



생태계 기반 어업관리 교육의 적합성 평가기법 연구

강버들 · 장창익 · 김현아[†]
부경대학교(교수) · ^{*}부경대학교(학생)

An Evaluation Approach for Suitability of Education for Achieving Ecosystem-based Fisheries Management

Beodeul KANG · Chang Ik ZHANG · Hyuna KIM[†]
Pukyong National University(professor) · ^{*}Pukyong National University(student)

Abstract

Ecosystem-based fisheries management(EBFM) is a new paradigm to ensure food security for protecting marine ecosystems and for pursuing sustainable fisheries, which are targets for the Sustainable Development Goal(SDG) 14. Annual catch of Korean fisheries have shown continuously declining patterns since late 1990s. Most fish stocks are currently known to be over-exploited, and some stocks are depleted due to the increase in fishing intensity and over-capitalization of fishing fleets. In this situation, fisheries education needs to take into account ecosystem-based fisheries management(EBFM). Accordingly, an evaluation for the suitability of fisheries education is required to quantitatively determine whether the level and quality of the current education is suitable for achieving ecosystem-based fisheries assessment and management.

A pragmatic evaluation approach was developed for the assessment of the suitability of fisheries education to the ecosystem-based fisheries assessment and management, whose four management objectives are sustainability, biodiversity, habitat quality and socio-economic benefits. Nested suitability indices, such as objectives suitability index(OSI), fishery suitability index(FSI), and ecosystem suitability index(ESI), were developed to assess the suitability status at the management unit level. A suitability diagram was developed and found to be useful in quickly displaying results. The method was demonstrated by applying it to the Korean diving apparatus fishery of the Korean sector of the East China Sea. It was found that this approach could be used to compare the suitability of education of fisheries spatially and temporally in various education fields such as curriculum or system of a certain education.

Key words : Ecosystem-based fisheries management, Suitability of education, Sustainable development goals(SDGs), Evaluation approach for suitability, Suitability indices, Suitability diagram

I. 서론

2015년, 세계 160여 개국 정상들이 모여 '2030 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)'를 채택하였다. SDGs는 전 지구적인 개발 의제로서 국가 간 합의에 의해 만들어졌으며, 장

기적 이행 평가메커니즘을 가지고 있다. SDGs는 사회균형발전, 경제성장, 환경보호를 포괄하는 17개의 목표와 169개의 세부 목표를 가지고 있다. SDGs의 17가지 목표 중 제 14목표는 '해양과 수산자원의 보존 및 지속가능한 이용'인데, 이는 일곱 개의 세부 목표로 구성되어 있다. 첫째, 2025

[†] Corresponding author : 051-629-5892, kimha@pukyong.ac.kr

년까지 해양오염 예방 및 감소, 둘째, 2020년까지 해양생태계 지속가능한 관리 및 보호, 셋째, 해양산성화의 영향 최소화, 넷째, 2020년까지 효율적 어획규제, 남획 및 IUU(Illegal, unreported and unregulated fishing) 어업, 파괴적 어업방지, 과학기반관리 이행, 다섯째, 2020년까지 연안-해양의 10% 보호구역 설정, 여섯째, 2020년까지 과잉어획능력 및 남획유발 어업, IUU어업의 보조금 금지, 일곱째, 2030년까지 해양자원의 지속가능이용을 통한 도서국가 및 최빈국의 혜택증대 등이다. 이 일곱 개의 세부목표는 모두 해양 식량자원을 보존하기 위한 수산자원의 관리방안과 해양생태계 보존방안 등을 포함하고 있다(Kang and Zhang, 2017).

해양수산 분야 SDGs의 효과적 달성을 위해서는 생태계 기반 수산자원관리를 통하여 어업과 양식, 자원 조성 활동을 해양환경과 함께 평가하고 효율적으로 관리하여야 한다. 생태계 기반 관리는 21세기 해양수산 분야의 새로운 패러다임으로서 지구상의 모든 국가들이 활발히 추진하고 있는 방법이다(UN, 2012).

생태계관리 개념은 1972년 인류 환경에 관한 스톡홀름회의(Stockholm Conference of the Human Environment)에서 국제적인 지지를 받은 이래, 1992년 유엔환경개발회의(The UN Conference on Environment and Development), 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity)에서 점차 그 중요성을 인정받아 왔다. 생태계관리의 핵심은 사회에서 필요로 하는 가치를 지속적인 수준으로 생산해 낼 수 있도록 생태계를 유지시키는데 있다. 생태계관리의 목표는 첫째, 모든 토착 생물들이 고유의 서식처에서 생존에 필요한 만큼의 개체수를 유지하고, 둘째, 보호구역 지정을 통해 모든 토착 생태계의 형태를 보존하고, 셋째, 진화 과정을 유지하며, 넷째, 생태계와 생물의 진화 가능성을 염두에 두고 충분한 기간을 정하여 관리하며, 마지막으로 동시에 인간의 자연자원 이용을 배려하는 것이다.

세계 해양의 어업자원은 상당부분 최대 지속적 생산량을 넘는 수준에서 개발 이용되고 있는 상황이다. 그리고 해양에서 어획되는 대부분의 어획물은 낮은 영양단계에 위치한 종의 상대적 비율이 점진적으로 증가되고 있다(Pauly et al., 1998). 또한 수산자원은 심각한 남획, 해양환경오염, 간척매립 등으로 인한 연안어장의 축소와 어장생태계의 질적 저하로 인해 점차 감소하고 있는 현실이다. 이에 전 지구적으로 해양생태계를 고려한 수산자원의 평가 및 관리 기법의 필요성이 대두되고 있는 상황이다(Zhang et al., 2010).

우리나라 대부분의 연근해 어장은 수산자원의 과도한 이용과 어장축소, 환경오염 등으로 인하여 생산성이 감소하고 있으며, 수산자원관리는 간접방식에 의한 자원관리 위주로 시행되어 오고 있다. 우리나라 연근해 어획량은 1986년 172만 톤을 생산하여 최고치를 기록하였으나, 이후 지속적으로 감소하여 2016년 약 91만 톤으로 우리나라 연근해어업 어획량 역사상 44년 만에 100만 톤 수준이 붕괴되었고, 2017년에는 약 93만 톤으로 감소하여 100만 톤을 회복하지 못하고 있다. 이러한 감소의 주요 원인으로는 어로기술의 발달과 함께 무분별한 남획과 EEZ(배타적경제수역) 선포 및 체제로 인한 어장 축소, 대규모 간척매립사업, 연안오염의 증가로 인한 수산생물 서식처 환경의 질적 저하 등으로 어획 가능한 자원량이 감소되었기 때문이다.

