

해양공간계획 연구동향 분석 연구: 토픽 모델링을 중심으로

황규원* · 장아름** · 이문숙***

*, ** 한국해양과학기술원 연구원, *** 한국해양과학기술원 책임연구원

A Study on the Trends in the Studies on Marine Spatial Planning: Focusing on Topic Modeling

Kyu Won Hwang* · Ah Reum Jang** · Moon Suk Lee***†

*, ** Researcher, Ocean Law and Policy Institute, Korea Institute of Ocean Science and Technology(KIOST), Busan, 49111, Korea

*** Principal Research Scientist, Ocean Law and Policy Institute, Korea Institute of Ocean Science and Technology(KIOST), Busan, 49111, Korea

요 약 : 최근 전세계적으로 해양공간계획을 수립하고 공간활용 측면에서 다양한 용도를 포괄하고, 법제도화를 통해 공간관리를 추진하고 있다. 또한 해양공간에서 발생하는 다양한 활동과 해양공간의 이용 범위와 강도가 확대되고 있는 가운데, 이해관계자 간 갈등 저감과 합리적인 공간관리수단으로써 해양공간계획의 중요성이 증대되고 있다. 이와 더불어 해양공간계획 관련 연구는 양적 성장과 다양한 연구 분야에서 수행되고 있다. 이 연구의 목적은 해양공간계획 관련 연구동향을 탐색하고 최근 10년간 연구주제의 변화와 이슈 키워드를 분석하고자 한다. 연구대상은 2010년부터 2020년까지 해양공간계획을 핵심 주제로 포함하는 연구문헌을 대상으로 키워드를 분석하였다. 분석방법은 단어출현빈도, 워드 클라우드 등 출현강도를 기반으로 핵심 이슈를 발굴하고, 키워드를 중심으로 토픽과 연계된 5개 키워드를 추출하여 핵심 주제 도출하였다. 연구결과 정책수립 측면에서 정책수준단계(PRL)를 적용하여 원칙개발, 제도화, 정책검증 등 시기별 핵심 주제가 변화를 확인하였다. 국내연구는 의사결정도구로서 연구와 방법적용을 중심으로 수행되고 있으며, 향후 연구의 양적 성장과 질적 다변화를 통해 현재 시행초기의 해양공간계획이 실제 해양공간의 통합적 관리 및 조정 역할이 가능한 제도로의 정착을 기대한다.

핵심용어 : 해양공간계획, 연구동향, 정책준비수준, 단어출현빈도, 토픽 모델링

Abstract : With regards to the marine spatial planning of the world, the spaces are being managed through the integration of various uses and the establishment of systems and laws in the perspective of the utilization of spaces. In the perspective of policy establishment, the policy readiness level is applied to analyze the trends in the studies on South Korea's marine spatial plans. The scope of the study included analyzing marine spatial plan as a keyword in articles published over the period from 2010 to 2020. The methods of analysis included the analyses of the frequency of word appearance, word clouds, and appearance intensity, which were used to identify key issues. Five keywords that were related to the topics were identified, and were again used to identify the key themes. The core themes were changing in all phases, such as the principles development phase, institutionalization phase, policy verification phase. For future benefit, this requires more research in South Korean public organizations and universities.

Key Words : Marine spatial planning, Research trend, Policy Readiness Level (PRL), Term frequency, Topic modeling

* First Author : hwangkw@kiost.ac.kr, 051-664-3757

† Corresponding Author : leems@kiost.ac.kr, 051-664-3726

1. 서론

해양공간계획은 큰틀에서 연안 육지를 포함한 해양환경 및 생태계 보호, 해양자원 이용, 규제 등을 위한 통합적 관리 접근법으로 해양 생태계 기반의 관리를 통해 지속가능한 이용을 도모하는 것이다(Gyeongnam Development Institute, 2011; Retzlaff and LeBleu, 2018). 최근 해양공간에 대한 수요가 증가하여 해양공간계획은 해양경제 측면에서 매우 중요한 결정요인으로 작용한다(European Commission, 2020).

