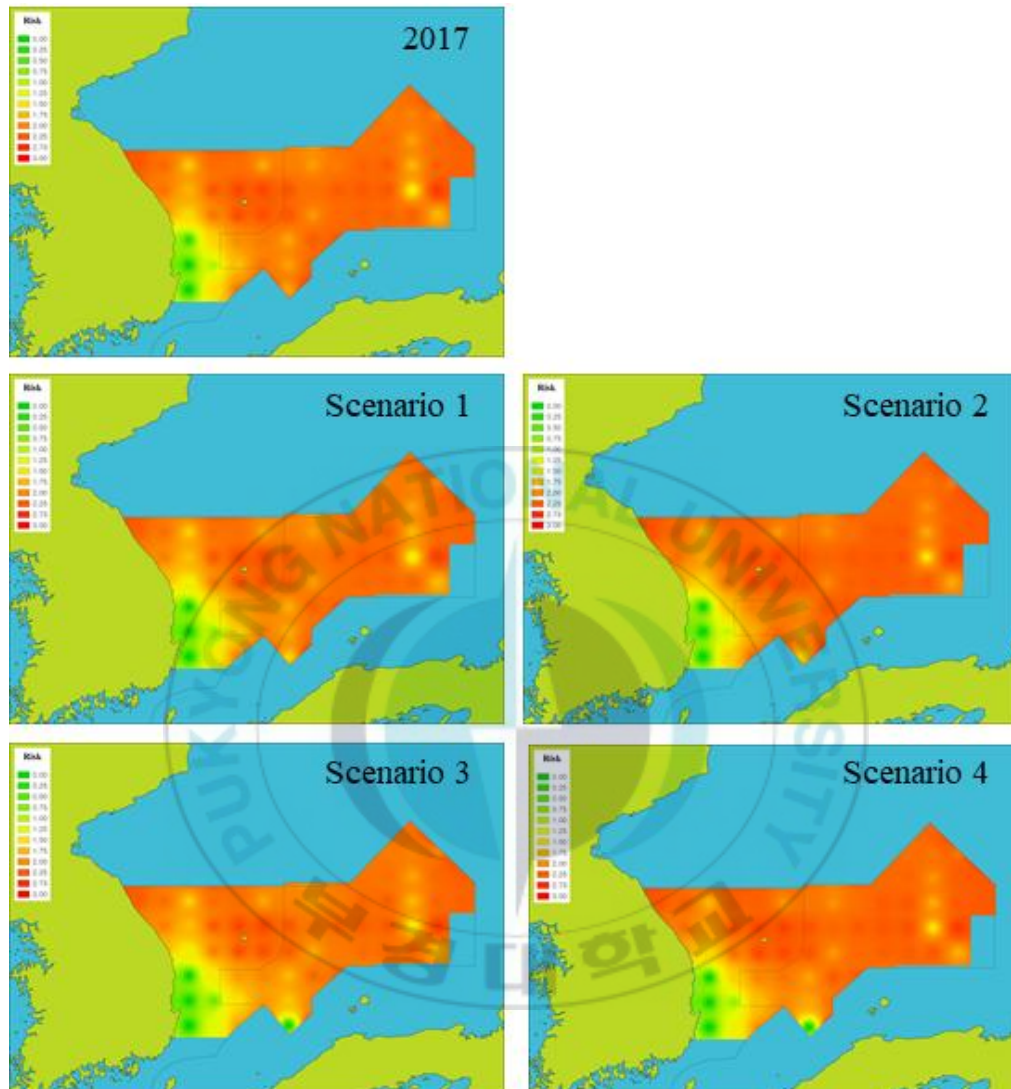


Fig. 3.17. Spatial distribution of Risk score (RS) of biomass for common squid in 2046 year by four scenarios (S1, S2, S3, S4).

4. 고찰

본 장에서는 기존의 IFRAME에 공간적 자원량 분포 및 위험도 예측을 위해 Ecospace 모델을 추가적으로 고려하여 Extended IFRAME을 개발하고 동해 생태계에 적용하였다. Ecospace에서는 Ecopath와 Ecosim 영양모델(trophic modeling approach)을 공간적으로 나타내면서도 상대적으로 최소한의 입력자료를 필요로 한다. 따라서 생태계의 공간조직에 있어서 핵심이 될 수 있는 다양한 물리적 이송과 회유 과정 등을 모두 고려하진 않지만 적어도 서식처와 금지어장 설정에 따른 해양생물과 어획강도의 분포변화에 대한 통찰력을 제공해준다(Walters et al., 1999). 즉, Ecospace는 자세한 정량적 예측을 위한 모델 보다는 예측결과로부터 보다 정밀한 분석이나 현장조사를 실시할 가치가 있는 대체관리수단을 찾는 것이 목적이다.

따라서 본 장에서 시범적으로 적용된 동해 생태계에 대한 대상 어업, 대상 어종, 대상 지표 등에 대한 지표값이나 위험지수가 실제 생태계의 상태를 그대로 반영한다고는 볼 수 없다. 즉, Extended IFRAME에 의한 위험도 평가·예측결과를 바탕으로 관리수단을 수립함에 있어서, 목표 자원량 및 어획량 설정 등 정량적인 관리 기준점 설정이나 이 방법을 통한 직접적인 관리수단 설정보다는 평가·예측결과의 변화 양상을 분석하여 관리수단의 필요 여부를 판단하고 관리수단이 필요할 경우 추가적인 정밀조사가 이루어질 수 있도록 의사결정에 도움을 주는 목적으로 신중한 검토 후 관리수단 설정에 사용되어야 한다.

IV. 생태계 기반 어업 관리 방안

1. 서론

다보스 포럼(WEF; World Economic Forum)에서 우리는 4차 산업혁명의 시대에 진입하고 있으며, 제4차 산업혁명은 제3차 산업혁명인 디지털 혁명에 기반하여 디지털·물리·생물 공간의 경계가 없어지는 기술융합의 시대'라고 정의하였다 (WEF, 2016). 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷(IoT, internet of things), 생명공학 기술 등 다양한 분야의 신기술들이 융합되어, 디지털, 생물학, 물리학, 등의 학문적 경계가 없어지고 융합된 학문 분야가 중심을 이루어 가고 있다. 즉, 학문 및 기술의 경계가 없어지고 여러 분야의 기술이 융합되어 새로운 기술 혁신이 일어나고 있다.

어업은 해양이라는 여러 분야의 학문이 연계되어 있는 생태계에서 이루어진다. 따라서 어업활동에 따른 생태계에 대한 영향을 면밀히 분석하기 위해서는 어획에 따른 어획량, 어획노력량과 같은 단순한 어획정보 뿐만 아니라 어획의 대상이 되는 수산자원의 성장, 산란, 서식, 피·포식관계와 같은 생태 분야, 더 나아가 수산자원의 생태에 영향을 주는 해양물리, 화학적 요소 들을 함께 고려해야한다.

따라서 본 장에서는 생태계 기반 자원평가를 통해 실질적인 공간관리를 효율적으로 수행하기 위한 방안으로, 4차 산업혁명의 진입과 더불어 생태계 기반 어업자원 평가위해 필요한 해양 생태계와 관련된 다양한 분야의 데이터들을 통합한 빅데이터를 활용한 GIS 기반 생태계 통합 어업자원 관리 시스템 개발에 대한 기본 방향을 제시하고 시스템의 구축방안을 제시하고자 한다.

2. GIS 기반 생태계 통합 어업자원 관리 시스템

가. 관리 시스템 체계

GIS 기반 생태계 통합 어업자원 관리 시스템의 체계는 Fig. 4.1과 같이 크게 데이터 수집, 생태계 기반 분석, 사용자 프로그램으로 구성할 수 있다. 대상 어종에 대한 자원량, 적정어획량과 적정어획노력량과 같은 관리기준점을 포함한 자원평가결과; 성장, 산란, 서식과 관련된 생태자료; 어선에 의한 생산량, 생산금액, 어획노력량, 어업수지와 같은 상업어선자료; 수온, 수심, 염분, DO, COD, 클로로필 농도, 조위 등과 같은 해양관측자료; 폐기물, 폐어구, 유류사고 등과 같은 해양오염자료; 해양기상자료; 불법어업자료; 등이 생태계 기반 평가를 위한 자료가 될 수 있다.

각 자료에 대한 수집가능 기관으로는 국립수산물과학원(NIFS)에서는 트롤조사, 정선해양조사, 연안정지해양조사, 자원평가 등을 통해 자원평가결과, 생태자료, 해양관측자료를 제공하고, 수산자원관리공단(FIRA)에서는 읍서버 조사, 수산자원조성관리 현황을 통해서 생태자료, TAC어업 생산량 자료를 제공할 수 있다. 통계청(Kostat)에서는 어업생산량 통계, 어선통계자료, 수협(NFFC)에서는 어업경영자료, 위판자료, 해양환경공단(KOEM)에서는 해양환경측정망, 해양수질자동측장망 등을 통한 해양관측, 해양오염 자료, 국립해양조사원(KHOA)에서는 연안정지관측, 조석관측 등을 통해 해양관측, 조위변화자료, 해양경찰청(KCG)에서는 폐기물배출해역조사, 해양폐기물조사를 통한 해양오염 자료와 불법어업단속실적 자료 등을 제공할 수 있으며, 어업관리단(FMS)에서는 어업지도현황을 통해 불법어업 자료를 제공할 수 있다.

