



Original Article

해양공간계획을 위한 해양활동지도 제작 동향과 시사점 - 어선·선박 정보 활용 사례를 중심으로 -

조성진¹ · 최희정^{2,†}

¹아주대학교 교통연구센터 연구원

²한국해양수산개발원 해양연구본부 해양환경·기후연구실 전문연구원

Recent Trends and Their Implications of Marine Activities Mapping for Marine Spatial Planning

Sung-Jin Cho¹ and Hee-Jung Choi^{2,†}

¹Researcher, Transportation Research Center, Ajou University, Suwon 16499, Korea

²Senior Researcher, Ocean Policy Research Department, Korea Maritime Institute, Busan 49111, Korea

요 약

해양공간계획은 해양환경 및 생태적 특성을 확인하고 해양에서 이루어지는 인간 활동을 파악하는 것에서 시작한다. 이를 위해 지난 20년 동안 세계 각국은 해양공간계획을 추진하면서 다양한 해양 정보를 구축하는데 집중하였다. 특히 해양에서 광범위하게 오랜 기간 동안 이루어진 수산과 항행 활동이 신규 해양 활동(해양에너지 개발, 해양자원 개발, 해양생태계 보호 등)과 공간 경쟁을 하게 되면서 해양공간계획 과정에서 수산과 항행 활동의 공간 범위와 경계에 관한 정보가 중요하게 되었다. 선박과 어선 위치 정보는 수산과 항행 활동을 확인할 수 있는 기초 정보이다. 지도는 이러한 해양활동을 시각화하고 특정 현상의 분포와 범위를 쉽게 파악할 수 있는 자료이다. 최근 과학기술의 발달로 선박·어선의 위치 정보와 같은 대용량 정보를 처리하고 분석할 수 있는 능력이 커짐에 따라 선박과 어선의 정보를 기반으로 한 해양활동지도 제작이 활발히 이루어지고 있다. 우리나라는 분야별 해양수산정보가 구축되어 있지만, 실제 해양활동 공간을 파악하기 위한 지도 제작 사례가 많지 않다. 이 논문은 해양공간계획을 활발히 추진하고 있는 유럽의 수산과 항행활동지도제작 경험을 통해 우리나라가 얻을 수 있는 시사점을 살펴보았다. 해양 이용이 다양해지고, 해양공간에 관한 정책 수요가 급증하는 상황에서 해양활동지도 제작은 국가적으로 매우 필요한 작업이다.

Abstract – For MSP (marine spatial planning), identifying the biophysical conditions of the oceans and the human activities in the marine space should be a priority. Over the last 20 years, numerous countries around the world have been collected and built marine activity information to develop MSP, and addressed the importance of information in many studies and literature. In particular, since the existing marine activities have conflicted with new marine activities (such as development of marine energy and marine resources, protection of marine ecosystems, etc.), knowledge about the obvious spatial boundaries or regions of each activity has become important in the MSP process. The location data for Fishing Vessels and Ships are basic information to identify fisheries and navigation activities. Maps are an important means of visualizing marine space to evaluate new applications and management tools for existing users and the environment. With the development of science and technology, the capacity to process and analyze large amounts of information was expanded, and the marine activity map was produced using the location information of ships and fishing boats. While Korea has information on marine fisheries by sector, there are limited cases of analysis and mapping to identify actual marine activity areas. This study aims to discuss how to develop and use marine activity maps in the process of MSP. The development of marine activities mapping is much necessary for the nation at a time when the diversity of marine use and the demand for policies regarding marine space rapidly increase.

Keywords: Marine Spatial Planning(해양공간계획), Marine activities mapping(해양활동지도), Spatial data(공간정보), AIS(선박자동식별시스템), V-Pass(선박패스장치)

[†]Corresponding author: chj1013@kmi.re.kr

1. 서 론

해양공간계획(Marine Spatial Planning, MSP)은 해양에서 이루어지는 다양한 인간 활동을 효율적으로 관리하기 위한 도구이다. 해양공간계획은 주로 수산(양식업, 어선어업), 군사, 바닷모래 및 광물, 해양에너지, 석유 및 가스, 항만 및 항행, 과학 및 연구, 수중 케이블 및 파이프, 해양관광, 수중 유물, 해양생태계 등 다양한 분야를 포괄적으로 관리한다. 세부적으로, 해양공간계획 과정은 계획과 분석, 이행, 모니터링과 평가의 3단계로 구성되며, 이 과정에서 해양에서 일어나는 활동의 유형, 강도, 분포를 파악하기 위한 다양한 형태의 해양공간정보가 요구된다(Choi *et al.*[2016]). 해양공간에서 인간활동을 시각화하고 특정 현상의 분포와 범위를 쉽게 파악할 수 있는 형태 중의 하나가 지도이다. 지도는 지구 표면의 상태를 기호나 문자를 사용하여 나타낸 것으로 지리 정보를 전달하기 위해 제작되었다. 해양공간계획을 위한 지도는 해양공간의 환경·생태적 특성뿐만 아니라 생태계 서비스를 확인할 수 있는 형태로 제작되어야 한다(Shucksmith and Kelly[2014]; Larry and Elliott[2016]; Foley *et al.* [2013]; Charles[2008]).

지난 20년 동안 세계 여러 국가들이 MSP를 위해 해양에서 인간의 활동 정보를 수집·구축해 왔고, 이 과정에서 정보의 중요성을 강조해 왔다. 특히 이들은 해양에서 오랜 기간 동안 가장 광범위하게 이루어졌던 수산과 항행 활동에 대한 정보를 구축하는 연구를 수행하고 있다. 수산과 항행 활동이 신규 해양 활동(해양에너지 개발, 해양자원 개발, 해양생태계 보호 등)과 상충하면서, 해양공간계획 과정에서 개별 활동의 명확한 공간 경계 혹은 범위에 관한 정보가 중요하게 되었다. 4차 산업혁명시대의 도래로 다양한 형태의 대용량 정보를 처리하고 분석할 수 있는 기회가 확대되었다. 이에 따라 해양 활동 공간을 파악하는 방법은 기존 해양 공간 정보, 위치 정보, 인공위성 자료 등을 분석하여 활용하는 디지털 방식에서부터 현장 지식을 탐문하여 공간화 시키는 방법까지 매우 다양해졌다. 특히 어선과 선박의 위치 정보는 수산과 항행 활동을 식별하는 중요한 정보로 선박자동식별시스템(Automatic Identification System, AIS)과 선박패스장치(V-Pass)¹⁾ 데이터를 활용하여 해양활동지도를 구축하는데 관심이 높아지고 있다.

우리나라는 부문별 해양수산정보가 구축되어 있지만 실제 해양 활동 공간을 파악하기 위한 지도의 제작 사례가 많지 않다. 근래 해양 이용이 다양해지고, 해양공간에 관한 정책 수요가 급증함에 따라 해양활동지도 제작은 국가적으로 매우 중요한 작업이다. 이러한 배경에서 본고는 해양공간계획 과정에서 다루어지는 해양 활동 중 수산과 항행 활동을 파악하기 위한 정보 구축과 활용에 대한 문헌과 사례를 검토하였다. 먼저 해양공간계획에서 다루어지는 인간 활동을 살펴보고, 이를 위한 정보 구축 및 관리 사례를 분석한다. 특

히 해양공간계획을 위한 수산 활동과 항행 활동 지도제작에 관한 국외 사례를 검토하였다. 이 결과를 토대로 현재 국내 해양활동지도의 제작 방법과 활용 방안에 대한 정책적 시사점을 도출하였다.

2. 해양에서 인간 활동과 정보 구축

일찍부터 유럽은 해양에서 일어나는 인간 활동을 파악하고 해양에 미치는 영향에 관한 다양한 연구와 사업을 진행하고 있다. 2008년 유럽연합은 해양환경을 보다 효과적으로 관리하기 위해 해양전략기본지침(Marine strategy framework directive, MSFD)을 채택하였다. MSFD는 해양환경에 영향을 미치는 인간 활동을 관리하기 위해 생태계 기반 접근 방식을 제도화한 지침이다. 이 지침의 부속서 III에 해양환경의 특성(물리적·화학적 특성, 서식지 형태, 생물학적 특성)과 인간 활동을 정리하고, 인간 활동의 압력과 영향에 대한 사항을 제공하고 있다.