해양공간계획의 정책실행으로 인한 직접적인 영향으로 독일은 1.9억 유로, 벨기에는 0.9억 유로, 노르웨이는 2.3억 유로 규모의 경제적 영향이 발생되고, 간접적 영향까지 고려하면 그 규모가 훨씬 증가될 것으로 전망된다(Surís-Regueiro et al., 2021). 전세계적으로 국가별 해양공간계획은 과학적 데이터는 물론 사회적·경제적 요인을 고려하고, 효율적인 이용과 이해관계자 간 갈등을 해결하기 위해 제도적인 도입을 추진하고 있다(Fang et al., 2019; Retzlaff and LeBleu, 2018). 특히 해양공간계획 관련 연구논문수는 2002년부터 2019년 연간 44%의 양적증가 추세를 보여 연구가 활발하게 전개되고 있다(Chalastani et al., 2021).

해양수산부는 2018년 「해양공간계획 및 관리에 관한 법률」을 제정하고, 이후 제1차 해양공간기본계획을 수립하여 본격적인 해양공간에 대한 통합적 관리를 도모하고 있다. 이를 통해 기본계획 수립을 통해 해양공간에 대한 통합관리 및 전략적 국가계획체제를 구축하고, 특히 해양공간 수요 확대와 여건 변화에 능동적인 통합공간정책 시스템 정립을 도모하고 있다(Ministry of Oceans and Fisheries, 2019).

이 연구에서는 최근까지 게재된 연구논문을 대상으로 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 연구동향 분석을 수행하여 양적 분석과 핵심주제를 탐색하였다. 이를 통해 해양공간계획 관련 키워드, 주요 연구주제의 변화를 파악하여 연구동향을 분석하고자 한다.

연구방법으로 Web of Science DB를 활용하여 해양공간계획을 키워드로 포함한 최근 10년간 발표된 연구논문을 대상으로 단어출현빈도와 토픽 모델링 분석을 수행하였다. 특히 정책수준단계 측면에서 원칙개발 시기, 제도화 시기, 정책검증 시기 등으로 구분하여 해양공간계획 관련 연구동향을 파악하였다. 연구논문 키워드의 빈도분석 이후 이슈 키워드를 파악하고, 다음 시기별로 핵심주제를 도출하여, 시기에 따른 연구 변화와 차이를 분석하였다. 또한 핵심주제는 인용수가 많은 연구논문을 중심으로 사례를 탐색하였다.

해양공간계획 연구동향을 분석함으로써 선진 사례와 동향을 고려한 우리나라 해양공간계획 연구의 다변화와 제도의 실행력 제고에 기여하고자 한다.

2. 선행연구 및 이론적 배경

2.1 선행연구

이 연구와 관련된 선행연구는 크게 해양공간계획 분야의 선행연구와 텍스트 마이닝 등 연구방법론적 선행연구로 구분할 수 있다.

해양공간계획에 관한 연구는 다양한 분야(영역)에서 수행되고 있다. WoS 검색 기준으로 지리물리학, 공학, 지질학, 수산 등 자연과학 및 응용기술연구 분야와 정책도구, 사례 연구, 우선순위 도출 등 인문사회 분야 연구가 주를 이루고 있다. 다만 이 연구에서는 정책 연구 분야의 선행연구를 중심으로 살펴보았다. 먼저 Nam(2010)은 해양공간계획 관련 이슈로 이해관계자 참여와 제도화를 통한 갈등 해소를 제시하였다. 여기서 기존 법제도에서 해양생태계를 기반한 관리, 적용범위 확립 등에 대한 필요성을 강조하였다. Chae(2009)는 해양공간계획 제도는 해양공간에 대한 수요 증가, 이해관계자 간 갈등 증가, 거버넌스 보완, 법제도 정비 등으로 도입에 필요성을 언급하였다. 최근 Chang et al.(2018)은 해양공간 데이터베이스 구축을 위한 데이터 표준화를 제시하였다. 또한 Cho and Choi(2018)는 선박 운항을 중심으로 해양공간관리를 위한 활동정보지도 사례를 분석하였다. 지방자치단체의 경우, 경상북도에서 해양공간계획 수립을 위한 정책연구를 수행하였고, 전라북도는 전남과 전북 해역의 해양공간관리 수립을 추진하였다. 부산시에서 해양공간 특성, 이용 등을 분석하여 해양공간 관리방향을 확립하였다(Gyeongnam Development Institute, 2011; Jeonbuk Institute, 2019; Busan City Hall, 2020).