다음 단계인 생태계 기반 분석 단계에서는 다양한 기관들로부터 수집된 여러 분야의 빅데이터들을 한 데이터베이스를 통해 실시간으로 수집되

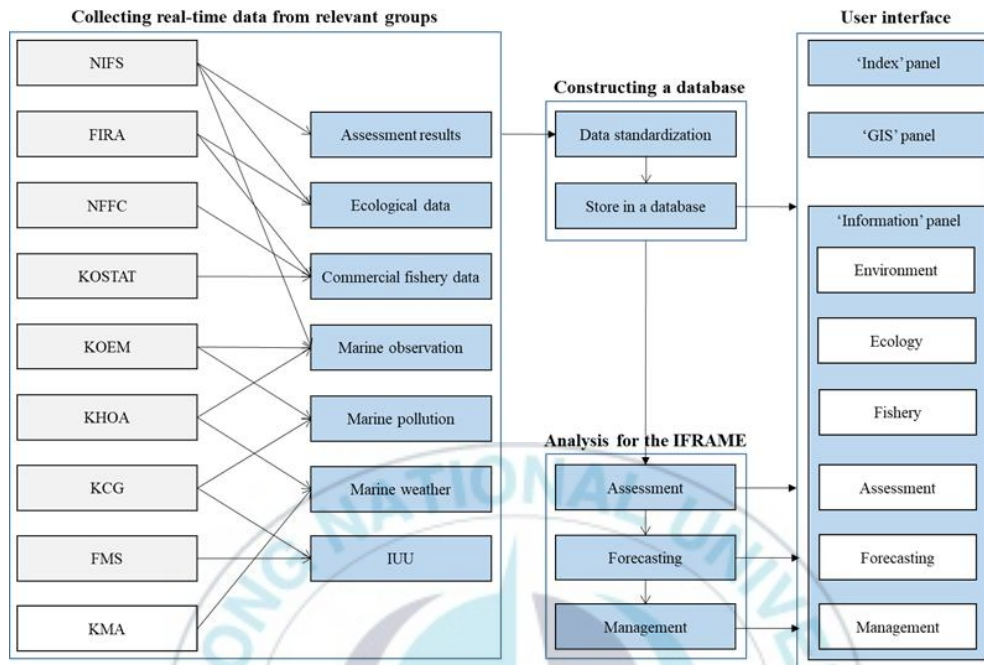


Fig. 4.1. Conceptual diagram for the GIS-based fisheries resource management system integrating ecosystem.

어야 하며, 생태계 기반 평가, 예측을 위한 분석에 사용될 수 있는 형태의 자료로 가공되어야 한다. 가공된 자료는 IFRAME 또는 Extended IFRAME을 통해 생태계 차원에서의 분석이 이루어지고 GIS 인터페이스를 통해 시각화 한다.

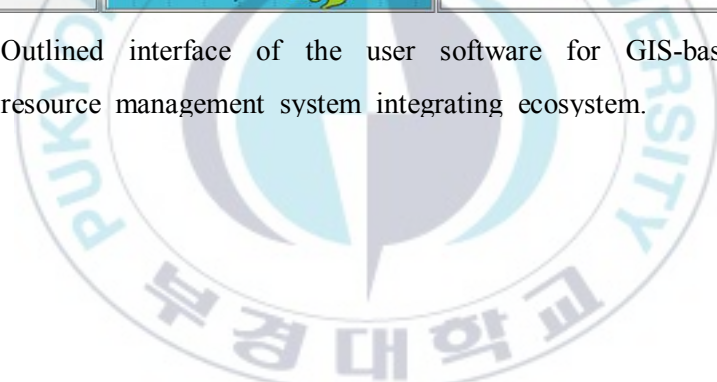
마지막으로 분석된 수집된 정보와 평가 결과, 시각화된 자료 등을 GIS 기반 생태계 통합 어업자원 관리 시스템의 정보를 필요로 하는 사용자들이 쉽게 이용할 수 있는 소프트웨어가 있다. 이 소프트웨어를 통해 어업관리 실무자들은 적절한 자원 관리수단을 수립하는데 도움을 받을 수 있으며 실시간 모니터링을 통해 즉각적인 대책을 마련할 수 있을 것이다. 관련 연구자 또한 연구에 필요한 최신의 자료를 실시간으로 시험, 평가 등에 활용함으로써 신뢰성 있는 연구결과를 도출해 낼 수 있으며, 어업인은 소프트웨어를 통해 어황, 해상기상, 적조 발생 등 조업에 필요한 사전 정보를 획득함으로써 효율적인 조업을 행할 수 있을 것이다.

나. 사용자 소프트웨어 구성

GIS 기반 생태계 통합 어업자원 관리 시스템 활용을 위한 사용자 소프트웨어의 전체적인 구성은 Fig. 4.2와 같이 ‘Index’ 패널, ‘GIS’ 패널, ‘Information’ 패널로 구성할 수 있다. 첫 번째 ‘Index’ 패널에는 대상 생태계, 어업, 어종, 해구의 종류가 분류되어 있으며, 사용자가 원하는 항목에 대한 공간적 위치를 ‘GIS’ 패널을 통해 출력시키거나, 대상 생태계, 어업, 어종, 해구에 대한 관련 정보를 ‘Information’ 패널을 통해 표시하는 기능을 제공할 수 있다 (Fig. 4.3).

두 번째 ‘GIS’ 패널은 공간정보가 표시되는 영역이다. 기본적으로 basemap이 표시되며, ‘index’ 패널을 통해 대상 생태계의 범위, 대상 어업의 조업구역, 대상 어종의 분포, 해구의 위치를 표시할 수 있다. 또한 해구 단위로 대상 생태계의 수온, 수심 등 환경정보, 대상 어업의 어획량, 어획능력량, 대상 어종의 어획량과 자원량, CPUE, 등 공간별로 시각화하여 보여주고자 하는 관련정보들을 이 패널을 통해 나타낸다.

마지막으로 ‘Information’ 패널에서는 ‘환경(Environment)’, ‘어업(Fishery)’, ‘생태(Ecology)’, ‘평가(Assessment)’, ‘예측(Forecasting)’, ‘관리(Management)’ 등 6개의 항목(tab)으로 구분되어 있고 선택하는 항목과 관련된 세부정보를 확인할 수 있다 (Table 4.1). ‘환경’에서는 수온, 수심, 염분, 혼합수층(MLD), 용존산소요구량(DO), 화학적산소요구량(COD), 투명도, 조위, 풍속, 풍향, 적중발생 정보 등 어업이 이루어지는 해상에 대한 모든 환경정보들을 제공한다. ‘생태’는 대상 어종의 서식처, 서식수온, 서식수심, 성장, 산란, 성숙 등 생태와 관련된 정보들을 제공한다. ‘어업’에서는 어업과 관련된 정보로서 대상 어업의 어법의 종류, 조업 방법, 어획량, 어획능력량, 어획효율, 생산금액, 어업경영정보 등을 제공한다. ‘평가’에서는 대상 어종의 어획량, CPUE, 자원량, 자원평가 결과로부터 추정되는 MSY, ABC



Outlined interface of the user software for GIS-based resource management system integrating ecosystem.

Index penal	Index penal	Index penal
▶ Ecosystems	▶ Ecosystems	▶ Ecosystems
▣ Korea	▶ Fisheries	▶ Fisheries
└ Yellow Sea	▣ Offshore fishery	▶ Species
└ East China Sea	└ Large otter trawl	▣ Fishes
└ East Sea	└ Eastern sea danish seine	└ Anchovy
▣ China	└ Large purse seine	└ Chub mackerel
▣ Japan	└ Offshore jigging	└ Sandfish
	└ Offshore gill net	└ Pacific cod
	└ Offshore traps	└ Alaska Pollack
	└ Offshore long line	└ Yellowtail
	▣ Inshore fishery	└ Spanish mackerel
	└ Coastal purse seine	▣ Crustacea
	└ Coastal gill net	└ Snow crab
	└ Coastal stow net	└ Red snow crab
	└ Coastal trap	└ Blue crab
	└ Coastal composite	└ Blue shrimp
	▣ Aquaculture	└ Akiامي paste shrimp
		▣ Mollusca
Modify items...	Modify items...	▣ Other marine animals
▶ Fisheries	▶ Species	▣ Seaweeds
▶ Species	▶ Sea blocks	Modify items...
▶ Sea blocks		▶ Sea blocks

Fig. 4.3. Structure of the index penal of the user software for GIS-based fisheries resource management system integrating ecosystem.

Table 4.1. Contents of information by categories in the information panel of the user software for GIS-based fisheries resource management system integrating ecosystem.