전통적인 단일어종 관리에서 여러 종을 어획하는 복수어종 관리가 도입되어 생태계 내에서의 해당 어종들 간의 상호관계를 어느 정도 어업관리에 반영하고 있다. 그런데 기존의 어업관리 방식은 어류의 자원량 변동에 영향을 미치는 많은 요소들 중에서 몇 가지만을 고려한다는데 그 한계가 있다. 생태계를 기반으로 하는 어업관리는 이러한 한계를 극복하기 위해 만들어졌는데 기존의 생태계 관리와는 구별된다.

생태계 기반 자원관리를 위해서는 대상 생태계 내에 존재하는 모든 생물종의 피·포식관계부터

어업, 해양환경, 사회, 경제 요소 등 다양한 분야를 통합적으로 고려하는 연구로 진행이 되어야 생태계의 변동 요인을 정확하게 파악할 수 있고, 이를 바탕으로 효과적인 자원관리가 가능하다. 따라서 수산자원의 고갈과 해양환경이 악화되고 있는 우리나라 인근해 수산자원의 효율적인 관리를 위해서는 지속성, 생물종의 다양성, 서식처의 환경, 사회·경제적 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(Zhang et al., 2009). 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.

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 어업 관리 및 피드백으로 구성되어 있다. IFRAME의 기후변화에 따른 어업평가에 대한 활용가능성은 유사 모델과의 비교연구에서 증명된 바 있다(Hollowed et al., 2013).

생태계 기반 자원평가 및 관리 시스템이 구축되어 있더라도 시스템이 원활하게 운영되고 지속적으로 발전하기 위해서는 각 분야별 맞춤형교육이 필요하다. 그러나 현재 우리나라의 수산교육에는 몇 가지 어려움이 있다. 첫째, 현재의 연구

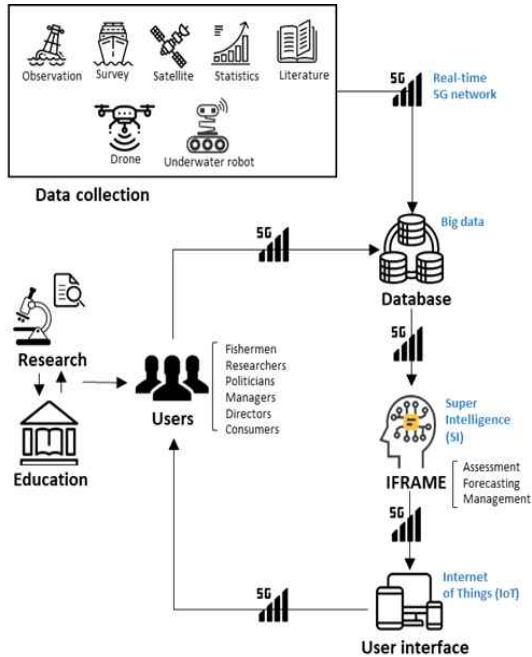
주제는 전통적인 수산교육의 틀 안으로 제한되어 있다. 둘째, 현재의 수산교육에는 미래지향적 패러다임이 부족하다. 셋째, 현재 이루어지는 수산교육은 전체적인 생태계 기반 어업 평가 및 관리와 충분히 관련되지 않은 정책에 기반을 두고 있다.

우리나라에는 IFRAME이라는 세계 최고 수준의 생태계 기반 자원평가 시스템이 구축되어 있다. 하지만 정책을 수립하고 시행하는 행정담당자들이 이 시스템을 모르고 있기 때문에 여전히 단일어종에 대한 평가와 관리가 정책의 대부분을 차지하고 있을 뿐 이 시스템을 수산자원 관리정책에 도입하지 못하고 있는 실정이다. 자료를 수집하거나 조사하는 연구자, 지표별 기준점을 개선 또는 개발하는 대학의 학자, 정책을 수립하고 시행하는 정책 담당자, 현장에서 직접 어업에 종사하는 어업인들 각각에게 적합한 맞춤형교육이 필요하다.

최근에는 IFRAME를 4차 산업혁명 기술과 융합하여 추진하려고 시도하고 있다. 그러나 실제 응용하기 위해서는 관련 학문들에 대한 교육이 절대적으로 요구된다. 도래하는 4차 산업혁명과 같은 미래사회에 대비하기 위해 [Fig. 1]과 같은 ‘생태계기반 수산관리·평가관련 교육과 연구 체계’를 제시하고자 한다.

[Fig. 1]과 같이 인공지능, 드론, 수중 로봇 등을 이용한 다양한 방법으로 수집되고 조사된 데이터가 5G를 통해 빅 데이터로 축적되고, 이것이 초지능성 IFRAME과 IoT를 거쳐 어업인, 연구자, 정책가, 소비자들에게 전달되기 위해서는 이들을 위한 맞춤형 첨단융합교육과 관련연구가 긴밀하게 상호작용하면서 이루어져야 한다.

이와 같이 국가적 요구에 따라 수산자원과 생태계에 대한 객관적이고 과학적인 평가 시스템 기반의 생태계 기반 자원평가 및 관리방법을 조속히 도입하기 위해서는 각 분야별로 적절한 교육이 선행되어야 할 것이다. 따라서 본 연구는 생태계 기반 어업관리 교육의 적합성 평가를 위



[Fig. 1] A conceptual diagram of the education and research system for the ecosystem-based management, based on the 4th industrial revolution technologies.

한 평가 방법을 개발하고자 한다. 이를 위해 첫째, 생태계 기반 어업관리 교육의 적합성을 평가하기 위한 새로운 기법을 개발한다. 둘째, 개발된 적합성 평가 기법을 우리나라 남해 잠수기어업에 적용하여 유용성을 분석한다. 잠수기어업의 주 어획대상어종인 개조개는 TAC 대상 종으로 관리중에 있으며, 개발된 적합성 평가기법 적용을 위해 사용가능한 자료가 상대적으로 많았다.

II. 생태계 기반 어업관리 교육의 적합성 평가 기법 개발

1. 생태계 기반 어업관리 교육의 적합성 평가 목표 및 지표 설정

생태계 기반 어업관리 교육의 적합성 평가 기

법을 개발하기 위해 관리 목표를 설정하고, 각 목표별 지표와 기준점에 대한 적합지수를 추정하였다.