이 지침에서 제시한 인간 활동에 대한 정보는 EMODnet (European marine observation and data network)을 통해 제공된다. EMODnet은 “한 번 수집, 여러 번 사용(Collect data once and use it many times)”이라는 모토 아래 그동안 분산되어 관리된 유럽의 해양 데이터를 통합하여 관리하고 있다. EMODnet은 7가지 주제(Bathymetry, Geology, Seabed habitats, Chemistry, Biology, Physics, Human activities)와 관련된 해양 데이터를 제공하고 있으며, 이 데이터는 현재 유럽 해양을 대상으로 한 다중 해상도 지도(multi-resolution maps)를 만드는 데 활용되고 있다. 7가지 주제 중 인간 활동 정보(Human activities)는 골재채취, 양식, 케이블, 문화·유산, 준설, 환경, 수산, 탄화수소 추출, 항구, 해양에너지 시설, 구역 지정·관리, 파이프라인, 폐기물 처리, 해상풍력 등이다. 이 포털은 사용자가 해양에서 이루어지는 인간 활동에 관한 위치, 범위, 변화, 강도 등을 쉽게 활용할 수 있도록 개발되었다.

영국은 해양에서 인간 활동과 압력의 관련성에 대한 증거를 수집하고 있다. 영국의 자연보존공동위원회(Joint nature conservation committee, JNCC)는 해양활동 표준목록(11개 대분류 39개 활동으로 구분)을 작성하였다.²⁾ 크게 연안관리, 폐기물, 생물자원 채취 및 생산, 무생물자원 채취, 에너지 개발, 교통 및 수송, 해양레저활동, 해양연구 및 조사, 국방 및 안보, 인공구조물 설치로 구분된다. 또한 2013년 JNCC는 인간 활동과 압력의 상관관계를 규명하는 압력·활동 매트릭스를 구축함과 동시에 인간 활동 공간을 지도로 작성하는데 필요한 데이터도 구축하였다.

3. 국내 해양수산정보 구축 사례 분석

3.1 해양수산정보 구축

그동안 우리 정부는 국가정보화를 통해 세계 최고 수준의 정보통신 기반을 구축하였고, 「국가정보화 기본법」을 중심으로 정보

¹⁾ 「선박패스(V-Pass) 장치의 설치기준 및 운영 등에 관한 고시」 제2조(정의) 선박패스(V-Pass) 장치: 「어선법」 제5조의2제1항 단서에 따라 해양사고 발생 시 신속한 대응을 위해 어선의 위치 및 긴급구조신호를 발신하며, 「선박안전조업규칙」 제15조에 따른 어선의 출항·입항 신고를 자동으로 처리할 수 있는 장치로서 897 MHz 대역의 주파수를 사용하는 무선설비를 말함.

²⁾ JNCC, Marine activities and pressures mapping, <http://jncc.defra.gov.uk/page-6516> (accessed 2018.07.07.)

화 관련 법·제도를 마련해 왔다. 해양수산업은 정보화사업을 통해 해양공간관리를 위한 해양의 상태와 이용 특성을 파악하고, 해양공간관리 정책방향 수립에 기초가 되는 정보를 구축하였다(MOF [2017]). 현재 해양·수산 관련 정보시스템들이 부문별로 구축되었으며, 해양환경, 수산업, 해운·항만, 해양안전 등으로 분류되어 하위에 개별 시스템이 존재한다. 해양공간관리 측면에서 개별 시스템은 해양상태, 해양이용, 해양관리로 구분되며, 시스템은 다음의 표와 같다(Table 1).

현재 정보시스템은 구축 목적에 맞는 데이터베이스를 구축하여 서비스 하고 있지만, 다양한 해양 활동을 통합해서 확인할 수 있는 체계는 없다. 특히 해양공간의 특성을 파악하기 위해서 생물리적, 사회·경제적 데이터의 통합 연계가 필요하나 이를 통합하여 공간 관리에 활용할 수 있는 규정 및 정책 또한 미흡한 실정이다. 따라서 현 상황에서 해양공간계획을 지원하기 위한 다양한 해양활동을 확인하는 정보체계를 구축하는데 한계가 있다.

3.2 어업 및 항행 정보

3.2.1 어선 및 선박 위치 정보

우리나라의 경우 선박 위치는 AIS, 어선 위치는 V-Pass 정보로 확인할 수 있다. AIS 정보는 해양안전종합시스템(General Information Center on Maritime Safety & Security, GICOMS)에서 관리되고 있다. 이 시스템은 실시간 선박위치정보를 수집하여 전자해도에 표시하고 선박 관련 정보를 연계하여 해상교통관제센터(Vessel Traffic Service Center: VTSC), 해군·해경 등 관계 기관과 공유되는 시스템이다. 이 시스템은 선박모니터링시스템(Vessel Monitoring System: VMS), 선박보안경보시스템(Ship Security Alert System: SSAS), 선박 관련 통합 DB, 정보 공유 체계로 구성되어 있다.³⁾ VMS는 어선의 활동을 감시하는 것뿐만 아니라, 어획량을 파악하는데 활용되고 있다(Lee[2003]). GICOMS를 통해서 AIS 자료를 제공 받을 수 있고, 이 자료는 정적 데이터로 MMSI 번호, 선박명, 선박종류, 국가 코드, IMO 넘버, 호출부호, 동적 데이터로 MMSI 번호, 일시, 경도, 위도, 선박속도, 선박침로, 선박코스 등을 포함하고 있다. 정부는 해양사고 발생 시 신속한 대응과 어선의 출항·입항 신고 자동화를 위해 국내 어선에 대한 V-Pass의 설치를 의무화하고 있다. 현재 해양

경찰청이 V-Pass 정보시스템을 운영 중이다. V-Pass에서 발신되는 정보는 어선 식별번호, 위치, 속력, 침로, 시각 등이다. 이를 통해 어선의 위치와 이동을 확인할 수 있고, 누적된 데이터는 어선이 밀집한 공간을 확인할 수 있다.

3.2.2 위치 기반 어획량 정보

수협중앙회의 어업정보통신분부는 어선의 업종별·해구별 어획량 정보를 수집·분석·가공하고, 이 자료를 이용해 매월 연근해 조업정보지⁴⁾를 제작하고 있다. 조업을 위해 출어선은 어선 출입항 신고를 해야 하며, 특정 해역 출어선의 경우 지정 어업정보통신국, 기타 해역 출어선의 경우에는 출항지 어업정보통신국에 위치를 보고해야 한다. 보고자료는 조업실태와 어업자원 정보를 확인하기 위해서 어선조업정보시스템을 통해 관리된다. 어선은 어획실적을 보고해야 하는데, 연근해어선의 경우 조업일마다 해구별, 어종별 어획량을 연근해 어업보고서에 기록한다. 어민은 위치보고와는 별도로 실제 조업을 한 위치를 소해구로 기재하고, 어획량은 어획량이 많은 어종부터 최대 19종류까지 구분하여 기재한다.

연근해 어획량은 「선박안전조업규칙 제23조」에 따라 어선으로부터 접수된 조업위치의 어획량 자료를 의미하는데, 소해구별⁵⁾로 집계하여 제공된다. 이 정보는 조업 후 어선에서 신고한 어획량을 기초로 제작되어 어업생산통계와는 차이가 있다. 하지만, 어선이 조업한 위치를 기반으로 하고 있어 실제 어업 활동 공간을 확인하는 등 다양한 활용이 가능하다. 어업 생산량 관련 통계는 수집되는 기간의 시차가 수개월이나 연근해 어획량은 원하는 시점에 조업 정보를 얻을 수 있다.

4. 해외 해양활동지도 제작 사례 및 시사점

4.1 항행 활동

해상 교통량이 증가하고 해상풍력발전 등 신규 해양활동이 증가함에 따라 선박 통항 공간은 해양공간계획에서 필수적인 정보가 되고 있다. AIS는 선박의 이례적 행태를 추적하고 미래의 상황을 추정하기 위한 해양상태인지(maritime situational awareness)를 개선하는데 점차적으로 활용되고 있다(Vespe *et al.*[2016]).

Table 1. Current Status and Major Functions of Marine Information System

구분	시스템 사례
해양상태	해양생태통합정보시스템(바다생태정보나라), 전 지구 실시간 해양관측정보센터(KOOPS), 국립해양조사원 정보시스템, 국가해양환경정보통합시스템(MEIS), 국립수산물과학원 정보화 시스템, 종합 해양정보시스템(TOIS)
해양이용	마리나 포털, 낚시 정보종합포털, 수산정보포털, 어선조업정보시스템, 어업자원관리시스템, 어업관리단 종합정보시스템, 원양어선조업 감시시스템, 어선 안전 관리 종합정보시스템, 어촌어항관리시스템
해양관리	해상교통 안전진단 정보관리시스템, 해양안전종합정보시스템(GICOMS), 사고 상황 재생·분석 시스템
해양관리	해양수산행정정보시스템, 해역이용영향 평가정보지원시스템, 연안포털, 침몰 선박 관리시스템, 무인도서정보관리시스템

Data: MOF[2017].