Category	Information
Environment	Water temperature, depth, salinity, Ph, MLD, DO, COD, transparency, tide, wind, red tide, etc.
Ecology	Habitat, preferred temperature, preferred depth, growth, spawning, maturity, etc.
Fishery	Fishery type, fishery method, fishing effort, fishery ,fishing efficiency, selectivity, etc.
Assessment	Catch, CPUE, biomass, reference points, risk indices, etc.
Forecasting	Projected catch, CPUE, biomass, reference points, risk indices, etc.
Management	Closed season, length limit, MPA, IUU, etc.

와 같은 관리기준점, 위험도 지수 추정결과 등을 제공한다. ‘예측’에서는 어획량, 자원량, CPUE, 관리기준점, 위험도 지수 등 평가를 기반으로 예측된 정보를 제공한다. 마지막으로 ‘관리’에서는 현재 대상 생태계, 어업, 어종, 해구에 대하여 시행되고 있는 관리제도에 대한 정보와 IUU어업에 관한 정보를 제공한다.



3. 고찰

본 장에서는 생태계 기반 자원평가를 통해 실질적인 공간관리를 효율적으로 수행하기 위한 방안으로, 수산분야에서도 4차 산업혁명 시대의 패러다임에 발맞춰 해양 생태계와 관련된 여러 분야의 데이터를 융합하여 실시간으로 수집되는 빅데이터를 활용한 GIS 기반 생태계 통합 어업자원 관리 시스템을 제시하였다.

빅데이터(big data), 초지능화(superintelligence), 사물인터넷(IoT, internet of things), 5G네트워크 기술 등 4차 산업혁명의 핵심 기술개념을 응용한 IFRAME 체계도는 Fig. 4.4와 같이 나타낼 수 있다. 인공위성과 조사선, 부이 등을 활용한 조사자료와 통계, 문헌자료 등으로부터 필요 자료를 수집한다. 다양한 분야의 출처에서 수집된 방대한 양의 자료들은 실시간으로 5G 네트워크를 통해서 주 데이터베이스로 분석이 가능한 형태의 자료로 가공된 후 저장된다. 데이터베이스의 자료들은 빅데이터를 처리하여 분석하는 초지능화 기술의 하나로 간주할 수 있는 IFRAME을 통해 평가, 예측, 관리 분석에 사용되고 관련정보들이 사용자들이 이용할 수 있는 여러 형태의 디바이스에 실시간으로 전송된다. 수산물의 생산단계의 어민부터 최종 단계의 소비자 까지 어업과 관련된 모든 이해관계자 사용자가 될 수 있다. 이러한 사용자들로부터 역시 자료가 데이터베이스로 전송되고 또 다시 IFRAME 분석에 이용될 수 있다.

우리나라에서는 이와 유사한 시스템으로 국가해양환경정보통합시스템(MEIS, www.meis.go.kr)이 있으며, 이 시스템에서는 해양과 관련된 여러 기관의 관측정보 들을 통합하여 관련 데이터베이스의 정보와 GIS 기반의 시각적인 자료를 제공하고 있다. 또한 국립수산과학원의 실시간 해양환경

어장정보시스템(www.nifs.go.kr/risa/main.risa)에서도 어장의 해양환경 정보를 GIS 기반의 시각적인 자료를 제공하고 있다. 하지만 이 시스템에서 제공하는 정보는 실제 어업에 활용할 수 있는 의사결정에 도움을 줄 수 있는 직접적인 분석 결과보다는 단순히 관측 자료만을 제공하고 있는 실정이다.

본 장에서 제시하고 있는 GIS 기반 생태계 통합 어업자원 관리 시스템은 기본적인 관측 또는 조사 자료뿐만 아니라 관련 통계자료, 연구자료 등을 통합하여 평가·예측 결과 등을 실시간으로 제공함으로써 실제 어업과 관련된 의사결정에 실질적으로 활용될 수 있는 정보를 제공한다.

더 나아가 궁극적으로는 Fig. 4.5에 제시된 바와 같이 우리나라 생태계뿐만 아니라 주변국과의 협력을 통해 주변국의 생태계 대한 정보뿐만 아니라 양식어업에 대한 정보를 통합함으로써 우리나라 연근해 어업과 연결되는 모든 요소에 대한 자료를 실시간으로 빅데이터를 기반으로 분석하는 통합 시스템을 갖춰 나가야 할 것이다.

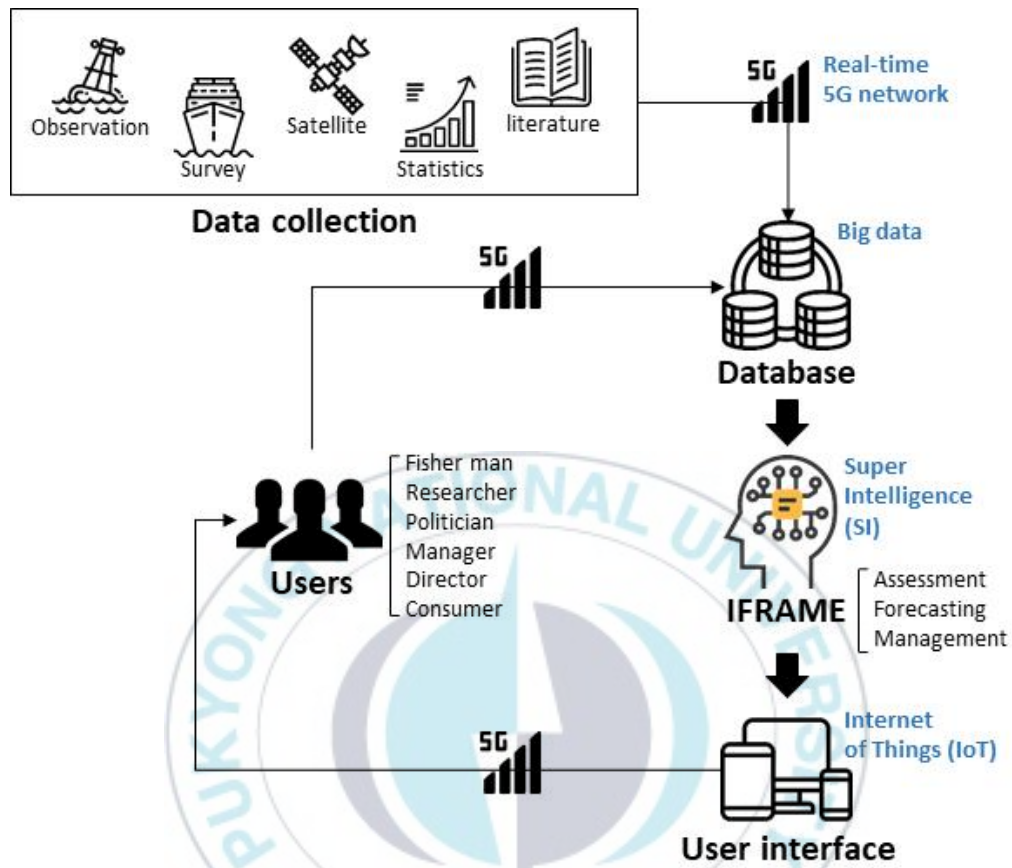


Fig. 4.4. IFRAME system applied the concept of key technologies of 4th industrial revolution.

참고문헌

- Casey, K.S., Brandon, T.B., Cornillon, P., and Evans, R. 2010. The past, present, and future of the AVHRR pathfinder SST program. In *Oceanography from Space: Revisited*. pp. 273 - 287.
- Christensen, V., Walters, C.J., Pauly, D., and Forrest, R. 2008. Ecopath with Ecosim version 6 User Guide. Fish. Centre, Univ. Br. Columbia, Vancouver, Canada 281(November): 1 - 235.
- FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. In *Contributing to food security and nutrition for all*. Rome. 220 pp. doi:978-92-5-306675-9.
- Hollowed, A.B., Curchitser, E.N., Stock, C.A., and Zhang, C.I. 2013. Trade-offs associated with different modeling approaches for assessment of fish and shellfish responses to climate change. *Clim. Change* 119(1).
- Kang, H.J., Seo, Y. Il, and Zhang, C.I. 2018. A preliminary study on ABC estimation approach for ecosystem-based TAC management. *Ocean Coast. Manag.* 157(January): 9 - 22. Elsevier.
- Kang, H.J., Zhang, C.I., Lee, E.J., and Seo, Y. Il. 2015. An ecosystem-based assessment of hairtail (*Trichiurus lepturus*) harvested by multi-gears and management implications in Korean waters. *Ocean Sci. J.* 50(2): 237 - 250. doi:10.1007/s12601-015-0021-5.
- Kim, D.H., and Zhang, C.I. 2011. Developing socioeconomic indicators for an ecosystem-based fisheries management approach: An application to the

- Korean large purse seine fishery. *Fish. Res.* 112(3): 134 - 139.
- KIm, H.A., Seo, Y. Il, Cha, H.K., Kang, H.J., and Zhang, C. ik. 2018. A study on the estimation of potential yield for Korean west coast fisheries using the holistic production method (HPM). *J Korean Soc Fish Ocean Technol*, 54(1): 38 - 53.
- Lan, K.-W., Zhang, C.I., Kang, H.J., Wu, L.-J., and Lian, L.-J. 2017. Impact of Fishing Exploitation and Climate Change on the Grey Mullet *Mugil cephalus* Stock in the Taiwan Strait. *Mar. Coast. Fish.* 9(1): 271 - 280.
- Lee, E.J., Seo, Y. Il, Park, H.W., Kang, H.J., and Zhang, C.I. 2015. A study on the comparison of spawning biomass per recruit analyses for fisheries management of small yellow croaker caught by drift gill net. *J Korean Soc Fish Technol* 51(4): 535 - 544.
- Lee, J.H. 2012. A study on the ecosystem-based risk assessment of the Korean large purse seine fishery under the climate change. Pukyong National University.
- Lee, M.W. 2014. Ecosystem-based stock assessment and fisheries management in the west coast of Korea. Pukyong National University.
- Natural Earth. 2018. 1:50m Bathymetry.
- NIFS. 2017. 어획대상 환경수용량 및 잠재생산량 추정 연구. Busan.
- Park, H.W., Choi, K.H., Zhang, C.I., Seo, Y.I., and Kim, H. 2013. A study on the ecosystem-based fisheries assessment by quality analysis in Jeonnam marine ranching ecosystem. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.* 49(4): 459 - 468.

