

## 해양생태계 법정조사의 역사와 현황

# History and Status of the National Marine Ecosystem Monitoring Program in Korea

### 서론

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있는 반도국가로 연안지역은 생활공간, 수산 및 해운의 중심지로 발달해 왔으며, 연안 해역은 담수와 해수가 만나는 곳으로서 높은 생물다양성을 보이고 해양생물 서식지를 제공해 주는 생태적 가치가 높은 공간이다. 이러한 연안 생태계가 육지로부터의 생활하수 및 폐기물 등의 오염원 유입 증가, 매립·간척 등 연안 이용 및 급격한 기후변화로 인해 건강성이 위협받고 있어, 국가적으로 연안 해양생태계를 관찰하고 진단할 필요성이 커졌다.

생물다양성협약(Convention on Biological Diversity)은 생태계를 식물, 동물 및 미생물과 기능적으로 연계된 비생물계의 복합체(Dynamic complex of plant, animal and micro-organism communities and their non-living environment interacting as a functional unit)로, 생물계와 비생물 환경이 상호 연계된 물질계와 그 안에서 상호작용하고 있는 인간과 물리적 환경을 모두 포함하는 광의적 개념으로 정의하고 있다. 또한 2007년에 정부가 해양생태계의 관리를 위해 제정한 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률(이하 해양생태계보전법)」은 해양생태계를 일정한 해역의 생물공동체와 이를 둘러싼 무기적 또는 유기적 환경이 결합된 물질계 또는 기능계로 정의하고 있다. 위의 두 정의는 해양생태계가 식물플랑크톤, 동물플랑크톤, 조류, 어류, 해양포유류, 해면동물, 연체동물, 절지동물, 해양미생물 등 다양한 생물요소와 염수, 퇴적물, 부유물질, 토양 등 여러 종류의 물리적 환경조건으로 구성됨을 뜻한다.

특히 연안생태계는 하구역, 갯벌과 조하대, 연근해 생태계(천해대 상부)로 구분가능하며, 외양 생태계와 비교할 때 매우 다양한 해양 생물종이 서식하고 있을 뿐 아니라, 연안에서 유입되는 영양 물질의 공급이 활발하여 높은 생산성을 유지하고 있다. 따라서 해양생태계를 진단하고 평가함에 있어 구성요소인 생물 뿐 만 아니라 해양환경에 대한 조사도 같이 병행되어야만 해양생태계를 오롯이 이해할 수 있다고 하겠다.

해외 주요 선진국에서는 해양생태계에 대한 관찰, 예측, 관리, 적용을 위한 모니터링 시스템을 오래전부터 구축하여 운용 중에 있다.

미국의 해양생태계 관련 조사프로그램은 연방정부기관인 환경청, 해양대기청(NOAA), 내무부(FWS, USGS), 과학재단(National Science Foundation)을 중심으로 다양하게 이루어지고 있다. 이들 프로그램은 조사지역의 규모와 조사방법/주기에 따라 전국규모 현장조사, 광역규모현장조사, 지역규모 현장조사 등 세 가지로 구분 할 수 있다. 우리나라의 규모와 유사한 광역규모 현장조사의 경우 1984년부터 반년 주기로 해양대기청에서 실시하는 국가 상태 및 추세 프로그램(National Status and Trends Program)을 운영 중에 있다.

일본은 해양생태계조사와 관련하여 1972년부터 동해를 가로지르는 PM line에 대한 현장 관측을 일본기상청 주관으로 지금까지 약 30년 이상 1년에 4회에 걸쳐 실시하고 있다. PM line에서의 기본 조사항목은 물리화학적인 요인(수온, 염분, 용존 산소, pH, 인산염, 질산염, 아질산염, 엽록소-a), 식물플랑크톤(규조류의 세포수 및 종조성), 동물플랑크톤(습중량, 모악류의 종조성, 중요 동물플랑크톤의 조성, 요각류의 종조성 및 크기)이다.

호주는 환경유산부의 ‘국가수질관리전략’ 관련 프로그램, 자연자원관리심의회 주도의 자연자원관리프로그램, 호주대보초 현장조사(Great Barrier Reef)와 같이 생태적으로 특별한 지역에 다양한 연안생태계 모니터링 프로그램을 운영하고 있다.