생태계 기반 어업관리를 위한 목표는 자원의 지속성 유지와 목표자원의 생물 및 물리환경을 고려하여 설정하였다. 설정된 목표는 지속성 (Sustainability) 유지, 생물다양성(Biodiversity) 유지, 서식처(Habitat)의 보존, 사회·경제적 혜택 (Socio-economic benefit)이다. 이 네 개의 목표는 목표별 적합지수를 평가하기 위한 지표들로 구성된다. 본 연구에서 사용된 지표는 각각의 목표에 대해 총 23개의 지표를 사용하였으며, 각 지표별 어업특성과 생태계 수준으로 구분하여 적합지수 추정 시 중요도에 따른 가중치를 부과하였다 (<Table 1>). 각 지표별 중요도는 우리나라의 생태계 기반 자원평가에 대한 연구(Zhang et al., 2010; Seo, 2011; Lee, 2014; Yoon, 2014; Lee, 2018)에서 제시했던 각 지표별 중요도를 참고하여 설정하였다. 그리고 네 가지 설정된 생태계 기반 어업관리 목표 달성을 위한 맞춤형 첨단융합교육에 필요한 디지털정보공학, 생명공학, 로봇 제어공학, 생태학, 해양학, 경제학, 사회학, 통계학, 윤리학 등 관련 교과목을 <Table 2>에 제시하였다.

2. 적합도(Suitability score, SC) 추정

생태계 기반 어업관리교육의 적합성 평가는 각 목표별 지표와 기준점을 바탕으로 이루어진다.

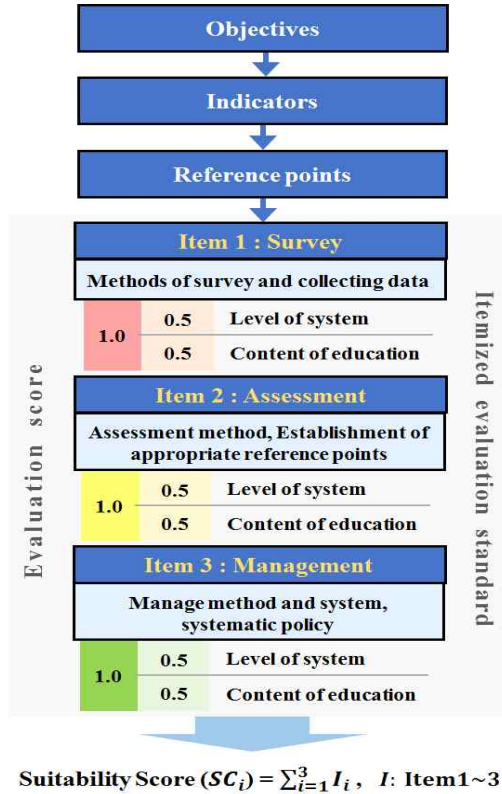
각 지표와 기준점에 대하여 생태계 (자원) 조사, 생태계 (자원) 평가, 생태계 (자원) 관리 세 단계에 대한 평가를 각각 실시한 후 각 단계별 점수를 합산하여 적합도(Suitability Score, SCi)값을 구한다([Fig. 2]). 각 지표별 적합도가 높을수록 생태계 기반 어업관리 교육이 잘 이루어졌음을 의미한다.

<Table 1> Indicators for the education evaluation methods for ecosystem-based fisheries management

Objectives	Attribute	Indicator	Weighted value
Sustainability	Biomass	Biomass(B) or Catch per unit effort(CPUE)	3
	Fishing intensity	Fishing mortality(F) or Fishing effort(f)	3
	Size at first capture	Age(length) at first capture(t_c or l_c)	2
	Fishing ground size	Fishing ground size(FG)	2
	Community structure	Mean trophic level in catch(TL_m)	1
	Reproductive potential	Rate of mature fish(MR)	1
	System productivity	Slope of length(weight) spectra	1
	Resources exploitation	Catch ratio of(Korea/China & Japan)	1
Biodiversity	Total bycatch	Bycatch rate(BC/C)	2
	Total discards	Discards rate(D/C)	2
	System trophic level	Mean trophic level of the community(TLc)	1
	Diversity	Diversity index(DI)	1
	Integrity of functional group	Pelagic sp./Benthic sp.(P/B) in catch	1
Habitat	Habitat damage	Critical habitat damage(DH/H)	2
		Pollution rate of spawning & nursery ground(PG/G)	2
		Lost fishing gear(RF)	1
Socio-economic benefit	Discarded wastes	Discarded wastes	1
	Productivity	Maximum economic yield(MEY)	2
	Income	Income per fisherman(IPPF)	2
	Profitability	Ratio of profit to cost(RPC)	1
		Ratio of coast to sales(RCS)	1
	Market	Ratio of landing to total supply(RLTS)	1
	Employment	Employment rate(ER)	1

<Table 2> Education subjects by objectives for the education evaluation methods for ecosystem-based fisheries management

Items	Objectives	Subjects
Survey	Sustainability	Biology, Fish taxonomy, Biostatistics, Survey design, Sampling theory, Oceanography, Meteorology, Environmental science, Genetics, Meteorology, Robotic technology
	Biodiversity	Biology, Fish taxonomy, Ecosystem ecology, Community ecology, Meteorology, Environmental science, Genetics, Meteorology, Biotechnology
	Habitat	Oceanography, Marine geology, Fishing gear engineering, Environmental science, Water quality analysis, Organic chemistry, Meteorology, Biotechnology
	Socio-economic benefit	Economics, Business administration, Resource economics, Sociology, Digital information engineering
Assessment	Sustainability	Fish population dynamics, Population ecology, Advanced statistics, Advanced mathematics computer science, Statistics, Computer science, Biotechnology, Robotic technology
	Biodiversity	Fisheries resources dynamics, Statistics, Biology, Environmental science, Computer science
	Habitat	Oceanography, Environmental science, Marine geology, Water quality analysis, Organic chemistry, Fishing gear engineering, Statistics, Computer science, Robotic technology
	Socio-economic benefit	Economics, Business administration, Resource economics, Sociology, Statistics, Computer science, Digital information engineering
Management	Sustainability	Fishery management, Public administration, Resource management, Optimization theory, Biological science, Ethics for nature, Fisheries science, Biotechnology
	Biodiversity	Fishery managements, Public administration, Biological science, Ethics for nature
	Habitat	Marine geology, Water quality analytics, Environmental science, Fishery managements, Public administration, Biological science, Ethics for nature, Fisheries science
	Socio-economic benefit	Fishery managements, Social science, Resource economics, Ethics, Economics, Public administration, Digital information engineering

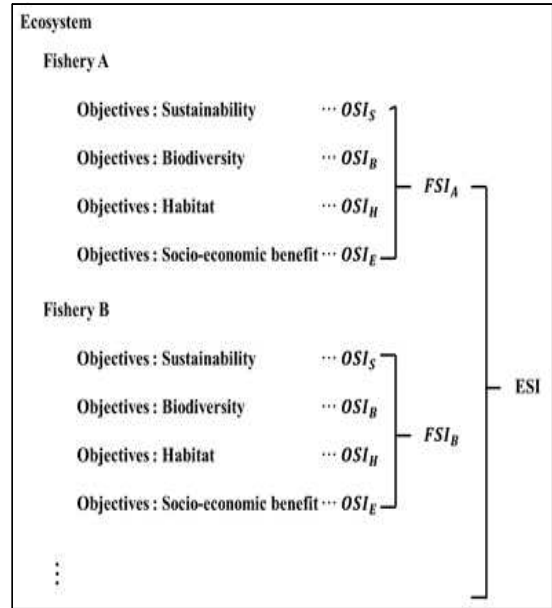


[Fig. 2] Flowchart of suitability score for the education evaluation methods for ecosystem-based fisheries management.