- Park, H.W., Zhang, C.I., Kwon, Y.J., Seo, Y.I., and Oh, T.Y. 2013. A study on the risk scoring and risk index for the ecosystem-based fisheries assessment. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.* 49(4): 469 - 482.
- QGIS Development Team. 2018. QGIS Geographic Information System 3.0 Girona. doi:<http://www.qgis.org/>.
- Reynolds, R.W., Smith, T.M., Liu, C., Chelton, D.B., Casey, K.S., and Schlax, M.G. 2007. Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. *J. Clim.* 20(22): 5473 - 5496.
- Seo, Y. Il. 2011. Ecosystem-based stock assessment and fisheries management in the southern sea of Korea. Pukyong National University.
- Seung, C., and Zhang, C.I. 2011. Developing socioeconomic indicators for fisheries off Alaska: A multi-attribute utility function approach. *Fish. Res.* 112(3): 117 - 126.
- Walters, C., Christensen, V., Pauly, D. 1997. Structuring dynamic models of exploited ecosystem from trophic mass-balance assessment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7, 139-172. 7(2): 139 - 172.
- Walters, C., Pauly, D., and Christensen, V. 1999. Ecospace: Prediction of mesoscale spatial patterns in trophic relationships of exploited ecosystems, with emphasis on the impacts of marine protected areas. *Ecosystems* 2(6): 539 - 554.
- WEF. 2016. The Global Information Technology Report 2016. In World Economic Forum.
- Yoon, S.C., Zhang, C.I., Seo, Y.I., and Kim, J.G. 2014. Ecosystem-based

- resource assessment on coastal fisheries of Uljin in East Sea of Korea.
J. Kor. Soc. Fish. Tech. 50(4): 567 - 582.
- Zhang, C.I., Park, H.W., Lim, J.H., Kwon, H.C., and Kim, D.H. 2010. A study on indicators and reference points for the ecosystem-based resource assessment. J. Kor. Soc. Fish. Tech. 46(1): 32 - 49.
- Zhang, C.I., Hollowed, A.B., Lee, J.-B., and Kim, D.-H. 2011. An IFRAME approach for assessing impacts of climate change on fisheries. ICES J. Mar. Sci. J. du Cons. 68(6): 1318 - 1328.
- Zhang, C.I., Kim, H.A., and Kang, H.J. 2016. Management of small yellow croaker and hairtail in Korean waters using the length-based production value-per-recruit (PPR) analysis. J Korean Soc Fish Technol 52(3): 220 - 231.
- Zhang, C.I., Kim, S., Gunderson, D., Marasco, R., Lee, J.B., Park, H.W., and Lee, J.H. 2009. An ecosystem-based fisheries assessment approach for Korean fisheries. Fish. Res. 100(1): 26 - 41.
- Zhang, C. ik, Lee, E.J., and Kang, H. joong. 2014. Management of small yellow croaker stock in Korean waters based on production value-per-recruit analysis. J Korean Soc Fish Technol 50(4): 467 - 475.
- Zhang, C.I., and Lee, J.B. 2001. Stock assessment and management implications of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) in Korean waters, based on the relationships between recruitment and the ocean environment. Prog. Oceanogr. 49(1 - 4): 513 - 537.
- Zhang, C.I., Lim, J.H., Kwon, Y., Kang, H.J., Kim, D.H., and Seo, Y. Il.

2014. The current status of west sea fisheries resources and utilization in the context of fishery management of Korea. Ocean Coast. Manag. 102(PB): 493 - 505. Elsevier Ltd.

Zhang, C.I., Seo, Y. Il, and Kang, H.J. 2017. Estimation of the Exploitable Carrying Capacity in the Korean Water of. JFMSE 29(2): 513 - 525.



감사의 글



Appendix

Appendix 1. Input catch (mt) of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery

Species	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sand-fish	55	216	111	44	321	129	66	138	363	1,364	1,488	837	1,297	1,199	1,470
	62	316	261	233	464	381	195	248	273	614	669	412	589	519	570
	63	316	261	233	464	381	195	248	273	614	669	412	589	519	570
	60	234	332	329	448	325	163	138	49	178	243	247	500	375	411
	70	316	261	233	464	381	195	248	273	614	669	412	589	519	570
	76	140	79	31	88	70	37	106	75	33	69	6	27	15	4
	82	674	523	529	1,000	1,000	516	611	603	879	875	558	534	487	395
	87	316	261	233	464	381	195	248	273	614	669	412	589	519	570
Cod	55	351	117	99	20	6	83	458	28	7	39	38	11	4	1
	62	148	62	89	45	33	117	192	58	108	89	98	99	106	68
	63	148	62	89	45	33	117	192	58	108	89	98	99	106	68
	60	104	29	43	8	4	19	15	8	3	14	6	5	2	1
	70	148	62	89	45	33	117	192	58	108	89	98	99	106	68
	76	39	4	9	10	5	88	27	5	2	7	6	7	3	1
	82	99	99	204	141	119	276	268	189	420	297	341	373	416	267
	87	148	62	89	45	33	117	192	58	108	89	98	99	106	68

Appendix 2. Input CPUE (kg/haul) of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery

Species	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sand-fish	55	41	23	10	62	26	19	39	86	231	270	162	287	262	414
	62	84	73	50	80	68	47	98	66	107	122	81	129	106	150
	63	84	73	50	80	68	47	98	66	107	122	81	129	106	150
	60	65	97	74	102	76	55	139	49	65	77	85	143	105	147
	70	84	73	50	80	68	47	98	66	107	122	81	129	106	150
	76	175	130	56	65	94	66	152	45	13	24	3	11	7	2
	82	56	44	59	92	78	48	61	86	119	116	77	75	50	36
	87	84	73	50	80	68	47	98	66	107	122	81	129	106	150
Cod	55	66	24	22	4	1	18	85	6	1	7	7	3	1	0
	62	38	12	18	7	4	53	41	11	15	13	15	15	11	7
	63	38	12	18	7	4	53	41	11	15	13	15	15	11	7
	60	29	8	10	2	1	6	14	8	1	5	2	2	0	1
	70	38	12	18	7	4	53	41	11	15	13	15	15	11	7
	76	50	7	17	7	6	161	39	3	1	3	2	3	1	1
	82	8	8	23	13	9	26	27	27	57	39	47	53	43	27
	87	38	12	18	7	4	53	41	11	15	13	15	15	11	7

Appendix 3. Input target reference points for catch (mt) of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery

Species	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sand-fish	55	290	277	283	290	290	241	290	290	290	290	290	290	290	290
	62	184	176	180	184	184	153	184	184	184	184	184	184	184	184
	63	184	176	180	184	184	153	184	184	184	184	184	184	184	184
	60	127	122	124	127	127	106	127	127	127	127	127	127	127	127
	70	184	176	180	184	184	153	184	184	184	184	184	184	184	184
	76	25	24	24	25	25	21	25	25	25	25	25	25	25	25
	82	295	281	288	295	295	245	295	295	295	295	295	295	295	295
	87	184	176	180	184	184	153	184	184	184	184	184	184	184	184
Cod	55	36	18	30	12	8	36	36	25	36	29	34	36	33	23
	62	37	19	32	12	8	37	37	26	37	31	35	37	34	24
	63	37	19	32	12	8	37	37	26	37	31	35	37	34	24
	60	7	4	6	2	2	7	7	5	7	6	7	7	7	5
	70	37	19	32	12	8	37	37	26	37	31	35	37	34	24
	76	6	3	5	2	1	6	6	4	6	5	6	6	6	4
	82	100	50	85	33	22	100	100	69	100	82	95	99	91	65
	87	37	19	32	12	8	37	37	26	37	31	35	37	34	24