³⁾해경, 해군, 선박안전기술공단 등 관계기관(14개)과 선박위치정보 및 선박 관련 통합 DB 공유 및 대국민 서비스 제공(MOF[2017])

⁴⁾National Federation of Fisheries Cooperatives, Fishing safety information, https://www.suhyup.co.kr/service/data_90.jsp (accessed 2018.07.07.)

⁵⁾어선의 안전조업 및 어로활동 보호를 위해 위·경도를 0.5° 간격으로 해면에 구획을 긋고 각 구획바다 번호를 부여한 것(1개 대해구도는 9개 소해구도로 구성)

4.1.1 항적 밀도 지도(Route density map)

이 사례는 원시 AIS 데이터로부터 선박 경로를 시각화하기 위한 절차를 제시하고 시범적으로 적용하였다. 지도 제작 절차는 오픈소스 GIS 소프트웨어(PostgreSQL database, PostGIS extension, GeoServer)를 이용해 대용량 AIS 자료를 처리할 수 있는 DBMS(database management system)을 구현하고, AIS 데이터와 관련 지리정보와 결합·가공할 수 있는 서버를 구축하고, 마지막으로 지리참조(geo-referenced)된 AIS 자료와 관련 정보를 중첩시켜 항적 밀도 지도(Route density map)를 제작하는 것이다(Fig. 1). 이 지도는 특정 해역의 해상 교통 상황과 불법 행위를 모니터링 하는데 활용된다.

ExactEarth(www.exactearth.com)에서 무상 제공하는 실제 선박 항로자료(2015년 10월 한 달간 전 세계 해역을 대상으로 기록된 약 9천만 건)를 이용했다. 이 자료는 CSV 파일로 구성되며, 먼저 CSV파일의 모든 자료를 PostgreSQL DB에 저장한다. MMSI 번호, 경위도 필드를 이용해서 관심 항로를 대상으로 필터링한다. 다음 과정으로, 점 사상(point features)의 원시자료를 연결하여 선 사상(line features)의 선박항로자료를 생성하여 새로운 테이블에 저장하고, 특정 조건에 부합하는 경로를 추출하여 최종 지도를 생산한다.

4.1.2 셰틀랜드 선박 궤적 지도(Shetland vessel tracks)

2012년 12월부터 NAFC(The North Atlantic Fisheries College) Marine centre는 AIS 데이터로부터 획득한 선박 정보를 수집·처리하고 있다. 이 데이터는 Fig. 2(left)와 같은 점 사상의 지도와 이 지도를 토대로 Fig. 2(right)와 같은 선박 궤적 지도로 제작된다. NAFC Marine centre는 셰틀랜드 해양공간계획(The Shetland island's Marine Spatial Plan, SMSP)을 수립하는데 이 자료를 활용하였다. SMSP는 12해리 이내 해양 개발 및 활동을 관리하기 위한 정책 틀을 제공함과 동시에, 해양환경 및 다양한 이용 및 자산에 대한 공간자료와 결합되어 있다. 따라서 SMSP에서 제시한 정책 및 공간 자료는 개별 해양 관련 계획을 수립하거나 행위의 허가를 위한 의사결정 과정에 참고자료로 활용되었다.

4.1.3 발트해 선박 밀도 지도(Mapping maritime activities)

EU는 발트해를 대상으로 AIS 정보를 활용한 선박 밀도 지도를 작성하였다. 이 지도는 발트해의 국경을 넘어선 초국가적 MSP를 수립하는 Baltic Scope 프로젝트의 일환으로 제작되었다. PDF 형식의 지도와 격자 형식의 GIS 파일이 동시에 제공되며, 헬콤(HELCOM)에 의해 개발된 “AIS map explorer tool”에서 확인할

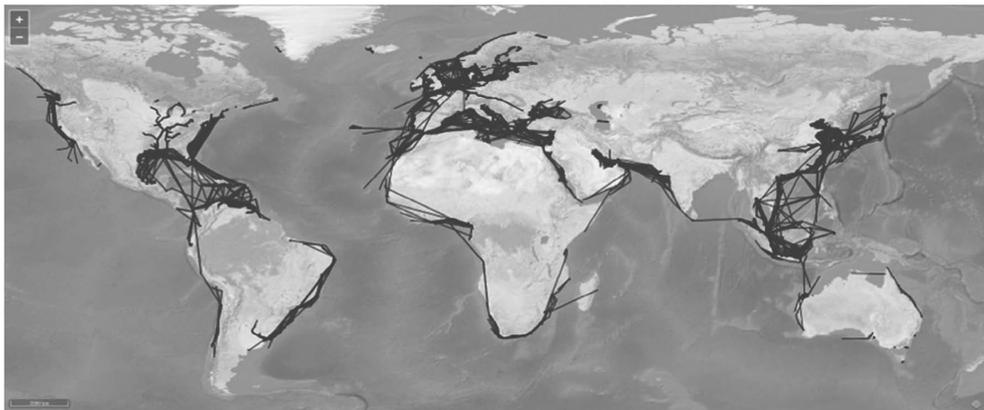


Fig. 1. An example of the ship routes obtained filtering. Data: Fiorini et al.[2016]

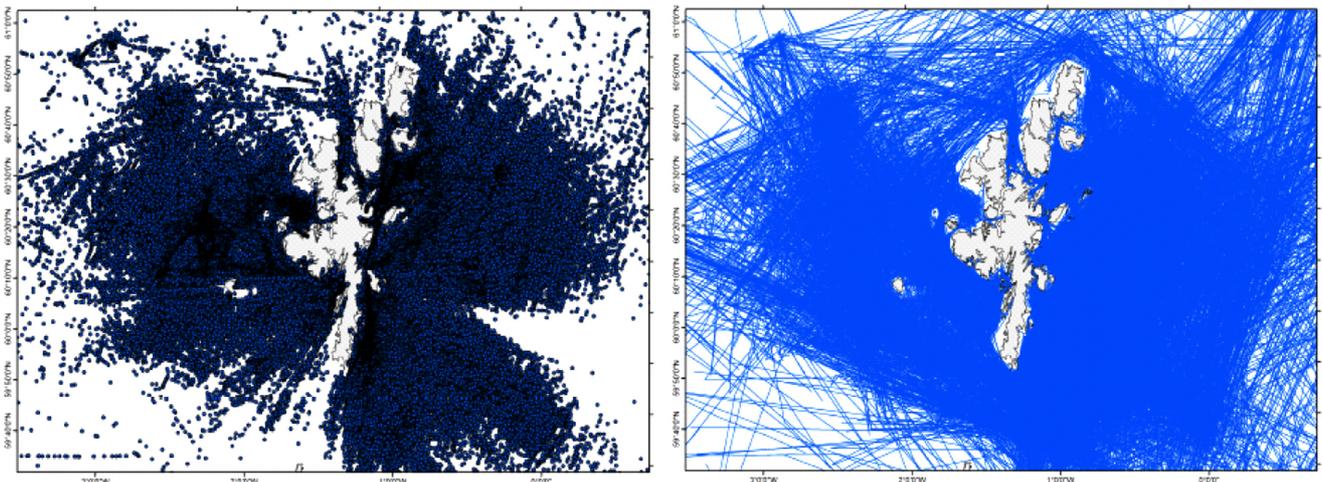


Fig. 2. Point (left) and vessel tracks (right) for all vessel signals received during 2013. Data: Shelmerdine and Shucksmith [2014].

수 있다(Fig. 3). 선박 밀도 지도 제작은 AIS 전처리와 지도 구축의 2단계 과정으로 이루어진다. 2005년부터 발트해 연안 국가로부터 모든 AIS 신호를 수집하여 헬콤의 AIS 데이터베이스에 저장해 왔으며, 이 자료는 공간분석이 가능한 형태로 전처리된다. AIS 자료는 시간, MMSI, 위치, 속도, 경로, 선박 종류, IMO 번호, 선박 국적 등에 해당하는 정보를 포함하고 있다(Nicolas *et al.*[2016]). 자료 정제 작업(data cleaning)은 R studio를 이용했으며 AIS 자료는 발트해에서 운항하는 모든 선박 목록과 결합하고, 최종적으로 선박분류기준에 따라 120종의 선박 유형을 분류한다. 지도 구축 단계에서 GIS 소프트웨어를 이용하여 1 km² 격자에 월별 자료를 점 데이터로 기록한 다음에 트랙빌더(Track Builder)로 선 데이터로 변환한다. 이후 격자를 중첩하여 가로 지르는 선을 공간결합(spatial join) 기법을 이용해 선박밀도지도도를 제작한다.