3. 목표 · 어업 · 생태계 적합지수(Suitability index) 추정

생태계 기반 어업관리 교육의 적합성 평가는 기본적으로 어업에 대한 네 가지 목표를 평가하지만, 어업뿐만 아니라 단위생태계에 대한 평가도 가능하다. 따라서 모든 적합지수에 대한 사·공간적 비교가 가능하며, 생태계 기반 어업관리 교육의 적합성 평가에서 적합지수의 계층구조는 [Fig. 3]과 같다.

각 지표에 대한 적합도 결과를 사용하여 대상 어업에 대한 목표별 적합지수(OSI)와 어업수준의 적합지수(FSI) 및 생태계 수준의 적합지수(ESI)를 구하는 식은 다음과 같다. 먼저, 목표별 적합지수



[Fig. 3] Nested structure of suitability indices used in the suitability evaluation of the ecosystem-based fishery management education. OSI denotes objectives suitability index, FSI, fishery suitability index, and ESI, ecosystem suitability index.

(OSI)는 식 (1)을 사용하였다.

$$OSI = \frac{\sum_{i=1}^n SC_i \times W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \dots\dots\dots (1)$$

여기서, SC_i 는 지표 i 의 적합지수, W_i 는 지표 i 의 가중치이며, n 은 지표수이다. 어업 적합지수 (FSI)는 식 (2)로 계산하였다.

$$FSI = \lambda_s OSI_s + \lambda_B OSI_B + \lambda_H OSI_H + \lambda_E OSI_E \dots\dots\dots (2)$$

여기서 λ 는 각 목표별 가중치 ($\sum \lambda = 1$), OSI 는 각 목표별 적합지수이다. 생태계 적합지수(ESI)는 식 (3)을 사용하였다. 여기서 C_i 는 i 어업의 어획량, FSI_i 는 i 어업의 적합지수이다.

$$ESI = \frac{\sum_{i=1}^n C_i FSI_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \dots\dots\dots (3)$$

4. 적합성의 시·공간적 비교

적합성의 시·공간적 비교를 위하여 정성적, 정량적, 통계적 측면에서 세 가지 방법을 개발하였다. 첫째, 적합성의 시·공간적 비교를 위하여 시간에 따른 적합도 수치를 다이어그램으로 나타내는 것이다. 이 다이어그램을 활용하면 시·공간적 정성적인 적합도의 크기 변화를 시각적으로 뚜렷이 비교할 수 있다.

둘째, 시·공간 적합도 다이어그램의 면적 비율을 계산하여 정량적으로 시·공간적으로 비교할 수 있다. 적합도 다이어그램의 면적 A는 식 (4)를 이용하여 계산한다.

$$A = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\lambda_S}{\lambda^*} OSI_S \times \frac{\lambda_B}{\lambda^*} OSI_B \right) + \left(\frac{\lambda_B}{\lambda^*} OSI_B \times \frac{\lambda_H}{\lambda^*} OSI_H \right) \right. \\ \left. + \left(\frac{\lambda_H}{\lambda^*} OSI_H \times \frac{\lambda_E}{\lambda^*} OSI_E \right) + \left(\frac{\lambda_E}{\lambda^*} OSI_E \times \frac{\lambda_S}{\lambda^*} OSI_S \right) \right\} \dots\dots\dots (4)$$

여기서, A는 다이어그램의 면적, λ_i 는 각 목표별 가중치(S는 지속성, B는 생물다양성, H는 서식처, E는 사회경제적 혜택, $\sum \lambda_i = 1$), λ^* 는 0.25(default value), OSI는 각 목표별 적합지수이다. 다이어그램의 전체 면적에 대한 면적 A의 비율 AR(%)은 식 (5)를 이용하여 계산한다.

$$AR(\%) = \frac{A}{A^*} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

여기서, A^* 는 다이어그램의 면적(대각선×대각선÷2)으로 전체면적은 18이다.

셋째, Wilcoxon 부호순위검정(Wilcoxon Signed-ranks test)을 사용하여 통계적으로 생태계 기반 어업관리 교육 적합성의 시·공간적 비교가 가능하다. Wilcoxon 부호순위검정은 Wilcoxon에

의하여 제안된 비모수 통계검정(Nonparametric statistical test)방법이다. 종속표본(Dependent sample) t검정이 독립적이지 않은 두 표본 자료를 이용하여 집단 간 차이를 검정하는 모수 통계검정방법이라면, Wilcoxon검정은 이에 대응하는 비모수 통계검정방법이다. Wilcoxon검정이 적용될 자료는 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ 등 n개의 쌍으로 구성된다. 두 변수의 관찰 값 차의 절대 값을 구하면 식 (6)과 같다.

$$|D_i| = |Y_i - X_i|, (i = 1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots (6)$$

$|D_i|$ 의 크기에 따라 각 자료 쌍에 대해 1부터 n까지의 순위를 부여한다. 그 다음 절차는 순위에 ‘+’와 ‘-’ 부호를 부여하는 것으로 절대 값을 취하기 전의 값인 D_i 가 양수이면 ‘+’를 음수이면 ‘-’를 부여한다. 이로 인해 각 자료 쌍은 부호화된 순위(signed rank)를 갖게 된다. 이런 의미에서 Wilcoxon검정은 Wilcoxon 부호순위검정이라고 불린다. 검정통계량(T)은 각 자료 쌍의 부호순위인 R_i 를 이용하여 식 (7)로 얻어진다. 부호별로 계산된 합은 각각 양의 부호를 가지는 것으로 간주하며, 합이 작은 것이 검정통계량 T가 된다.

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n R_i^2}} \dots\dots\dots (7)$$

검정통계량과 일반적으로 수표에서 제공되는 Wilcoxon 검정을 위해 임계치를 비교하여 통계적 의사결정을 내리게 된다(Lee, 2003).