Appendix 4. Input limit reference points for catch (mt) of sandfish and pacific cod harvested by eastern danish seine fishery

Species	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sandfish	55	581	553	567	581	581	482	581	581	581	581	581	581	581	581
	62	369	352	360	369	369	306	369	369	369	369	369	369	369	369
	63	369	352	360	369	369	306	369	369	369	369	369	369	369	369
	60	255	243	249	255	255	212	255	255	255	255	255	255	255	255
	70	369	352	360	369	369	306	369	369	369	369	369	369	369	369
	76	50	48	49	50	50	42	50	50	50	50	50	50	50	50
	82	590	562	575	590	590	490	590	590	590	590	590	590	590	590
	87	369	352	360	369	369	306	369	369	369	369	369	369	369	369
Cod	55	72	36	61	24	16	72	72	50	72	59	68	71	66	47
	62	74	38	63	24	16	74	74	52	74	61	71	74	68	48
	63	74	38	63	24	16	74	74	52	74	61	71	74	68	48
	60	15	8	13	5	3	15	15	10	15	12	14	15	14	10
	70	74	38	63	24	16	74	74	52	74	61	71	74	68	48
	76	12	6	10	4	3	12	12	8	12	10	11	12	11	8
	82	199	101	169	65	43	199	199	139	199	163	189	199	182	129
	87	74	38	63	24	16	74	74	52	74	61	71	74	68	48

Appendix 5. Input catch (mt) of common squid harvested by offshore angling fishery

spe- cies	Sea block	Year													
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
com- mon squid	47	0	3	0	0	8	0	2	0	0	5	2	2	0	0
	48	20	98	19	6	60	5	10	4	2	29	16	0	1	4
	49	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
	50	0	0	0	0	1	3	1	0	0	4	0	0	3	1
	51	0	0	0	0	0	27	1	0	0	1	9	1	0	0
	52	0	0	0	0	0	0	4	0	0	10	6	1	0	2
	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	1
	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	55	373	734	667	230	620	190	129	90	7	91	159	27	18	60
	56	54	213	179	27	32	54	42	29	4	22	12	8	66	17
	57	33	168	87	44	35	47	100	17	23	59	19	7	64	38
	58	17	13	19	45	89	5	51	5	7	36	46	17	4	48
	59	26	2	12	47	7	2	10	15	3	69	28	2	1	29
	60	19	15	14	3	0	2	7	1	12	41	4	11	14	19
	61	1	166	38	1	1	1	8	2	4	21	5	8	6	10
	62	215	184	266	638	381	319	77	65	25	8	41	21	24	14
	63	623	937	532	765	924	422	149	111	34	24	70	33	47	43
	64	167	622	540	621	105	41	158	55	29	52	20	39	35	40
	65	215	367	155	694	89	57	216	50	77	45	59	17	35	32
	66	531	726	533	1,182	87	75	106	150	120	204	161	159	144	99
	67	327	596	746	937	205	143	310	135	151	196	155	145	99	81
	68	609	849	626	271	111	421	185	44	49	61	171	95	44	44
	69	98	242	36	268	95	72	49	23	7	44	6	27	10	38
	70	664	523	138	258	363	192	245	191	51	265	32	131	83	142
	71	244	157	145	238	244	112	83	158	220	116	115	194	200	118
	72	208	155	310	147	84	85	119	93	253	199	212	224	272	113
	73	162	416	229	414	92	106	84	141	170	281	324	220	127	93
	74	118	322	374	94	19	57	186	89	83	87	140	89	40	39
	75	14	18	34	10	16	9	7	14	5	19	4	25	4	86
	76	1,264	384	202	239	565	350	410	277	298	586	92	308	196	659
	77	453	444	331	254	293	132	63	84	194	541	219	315	293	444
	78	135	101	220	69	22	48	60	29	50	218	63	75	139	55
	79	11	17	99	25	20	17	92	32	4	42	42	20	20	13
	80	34	68	95	7	3	1	19	20	1	7	19	14	10	8
	81	0	9	5	10	23	23	4	3	2	20	1	28	43	30
	82	1,110	587	492	334	1,501	598	520	338	600	360	171	395	1,379	1,288
	83	488	727	632	280	261	186	133	158	254	317	322	197	465	480
	84	49	95	394	111	33	36	88	60	39	48	101	28	53	76
	85	66	200	456	82	10	47	16	40	46	14	7	3	42	7
	86	28	11	29	14	2	0	13	15	1	5	4	3	1	0
	87	976	674	503	884	952	849	530	369	643	284	527	469	908	927
	88	683	370	1,407	523	388	333	163	373	588	297	506	367	247	215
	89	327	452	1,289	444	98	237	170	721	445	342	221	39	186	21
	90	306	155	441	129	17	13	12	85	12	55	35	8	9	0
	91	15	7	20	65	9	0	16	144	2	32	12	9	2	0
	329	8	19	132	55	22	185	49	12	51	17	41	3	4	5
	332	0	1	0	11	4	17	1	6	0	6	6	5	0	1
	333	8	31	161	27	16	52	64	47	21	12	59	26	9	23
	334	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
	335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2

Appendix 5. (continued)

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	336	1	5	10	2	5	11	15	5	3	8	22	12	9	14	
	337	15	25	0	11	6	32	31	8	20	3	45	12	3	15	
	338	15	78	84	107	0	11	41	1	1	8	15	3	4	26	
	339	2	1	175	0	21	9	20	3	6	4	12	3	10	17	
	340	65	147	185	56	409	78	28	3	4	2	23	12	21	13	
	341	182	2	6	5	73	14	5	5	2	2	6	1	2	3	
	342	302	315	484	41	137	281	92	27	44	7	44	29	41	40	
	343	137	28	208	20	42	72	90	5	24	2	25	11	13	11	
	344	17	4	9	0	35	42	20	1	7	2	4	2	2	3	
	345	1	1	1	4	24	74	5	0	1	0	0	1	1	1	
	346	8	32	36	2	4	2	92	16	36	5	28	13	6	14	
	347	0	5	5	11	1	11	12	2	1	1	10	4	1	2	
	348	1	1	3	2	0	1	2	0	0	1	1	3	1	2	
	349	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	350	5	11	55	7	0	0	1	6	0	0	4	2	2	6	
	351	1	150	31	12	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	
	352	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	
	354	4	13	43	4	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	
	358	0	0	0	7	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	
	916	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
	917	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	924	0	0	0	0	0	22	1	0	0	0	0	0	0	1	
	925	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	932	0	0	0	0	52	32	4	3	0	0	1	0	1	1	
	933	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	934	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
	940	245	26	27	118	0	45	2	4	1	1	20	2	1	13	
	941	26	0	2	2	0	3	0	2	0	0	1	0	0	10	
	942	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	948	10	72	83	5	1	146	47	30	46	21	215	10	9	57	
	949	7	1	1	0	0	12	4	3	9	2	12	0	0	18	
	950	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	956	110	73	185	85	15	375	174	67	73	30	77	2	26	9	
	957	72	15	51	0	0	18	2	1	10	0	0	0	0	0	
	5055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	
	5087	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	

Appendix 6. Input CPUE (kg/vessel) of common squid harvested by offshore angling fishery