4.2 어업 활동

현재 우리나라 해양에서 오랜 기간 동안 광범위하게 이루어지는 이용은 수산 활동이다. 수산 활동은 어업과 양식으로 구분되는데, 어업은 자연에 있는 수산동식물을 포획·채취하는 활동을 말하며, 양식은 인공적인 방법으로 수산동식물을 길러서 거두어들이는 활동을 말한다. 양식업은 먼허를 통해 일정한 구역이나 시설을 독점적으로 이용하면서 수산생물을 생산하는 것이다. 이에

따라 양식 활동 공간은 명확한 경계를 가지고 있으나 조업 활동 공간은 어선 위치, 어획량 보고, 현장 지식 등을 통해서 확인이 가능하다. 다음에서 어업 활동 공간을 확인하기 위한 지도 작성 사례를 살펴보았다.

4.2.1 어업 활동 지도(Mapping Fishing Activities)

어업 활동에 대한 정보는 수산 과학의 기초가 될 뿐만 아니라, 해양 활동을 계획하거나 정책계획가가 해양보호구역의 영향을 평가하는데 활용되었다. EU 공동연구센터(Joint Research Centre, JRC)는 어업 활동 지도 제작 프로젝트(Mapping Fishing Activities, MFA)를 수행하였다(Fig. 4). MFA의 목적은 15 m 이상 어선의 AIS 데이터를 분석하여 유럽 전 해역의 어업활동 정보를 구축하는 것이다. JRC는 이 자료를 토대로 유럽 해역의 어획강도(fishing intensity) 공간정보와 고해상도 지도를 제작하였고, 어민 공동체와 어장과의 관계를 조사하였다. 이와 별도로 정책 지원 기능으로 해양보호구역 지정에 따른 수산업 분야의 영향을 평가하는데 활용하였다. 이 정보는 GIS를 통해 제공되며, GIS는 어획 강도가 높은 해역을 탐색하여 이 공간과 관련된 어업 공동체를 파악하는 것을 가능하게 한다. 이 정보는 해양공간과 자원의 지속가능성을 유지하기 위한 EU 전략, 즉 청색성장(Blue growth)을 촉진시키기 위한 정책과 관리 전략을 조정하는데 활용되었다.⁶⁾

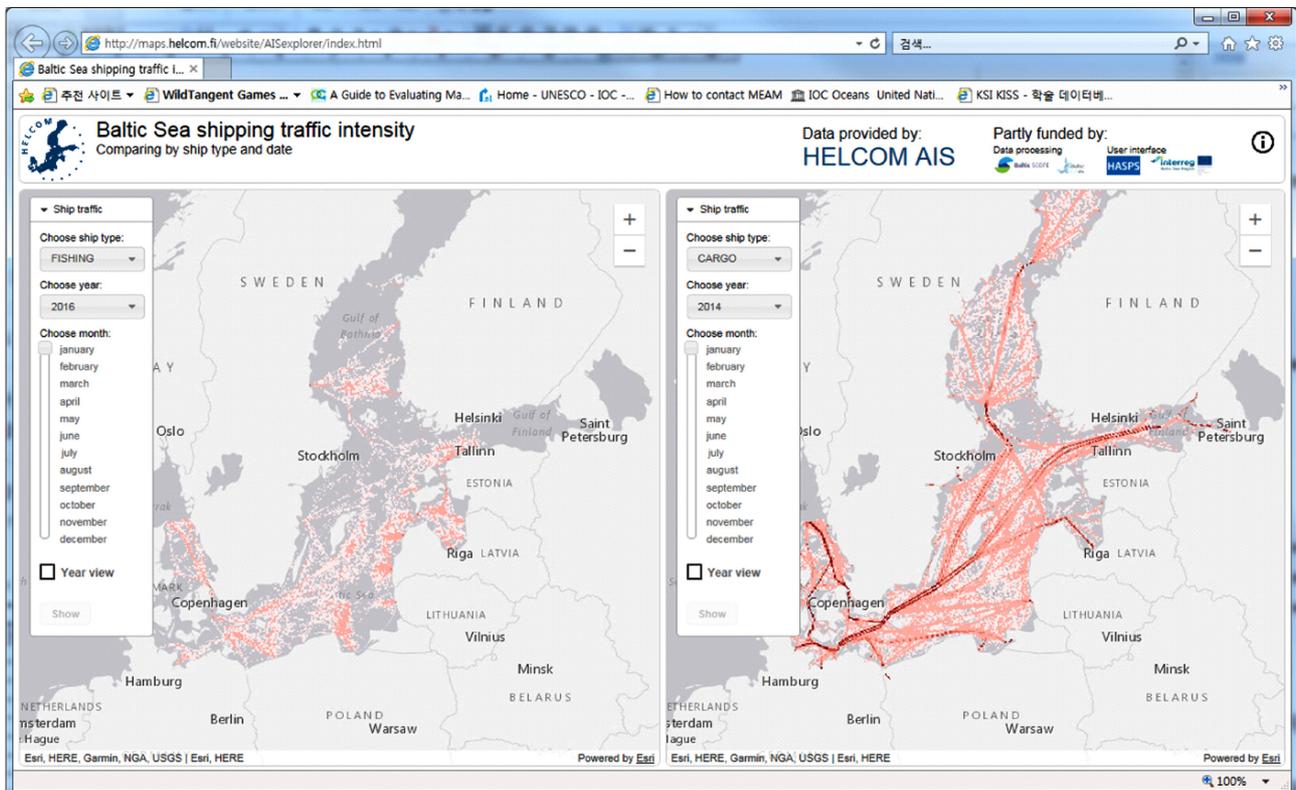


Fig. 3. Baltic sea shipping traffic intensity online tool. Data: HELCOM, Baltic Sea shipping traffic intensity, <http://maps.helcom.fi/website/AISexplorer/index.html> (accessed 2018.07.07.)

⁶⁾The Blue Reporters, New tool - detailed maps of high intensity fisheries areas in the EU, 18 April 2016(<http://www.thebluereporters.com/2016/04/18/new-tool-detailed-maps-high-intensity-fisheries-areas-eu/>) (accessed 2018.07.07.)