Ⅲ. 생태계 기반 어업관리 교육의 적합성 평가기법 적용 사례

1. 대상 생태계 설정

생태계 기반 수산자원관리를 위해서는 생태계의 경계설정이 필수적이며, 이는 생태계 기반 수산자원관리의 목적에 맞게 결정할 수 있다(FAO,

2003). 해양은 육지와 달리 해저면이 눈에 보이지 않고, 이용 대상이 되는 자원의 경우도 시간에 따라 위치가 변화될 수 있으며, 근접한 생태계 간의 물질적인 정보가 교류되고 있어 육지와 비교하여 경계기준점을 설정하기가 쉽지 않다.

해양 생태계를 구분하는 방법으로는 배타적 경제수역과 같은 인위적인 요인, 해류의 흐름과 전선(수피)의 분포와 같은 해양학적 요인, 그리고 서식하는 수산생물들의 분포와 같은 생태학적 요인에 의해 구분할 수 있으며, 자원관리를 위해서는 사회·경제적인 요인도 포함되어야 한다(Seo, 2011).

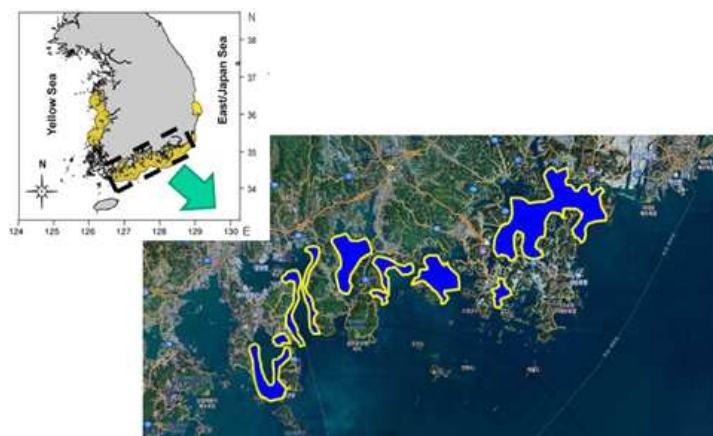
본 연구에서는 연근해 전체 어획량의 70%를 차지하는 남해 어장 생태계를 대상 생태계로 설정하였다(KOSIS, 2018). 남해 어장 생태계의 서해 및 동해와의 경계는 관리단위인 행정구역을 기준으로 설정하여 [Fig. 4]와 같이 경상남도와 전라남도의 일부 행정구역의 수역이 포함되었다. 남해 생태계 내 잠수기어업의 어장 면적은 660 km²이며, 관리단위수역을 기준으로 대상생태계 경계를 설정하였다([Fig. 4]).

2. 대상어업

남해 어장 생태계의 대상 어업은 잠수기어업으로 설정하였다. 우리나라 전체 잠수기어업에서 남해 잠수기어업은 어획비율이 최근 5개년 평균 61.4%로 높게 나타나 주 어장이 남해에서 형성됨을 알 수 있다(KOSIS, 2018).

수산업법 시행령 제24조(근해어업의 종류)에 의하면, 잠수기어업이란 동력어선에 잠수기를 설치하여 패류 등의 정착성 수산동·식물을 포획·채취하는 어업으로 정의하고 있다([Fig. 5]). 잠수기어업은 잠수부가 잠수를 해야 하기 때문에 먼 바다가 아닌 가까운 연안에서 조업이 이루어지고 있지만 연안어업이 아닌 근해어업으로 분류되어 관리되고 있다. 근해어업은 수산업법 제43조 4항에서 어업별 어선의 명칭, 어선의 톤수와 기관의 마력, 어업허가의 유의 유예, 허가의 제한 사유, 양륙항의 지정, 조업해역의 구분, 사용하는 어구의 종류와 규모 등을 정의하고 있다.

2000~2016년 동안 우리나라 전체 잠수기어업의 평균 어획량은 10,630톤이었고, 2000년 13,528톤을 생산하여 최고치를 기록하였으나, 이후 지속적으로 감소하여 2016년 8,785톤을 생산하여 약 35.0% 감소한 것으로 나타났다. 같은 기간 동안 평균 생산금액은 473억 원이었고, 2004년



[Fig. 4] A map showing the target ecosystem for this study. The blue area was the main fishing ground for diving apparatus fishery and the estimated area was about 660 km².



[Fig. 5] Schematic depiction of diving apparatus fishery(NIFS, 2018).

538억 원이었으나 2016년 377억 원으로 약 30.0% 감소하였다. 잠수기어업의 주요 어종별 평균 어획량은 개조개 2,418톤(41.4%), 키조개 1,207톤(20.6%), 우렁챙이 611톤(10.5%), 바지락 577톤(9.9%), 해삼 407톤(7.0%)등의 순으로 5개 어종의 어획량 합은 전체 어획량의 약 90.0%를 차지하였다(KOSIS, 2018).

잠수기어업에서 잠수기 어업의 어획량 감소로 인하여 제도적인 자원보호의 필요성이 증대됨에 따라 2002년부터 잠수기어업의 주 어획대상어종인 개조개를 TAC어종으로 선정하여 각 수협 지구별로 관리하고 있는 실정이다. 또한 어획자원의 감소와 더불어 개조개 시장 가격은 하락하는 추세에 있음에 따라 잠수기경영체의 경영 악화가 우려되고 있다.

3. 적용결과

2018년의 생태계 기반 어업관리 교육의 적합성 평가를 위한 남해안 잠수기어업의 지속성 유지 목표에서는 자원량, 어획노력량, 어획개시체장, 성어비율의 지표가 고려되었으며, 생물다양성 유지 목표에서는 혼획률, 폐기율, 종다양도 지수의 지표가 고려되었다. 서식처 보존 목표에서는 주요 서식처 훼손율, 산란보육장의 오염도, 어업 폐기물 지수가 고려되었으며, 사회경제적 혜택 목표에서는 어업인 당 소득, 판매 이윤비, 고용률이

고려되었다.

첫 번째 항목의 생태계 (자원) 조사에서 교육 수준에 대한 적합성 평가는 실제 조사 수행 및 자료 수집을 위하여 해양수산관련 적절한 수준(고등학교, 대학교, 대학원, 전문교육기관)의 교육기관에서 교육을 수행하고 있는지에 대하여 각 지표별로 평가하였다. 교육내용에 대한 적합성 평가는 조사방법, 자료수집방법, 정기모니터링방법, 수집시스템에 대한 교육내용(커리큘럼, 교과과정, 교과의 필수선택 여부 등)이 잘 구성되어 있는지에 대하여 각 지표별로 평가하였다.