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	47	4	5	4	0	9	0	3	3	0	5	8	33	0	1	
	48	13	18	7	6	9	2	2	0	1	5	7	8	4	6	
	49	0	0	0	0	4	2	0	2	0	3	8	13	1	10	
	50	0	0	0	0	8	2	10	0	0	12	17	0	13	8	
	51	33	0	0	8	0	37	9	0	0	5	7	6	0	4	
	52	0	0	0	0	0	2	32	0	0	7	8	8	0	6	
	53	0	0	0	0	0	2	17	0	0	6	0	10	0	11	
	54	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	8	8	0	11	
	55	12	17	13	8	9	2	3	3	0	4	7	9	8	8	
	56	12	17	14	11	3	4	5	3	3	6	10	7	11	9	
	57	8	19	8	11	7	2	5	4	106	9	13	13	12	15	
	58	19	62	12	10	31	2	4	6	12	8	8	15	17	9	
	59	52	125	14	9	7	3	4	16	8	6	11	7	11	9	
	60	64	61	12	24	0	4	5	2	13	6	7	12	37	13	
	61	54	51	34	10	17	3	8	3	18	8	6	11	15	10	
	62	31	13	19	38	9	9	6	6	11	8	9	11	13	8	
	63	25	19	18	31	16	7	5	6	12	8	9	10	11	9	
	64	17	28	89	38	6	4	7	6	11	9	15	19	12	14	
	65	26	31	17	29	7	6	8	10	8	10	12	12	9	7	
	66	23	45	21	48	3	3	6	4	9	8	10	8	7	5	
	67	30	50	26	56	8	8	13	7	10	9	10	10	7	5	
	68	43	39	32	61	11	20	17	10	15	11	13	13	9	7	
	69	44	39	19	38	5	3	4	3	11	9	9	11	7	10	
	70	38	30	24	33	13	8	8	9	13	12	13	13	14	16	
	71	28	29	28	28	12	8	7	11	12	10	11	13	9	9	
	72	33	30	27	35	5	9	8	4	13	10	10	9	8	6	
	73	40	45	28	54	5	7	6	7	10	10	10	9	7	6	
	74	34	40	33	37	8	9	10	9	8	11	12	11	8	7	
	75	39	36	42	29	5	9	5	9	6	9	7	9	8	59	
	76	39	28	27	29	12	13	10	8	14	13	18	10	11	31	
	77	36	34	29	34	15	15	9	7	14	12	10	12	11	15	
	78	52	24	32	31	12	16	8	8	17	13	12	16	18	11	
	79	31	32	42	64	35	10	13	8	13	16	24	12	11	10	
	80	58	26	61	48	50	10	10	8	15	12	18	14	12	13	
	81	0	44	26	32	5	15	5	3	4	7	7	23	93	50	
	82	30	23	32	25	20	13	11	12	22	12	14	13	56	55	
	83	29	26	36	23	29	13	9	9	19	13	13	13	20	23	
	84	36	24	42	32	28	21	15	8	15	14	15	14	15	14	
	85	64	80	69	54	100	35	13	20	143	24	25	17	47	10	
	86	33	21	48	41	125	1	6	14	11	16	13	10	8	13	
	87	30	26	27	32	11	11	7	8	18	11	14	16	35	49	
	88	30	28	38	38	19	12	12	11	17	18	16	17	17	16	
	89	49	64	49	55	46	21	33	24	39	45	34	21	39	10	
	90	75	73	65	66	173	77	25	45	88	101	97	56	103	0	
	91	33	25	64	45	76	3	6	26	25	41	14	12	27	13	
	329	23	20	136	169	60	46	21	14	54	20	76	41	14	11	
	332	0	22	0	292	17	63	19	4	0	16	21	34	8	8	
	333	50	43	83	72	30	10	18	7	18	8	15	28	13	10	
	334	0	0	0	0	0	0	0	16	0	4	11	11	27	15	
	335	0	0	0	0	0	0	0	3	0	6	14	25	0	8	

Appendix 6. (continued)

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	336	100	47	41	56	75	20	13	6	10	13	17	18	15	10	
	337	55	53	17	71	17	17	28	19	33	10	20	19	14	9	
	338	53	54	33	104	0	2	18	4	11	5	9	10	13	12	
	339	125	19	93	8	77	5	22	11	30	7	16	15	5	10	
	340	45	35	112	62	45	32	18	9	15	14	19	21	15	8	
	341	82	32	63	50	28	34	10	24	26	15	16	29	15	8	
	342	52	45	51	38	43	32	19	14	21	11	15	15	11	9	
	343	55	49	92	54	34	36	24	19	25	7	14	16	11	8	
	344	89	31	90	8	36	27	19	21	35	9	10	17	10	8	
	345	108	21	42	44	184	33	16	0	11	4	13	16	9	7	
	346	51	36	65	44	36	42	13	9	7	10	14	13	13	12	
	347	6	46	37	22	46	83	28	22	10	15	25	13	10	9	
	348	17	42	92	42	0	39	22	8	0	14	18	22	7	8	
	349	0	0	0	0	0	83	17	0	0	13	25	8	4	8	
	350	14	40	76	26	0	8	2	17	0	8	22	9	8	8	
	351	20	162	82	47	25	0	1	0	23	8	8	15	8	8	
	352	8	189	0	0	0	0	0	0	0	17	33	17	17	9	
	354	46	106	55	32	25	0	0	0	0	8	19	8	8	8	
	358	0	8	4	40	0	0	8	67	0	17	6	8	0	0	
	916	0	0	0	0	0	97	13	17	0	0	0	0	7	8	
	917	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
	924	0	0	0	0	0	27	33	0	17	0	0	0	13	18	
	925	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
	932	17	0	0	0	53	59	27	32	9	0	17	17	14	14	
	933	81	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	8	
	934	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	8	
	940	55	37	93	60	0	42	28	19	42	13	29	13	10	13	
	941	46	0	125	67	0	36	0	19	0	0	22	17	0	9	
	942	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	948	44	45	57	48	14	19	22	14	23	15	35	21	15	11	
	949	84	67	98	0	0	34	21	7	36	7	17	8	0	11	
	950	375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	956	62	65	73	176	88	27	24	16	30	14	58	34	14	9	
	957	65	41	203	0	0	70	20	53	214	4	8	0	0	0	
	5055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8	12	5	
	5087	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	9	17	

Appendix 7. Input target reference points for catch (mt) of common squid
harvested by offshore angling fishery

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	47	11	11	11	11	6	5	4	4	8	5	6	6	8	9	
	48	131	131	131	131	73	53	49	48	89	64	75	71	100	106	
	49	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	50	6	6	6	6	3	2	2	2	4	3	3	3	5	5	
	51	19	19	19	19	11	8	7	7	13	9	11	10	15	16	
	52	11	11	11	11	6	4	4	4	7	5	6	6	8	9	
	53	3	3	3	3	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	
	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	55	1,614	1,614	1,614	1,614	898	660	605	594	1,103	787	934	874	1,240	1,314	
	56	361	361	361	361	201	148	135	133	246	176	209	195	277	294	
	57	353	353	353	353	196	144	132	130	241	172	204	191	271	287	
	58	192	192	192	192	107	78	72	71	131	93	111	104	147	156	
	59	120	120	120	120	67	49	45	44	82	59	70	65	92	98	
	60	78	78	78	78	43	32	29	29	53	38	45	42	60	63	
	61	129	129	129	129	72	53	48	48	88	63	75	70	99	105	
	62	1,083	1,083	1,083	1,083	603	443	406	399	740	528	627	587	832	882	
	63	2,241	2,241	2,241	2,241	1,247	917	840	825	1,531	1,092	1,296	1,214	1,722	1,825	
	64	1,200	1,200	1,200	1,200	668	491	450	442	820	585	694	650	922	977	
	65	1,002	1,002	1,002	1,002	558	410	376	369	685	489	580	543	770	816	
	66	2,034	2,034	2,034	2,034	1,132	832	762	748	1,389	991	1,176	1,102	1,562	1,656	
	67	2,010	2,010	2,010	2,010	1,118	822	753	740	1,373	980	1,162	1,089	1,544	1,637	
	68	1,702	1,702	1,702	1,702	947	696	638	626	1,163	830	985	922	1,308	1,386	
	69	483	483	483	483	269	197	181	178	330	235	279	261	371	393	
	70	1,560	1,560	1,560	1,560	868	638	585	574	1,066	760	902	845	1,198	1,270	
	71	1,115	1,115	1,115	1,115	620	456	418	410	761	543	645	604	856	908	
	72	1,176	1,176	1,176	1,176	655	481	441	433	804	573	681	637	904	958	
	73	1,360	1,360	1,360	1,360	757	556	510	501	929	663	787	737	1,045	1,108	
	74	826	826	826	826	460	338	310	304	564	403	478	447	634	673	
	75	125	125	125	125	70	51	47	46	85	61	72	68	96	102	
	76	2,773	2,773	2,773	2,773	1,543	1,134	1,039	1,020	1,894	1,351	1,604	1,502	2,130	2,258	
	77	1,932	1,932	1,932	1,932	1,075	790	724	711	1,320	942	1,117	1,047	1,484	1,573	
	78	610	610	610	610	340	250	229	225	417	297	353	331	469	497	
	79	215	215	215	215	120	88	81	79	147	105	125	117	166	175	
	80	146	146	146	146	81	60	55	54	100	71	84	79	112	119	
	81	95	95	95	95	53	39	36	35	65	46	55	51	73	77	
	82	4,600	4,600	4,600	4,600	2,560	1,881	1,725	1,693	3,143	2,242	2,661	2,492	3,534	3,746	
	83	2,330	2,330	2,330	2,330	1,297	953	874	858	1,592	1,136	1,348	1,262	1,790	1,898	
	84	576	576	576	576	321	236	216	212	394	281	333	312	443	469	
	85	492	492	492	492	274	201	184	181	336	240	285	267	378	401	
	86	59	59	59	59	33	24	22	22	41	29	34	32	46	48	
	87	4,516	4,516	4,516	4,516	2,513	1,847	1,693	1,662	3,085	2,201	2,612	2,446	3,469	3,677	
	88	3,072	3,072	3,072	3,072	1,709	1,256	1,152	1,131	2,099	1,497	1,777	1,664	2,360	2,501	
	89	2,374	2,374	2,374	2,374	1,321	971	890	874	1,622	1,157	1,373	1,286	1,824	1,933	
	90	607	607	607	607	338	248	227	223	414	296	351	329	466	494	
	91	158	158	158	158	88	65	59	58	108	77	91	86	121	129	
	329	286	286	286	286	159	117	107	105	196	140	166	155	220	233	
	332	27	27	27	27	15	11	10	10	19	13	16	15	21	22	
	333	263	263	263	263	147	108	99	97	180	128	152	143	202	214	
	334	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	335	3	3	3	3	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	

Appendix 7. (continued)