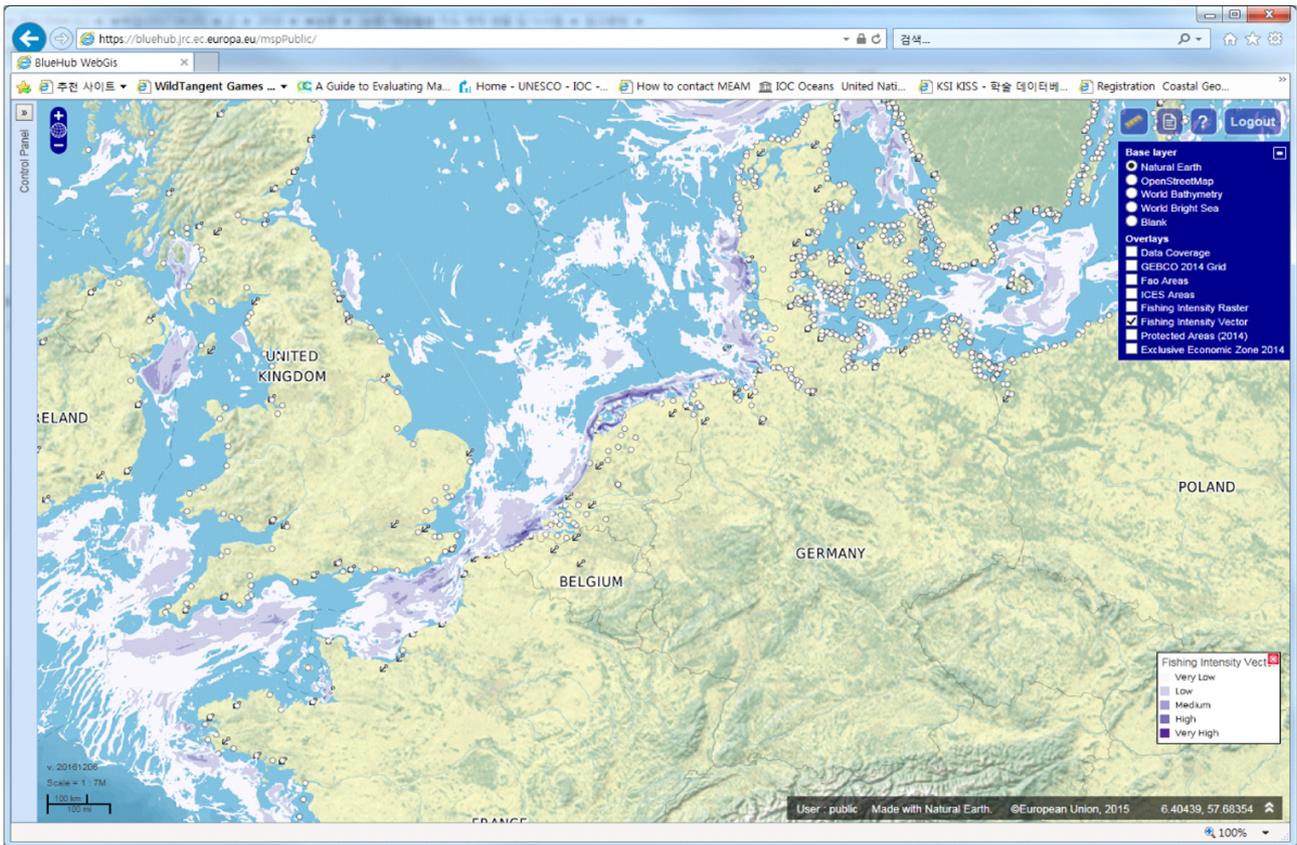


Fig. 4. Mapping Fishing Activities (MFA). Data: European Commission, BlueHub WebGIS, <https://bluehub.jrc.ec.europa.eu/mspPublic/> (accessed 2018.07.07.)

위 지도는 2014년 8월부터 1년간 수집한 AIS 시계열 자료를 토대로 제작된 것으로, AIS에 포함된 선박을 식별하기 위해 EU의 어선 등록소에 연결된 MMSI와 연동되었다(Vespe *et al.*[2016]). 어업활동지도 제작 과정은 먼저 선박 위치와 속도 자료를 선별하고 정제한다. 어업 활동을 확인하기 위해 속도식별 알고리즘을 이용해 어업 활동을 나타내는 점 사상의 자료를 추출한다. 구체적으로 Gaussian mixture model(GMM)⁷⁾을 이용한 무감독분류방식을 이용하여 주요 어업 활동(transit lag and fishing grounds)을 분류하여 1 km² 셀에 저장한다. 특정 기간 동안 수집된 AIS 자료로 제작된 지도는 AIS 신호의 간섭과 장애에 영향을 받을 수 있으므로 지도의 정확도와 신뢰도를 별도로 평가한다(Fig. 5 & Fig. 6).

위 지도는 어업 활동의 유형을 확인하고, 어업 공동체와 어장 사이의 관계를 파악하는데 활용될 수 있다. 즉, 공간을 활용하는 어선과 어민에 대한 정보는 수산 활동의 사회·경제적 가치 평가를 지원하며, 정책적인 측면에서 계획 구역, 해양보호구역 등과 같은 공간관리수단의 효과를 평가하는데 이용될 수 있다(Vespe *et al.*[2016]).

4.2.2 FisherMap

FisherMap은 Devon과 Dorset 해역의 어업 활동과 어민의 현장

지식을 나타낸 지도이다(Des Clers *et al.*[2008]). 이 지도는 잉글랜드 서남해안 일대의 해양보호구역 네트워크 구축을 구축하는 지역 협력 프로젝트(Finding Sanctuary)에 의해 제작되었다. 해양보호구역의 지정과 관리에 있어서 해양에서 이루어지는 인간 활동의 시공간적 분포에 대한 정보는 매우 중요하다. 인간 활동 정보는 관련 이해관계자의 영향과 변위 효과(displacement effect)를 최소화하거나, 저영향(low-impact) 활동과 자연보호 목적 사이의 시너지를 기대할 수 있다(Des Clers *et al.*[2008]). FisherMap 제작은 어민의 설문 결과를 활용하였는데, 설문 주요 내용은 해역 내 유형별 어업 활동의 공간별, 계절별 분포를 결정하기 위한 질문, 어민의 생태학적 지식(어업 지역 내 산란지, 보육장 위치 등)에 대한 질문, 잠재적 보호지역에 대한 제안에 관한 질문이다. 공간 정보를 획득하기 위해 설문 시에 배경 지도(background charts)를 제공하고 응답자로 하여금 각기 다른 어종, 어구, 어업기간에 대한 정보를 표시하도록 했다. 이후 표시된 구역은 설문 결과와 연결시키고 GIS를 통해 자료를 구축한다. 이 결과는 어민 인터뷰를 통해 검증하게 된다. 이 정보는 특정 활동 분포와 밀도를 나타내는 지도로 제작된다(Fig. 7).

지도 제작 결과, 근해와 연안에서 Dorset의 Poole Hoarbour에 등록된 어선들의 복잡한 어업활동이 특정 지역에 집중되고 있으며, 선박 크기에 따라 활동하는 공간이 다르게 나타남을 밝혀내었다.

⁷⁾마신라닝에서 자주 활용되는 무감독분류의 모수적 접근법으로, 데이터가 K개의 정규 분포로부터 생성되었다고 보는 클러스터링 모델

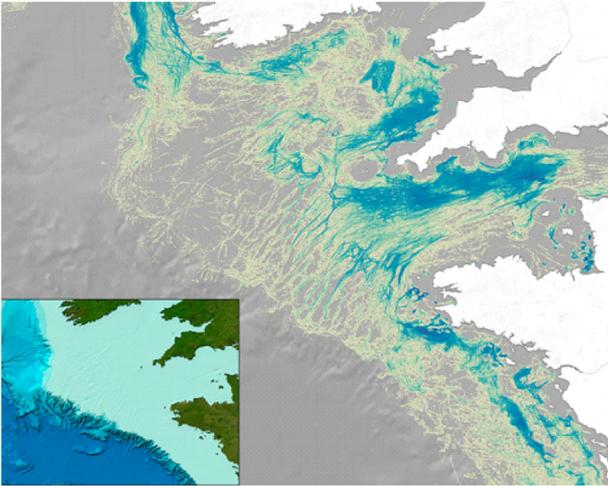


Fig. 5. AIS derived fishing activities over the continental shelf. Data: Vespe *et al.* [2016]

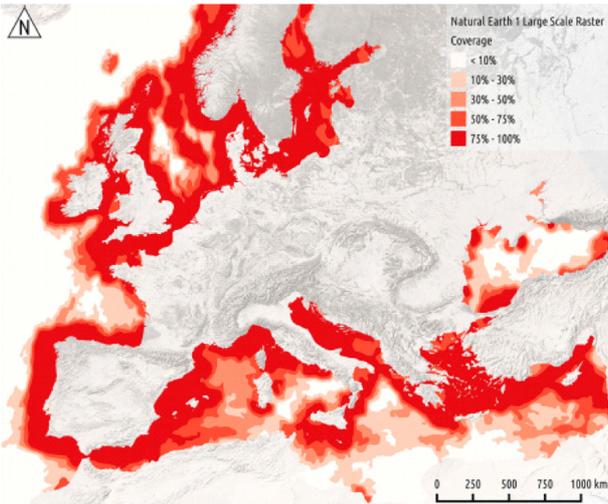


Fig. 6. The reliability of mapping results. Data: Vespe *et al.* [2016]

실문조사에서 전체 응답자의 50%가 산란장, 보육장에 대한 정보를 제공할 의사를 나타냈다. 이 지도는 웹GIS로 구축하여 정보접근을 용이하게 하고 활용된 정보를 중첩하여 사용자가 공간 상관성을 이해할 수 있도록 서비스되고 있다. FisherMap은 구역 지정에 관련한 이해관계자가 계획 과정에 참여할 기회를 제공하여 실제 계획 과정을 이해할 수 있도록 하였다. 결과적으로 어민의 정보 기여에 대한 보답으로 어업 지도를 제공하고, 그들로 하여금 어업 활동이 해양환경에 미치는 영향과 생태계와 조화를 이루는 방법에 대한 이해도를 높이는데 기여하고 있다.

