

바다목장의 생태계 기반 자원평가를 위한 지표와 기준점 연구

°박희원·장창익·임정현·권혁찬·김도훈·이재봉**

부경대학교 해양생산시스템관리학부, *국립수산과학원, **국립수산과학원 자원연구과

서론

최근 세계적으로 수산자원은 심각한 남획, 해양환경오염, 간척매립 등으로 인한 연안어장의 축소와 어장생태계의 질적 저하로 인해 점차 감소하고 있는 현실이다. 이에 따라 전 지구적으로 해양생태계를 고려한 수산자원의 평가 및 관리기법의 개발 필요성이 대두되고 있는 상황에 있다. 생태계 기반 자원평가를 위해 FAO(2007), CSIRO(2005), ICES(2005) 등에서는 다양한 관리지표들을 개발하여 제시한 바 있으나, 이들을 평가할 기준점은 제시하지 않고 있다. 반면 MSC(2006)와 Zhang et al.(2009)에서는 생태계 기반 자원평가를 위한 기준점(목표 및 한계기준점)을 제시하였다. Zhang et al.(2009)은 실용적이나 개발된 지표와 기준점이 현실성이 부족하였다. 첫째로 지표 간의 중복성이다. 예를 들어 이전의 지표 중 FRP의 경우 추정방법에서 CPUE자료를 사용한다. 이는 자원량의 지표에서 CPUE가 사용되므로 중복성을 가진다. 두 번째로 기준점을 표현함에 있어서 일반적인 기준이 사용되지 않았다. 마지막으로 분석방법과 자료의 문제에 있어서 보다 구하기 쉽고 간편한 분석방법의 개발이 필요하였다. 그러므로 본 연구에서는 이전 연구의 문제점을 수정 보완하고 이를 바탕으로 생태계 기반 자원평가를 위한 관리목표와 목표별 지표를 설정하여, 각 지표에 해당하는 기준점을 개발하였다.

재료 및 방법

생태계 기반 자원관리 목표를 설정하기 위해 이전의 연구결과를 활용하여 심층적인 분석을 하였다. Gislason et al.(2000)은 생태계 기반 자원관리를 위해 생태계 다양성의 유지, 종 다양성의 유지, 종간 유전적 다양성 유지, 종간 직접적 영향 유지, 생태학적 종속성의 유지, 영양단계의 조화를 목표로 설정하였다. 또한 Zhang et al.(2009)은 생태계 기반 자원관리를 위해 지속성의 유지, 생물다양성의 유지, 서식처 보호로 세 가지를 목표로 설정한 바 있다. 본 연구에서는 기존의 생태계 기반 자원관리 목표 연구를 바탕으로 우리

나라에 적합한 생태계 기반 자원관리를 위한 목표를 자원의 지속성 유지와 대상자원을 둘러싼 생물 및 물리환경을 고려하여 설정하였으며, 또한 최근 대두되고 있는 어업에 의한 사회경제적 요인들에 대해서도 고려하였다.

생태계 기반 자원평가를 위한 목표별 지표를 개발하기에 앞서 지표의 정의를 먼저 설정하였다. 지표란 가변성 있는 지침이나 지수로, 시스템 주요 요소의 변동을 나타내어야 하며, 기준점 혹은 값에 관한 지표의 상태와 경향은 현재 생태계의 상태와 시스템 역학을 나타내어야 한다. 이러한 지표들은 목표와 실행 간의 교량 역할을 한다(FAO, 1999). 본 연구에서는 기존의 연구 결과를 활용하여 실제 목표와 연관된 생태계 상태를 측정할 수 있는 지표를 모색해 보았다. 기준점은 생태계 기반 자원관리에서 반드시 설정되어야 하는 항목이며, 목표기준점과 한계기준점이 구분되어 설정되어야 한다(Jennings and Dulvy, 2005). 목표기준점은 생태계 상태 내에서 가장 적합한 상태와 관련되어 있으며, 한계기준점은 초과해서는 안되는 생태계 상태에 대한 기준점을 제시해 준다. 따라서 생태계 기반 자원평가에 적합한 기준점을 개발하기 위하여 세 가지의 기준을 만들었다. 첫째, 개체군, 군집, 생태계를 모두 고려하여 각각의 지표를 정량적으로 평가할 수 있어야 한다는 기준이다. 둘째, 생태계 기반 자원평가를 위한 기준점은 특별한 경우에 대한 한정된 기준점이 아니라 일반적인 표현이 가능해야 한다는 기준과, 셋째, 얻기 쉬운 자료를 기반으로 간편한 분석방법에 의해 설정되어야 한다는 기준을 세웠다.

결과 및 고찰

생태계 기반 자원관리 목표는 Zhang et al.(2009)의 기존 연구 결과를 참고하여 설정하였다. 기존의 연구에서는 생태계 기반 자원관리를 위해 지속성(sustainability)유지, 생물 다양성(biodiversity)유지, 서식처(habitat)의 보존 세 가지를 목표로 설정하였다(Zhang et al., 2009). 그러나 생태계 기반 수산자원 평가에 대한 포괄적인 검토, 수산자원에 대한 지속성의 유지 및 관련 정책들은 모두 사회경제적 개념이 고려되어야 하므로, 본 연구에서는 어획활동으로 인해 야기되는 사회경제적인 요인들을 고려한 사회경제적 혜택(socio-economic benefit)을 추가로 설정하여 4가지의 목표를 설정하였다.