국내 선행연구를 종합하면, 해양공간계획 도입, 역할을 강조한 연구와 데이터 적용에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 또한 지방자치단체를 중심으로 해양공간계획 및 관리에 관한 법률 시행에 대응한 정책수립 연구가 수행되고 있다.

해외 선진국의 경우, 이미 해양공간계획 제도가 시행 및 강화되고 있다. Merrie and Olsson(2014)은 미국, 유럽, 호주 등 전문가를 대상으로 인터뷰를 통해 해양공간계획 사례를 분석하여, 해양공간계획에 대한 조직 역할, 주요 이슈, 실행 요인, 전략 등을 조사하였다.

해양공간계획 의사결정을 지원하기 위한 도구로서의 연구로 Depellegrin et al.(2021)은 발트해, 북해, 지중해 등 유럽 해역 해양공간계획을 의사결정 측면에서 분석하였다. Pınarbaşı et al.(2017)은 UNESCO MSP 데이터베이스를 활용하여 의사결정도구로서 해양공간계획 적용범위, 해역용도, 이해관계자 등을 분석하였다. 한편 Guerreiro(2021)은 전세계 국가별 해양공간계획 거버넌스를 분석하여, 국가별 법·제도적, 주관부처, 적용단계 등을 제시하였다. 또한 유럽에서는 해양공간

계획의 경제적 영향을 분석하여, 해양공간계획이 실행적 단계를 거쳐 검증적 단계로 접어들었음을 확인하였다(European Commission, 2020). 한편 Albotoush and Shau-Hwai(2021)는 해양정책 분야 저널을 중심으로 해양공간계획 거버넌스를 분석하였다. Kirkfeldt and Santos(2021)는 UN 지속가능개발목표 14(UN SDGs 14)을 중심으로 해양공간계획의 연구동향을 탐색하였다.

텍스트 마이닝(Text Mining) 연구방법론과 관련된 선행연구로 Chalastani et al.(2021)은 Web of Science 및 Scopus 데이터베이스를 활용하여, 해양공간계획 관련 연구논문을 대상으로 저자 소속기관 성격, 저자 네트워크 분석을 수행하였다. Retzlaff and LeBleu(2018)은 해양공간계획 연구논문을 대상으로 8개 주제로 구분하여 정책적 함의를 제시하였다. 여기서 주제는 공간기획, 경계 정의, 계획수립, 이해관계자, 데이터, 이용관리, 갈등, 규제 등이다. 또한 Gilek et al.(2021)은 해양공간계획 연구논문 중 과학기술 분야의 문헌을 대상으로 주요 토픽을 탐색하였다.

텍스트 마이닝을 활용한 해양공간계획 관련 국내 선행연구는 많지 않은 실정이다. Heo(2020)은 한국교육학술정보원의 RISS 데이터베이스를 활용하여 KCI 등재논문을 대상으로 해양과 정책을 검색어로 논문을 추출하고 초록을 중심으로 단어 간 네트워크 분석을 수행하였다. Korea Maritime Institute(2014)는 해양보호구역 관련 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하여 정보취득, 예산확보 협력, 관리주체 등을 중심으로 이해관계자 간 네트워크 분석을 수행하였다.

텍스트 마이닝 기법 중 유사한 단어들을 군집화하는 방법인 토픽 모델링 관련 선행연구로 Kim and Ma(2020)는 WoS 데이터베이스와 Wipson 특허 데이터베이스를 활용하여 무인수상정(USV) 관련 연구논문을 대상으로 토픽 모델링 분석을 수행하여 핵심기술을 도출하였다. Eum et al.(2019)은 철도차량용 시스템 관련 연구논문의 초록을 대상으로 토픽 모델링 분석을 수행하여 연구동향을 탐색하였다. Cho et al.(2018)도 개방형 혁신 관련 연구논문의 Abstract을 대상으로 분석하여 성공요인과 시기를 구분하여 토픽을 도출하였다. 또한 Kim et al.(2020)은 KCI 등재지의 풍력에너지 관련 연구논문을 대상으로 토픽 모델링 분석을 수행하였다.