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	336	58	58	58	58	32	24	22	21	40	28	34	32	45	47	
	337	108	108	108	108	60	44	40	40	74	53	62	59	83	88	
	338	188	188	188	188	104	77	70	69	128	91	109	102	144	153	
	339	135	135	135	135	75	55	51	50	92	66	78	73	104	110	
	340	497	497	497	497	277	203	186	183	340	242	288	270	382	405	
	341	146	146	146	146	81	60	55	54	100	71	85	79	112	119	
	342	896	896	896	896	498	366	336	330	612	437	518	485	688	729	
	343	329	329	329	329	183	134	123	121	224	160	190	178	252	268	
	344	69	69	69	69	38	28	26	25	47	34	40	37	53	56	
	345	54	54	54	54	30	22	20	20	37	26	31	29	41	44	
	346	140	140	140	140	78	57	52	52	96	68	81	76	108	114	
	347	32	32	32	32	18	13	12	12	22	15	18	17	24	26	
	348	9	9	9	9	5	3	3	3	6	4	5	5	7	7	
	349	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	350	47	47	47	47	26	19	18	17	32	23	27	25	36	38	
	351	94	94	94	94	52	38	35	35	64	46	54	51	72	77	
	352	24	24	24	24	14	10	9	9	17	12	14	13	19	20	
	354	32	32	32	32	18	13	12	12	22	16	19	17	25	26	
	358	16	16	16	16	9	6	6	6	11	8	9	8	12	13	
	916	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	917	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	924	11	11	11	11	6	5	4	4	8	6	7	6	9	9	
	925	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	
	932	45	45	45	45	25	18	17	17	31	22	26	24	34	37	
	933	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	934	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
	940	239	239	239	239	133	98	90	88	164	117	139	130	184	195	
	941	21	21	21	21	12	9	8	8	15	10	12	12	16	17	
	942	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	948	358	358	358	358	199	146	134	132	244	174	207	194	275	291	
	949	33	33	33	33	18	13	12	12	22	16	19	18	25	27	
	950	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	956	619	619	619	619	344	253	232	228	423	302	358	335	475	504	
	957	80	80	80	80	45	33	30	30	55	39	46	44	62	65	
	5055	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	5087	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	

Appendix 8. Input limit reference points for catch of common squid harvested
by offshore angling fishery

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	47	22	22	22	22	12	9	8	8	15	11	13	12	17	18	
	48	261	261	261	261	145	107	98	96	178	127	151	141	201	213	
	49	4	4	4	4	2	1	1	1	2	2	2	2	3	3	
	50	12	12	12	12	7	5	4	4	8	6	7	6	9	10	
	51	38	38	38	38	21	16	14	14	26	19	22	21	29	31	
	52	22	22	22	22	12	9	8	8	15	11	13	12	17	18	
	53	5	5	5	5	3	2	2	2	3	2	3	3	4	4	
	54	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	55	3,228	3,228	3,228	3,228	1,796	1,320	1,210	1,188	2,205	1,573	1,867	1,749	2,480	2,629	
	56	721	721	721	721	401	295	270	265	493	352	417	391	554	587	
	57	705	705	705	705	392	288	264	260	482	344	408	382	542	574	
	58	383	383	383	383	213	157	144	141	262	187	222	208	295	312	
	59	241	241	241	241	134	98	90	89	165	117	139	130	185	196	
	60	155	155	155	155	86	64	58	57	106	76	90	84	119	127	
	61	259	259	259	259	144	106	97	95	177	126	150	140	199	211	
	62	2,167	2,167	2,167	2,167	1,206	886	812	797	1,480	1,056	1,253	1,174	1,665	1,764	
	63	4,482	4,482	4,482	4,482	2,494	1,833	1,680	1,650	3,062	2,185	2,592	2,428	3,443	3,650	
	64	2,400	2,400	2,400	2,400	1,335	982	900	883	1,640	1,170	1,388	1,300	1,844	1,954	
	65	2,005	2,005	2,005	2,005	1,116	820	752	738	1,370	977	1,160	1,086	1,540	1,633	
	66	4,067	4,067	4,067	4,067	2,263	1,663	1,525	1,497	2,779	1,982	2,353	2,204	3,125	3,312	
	67	4,019	4,019	4,019	4,019	2,237	1,644	1,507	1,479	2,746	1,959	2,325	2,178	3,088	3,273	
	68	3,404	3,404	3,404	3,404	1,894	1,392	1,276	1,253	2,326	1,659	1,969	1,844	2,615	2,772	
	69	965	965	965	965	537	395	362	355	659	470	558	523	742	786	
	70	3,120	3,120	3,120	3,120	1,736	1,276	1,170	1,148	2,131	1,521	1,805	1,690	2,397	2,540	
	71	2,229	2,229	2,229	2,229	1,240	912	836	820	1,523	1,087	1,289	1,208	1,712	1,815	
	72	2,353	2,353	2,353	2,353	1,309	962	882	866	1,607	1,147	1,361	1,275	1,808	1,916	
	73	2,720	2,720	2,720	2,720	1,514	1,113	1,020	1,001	1,858	1,326	1,573	1,474	2,090	2,215	
	74	1,652	1,652	1,652	1,652	919	676	619	608	1,129	805	955	895	1,269	1,345	
	75	250	250	250	250	139	102	94	92	171	122	145	136	192	204	
	76	5,545	5,545	5,545	5,545	3,086	2,268	2,079	2,041	3,788	2,703	3,208	3,004	4,260	4,516	
	77	3,864	3,864	3,864	3,864	2,150	1,580	1,448	1,422	2,640	1,883	2,235	2,093	2,968	3,146	
	78	1,221	1,221	1,221	1,221	679	499	458	449	834	595	706	661	938	994	
	79	431	431	431	431	240	176	162	159	294	210	249	233	331	351	
	80	291	291	291	291	162	119	109	107	199	142	169	158	224	237	
	81	189	189	189	189	105	78	71	70	129	92	110	103	146	154	
	82	9,200	9,200	9,200	9,200	5,119	3,763	3,449	3,386	6,285	4,484	5,322	4,984	7,068	7,492	
	83	4,661	4,661	4,661	4,661	2,593	1,906	1,747	1,715	3,184	2,272	2,696	2,525	3,580	3,795	
	84	1,153	1,153	1,153	1,153	641	471	432	424	788	562	667	625	886	939	
	85	984	984	984	984	548	403	369	362	672	480	569	533	756	801	
	86	119	119	119	119	66	49	45	44	81	58	69	64	91	97	
	87	9,031	9,031	9,031	9,031	5,025	3,694	3,386	3,324	6,170	4,402	5,224	4,893	6,938	7,354	
	88	6,144	6,144	6,144	6,144	3,419	2,513	2,303	2,261	4,197	2,995	3,554	3,329	4,720	5,003	
	89	4,748	4,748	4,748	4,748	2,642	1,942	1,780	1,748	3,244	2,314	2,747	2,573	3,648	3,867	
	90	1,213	1,213	1,213	1,213	675	496	455	447	829	591	702	657	932	988	
	91	316	316	316	316	176	129	119	116	216	154	183	171	243	257	
	329	573	573	573	573	319	234	215	211	391	279	331	310	440	466	
	332	54	54	54	54	30	22	20	20	37	27	32	30	42	44	
	333	527	527	527	527	293	215	197	194	360	257	305	285	405	429	
	334	4	4	4	4	2	2	2	2	3	2	3	2	3	4	
	335	6	6	6	6	3	3	2	2	4	3	4	3	5	4	

Appendix 8. (continued)

spe- cies	Sea block	Year														
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
com- mon squid	336	116	116	116	116	65	48	44	43	79	57	67	63	89	95	
	337	216	216	216	216	120	88	81	80	148	105	125	117	166	176	
	338	375	375	375	375	209	153	141	138	256	183	217	203	288	306	
	339	270	270	270	270	150	110	101	99	184	132	156	146	207	220	
	340	995	995	995	995	554	407	373	366	680	485	575	539	764	810	
	341	292	292	292	292	163	120	110	108	200	142	169	158	225	238	
	342	1,792	1,792	1,792	1,792	997	733	672	659	1,224	873	1,036	971	1,376	1,459	
	343	657	657	657	657	366	269	246	242	449	320	380	356	505	535	
	344	138	138	138	138	77	57	52	51	94	67	80	75	106	113	
	345	108	108	108	108	60	44	40	40	74	53	62	58	83	88	
	346	280	280	280	280	156	114	105	103	191	136	162	152	215	228	
	347	63	63	63	63	35	26	24	23	43	31	37	34	49	52	
	348	17	17	17	17	10	7	6	6	12	8	10	9	13	14	
	349	3	3	3	3	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	
	350	94	94	94	94	52	38	35	35	64	46	54	51	72	77	
	351	188	188	188	188	105	77	71	69	129	92	109	102	145	153	
	352	49	49	49	49	27	20	18	18	33	24	28	26	37	40	
	354	64	64	64	64	36	26	24	24	44	31	37	35	49	52	
	358	31	31	31	31	17	13	12	11	21	15	18	17	24	25	
	916	4	4	4	4	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	
	917	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	924	23	23	23	23	13	9	9	8	15	11	13	12	17	18	
	925	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
	932	90	90	90	90	50	37	34	33	61	44	52	49	69	73	
	933	4	4	4	4	2	2	2	2	3	2	3	2	3	4	
	934	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	940	479	479	479	479	266	196	180	176	327	233	277	259	368	390	
	941	43	43	43	43	24	18	16	16	29	21	25	23	33	35	
	942	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	948	715	715	715	715	398	292	268	263	489	349	414	387	549	582	
	949	65	65	65	65	36	27	25	24	45	32	38	35	50	53	
	950	4	4	4	4	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	
	956	1,237	1,237	1,237	1,237	688	506	464	455	845	603	716	670	950	1,008	
	957	161	161	161	161	89	66	60	59	110	78	93	87	123	131	
	5055	4	4	4	4	2	2	2	2	3	2	3	2	3	4	
	5087	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