4.2.3 ScotMap

ScotMap은 스코틀랜드의 해양공간계획을 수립하는 과정에서 제작한 어업 활동 지도이다. 스코틀랜드에서 VMS는 대형 어선에 장착되어 있고, 연안 해역에서 주로 활동하는 15 m 미만의 작은 선박에는 장착되지 않는다. 기존의 국제해양탐사협회(International Council for the Exploration of the Sea, ICES)의 수산 정보는 상대적으로 공간 해상도가 낮고, 해양공간계획을 수립하는데 한계를 갖고 있다. 스코틀랜드 해양관리 기관인 해양 스코틀랜드(Marine Scotland)는 연안 어업 활동 분포와 어업에 따른 경제적 이익에 대한 정보를 확보하기 위해 참여 매핑 사업인 ScotMap을 추진하였다. 참여 매핑 방법을 활용한 어업자원 및 이용 패턴을 지도화는 저비용으로 신뢰성 있는 데이터를 생산할 수 있다는 이점이 있다(Kafas *et al.* [2017]). 스코틀랜드에 등록된 상업 어선 어부(1,090명)와 직접 면담하여 2007~2011년 동안 어획 활동에 관한 정보를 수집하였다(Kafas *et al.*[2017]). 어부는 조업 지역과 수입에 대한 정보를 제공하고, 이 정보를 4.2 km²(0.025°×0.025°) 격자에 매핑하였다(Fig. 8).

수집된 데이터는 화폐 가치(Monetary value), 상대적 경제 가치(relative economic value), 어선 및 선원수(number of fishing vessels and crew)를 제공하는 지도로 제작되었다(Fig. 9). ScotMap 산출물은 높은 공간 해상도로 해역의 경제적 중요성과 연안 어업 활동의

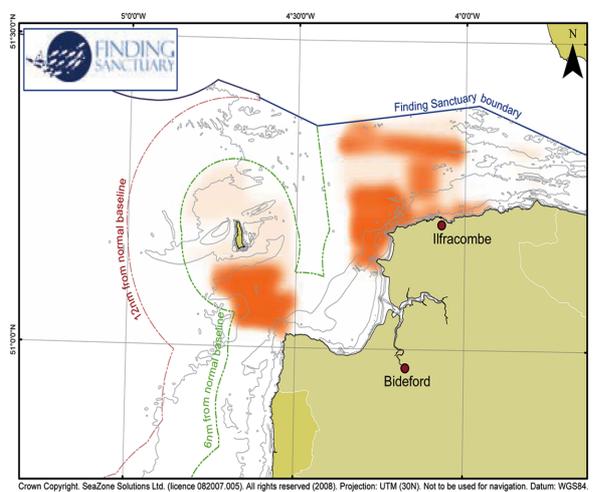
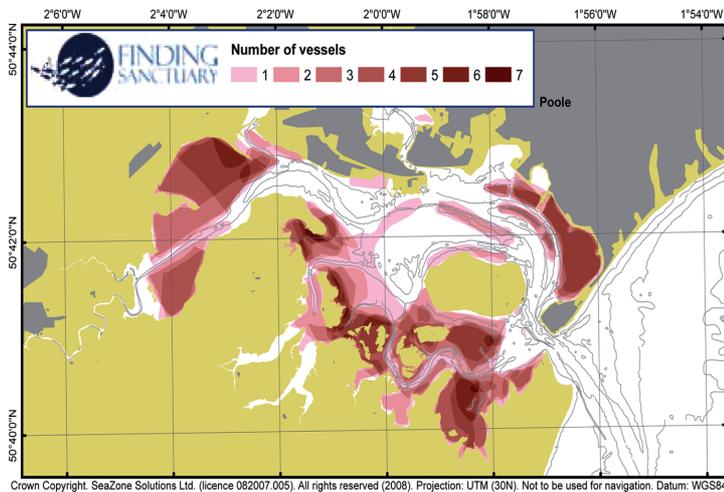


Fig. 7. (left) Density map and (right) the coral field of lobster identified by fishermen in the northern Devon. Data: Des Clers *et al.*[2008]

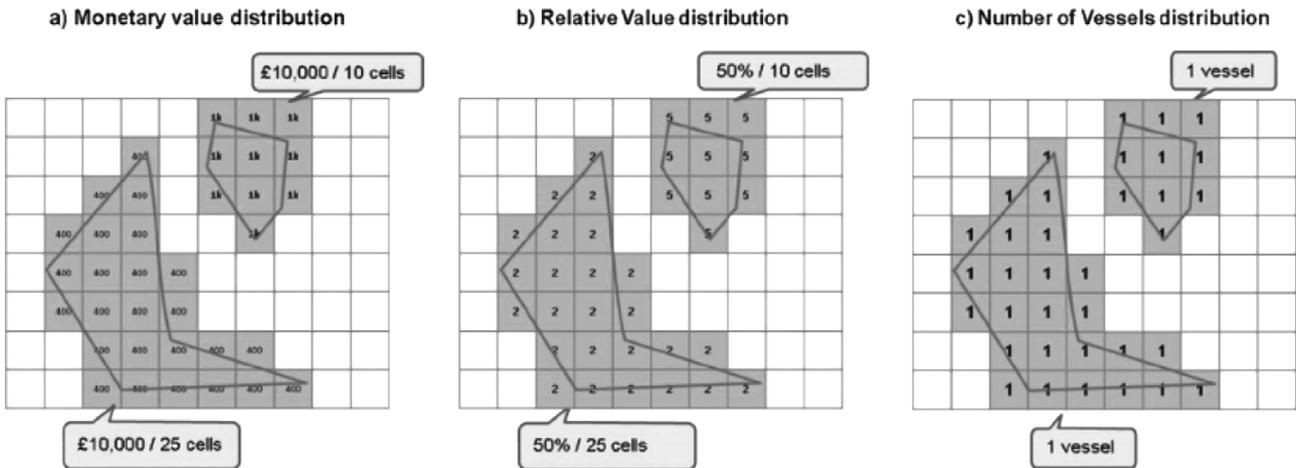


Fig. 8. An illustrative example of a fisherman earning from two fishing areas. Data: Kafas *et al.* [2017]

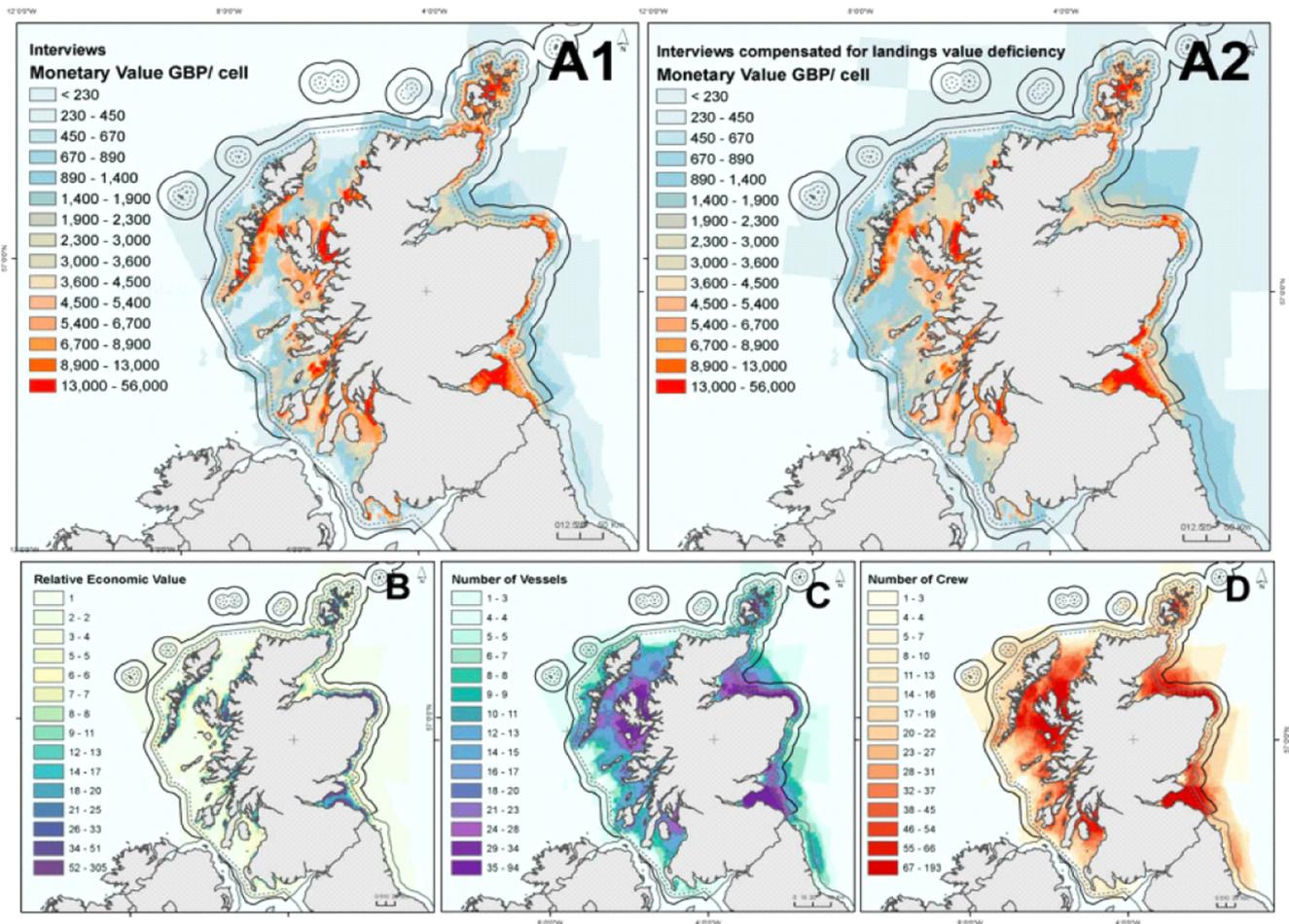


Fig. 9. Examples of ScotMap. Data: Kafas *et al.* [2017]

위치에 대한 정보를 제공한다.