우리나라의 경우 연안습지(갯벌), 연안역(조하대), 해양보호구역을 대상으로 유사한 해양생태계 조사가 이루어 졌다. 본 단보에서는 우리나라 해양생태계 법정조사의 변천과 현황을 살펴보고자 한다.

## 해양생태계 법정조사의 역사

우리나라의 해양생태계의 이해와 보전을 위한 해양생태계 법정조사는 1999년부터 시작된 연안습지 기초조사(갯벌조사)와 2006년부터 실시된 해양생태계 기본조사(조하대 조사)가 그 시작이라 할 수 있다.

연안습지 기초조사는 1999년 제정된 「습지보전법」에 따라 매 5년마다 실시하는 전국 규모의 조사로서, 연안습지의 보전과 지속가능한 이용을 목표로 과학적 조사를 수행하는 프로그램이었다. ‘제1차 연안습지 기초조사(1999-2005)’는 일반조사와 중점조사로 구성되었으며 이를 통해 연안습지보전 5개년 기초계획이 수립되었다. ‘제2차 연안습지 기초조사(2008-2013)’는 기본조사, 정밀조사, 습지보호지역 모니터링, 긴급조사로 구성되었으며, 우리나라 갯벌의 퇴적환경, 수리환경, 갯벌 서식생물(대형저서동물, 염생식물, 해조류, 물새 등)에 대한 보다 면밀한 조사가 이루어 졌다. 연안습지 기초조사 결과는 전국 갯벌목록 발간, 10개소의 습지보호지역 지정, 4개소의 람사르 습지 등록에 활용되었으며 해역이용협의 및 갯벌 관리방안 수립을 위한 과학적 근거로 쓰였다.

해양생태계 기본조사는 「해양생태계법」을 근거로 2006년부터 10년을 주기로 우리나라 전 해역을 8개 권역으로 나누어 조사하였으며, 해양생태계 현황과 변동 특성을 체계적으로 파악하기 위한 기초자료 제공을 목적으로 하였다. 해양생태계 기본조사 추진을 위해 1차적으로 조사권역, 항목, 시기 등을 포함하는 「해양생태계 기본 조사 지침서」가 2005년 12월에 마련되었으며, 2006년 7월에 조사단 및 자문단이 구성되어 동 지침서에 따라 2006년부터 서해(2006~2008년)를 시작으로 남해(2009~2010년), 제주/이어도(2011년) 그리고 동해(2012~2013년)까지 총 9년에 걸쳐 전국 연안에 대한 조사가 수행되었다. 그리고 2014년에 기본조사 권역에 포함되지 않았던 울릉도 및 독도 주변에 대한 보완조사를 실시하였다. 2006년부터 2011년까지는 국립수산과학원이 총괄기관으로 조사가 진행되었으며, 2012년 동해조사부터 해양환경공단이 총괄하였다. 조사 결과는 해양보호구역 지정, 해양생태도 작성, 해양공간계획 수립근거 자료, 해역이용협의 자료 제공, 연구개발 사업의 기초자료 제공 등으로 다양하게 활용되었다.

연안습지 기초조사와 해양생태계 기본조사 외에도 「해양생태계법」을 근거로 실시한 ‘해양보호구역 조사관찰’ 역시 해양생태계 법정조사 사업이라 할 수 있다. 해양보호구역 조사관찰은 해양생태계 보호구역을 주기적으로 조사 및 관찰하여 효율적인 해양보호구역 관리정책수립을 위한 과학적 기초자료 제공을 목적으로, 제주 문섬 주변해역(2011년), 대이작도 주변해역(2012년), 신두리 사구해역(2013년), 제주 문섬 주변 해역과 가거도 주변 해역(2014년)에서 조사를 실시하였다. 해양보호구역 조사관찰은 일반 생태항목 외에도 해양보호구역 지정 사유에 맞는 중점항목을 선정(신두리: 해안사구 퇴적양상, 문섬 주변: 산호 등 암반 생태계)하여 해양보호구역의 지정 효과성을 효과적으로 관찰하고자 하였다. 조사결과는 해양보호구역 생태계 기반 관리 계획 수립에 활용되었다.