목표별 지표를 개발하기 위하여 FAO(2007), CSIRO(2005), ICES(2005), Zhang et al.(2009), MSC(2009) 등의 기존 연구 결과를 참고하였다. 생태계 기반 자원평가를 위한 지표를 설정하기 위해 목표별 특성(attribute)을 총 20가지로 설정하였다. 지속성에 대한 특성은 생체량(biomass)과 어획강도(fishing intensity), 어획개체크기(size at first capture) 등의 자원에 관련된 특성들과 서식처 규모(habitat size), 군집구조(community structure), 재생산 잠재력(reproductive potential), 생산력(system productivity), 유전적 구조(genetic

structure) 8가지, 생물다양성(biodiversity)에 대한 특성은 혼획(bycatch)과 폐기(discard), 영양단계(system trophic level), 다양도(diversity), 기능적 구조(integrity of functional group) 5가지, 서식처 보존은 서식처 훼손(habitat damage)과 어업폐기물(discard wastes) 2가지, 마지막으로 사회경제적 혜택(socio-economic benefit)은 생산성(productivity), 소득(income), 수익성(profitability), 시장(market), 고용(employment) 5가지로 설정하였다. 생태계 기반 자원평가를 위한 각 목표별 지표는 표 1과 같이 설정하였다.

Table 1. Old and new indicators for the integrate fisheries risk assessment, forecasting for ecosystems(IFRAME)

Objectives	Attribute	Indicators
Sustainability	Biomass	Biomass(B) or CPUE(U)
	Fishing intensity	Fishing mortality(F) or Catch(C)
	Size at first capture	Age(or Length) at first capture(t or L)
	Habitat size	Habitat size(H)
	Community structure	Mean trophic level in catch(TL)
	Reproductive potential	Rate of mature fish(MR)
	System Productivity	slope of length(or weight) spectra
	Genetic structure	Ratio of(release stock abundance) / (wild stock abundance) in catch($R_{r/w}$)
Biodiversity	Total bycatch	Bycatch rate(BC/C)
	Total discards	Discards rate(D/C)
	System trophic level	Mean trophic level of the community(TL _c)
	Diversity	Diversity index(DI)
	Integrity of functional group	Pelagic sp./ Benthic sp.(P/B) in catch
Habitat	Habitat damage	Critical habitat damage rate(DH/H)
		Pollution rate of spawning and nursery ground(PG/G)
Socio-economic benefit	Discard wastes	Lost fishing gear
		Discarded wastes(DW)
	Productivity	Maximum economic yield(MEY)
	Income	Income per person employed(IPPE)
	Profitability	Ratio of porfit to sales(RPS)
		Ratio of cost to sales(RCS)
Market	Ratio of landing to total supply(RLTS)	
Employment	Employment rate(ER)	

생태계 기반 자원평가를 위한 기준점은 MSC(2006), Zhang et al.(2009), MSC(2009) 등을 참고하여 개발하였다. 바다목장 생태계에 적합한 목표 및 한계기준점을 설정하기 위해 활용할 수 있는 과학적인 자료를 검토하여 적합한 기준점을 제시하였다.

본 연구에서는 이전연구 결과를 바탕으로 지표의 중복성, 일반적인 기준점의 사용, 분

석방법과 자료수집의 용이성 세 가지 기준에 대해 지표와 기준점을 수정·보완 하였다. 특히 사회경제적 목표에서는 어업인과 어업관계자들에 직접적인 영향을 미치는 5가지 특성을 고려하여 최대 경제학적 생산량(MEY), 개인별 소득, 수익률(판매이윤비, 판매비용비), 시장에 공급되는 전체 공급량에 대한 양륙량의 비율, 고용율 6가지 지표를 개발하였다. 이전의 연구는 생태계 기반 수산자원평가를 위한 구체적인 기준점이 제시는 되었으나 정량적 평가 가능한 기준점 및 일반적인 기준을 제시하기에는 미흡한 점이 있었다. 그래서 앞서 밝힌 3가지 기준을 바탕으로 기준점을 제시하였으며, 보완된 연구 결과는 직접적으로는 생태계 기반 자원평가 방법의 개선에 사용할 수 있으며, 궁극적으로는 연안생태계의 자원회복방안, 어업관리 정책수립 등에 활용 가능할 것이다.

참고문헌

- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization), 2005. Ecological Risk Assessment for Effects of Fishing Case Study Instructions. 8, pp. 95
- FAO (Food and Agriculture Organization), 1999. Indicators for sustainable development of marine capture fisheries. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, 8, pp. 68
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2007. Models for an ecosystem approach to fisheries. FAO Fisheries Technical Paper, 477, pp. 108
- Gislason, H., M. Sinclair, K. Sainsbury and R. O'Boyle, 2000. Symposium overview : incorporating ecosystem objectives within fisheries management. ICES Journal of Marine Science, 57, 468-475.
- ICES, 2005. Quantitative ecosystem indicators for fisheries management. ICES Marine Science Symposia, 222, pp. 613
- Jennings, S. and N.K. Dulvy, 2005. Reference points and reference directions for size-based indicators of community structure. ICES Journal of Marine Science, 62, 397-404.
- MSC (Marine Stewardship Council), 2006. KDSFF final performance indicators and scoring guideposts. http://www.msc.org/html/content_1248.htm
- MSC (Marine Stewardship Council), 2009. TAB 15 - Agenda item No. 11 - FAM v2 (including RBF).
- Zhang, C.I., S. Kim, D. Gunderson, R. Marasco, J.B. Lee, H.W. Park and J.H. Lee, 2009. An ecosystem-based fisheries assessment approach for Korean fisheries. Fisheries Research, 100, 26-41.