이 연구에서는 앞서 살펴본 선행연구의 결과와 방법을 참고하였으며, 특히 Retzlaff and LeBleu(2018)의 주제를 이슈 키워드로 활용하였으며, Chalastani et al.(2021)의 연구와 같이 연구논문의 서지정보를 활용하여 연구동향 분석을 수행하였다. 선행연구 연구방법에서 추가적으로 연구동향 분석을 위해 정책적 단계를 구분하여 연구논문의 키워드를 중심으로 시기별 변화와 차이를 탐색하였다.

2.2 이론적 배경

텍스트 마이닝(Text Mining) 분석은 형태소(이 연구에서는 연구논문의 키워드를 의미함)로 구성된 비정형 텍스트 데이터를 대상으로 유의미한 단어를 탐색하는 방법이다. 즉 정형화되지 않은 다양하고 방대한 데이터에서 의미와 연관성을 찾아내는 방식이다. 따라서 연구(기술)동향 분석을 위해 방대한 양의 연구논문에 대한 텍스트 마이닝 분석방법이 적합하다고 판단된다.

이 연구에서 수행한 텍스트 마이닝 분석 중 하나인 토픽 모델링(Topic Modeling)은 데이터(텍스트)에 숨겨져 있는 주제를 탐색하는 방법이다. 대표적인 잠재 디리클레 할당(LDA, Latent Dirichlet Allocation) 기법은 데이터에 내재된 토픽을 파악하여 분류 및 토픽을 구성하는 단어 집합을 도출하는 방법이다(Blei et al., 2010). 잠재 디리클레 할당(LDA)은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 단어 행렬을 생성하여 추출된 문서(이 연구에서는 해양공간계획 연구논문의 키워드)를 기반으로 문서구조를 추론하고, 추출된 단어들에 대한 디리클레 할당을 통해 지정된 개수(K)의 토픽을 생성하는 방식이다(Eum et al., 2019).

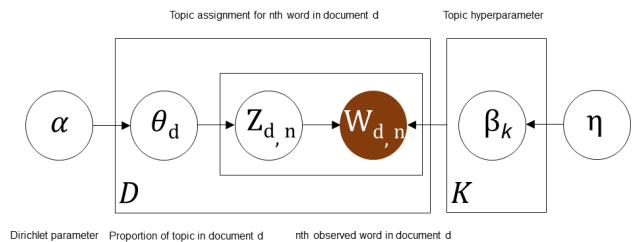


Fig. 1. The graphical model for Topic Modeling (LDA).

여기서 D 는 문서집합수, d 는 문서수, k 는 토픽수, ϕ_k 는 k 번째 토픽에 대한 단어빈도, θ_d 는 d 에 대한 토픽 비율, $Z_{d,n}$ 는 d 의 n 번째 단어에 대한 토픽 할당, $W_{d,n}$ 는 d 에서 측정된 n 번째 단어, α 는 양의 K -Vector 모수, β 는 토픽 초매개변수를 의미한다(Blei et al., 2010; Eum et al., 2019). 이 연구에서는 해양공간계획 관련 연구논문의 키워드를 대상으로 5개의 토픽을 지정하여 잠재된 토픽을 생성하였다.

3. 연구방법

이 연구에서는 2010년 1월부터 2020년 12월까지 게재된 해양공간계획 관련 연구논문의 키워드를 대상으로 먼저 단어출현빈도, 워드 클라우드 분석을 수행하였다. 또한 각 논문의 키워드를 대상으로 토픽 모델링 분석을 수행하였으며, 연구 흐름도를 Fig 2에 나타내었다.

앞서 언급 바와 같이 연구논문 서지정보는 Web of Science의 데이터베이스를 활용하였다. Web of Science는 전세계 최대 규모의 연구문헌 인용색인 데이터베이스로 12,000여종의 학술지에 수록된 서지정보 및 인용정보를 제공한다. 또한 SCI, SCIE, SSCI, A&HCI, ESCI 등 자연과학 및 인문사회학 연구논문이 포함된다(Web of Science Homepage).