이러한 기존의 해양생태계 법정조사들은 각각의 법정근거를 가지고 목적에 맞게 수행되었으나 종합적인 해양생태계 진단에는 한계를 보였다. 해양환경과 해양생물에 대한 현황파악이 주요 목적임에도 권역별 조사로 인해 조사시기가 달라 갯벌과 주변 바다의 해양생태계를 연계하여 현황을 파악하기 힘들었다. 또한 전해역을 조사하는데 5년에서 10년에 이르는 권역별 순차 조사로는 시계열 자료 생산이 불가능하여 해양환경 및 해양생태계의 변화상을 도출하기 힘들었다. 따라서 해양생태계의 중장기 변동요인 및 영향 분석과 대응전략을 마련하기 위해 갯벌, 연안역, 근해역을 대상으로 한 동시조사와 조사주기를 단축하여 해양생태계의 과거-현재를 파악하고 미래를 예측하기 위한 양질의 시계열 자료를 생산할 필요성이 높아졌다. 이러한 문제점에 대한 인식을 기반으로 2014년, 해양생태계 법정조사사업들의 단계별 사업이 종료됨에 따라 통합 및 개편 작업이 이루어졌다. 이를 통해 기존의 개별조사사업(연안습지기초조사, 해양생태계기본조사, 해양보호구역 조사관찰)을 2015년부터 ‘국가 해양생태계 종합조사(이하 종합조사)’로 통합하여 수행하게 되었다.

### 국가 해양생태계 종합조사 현황

종합조사는 우리나라 해양생태계의 장·단기 변동 특성을 체계적이고 종합적으로 파악하고, 건강한 해양생태계 보전 전략 수립·시행과 해양공간관리에 활용할 수 있는 기초자료 제공 및 과학적인 정책지원을 목적으로 한다.

기존 해양생태계 법정조사들과 종합조사의 가장 큰 차이점은 조사주기를 1~2년으로 단축하여 그간의 조사에서 누락되었던 시계열 자료를 확보함과 동시에 과거-현재-미래를 비교·판단·예측할 수 있는 과학적 자료의 축적이 가능하게 되었다는 것이다. 우리나라 해양을 2개의 권역으로 나누어 2년에 한번 해양생태계 일반 현황을 파악하고, 핵심공간을 선정하여 매년 조사함으로써, 해양환경 변화에 반응하는 해양생태계의 변화를 모니터링 하도록 하였다.

종합조사는 기본조사와 중점조사로 구분되며, 기본조사는 우리나라 동·서·남해와 제주 해역을 대상으로 갯벌, 암반, 연안 전방에 대한 시계열 자료 획득을 목적으로 하는 정기적인 개괄적 조사를 의미한다. 중점조사는 국가의 필요나 일반 국민의 관심이 높은 이슈 지역을 대상으로 조사의 항목, 빈도, 강도를 달리하여 실시하는 조사이다. 기본조사는 총 555개 정점을 조사하고 중점조사는 총 273개 정점을 조사하여 종합조사는 현재 총 828개의 정점에서 해양생태계를 모니터링 하고 있다(Table 1). 근해역의 경우, 2018년부터 국립수산물과학원 근해조사자료(20개 정점)를 공유하여 활용하고 있다.

**Table 1.** The sampling station number of the national marine ecosystem monitoring program

	Total No. (828 stations)		
	Fundamental survey (555 stations)		Hot spot survey (273 stations)
	Odd year (426 stations)	Even year (229 stations)	
Tidal flat	231 stations	132 stations	189 stations
Rocky shore	11 stations	25 stations	6 stations
Inshore	73 stations	56 stations	38 stations
Offshore	11 stations	16 stations	6 stations
Sea bird	-	-	34 stations

기본조사의 조사항목은 생물 및 비생물 분야 등 2개의 대분야와 6개의 소분야로 구성되며, 각 소분야의 조사항목은 Table 2와 같으며, 중점조사의 조사항목은 기본조사 항목 중 중요도에 따라 취사·선택하여 달리 조사할 수 있으며 조사지역 특성을 고려한 조사항목 추가가 가능하다. 종합조사 수행을 위한 조사 방법은 ‘국가 해양생태계 종합조사 조사지침서(2016년 개정)

를 따르며 지침서에는 자료의 일관성과 신뢰성 확보를 위해 필요한 제반 사항을 규정하고 있다. 또한 모든 조사결과는 이해 관계자, 과학자, 일반 국민이 쉽게 구할 수 있도록 바다생태정보나라(<http://www.ecosea.go.kr>)를 통해 제공하고 있다.