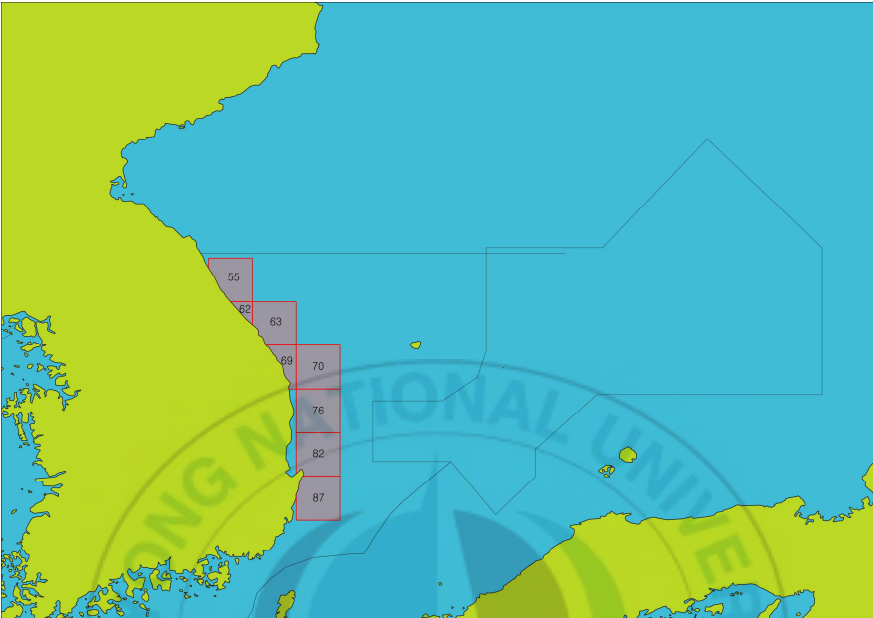
Appendix 9. Decimal degrees of sea blocks for the study area

Sea block	Left	Top	Right	Bottom	Center Long.	Center Lat.
47	128.00	39.00	128.50	38.50	128.25	38.75
48	128.50	39.00	129.00	38.50	128.75	38.75
49	129.00	39.00	129.50	38.50	129.25	38.75
50	129.50	39.00	130.00	38.50	129.75	38.75
51	130.00	39.00	130.50	38.50	130.25	38.75
52	130.50	39.00	131.00	38.50	130.75	38.75
53	131.00	39.00	131.50	38.50	131.25	38.75
54	131.50	39.00	132.00	38.50	131.75	38.75
55	128.50	38.50	129.00	38.00	128.75	38.25
56	129.00	38.50	129.50	38.00	129.25	38.25
57	129.50	38.50	130.00	38.00	129.75	38.25
58	130.00	38.50	130.50	38.00	130.25	38.25
59	130.50	38.50	131.00	38.00	130.75	38.25
60	131.00	38.50	131.50	38.00	131.25	38.25
61	131.50	38.50	132.00	38.00	131.75	38.25
62	128.50	38.00	129.00	37.50	128.75	37.75
63	129.00	38.00	129.50	37.50	129.25	37.75
64	129.50	38.00	130.00	37.50	129.75	37.75
65	130.00	38.00	130.50	37.50	130.25	37.75
66	130.50	38.00	131.00	37.50	130.75	37.75
67	131.00	38.00	131.50	37.50	131.25	37.75
68	131.50	38.00	132.00	37.50	131.75	37.75
69	129.00	37.50	129.50	37.00	129.25	37.25
70	129.50	37.50	130.00	37.00	129.75	37.25
71	130.00	37.50	130.50	37.00	130.25	37.25
72	130.50	37.50	131.00	37.00	130.75	37.25
73	131.00	37.50	131.50	37.00	131.25	37.25
74	131.50	37.50	132.00	37.00	131.75	37.25
75	129.00	37.00	129.50	36.50	129.25	36.75
76	129.50	37.00	130.00	36.50	129.75	36.75
77	130.00	37.00	130.50	36.50	130.25	36.75
78	130.50	37.00	131.00	36.50	130.75	36.75
79	131.00	37.00	131.50	36.50	131.25	36.75
80	131.50	37.00	132.00	36.50	131.75	36.75
81	129.00	36.50	129.50	36.00	129.25	36.25
82	129.50	36.50	130.00	36.00	129.75	36.25
83	130.00	36.50	130.50	36.00	130.25	36.25
84	130.50	36.50	131.00	36.00	130.75	36.25
85	131.00	36.50	131.50	36.00	131.25	36.25
86	131.50	36.50	132.00	36.00	131.75	36.25
87	129.50	36.00	130.00	35.50	129.75	35.75
88	130.00	36.00	130.50	35.50	130.25	35.75
89	130.50	36.00	131.00	35.50	130.75	35.75
90	131.00	36.00	131.50	35.50	131.25	35.75
91	131.50	36.00	132.00	35.50	131.75	35.75
329	133.50	40.00	134.00	39.50	133.75	39.75

Appendix 9. (continued)

Sea block	Left	Top	Right	Bottom	Long.	Lat.
332	133.00	39.50	133.50	39.00	133.25	39.25
333	133.50	39.50	134.00	39.00	133.75	39.25
334	132.00	39.00	132.50	38.50	132.25	38.75
335	132.50	39.00	133.00	38.50	132.75	38.75
336	133.00	39.00	133.50	38.50	133.25	38.75
337	133.50	39.00	134.00	38.50	133.75	38.75
338	132.00	38.50	132.50	38.00	132.25	38.25
339	132.50	38.50	133.00	38.00	132.75	38.25
340	133.00	38.50	133.50	38.00	133.25	38.25
341	133.50	38.50	134.00	38.00	133.75	38.25
342	132.00	38.00	132.50	37.50	132.25	37.75
343	132.50	38.00	133.00	37.50	132.75	37.75
344	133.00	38.00	133.50	37.50	133.25	37.75
345	133.50	38.00	134.00	37.50	133.75	37.75
346	132.00	37.50	132.50	37.00	132.25	37.25
347	132.50	37.50	133.00	37.00	132.75	37.25
348	133.00	37.50	133.50	37.00	133.25	37.25
349	133.50	37.50	134.00	37.00	133.75	37.25
350	132.00	37.00	132.50	36.50	132.25	36.75
351	132.50	37.00	133.00	36.50	132.75	36.75
352	133.00	37.00	133.50	36.50	133.25	36.75
353	133.50	37.00	134.00	36.50	133.75	36.75
354	132.00	36.50	132.50	36.00	132.25	36.25
358	132.00	36.00	132.50	35.50	132.25	35.75
910	134.00	37.00	134.50	36.50	134.25	36.75
911	134.50	37.00	135.00	36.50	134.75	36.75
912	135.00	37.00	135.50	36.50	135.25	36.75
916	134.00	37.50	134.50	37.00	134.25	37.25
917	134.50	37.50	135.00	37.00	134.75	37.25
918	135.00	37.50	135.50	37.00	135.25	37.25
924	134.00	38.00	134.50	37.50	134.25	37.75
925	134.50	38.00	135.00	37.50	134.75	37.75
926	135.00	38.00	135.50	37.50	135.25	37.75
932	134.00	38.50	134.50	38.00	134.25	38.25
933	134.50	38.50	135.00	38.00	134.75	38.25
934	135.00	38.50	135.50	38.00	135.25	38.25
940	134.00	39.00	134.50	38.50	134.25	38.75
941	134.50	39.00	135.00	38.50	134.75	38.75
942	135.00	39.00	135.50	38.50	135.25	38.75
948	134.00	39.50	134.50	39.00	134.25	39.25
949	134.50	39.50	135.00	39.00	134.75	39.25
950	135.00	39.50	135.50	39.00	135.25	39.25
956	134.00	40.00	134.50	39.50	134.25	39.75
957	134.50	40.00	135.00	39.50	134.75	39.75
5055	128.00	38.50	128.50	38.00	128.25	38.25
5087	129.00	36.00	129.50	35.50	129.25	35.75

Appendix 10. Fishing ground for the eastern danish seine fishery
and offshore angling fishery



(a) Eastern danish seine



(b) Eastern danish seine