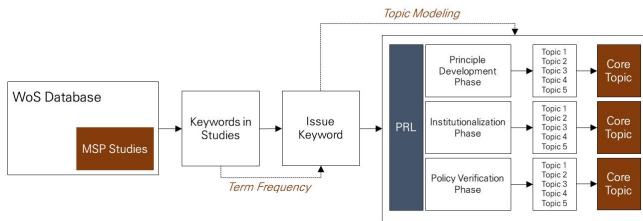


Fig. 2. Flow chart of the study design.

이 연구에서 연구논문에 제시된 키워드를 중심으로 형태소 형태로 추출하여 단어빈도(TF, Term Frequency)를 추출하였다. 키워드 분석을 위해 명사, 동사, 형용사 등을 선택적으로 추출하였다. 분석 조건으로 Thesaurus은 model, models 등 주로 복수명사를 유의어로 설정하였으며, Defined Words은 natural resource, resource management 등으로 복합명사를 지정하였다. 또한 Exceptional List로 conservation, planning, management 등을 지정하여 분석에서 제외함으로써 시기별 차이를 확인하였다.

연구논문 키워드는 연구내용의 핵심 단어를 상징하며, 특정단어의 출현빈도를 통해 중요도를 탐색할 수 있다. 워드 클라우드의 단어(키워드)의 중요도와 빈도에 따라 단어 크기를 조정하여 시각화하는 기법이다. 출현빈도가 상대적으로 높은 단어일수록 강조되어 가독성이 높은 장점이 있다.

연구논문 키워드의 최다출현빈도 및 워드 클라우드 분석을 위해 넷마이너(NetMiner 4.0/Cyram Inc.) 네트워크 분석 소프트웨어를 활용하였다.

토픽 모델링(Topic Modeling)은 데이터(Text)에 숨겨져 있는 주제를 탐색하는 방법이며, 대표적으로 잠재 디리클레 할당(LDA, Latent Dirichlet Allocation) 기법이 있다. 이는 데이터에 내재된 토픽을 파악하여 분류 및 토픽을 구성하는 단어 집합을 도출하는 방법이다. 잠재 디리클레 할당 분석은 넷마이너(NetMiner 4.0/Cyram Inc.) 네트워크 분석 소프트웨어를 활용하였다. 분석조건으로 토픽수는 5개로 지정하고, Learning method로 MCMC(alpha 2.0, beta 0.1, number of iterations 100)으로 설정하였다.

최근 10년간 연구동향을 파악하기 위한 기준으로 정책수준단계 측면에서 구분하여 비교·분석이 가능하다. 정책준비수준(PRL, Policy Readiness Level)은 정책 일관성을 확보하고

기본정책을 강화하여 정책결정자가 특정 혁신을 지원하기 위한 정책유형 분석하기 위해 설계된 도구이다(Pan, 2020; Nykiforuk et al., 2011). 따라서 정책준비수준을 적용하여 국제적인 해양공간계획 관련 이슈를 기준으로 시기(단계)별로 구분한 동향분석이 가능하다.1) 해양공간계획은 정책측면에서 크게 2개의 이벤트를 중심으로 3개 시기로 구분할 수 있다.

Table 1. Identifying the PRL phases of marine spatial planning

PRL	Development Level	Description	Policy Phase	Year
1	Conceptual policy idea	Conceptual formulation of a policy with desired attributes	Principle Development Phase	2010~2013
2	Analytic formulation	Analytic characterization of a policy with desired attributes		
3	Modeling with low empirical fidelity	Analysis of policy performance using a highly simplified model		
4	Small-scale modeling with moderate empirical fidelity	Policy performance tests using a small-scale model embodying several salient real-world aspects	Institutionalization Phase	2014~2016
5	Small-scale modeling with high empirical fidelity	Policy performance tests using a small-scale model embodying many salient real-world aspects		
6	Prototype small-scale modeling	Policy performance tests using a small-scale model reflecting expected field conditions apart from scale		
7	Prototype large-scale modeling	Policy performance tests using a large-scale model reflecting expected field conditions	Policy Verification Phase	2017~2020
8	Field study	Performance tests of policy in expected final form under expected field conditions		
9	Real world implementation	Implementation of policy in final form under a full range of operating conditions		

Source: Tesfatsion, L.(2017)