두 번째 항목의 생태계 (자원) 평가에서 교육 수준에 대한 적합성 평가는 과학적인 평가수행을 위하여 관련 고등학교, 대학, 대학원, 해양수산관련 교육기관 및 평가를 수행하는 기관에서 적절한 수준의 교육을 수행하고 있는지에 대하여 각 지표별로 평가하였다. 교육내용에 대한 적합성 평가는 과학적인 평가수행을 위하여 관련 대학, 해양수산관련 교육기관 및 평가를 수행하는 기관에서 실시하는 교육내용이 적절히 구성되어 있는지에 대하여 각 지표별로 평가하였다.

세 번째 항목의 생태계 (자원) 관리에서 교육 수준에 대한 적합성 평가는 자원관리 제도와 정책, 국제규범 등의 교육을 해양수산관련 교육기관 및 관리를 시행하는 기관을 대상으로 교육을 적절히 수행하고 있는지에 대하여 각 지표별로 평가하였다. 그리고 교육내용에 대한 적합성 평가는 관리를 시행하고 제도 정책을 완비하기 위한 교육내용이 잘 갖춰져 있는지에 대하여 각 지표별로 평가하였다.

각 지표들의 항목별 점수 및 적합도 결과를 Appendix와 <Table 3>에 나타내었고, 각 목표별 적합지수(OSI)로부터 계산된 어업 적합지수(FSI) 및 생태계 적합지수(ESI)를 각각 계산하여 <Table 4>에 제시하였다. 각 목표별 가중치(λ)는 우리나라의 생태계 기반 자원평가에 대한 연구(Seo, 2011; Lee, 2014; Lee, 2018)에서 제시했던 각 지표별 중요도를 참고하여 0.25로 설정하였다.

<Table 3> Suitability score in 2018 for diving apparatus fishery in the South Sea of Korea

Objectives	Attribute	Indicator	Suitability score
Sustainability	Biomass	Biomass(B) or Catch per unit effort(CPUE)	3.00
	Fishing intensity	Fishing mortality(F) or Fishing effort(f)	2.50
	Size at first capture	Age(length) at first capture(t_c or l_c)	2.50
	Reproductive potential	Rate of mature fish(MR)	2.00
Biodiversity	Total bycatch	Bycatch rate(BC/C)	2.00
	Total discards	Discards rate(D/C)	1.50
	Diversity	Diversity index(DI)	1.50
Habitat	Habitat damage	Critical habitat damage(DH/H)	1.50
		Pollution rate of spawning and nursery ground(PG/G)	0.00
	Discarded wastes	Discarded wastes	1.50
Socio-economic benefit	Income	Income per fisherman(IPF)	3.00
	Profitability	Ratio of profit to cost(RPC)	2.00
	Employment	Employment rate(ER)	1.50

<Table 4> Objective suitability index(OSI) and fishery suitability index(FSI) in 2018 for diving apparatus fishery in the South Sea of Korea

Fishery	Objective	OSI	FSI
Diving apparatus fishery	Sustainability	2.61	1.90
	Biodiversity	1.70	
	Habitat	1.13	
	Socio-economic benefit	2.17	

(1) 지속성

남해안 잠수기어업은 지속가능성 목표를 위하여 대부분의 지표에서 적절한 교육수준과 교육내용을 실시하고 있는 것으로 나타났다. 지속성 목표의 적합지수는 2.61이었으며, 자원량 지표의 적합도는 3.00, 어획강도의 적합도는 2.50, 어획개시 크기의 적합도는 2.50, 성숙비율의 적합도는 2.00으로 평가되었다. 조사항목에서 재생산잠재력 지표에서 불 때, 조사를 직접적으로 실시할 수 있는 기관에서의 교육은 없는 것으로 나타났다. 관리항목의 어획 강도 및 재생산잠재력 지표에서 실제 관리를 시행하는 기관을 대상으로 하는 교육과정은 현재까지 없는 것으로 평가되었다.

(2) 생물다양성

생물다양성 목표의 적합지수는 1.70으로 평가되었다. 지표별 평가된 적합도는 혼획률이 2.00, 폐기율이 1.50, 다양도지수가 1.50으로 나타났다.

조사항목의 폐기율 지표에서 조사를 직접적으로 실시할 수 있는 기관에서의 교육은 없는 것으로 평가되었으며, 조사항목의 다양도지수 지표에서 과학적이고 정확한 어종을 구별할 수 있는 교육체계는 미흡한 것으로 평가되었다. 평가 및 관리항목의 경우 혼획률, 폐기율, 다양도지수 지표들에 대한 평가를 실시하고 관리를 시행하는 기관을 대상으로 하는 교육과정과 교육프로그램은 없는 것으로 나타났다.

(3) 서식처

서식처 목표의 적합지수는 1.13으로 가장 낮은 평가결과를 보였다. 서식처 훼손율의 적합도는 1.50, 산란장과 성육장 내 오염율은 0.00, 쓰레기 폐기량은 1.50로 평가되었다. 산란장과 성육장 내 오염율의 조사항목에서 관련 연구를 하는 대학이나 연구기관은 없는 것으로 평가되었으며, 교육체계도 미흡한 것으로 평가되었다. 평가항목에서

모든 지표들의 교육수준과 교육내용은 부족하였다. 관리항목에서는 서식처 훼손율, 산란장과 성육장 내 오염율, 쓰레기 폐기량 지표들의 관리를 위한 교육체계가 미흡하였으며, 산란장과 성육장 내 오염율 지표는 관리시행기관을 대상으로 하는 교육과정과 교육내용도 없었다.

(4) 사회경제적 혜택

사회경제적 혜택의 적합지수는 2.17로 평가되었다. 지표별 적합도는 어업인 당 소득이 3.00, 판매이윤비가 2.00, 고용률이 1.50로 나타났다. 조사항목에서 고용률 지표에 대한 조사 수행 기관의 실제 조사를 위한 교육체계가 미흡하였다. 평가 및 관리 항목에서는 판매이윤비와 고용률 지표에 대한 실제 평가수행 및 관리 시행 교육체계가 미흡한 것으로 평가되었다.

라. 적합성의 시·공간적 비교

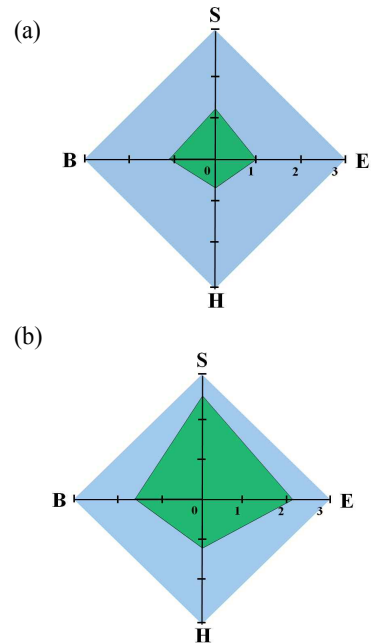
적합성의 시·공간적 비교를 위하여, 2008년 잠수기어업에 대한 목표별 적합도의 예비추정치 결과와 추정된 2018년 목표별 적합지수를 다이어그램을 이용하였다([Fig. 6 (a), (b)]). 정성적인 면으로 보았을 때 2008년보다 2018년의 목표별 적합도가 향상되었음을 시각적으로 알 수 있다.