ScotMap 프로젝트의 데이터 산출물은 국제해양탐사협회 격자 (ICES statistical rectangles) 수준에서 수집된 어획량 데이터와 비교하여 훨씬 더 세밀한 공간 규모로 제공한다. 인터뷰를 통해 비교

적 짧은 기간 동안 어업 활동 정보를 신속하게 다양한 정보를 수집 하였으며, 검증 과정을 통해 지도의 품질을 개선하였다. 결과적으로, 이 프로젝트를 통해서 어업 이해관계자와 협력 관계를 형성하였다. ScotMap은 이미 스코틀랜드 해역의 해양공간계획에서 증거

Table 2. Procedure and application of marine activities map

	Shipping			Fishing		
	Route density map	Shetland vessel tracks	Mapping maritime activities	Mapping fishing Activities	FisherMap	ScotMap
Relevant project	e-Navigation and MSP process	Shetland island's Marine Spatial Plan	Baltic Scope Project	EU Joint Research Centre	Finding Sanctuary Project	Marine Scotland
Data	AIS	AIS	AIS	AIS	Interview and local knowledge	Interview and local knowledge
Method	GIS Data aggregation and formatting → Map construction → Interactive map visualization	GIS Data was collected as a text file, processed → quality controlled → combined with a bespoke vessel database → processing and analysis in ArcGIS	GIS Grid-based approaches (1 km ²)	GIS Using a classification algorithm Saving the frequency of these messages to a cell (1 km ²) → Defining high intensity fishing areas	GIS/Participatory mapping Fisherman draw the areas → the areas were digitised into the GIS and linked with the corresponding questionnaires	GIS/Participatory mapping Interview & data collection → Data analysis → Grid-based mapping (4.2 km ²) with attribute information on the value of fishing
Map type	Route density map	Vessel track density map, connectivity map	Shipping traffic intensity map	High-resolution map of fishing intensity	Footprint map, density map, spawning areas map	Monetary value map, relative economic value map, fishing vessels and crew map
Application of map	·Planning strategy for managing high traffic volumes ·Illegal actions	·Shetland island's Marine Spatial Plan ·License	·Baltic sea MSP	·Characterizing the relations between fishing grounds and fishing coastal communities ·Assessing the environmental effectiveness of the MPA ·Estimating of fishing effort or of fishing footprint	·MPA designation and management ·Engagement with stakeholders	·Marine spatial planning in Scotland ·Offshore renewable energy developments and marine conservation

를 제공하는 중요한 역할을 수행하고 있으며, 이외에도 국가 해양 계획, 해양에너지의 개발, 그리고 스코틀랜드 해양보호구역의 관리 대책에서 어획활동의 영향 평가에 활용되고 있다.

4.3 시사점

국외 해양활동지도 제작과 활용 사례(Table 2)는 우리나라에서 해양공간계획체제를 본격적으로 추진하고 있는 현 단계에서 정책적으로 시사하는 바가 크다.

첫째, 선박 및 어선의 위치 정보가 해양활동지도 제작에 적극 활용되고 있다. 우리나라의 선박과 어선도 위치발신장치의 설치가 의무화⁸⁾ 됨에 따라 이 장치의 대용량 위치 데이터가 수집되고 있다. 또한 GIS, 빅 데이터, ICT 기술의 발달은 이 데이터를 처리할 수 있는 능력을 향상시켜, 어선과 선박의 위치정보는 각종 해양 정보와 융합 처리할 수 있게 되었다. 여전히 선박 및 어선 위치 정보를 해양사고 예방과 안전한 조업과 항행에 활용되고 있는 실정에서 이 정보를 활용한 해양활동지도 제작에 정부가 국가차원에서 관심을 가져야 할 것이다.

둘째, 어업 활동 공간을 분석하고 지도를 제작하는 방법이 공간적 범위(연안, 근해)에 따라 다양하다. 해외 사례에서 나타난바와 같이 지도 제작 대상 해역의 범위는 제작 방법에 많은 영향을 준다.

각 국가의 선박과 어선의 위치발신장치 설치 기준에 따라 활용할 수 있는 데이터의 범위가 다를 수도 있다. 근해의 경우 어업활동 지도 제작은 AIS 혹은 V-Pass를 활용한 방법이, 해안선 인접 혹은 연안의 경우 소규모 어선의 어업활동 지도 제작은 공공참여GIS(Public Participation GIS, PPGIS) 기반의 참여 매핑 방법이 활용되었다.

셋째, 해양활동지도 제작 과정에서 해양생태계 정보가 함께 구축되어야 한다. 해양활동이 많이 이루어지는 공간이 잠재적인 자원이 높은 공간만은 아니다. 수산자원의 생애주기별로 다른 공간에 분포할 수 있고, 수산자원별로 산란지와 서식지가 다르다. 해외 사례의 경우, 해양활동지도 제작에 있어서 서식지 정보가 매우 중요하게 다루어지며 서식지 정보를 함께 제공하여 인간 활동에 관한 영향을 확인할 수 있게 구성하였다. 어민의 지역 지식을 통해 산란지와 서식지 정보를 획득한 것도 해양생물의 서식지 및 종 분포 정보가 매우 미흡한 실정에서 우리나라에 적용해 볼 수 있는 방법으로 판단된다.

넷째, 해양에서의 인간 활동을 규정하는 정책과 수단이 확대됨에 따라 해양활동지도 제작이 증가하고 있다. 해외 사례에서 지도 제작의 목적과 배경이 MSP 출현과 밀접한 관련이 있었다. 해양활동 지도는 다양한 해양공간정보를 수집·저장하여 공간의 특성을 평가하고, 평가한 결과를 시각화하는 일련의 분석 과정으로 제작되었다. MSP 과정에서 해양활동지도는 해양에서 발생하는 다양한 인간 활동과 영향 범위에 대한 정보를 제공함으로써, 복잡한 해양 이용 상황을 이해할 수 있게 하여 효과적인 관리를 지원한다.

⁸⁾ 「어선법」 개정에 따라 2018년 5월 1일부터 어선은 어선위치발신장치를 갖추고 이를 작동하여야 함. 즉, 전 어선은 V-Pass를, 2톤 이상 어선은 초단파 무선통신장비(VHF-DSC), 10톤 이상은 AIS 설치하고 작동하여야 함.

다섯째, 해양활동지도는 해양보호구역, 해양공간계획, 해상풍력 발전사업 등의 추진과정에서 활용되었다. Scotmap 경우, 해상풍력 발전으로 영향을 받은 어업 활동 공간을 사전에 확인하는데 어업 활동 가치 지도를 활용하였고, 이를 통해 갈등을 최소화하려는 노력은 우리가 눈여겨 볼 만하다. Scotmap은 일정 기간 동안 조사한 데이터로 엄밀하게 정확하다기 보다는 일반적인 경향을 판단하게 한다. 하지만 이러한 노력을 통해 해양에서의 개발을 보다 합리적으로 시행도록 하는데 도움이 되는 것으로 볼 수 있다. 또한 FisherMap, MFA 경우 해양보호구역 지정과 관리 시에 어업의 영향을 확인하는데 활용하였다. 과거 어업 활동 공간에 대한 정보가 부족했을 뿐만 아니라 어업 활동 공간의 가치 평가가 어려워 이해관계자 간 공간 충돌, 피해·손실 정도를 객관화하기 어려웠다. MSP가 발전해 가면서 어업 활동을 분석할 수 있는 기술과 정보에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있어(Fock *et al.*[2008]; Janßen *et al.*[2016]), 우리나라도 이에 대한 집중 투자와 개발이 필요하다.