UNESCO와 IOC의 2014년 해양공간계획 가이드라인을 발표 시점을 기준으로 원칙개발단계와 제도화 단계로 구분하였다(Charles, 2014). 또한 2017년 UN 지속가능발전목표(SDGs) 14번 목표 이행 추구를 위한 UN 고위급 해양회의 개최 등을 기준으로 시기를 구분하였다(IOC-UNESCO, 2017). 정책준비수준 측면에서 기준이 되는 공식적인 가이드라인 발표와

1) 앞서 김명준 한국전자통신연구원장은 서울경제(2021년 6월 18일) 기고문을 통해 정책준비수준(PRL) 도입 필요성을 제기하였다.

UN 해양회의 개최가 해양공간계획 연구에 직접적인 영향을 미치지 않지만, 원칙개발 단계는 가이드라인 공표 시점에서 개념이 완성되었다고 가정하였다. 또한 UN 해양회의 개최는 해양공간계획의 제도화 단계에서 실행 및 검증적 단계로의 전환 시기로 판단하였다. 종합하면 Table 1과 같이 2010년부터 2013년까지 원칙개발 시기(PRL 1~3단계), 2014년부터 2016년까지 제도화 시기(PRL 4~6단계), 2017년부터 2020년까지 정책검증 시기(PRL 7~9단계) 등으로 적용하였다 (Department of Agriculture, Food and the Marine, 2020).

4. 분석 결과

4.1 단어출현빈도 및 워드 클라우드 분석 결과

해양공간계획 관련 연구논문은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 2020년 265편이 게재되었으며, 2011년부터 2020년까지 최근 10년간 연평균 증가율(CAGR)이 13.3%이다. 또한 2015년부터 2020년까지 5년간 증가율은 14.3% 증가추세로 양적으로 증가 추세이다(Chalastani et al., 2021; Gilek et al., 2021).

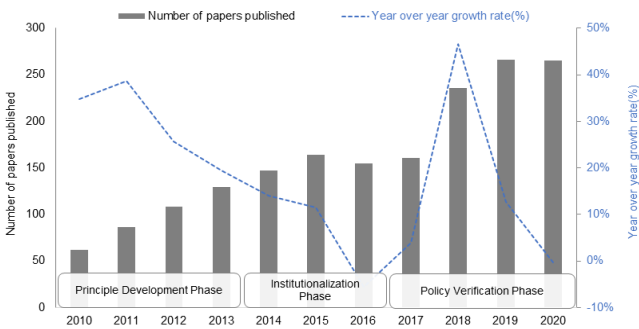


Fig. 3. The number of research papers on marine spatial planning per year.

2010년부터 2020년까지 연구논문 키워드를 원칙개발, 제도화, 정책검증 등으로 구분하여 분석한 결과는 Table 2와 같다. 모든 시점에서 공통적으로 보존, 생물다양성, 생태계, 동물, 지역, 해양, 계획 등이 상위를 차지하고 있다. 시기별로 원칙개발 시기에 암초, 천연자원, 보호, 서식지, 수산, 영향, 기초 등, 제도화 시기에 영향, 암초, 보호, 천연자원, 서식지, 분포, 수산 등, 정책검증 시기에 보호, 분포, 영향, 수산, 암초, 서식지, 시스템 등이 상대적으로 많은 빈도로 노출되었다. 또한 Fig. 4에서 보는 바와 같이 conservation, biodiversity, ecosystem, animal, model, fishery 등은 시기와 무관하게 최상위 키워드이다. 시기와 관계없이 모든 연구논문 키워드의 상위 출현빈도 단어는 Chalastani et al.(2021)과 같이 Marine spatial planning, Conservation, Marine protected areas 등으로 나타났다.

management, area, sea, california, ocean, method, use, analysis, zone, approach, land, zone, australia, survey, specie, maritime 등 분석에서 제외하여 시기별 차이를 확인하였다.