2008년 잠수기어업의 목표별 적합지수 예비추정치 결과는 <Table 5 (a)>와 같다. 2008년과 2018년의 적합도 면적은 식 (4)와 (5)로 구하였다. 2018년의 적합도 면적은 7.22로 전체면적 대비 40.13%였으며, 2008년의 적합도 면적은 1.48로 전체면적 대비 8.21%이었다. 따라서 10년 사이에 면적이 약 5배 정도 넓어져 교육의 적합도가 향상된 것으로 분석되었다.

잠수기어업에 대한 2018년 목표별 적합지수와 2008년 목표별 적합지수의 예비추정치 사이에 유의한 차이가 있는지를 비교 검정하기 위하여 Wilcoxon 부호순위검정(Wilcoxon Signed-ranks test)을 실시하였다.

2018년 적합도와 2008년 적합도 차의 절대값을

기준으로 Wilcoxon 순위를 매긴 결과는 <Table 5 (a)>와 같다. Wilcoxon 검증에서는 차이 값이 동일할 때 해당되는 순위들의 평균치를 순위로 부여한다. 합이 작은 Negative 순위를 기준으로 검정통계량 T가 계산되었으며, 그 값은 1.50이었다 <Table 5 (b)>. T는 n이 13($\alpha=0.05$) 일 때의 임계치인 17보다 작으므로 두 집단(2008년과 2018년) 사이에 차이가 없다는 귀무가설이 기각되었으며, 관측된 유의확률은 0.0197이었다($P<0.05$). 따라서 2008년과 비교하였을 때 2018년의 적합도는 통계적으로 유의한 차이가 있었음을 알 수 있다.



[Fig. 6] Diagram showing (a) preliminary objectives suitability indices of 2008 and (b) estimated objectives suitability indices of 2018 for diving apparatus fishery.

본 연구에서 적용한 남해 잠수기어업 적합성평가에 대한 시간적 영역 비교뿐만 아니라, 다른 국가나 해역의 잠수기어업 평가 결과를 이용하면 적합성의 시·공간적인 비교가 가능하다.

<Table 5> Results of Wilcoxon signed-ranks test for diving apparatus fishery in the South Sea of Korea.
 (a) Suitability scores for 2008(SC₂₀₀₈), Y_i, suitability scores for 2018(SC₂₀₁₈), X_i, and the ranks and (b) statistical test summaries

(a)

Indicator	Y _i	X _i	D _i	Ranks
Biomass(B) or Catch per unit effort(CPUE)	2.00	3.00	1.00	5.50
Fishing mortality(F) or Fishing effort(f)	0.50	2.50	2.00	11.00
Age(length) at first capture(t _c or l _c)	1.50	2.50	1.00	5.50
Rate of mature fish(MR)	0.50	2.00	1.50	9.50
Bycatch rate(BC/C)	1.00	2.00	1.00	5.50
Discards rate(D/C)	1.50	1.50	0.00	-
Diversity index(DI)	0.50	1.50	1.00	5.50
Critical habitat damage(DH/H)	0.50	1.50	1.00	5.50
Pollution rate of spawning and nursery ground(PG/G)	0.50	0.00	0.50	-1.50
Discarded wastes	1.00	1.50	0.50	1.50
Income per fisherman(IPF)	0.50	3.00	2.50	12.00
Ratio of profit to cost(RPC)	1.00	2.00	1.00	5.50
Employment rate(ER)	0.00	1.50	1.50	9.50

(b)

Type	Number	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp.Sig (2-tailed)	
SC of 2018 - SC of 2008	Negative Ranks ^a	1	1.50	76.50	-2.621	0.039
	Positive Ranks ^b	11	6.96			
	Ties ^c	1	-			
	Total	13	-			

a. SC₂₀₁₈ < SC₂₀₀₈ / b. SC₂₀₁₈ > SC₂₀₀₈ / c. SC₂₀₁₈ = SC₂₀₀₈

IV. 고찰

본 연구에서는 전 세계적·국가적 요구에 따라 수산자원과 생태계에 대한 객관적이고 과학적인 평가기법을 개발하여 우리나라 잠수기어업에서 어획비율이 가장 높은 남해 잠수기어업에 적용해 보았다. 특히 생태계 기반 어업관리 교육을 위한 적합성 평가 목표 및 지표를 설정하였고, 지표별 적합도 및 목표·어업·생태계 적합지수 추정 방법을 개발하였다. 그리고 적합성의 시·공간적 비교를 위하여 다이어그램을 통한 정성적, 정량적 비교와 Wilcoxon 부호순위검정방법을 적용한 통계적 비교를 함으로써 우리나라 생태계 기반 어업관리를 조속히 도입하기 위한 각 분야별 교육의 적합성 평가를 올바르게 수행할 수 있는 발판을

마련하고자 하였다.

개발된 평가기법을 남해 잠수기어업에 적용한 결과, 지속가능성 목표의 적합지수가 2.61로 가장 높았으며, 그 중에서도 자원량 지표의 적합도는 3.00으로 가장 높게 평가되었다. 서식처 목표의 적합지수는 1.13으로 가장 낮은 평가 결과를 보였으며, 그 중에서도 산란장과 성육장 내 오염물 지표의 적합도가 0.00으로 가장 낮게 평가되었다. 이처럼 개발된 생태계 기반 어업관리 교육을 위한 적합성 평가기법은 적합도를 객관적으로 제시하여 지표별, 목표별, 어업별, 생태계별 교육이 잘 이뤄지고 있는지 객관적인 비교 및 확인이 가능하다.

2008년 잠수기어업에 대한 목표별 적합도와 2018년 목표별 적합도를 다이어그램과 그 면적을

계산하여 정성적 정량적으로 비교해 보았을 때, 2018년도 적합도가 2008년에 비해 약 5배 향상된 것으로 분석되었다. 또한 Wilcoxon 부호순위 검정방법을 사용하여 2008년과 2018년의 생태계 기반 어업관리 교육 적합도를 비교한 결과, 관측된 유의확률은 0.0019로서 2008년과 비교하였을 때 2018년의 적합도는 통계적으로 유의한 향상이 있었다. 이처럼 개발된 평가기법은 교육의 적합성을 시·공간적으로 비교할 수 있다는 장점이 있다. 현재는 남해 잠수기어업에 대하여 적용을 해 보았지만 다른 국가나 해역의 잠수기어업에 대한 공간적 영역뿐 만이 아니라, 과거와 현재의 교육 적합성 등 시간적 영역까지 응용 가능할 것이다. 앞으로 기 개발된 방법의 응용을 통해 다양한 교육 분야의 커리큘럼이나 시스템 등을 평가하는데 활용 가능성이 높을 것이다.