**Table 2.** Survey parameters of the national marine ecosystem monitoring program

Large category	Small category	Parameter	Content
Biotic	Plankton	Bacteria	total number of bacteria
		Phytoplankton	chlorophyll a (total/nano), species composition, biomass
		Zooplankton	species composition, biomass
		Fish larve/juvenile	species composition, biomass
	Benthos	Meiobenthos	species composition, biomass, density
		Macrobenthos	species composition, biomass, density, health index
		Marine algae	species composition, coverage, biomass
		Seaweed	species composition, coverage, biomass
		Halophyte	species composition, coverage, biomass
		Nekton	Fish
	Crustacea		species composition, biomass
	Cephalopod		species composition, biomass
	Fisheries Resource		species composition, biomass
		Sea Bird	
Abiotic	Environment	Sea water	T, S, Nutrient, DO, SPM, POC/PON, heavy metal
		Tidal flat sediment	slope, sedimental rate, AVS, COD, IIL, heavy metal
		Subtidal sediment	grain size, organic carbon, total nitrogen, carbonate, heavy metal
	Socio-Economy	Socio-economy status	nature, industry, tourism, environment etc.
		Economic value	evaluation ecological, economic value
		Citizen awareness	Investigation of citizen conservation awareness

## 국가 해양생태계 종합조사 추진방향

종합조사는 2015년 이후 우리나라 갯벌, 연안, 근해, 수중생태계 전반의 과학적 기초자료를 생산하고 있으며, 생산 자료는 해양생태도 작성, 해양보호구역 지정, 생물다양성 보전, 지속가능한 해양의 이용, 전 지구적 환경변화대응 등 건강한 해양생태계 보전을 위한 국가 해양환경정책 수립의 기반이 되고 있다. 그러나 기존 해양생태계 법정조사사업을 통합·운영함에 있어 몇 가지 미흡한 부분도 나타나고 있다.

종합조사는 자료의 수집, 진단 및 평가, 정책 반영의 중요 선순환 프로세스를 고려했을 때 자료의 수집은 충실히 이루어지는 체계를 확립했다고 평가할 수 있다. 다만 매년 생산되는 자료의 방대함으로 인해 빠른 평가 및 진단이 미흡한 것은 앞으로 개선하여야 할 부분이다. 기존 해양생태계 법정조사들의 자료까지 포함한 자료평가(data assessment)를 실시하여 이상치를 식별하거나 정확한 추세변화를 인지하는 작업을 병행한다면 보다 빠른 해양생태계 평가가 가능해질 것이다. 향후 해양생태계 변화 양상 파악을 위한 세부 지표 수립 및 관리, 주요 지표종 선정, 조사 목표 구체화 등을 해양생태등급에 반영하여 빠른 진단과 평가가 이루어지도록 해야 할 것이다. 또한 주요 국가 연구사업 및 타 해양환경 모니터링 사업, 또는 중앙정부 및 지자

체의 연안 이용 및 보전에 대한 정책 수립 시 종합조사의 자료가 활용될 수 있도록 더 많은 홍보와 자료 제공이 필요하다.

현재 우리나라에서 유일한 해양생태계 법정조사인 종합조사가 해양먹이망으로 서로 연결되어 있는 생물들의 변동을 조사하고 해양생태계 건강성을 진단하는 유용하고 강력한 도구로 쓰이기를 기대한다.

## 감사의 글

본 단보는 해양수산부와 해양환경공단이 주관하는 국가해양생태계종합조사를 기반으로 작성되었습니다. 국가해양생태계종합조사에 참여하신 모든 연구진 여러분께 진심으로 감사드립니다.

김영남, 유정규, 여정원, 고병설, 황인서

해양환경공단

YOUNG NAM KIM, JEONG-KYU YOO, JUNG WON YEO, BYUNG-SEOL KHO AND IN-SEO HWANG

Korea Marine Environment Management Corporation