여섯째, 해양활동지도는 위치 정보와 관련 해양정보의 융합과 연계 기술이 필요하다. 조업 공간의 어획량을 산정하기 위해서는 AIS의 밀도를 어선의 크기 또는 엔진 동력과 연계시키는 것이 필요하며, 이는 어구의 크기와 직접적으로 관련이 있다. 향후 연구에 있어서 AIS 밀도와 어획 노력량을 연결하고 분석하는 것은 중요한 연구 주제가 될 것이다(Eigaard *et al.*[2016]; Vespe *et al.*[2016]).

마지막으로 해양활동지도를 제작하는 방법 중 참여 매핑 방법은 해양활동에 대한 이해를 높여 관련 이해관계자의 협상을 가능하도록 돕는다. 해양활동지도는 바다의 현실을 이해하는 것과 동시에 공간 경쟁 문제를 해결하는데 있어 참여를 이끌 수 있었다. ScotMap, Fishermap 제작 시 자료 수집 및 검증 과정에서 대상 해역에서 활동하는 어민의 참여는 해양생태계에 미치는 영향에 대한 이해를 높이며, 이해관계자들 간의 갈등을 해소하는 계기를 마련할 수 있었다.

5. 결 론

전 세계적인 인구 및 자원 소비 증가, 기술 발전으로 말미암아 해양에서 인간 활동의 강도와 범위가 확대됨에 따라 인간 활동 정보에 대한 관심이 커지고 있다.⁹⁾ 인간 활동 정보는 해양에서의 인간 활동이 제약되는 공간, 다양한 활동이 수용될 수 있는 공간을 제공한다. 이 정보를 얻기 위해 유럽의 각 국은 지속가능한 방식으로 바다를 이용·관리하는데 있어서 다양한 해양활동지도를 제작하여 활용하고 있다.

해양공간계획에서 지도 제작이 중요한 이유는 첫째, 해양생태계와 인간 활동에 대한 공간을 파악하고, 둘째 인간 활동 지도가 해양활동과 해양공간관리에 필요한 시나리오와 평가에서 기초 정보가 되며, 마지막으로 이해관계자의 참여를 돕기 때문이다. 해양활동지도 제작을 위해서는 해양활동 특성에 따른 양질의 입력 자료 구축과 함께 분석 알고리즘 개발이 중요하고 이를 위한 데이터베

이스 구축이 장기적인 관점으로 시행되어야 한다. 따라서 정부는 해양활동지도가 중요지역 및 상호 작용 확인, 생물물리학적 생태계 특성과 서비스에 대한 압력·영향 평가, 신규 해양개발 입지에 대한 제안과 영향 평가에 활용될 수 있도록 우리나라 선박 및 위치 데이터의 활용 여건을 파악하고 우리 실정에 적용 가능한 해양활동지도 제작 연구 및 기술 개발을 추진해야 할 것이다.

사례에서 확인할 수 있듯이, 해양공간의 역동성을 해양활동지도에 담는 것은 해양공간계획체제를 이행하는 중요한 과정이다. 해양공간계획체제는 현재의 인간 활동을 관리함으로써 해양 공간의 변화와 이를 둘러싼 갈등을 막는데 효율적임과 동시에, 우리가 직면하고 있는 미래의 해양 공간에 대해 서로 공감하고 준비하기 위한 과정이다. 따라서 현재와 미래의 해양공간을 담을 수 있는 해양활동지도의 제작에 주목할 필요가 있다.

후 기

본 논문은 2017년 해양수산부의 지원을 받아 수행된 연구(해양공간계획체제 구축 2017년 시범 연구사업)의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

References

- [1] Charles, E., 2008, Conclusions: benefits, lessons learned, and future challenges of marine spatial planning, *Mar Policy*, 32(5), 840-843.
- [2] Choi, H.J., Nam, J.H., Choi, S.M., Jeon, H.J., 2016, A study on the Establishment of Marine Spatial Planning Information System, Korea Maritime Institute.
- [3] Des Clers, S., Lewin, S., Edwards, D., Searle, S., Lieberknecht, L. and Murphy, D.F., 2008, Mapping the Grounds: recording fishermen's use of the seas. Final Report. A report published for the Finding Sanctuary project.
- [4] Eigaard, O.R., Bastardie, F., Breen, M., Dinesen, G.E., Hintzen, N.T., Laffargue, P., Mortensen, L.O. and Rijnsdorp, A.D., 2016, Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and dimensions. *ICES Journal of Marine Science*, 73(Suppl 1), 27-43.
- [5] Fiorini, M., Capata, A. and Bloisi, D., 2016, AIS Data visualization for Maritime Spatial Planning(MSP), *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy* 5, 45-60.
- [6] Fock, H.O., 2008, Fisheries in the context of marine spatial planning: Defining principal areas for fisheries in the German EEZ, *Marine Policy*, 32(4), 728-739.
- [7] Foley, M.M., Halpern B.S., Micheli, F., Armsby, M.H., Caldwell, M.R., Crain, C.M., Prahrer, E., Rohr, N., Sivas, D., Beck, M.W., Carr, M.H., Crowder, L.B., Duffy, J.E., Hacker, S.D., Mcleod, K.L., Palumbi, S.R., Peterson, C.H., Regan, H.M., Ruckelshaus, M.H., Sandifer, P.A. and Steneck, R.S., 2013, Guiding ecological principles for marine spatial planning, *Marine*

⁹⁾EModnet, Human Activities, <http://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php> (accessed 2018.07.07.)

- Policy, 34, 955-966.
- [8] Janßen, H., Bastardie, F., Eero, M., Hamon, K.G., Hinrichsen, H.H., Marcha, P., Nielsen, J.R., Pape, O.L., Schulze, T., Simons, S., Teal, L.R. and Tidd, A., 2016, Integration of fisheries into marine spatial planning: Quo vadis?, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1-9.
- [9] Kafas, A., McLay, A., Chimienti, M., Scott, B.E., Davies, I. and Gubbins, M., 2017, ScotMap: Participatory mapping of inshore fishing activity to inform marine spatial planning in Scotland, *Marine Policy*, 79, 8-18.
- [10] Larry, C., Elliott, N., 2016, Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning, *Marine Policy*, 32(5), 772-778.
- [11] Lee, J.G., 2003, A Study on introduction of the fishing vessel monitoring system, *Ocean Policy Research*, 18(2), 177-203.
- [12] Ministry of Oceans and Fisheries, 2017, 2018 National IT Planning.
- [13] Nicolas, F., Frias, M. and Backer, H., 2016, Mapping maritime activities within the Baltic Sea.
- [14] Shelmerdine, R.L., Shucksmith, R.J., 2014, Using AIS to inform Marine Spatial Planning and marine industries, NAFE Marine Centre.
- [15] Shucksmith, R.J., Kelly, C., 2014, Data collection and mapping – principles, processes and application in marine spatial planning, *Marine Policy*, 50, 27-33.
- [16] Vespe, M., Gibin, M., Alessandrini, A., Natale, F., Mazzarella F., and Osio, G.C., 2016, Mapping EU fishing activities using ship tracking data, *Journal of Maps*, 12:sup1, 520-525.
- [17] EModnet, Human Activities, <http://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php> (accessed 2018.07.07.)
- [18] European Commission, BlueHub WebGIS, <https://bluehub.jrc.ec.europa.eu/mspPublic/> (accessed 2018.07.07.)
- [19] European Commission, Mapping Fishing Activities(MFA), https://bluehub.jrc.ec.europa.eu/webgis_fish (accessed 2018.07.07.)
- [20] HELCOM, Baltic Sea shipping traffic intensity, <http://maps.helcom.fi/website/AISexplorer/index.html> (accessed 2018.07.07.)
- [21] JNCC, Marine activities and pressures mapping, <http://jncc.defra.gov.uk/page-6516> (accessed 2018.07.07.)
- [22] National Federation of Fisheries Cooperatives, Fishing safety information, https://www.suhyup.co.kr/service/data_90.jsp (accessed 2018.07.07.)
- [23] The Blue Reporters, New tool – detailed maps of high intensity fisheries areas in the EU, 18 April 2016(<http://www.thebluereporters.com/2016/04/18/new-tool-detailed-maps-high-intensity-fisheries-areas-eu/>) (accessed 2018.07.07.)

Received 17 July 2018

Revised 17 September 2018

Accepted 10 October 2018