반면 본 연구에서는 생태계 (자원) 조사, 생태계 (자원) 평가, 생태계 (자원) 관리 항목에 대하여 단순히 교육수준 및 교육내용의 적합도만을 평가하였다. 교육수준은 적절한 수준(고등학교, 대학교, 대학원, 전문교육기관)의 교육 기관에서 교육을 수행하고 있는지에 대하여 적합도를 평가하였으며, 교육내용은 커리큘럼, 교과과정, 과의 필수선택 여부 등이 잘 구성되어 있는지에 대하여 적합도 평가를 하였다. 좀 더 신뢰도 높은 교육 평가를 위하여 항목별로 평가되는 세부항목에 대해서 전문가들의 추가적인 조언 및 연구가 필요할 것이다.

더 나아가 생태계 기반 자원관리를 위해서는 수산교육 분야의 새로운 패러다임이 필요하며, 기존의 교육 틀을 넘어서는 학문 간 융합교육이 가능한 시스템 구축연구가 필요하다(Kang and Zhang, 2017).

미래의 교육에서 학습자들에게 전수해야 할 교육 내용과 가장 거리가 먼 것은 바로 ‘더 많은 정보’이다. 정보는 이미 차고 넘친다. 그보다 더 필요한 것은 ‘정보를 이해하는 능력’이고, ‘중요한 것과 중요하지 않은 것을 구별하는 능력’이다.

즉, 수많은 정보들을 조합하여 세상에 필요한 큰 그림을 그릴 수 있는 능력이다(Harari, 2018). 이와 같이 미래의 교육은 학습자에게 단순히 정보를 제공하는 교육이 아니라 학습자가 정보를 더 잘 이해하고, 정보를 비교하여 분석하고, 정보를 통합하여 융합할 수 있는 방향으로 이루어져야 한다.

4차 산업혁명 시대에 대비하기 위한 체계적인 생태계 기반 자원관리 교육시스템 구축을 위해서 각각의 교육을 서로 융합하고 통합하여 자원관리를 위한 최대의 시너지 효과를 창출해 내야 할 것이다. 이를 위해서는 관련 교육 연구가 활발히 수행되어야 하며, 교육기관뿐만 아니라 정책을 수립하고 시행하는 행정담당자 및 어민, 실무자, 소비자 등 수요자들을 위한 맞춤형 관련 교육도 수반되어야 할 것이다.

References

- FAO(2003). Fisheries management: 2.The ecosystem approach to fisheries. FAO Tech. Guidelines for Responsible Fisheries, 4, Suppl. 2, 112 pp.
- Harari YN(2018). 21 Lessons for the 21st Century, Spiegel & Grau. 400 pp.
- Hollowed AB, Curchitser EN, Stock CA and Zhang CI(2013). Trade-offs associated with different modeling approaches for assessment of fish and shellfish responses to climate change. Clim. Change 119(1): 111~129.
<https://doi.org/10.1007/s10584-012-0641-z>.
- Kang BD and Zhang CI(2017). Directions to Fisheries Education for Achieving UN Sustainable Development Goals (SDGs). JFMSE, 29(2): 453~465.
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2017.29.2.453>.
- KOSIS.(2018). Statistic data base.
<http://www.nifs.go.kr> on December 14, 2018.
- Lee JB(2003). Basic statistics. Jeongiksa. 462pp.
- Lee MW(2014). Ecosystem-based stock assessment and fisheries management in the west coast of Korea. Doctoral dissertation. Pukyong National University. 130pp.

Lee SK(2018). Ecosystem-based stock assessment and fisheries management of diving fishery in the south sea of Korea. Doctoral dissertation. Pukyong National University. 151pp.

NIFS(2018). Fishing gears and fishing methods. <http://www.nifs.go.kr> on December 28, 2018.

Park HW, Choi KH, Zhang CI, Seo YI, 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. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.4.459>.

Pauly D, Christensen J, Dalsgaard J, Froese R and Torres F(1998) Fishing down marine food webs. *Science*, 279, 860~863. <http://dx.doi.org/10.1126/science.279.5352.860>.

Seo YI(2011). Ecosystem-based stock assessment and fisheries management in the southern sea of Korea. Doctoral dissertation. Pukyong National University. 168pp.

UN(2012). The future we want. Report of the United Nations Conference on Sustainable Development. Rio de Janeiro, Brazil. 20~22 June 2012. New York. 2012. 120pp.

Yoon SC(2014). Characteristics of Korean coastal fisheries and ecosystem-based resource assessment. Doctoral dissertation. Pukyong National University. 226pp.

Zhang CI, Hollowed AB, Lee JB, and Kim DH(2011). An IFRAME approach for assessing impacts of climate change on fisheries. *ICES J. Mar. Sci. J. du Cons.* 68(6): 1318~1328. <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsr073>.

Zhang CI, Kim S, Gunderson D, Marasco R, Lee JB, Park HW and Lee JH(2009). An ecosystem-based fisheries assessment approach for Korean fisheries. *Fisheries Research*, 100: 26~41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2008.12.002>.

Zhang CI, Park HW, Lim JH, Kwon HC and Kim D H(2010). A study on indicators and reference points for the ecosystem-based resource assessment. *J. Kor. Soc. Tech.*, 46: 32~49. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.4.469>.

-
- Received : 08 January, 2019
 - Revised : 25 January, 2019
 - Accepted : 31 January, 2019

<Appendix> Suitability score using for the suitability evaluation of the ecosystem-based fishery management education by diving apparatus fishery in the South Sea of Korea

Objectives	Indicator	Item 1		Item 2		Item 3	
		LoS	CoE	LoS	CoE	LoS	CoE
Sustainability	Biomass(B) or Catch per unit effort(CPUE)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Fishing mortality(F) or Fishing effort(f)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5
	Age(length) at first(t_c or l_c)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5
	Rate of mature fish(MR)	0.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5
Biodiversity	Bycatch rate(BC/C)	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5
	Discards rate(D/C)	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5
	Diversity index(DI)	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5
Habitat	Critical habitat damage(DH/H)	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0
	Pollution rate of spawning and nursery ground(PG/G)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Discarded wastes	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0
Socio-economic benefit	Income per fisherman(IPF)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ratio of profit to cost(RPC)	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0
	Employment rate(ER)	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0

LoS : Level of system / CoE : Content of education