시기별 키워드 차이를 탐색한 결과를 종합하면, 원칙개발, 제도화, 정책검증 등 시기별 차이와 시기에 따른 이슈 키워드 변화가 존재한다. 즉 원칙개발 시기에 천연자원, 모니터링, 정보, 제도화 시기에 영향, 매핑, 풍력, 정책검증 시기에 평가, 양식, 에너지 등으로 시기별 키워드의 확연한 차이가 존재한다. 또한 주요 이슈 키워드로 갈등, 의사소통, 이해관계자, GIS, 정보, 에너지 등의 이슈 키워드가 도출되었다. 이는 Gilek et al.(2021)와 같이 해양공간계획 연구가 경제와 환경 이슈 중심에서 사회적 이슈로 변화하고 있다고 판단된다.

Table 2. The result of the term frequency analyses by phases

No.	Principle Development Phase	Institutionalization Phase	Policy Verification Phase
1	reef	impact	protect
2	natural resource	reef	distribution
3	protect	protect	impact
4	habitat	natural resource	fish
5	fish	habitat	reef
6	impact	distribution	habitat
7	base	fish	system
8	distribution	physiology	base
9	system	water	natural resources
10	physiology	base	assessment
11	population	system	service
12	reserve	reserve	connectivity
13	ecology	datum	aquaculture
14	water	ecology	population
15	diversity	mapping	water
16	monitoring	diversity	ecology
17	protected	fishing	datum
18	fishes	wind	diversity
19	mapping	monitoring	protected
20	assessment	fishes	structure

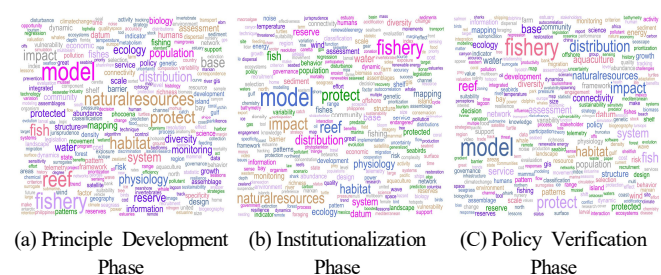


Fig. 4. The results of word-cloud analyses by phases.

4.2 시기별 Topic Modeling(LDA) 분석결과

앞서 분석한 단어출현빈도 결과를 기반으로 시기별 상위 키워드를 중심으로 5개의 토픽을 설정하고, 토픽과 연계된 상위 5개 키워드를 고려하여 핵심주제(Core subject)를 도출하였다. 또한 핵심주제 도출결과는 해당 키워드의 상위인용 연구논문을 예시로 제시하여 기술하였다.

첫 번째 원칙개발 시기의 경우, Natural Resource, Monitoring, Information 등이 각각 포함된 연구문헌의 키워드를 분석한 결과는 Table 3과 같다. Natural Resource 키워드 논문의 토픽을 종합한 핵심주제는 해양 천연자원 이용 및 인간활동 영향으로부터 해양생물 보호 모델 개발이다(Micheli et al., 2013; Maxwell et al., 2013).

Monitoring 키워드의 핵심주제는 해양오염 및 어획에 의한

생물다양성 및 생태계 영향 모니터링(Allan et al., 2013; De Stephanis et al., 2013), Information 주제는 공간정보 및 과학시스템 기반 해양보존 관리 계획 수립(Klain and Chan, 2012; Gleason et al., 2010) 등으로 분석되었다.

두 번째 제도화 시기의 경우, Impact, Mapping, Wind 등 핵심 키워드를 포함한 연구문헌의 키워드 분석한 결과를 Table 4에 제시하였다. Impact의 경우, 기후변화 및 어획 영향 평가와 서식지 보존(Molinos et al., 2016; Magris et al., 2014), Mapping의 경우, 서식지, 개체 분포, 지층 등 해양 자료(정보)를 활용한 매핑(Hasan et al., 2014; Reiss et al., 2015), Wind의 경우, 연안 지역 풍력 에너지 개발과 양식업을 고려한 계획수립(Bergström et al., 2014; Yates et al., 2015) 등으로 나타났다.

Table 3. The result of the topic modeling analyses by principle development phase

Topic	Keyword of Natural Resource					Keyword of Monitoring					Keyword of Information				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	physiology	dynamic	fishes	population	specificity	reef	water	monitoring	wind	sediment	information	system	scale	science	design
	0.143	0.062	0.060	0.051	0.033	0.051	0.033	0.020	0.019	0.016	0.097	0.024	0.019	0.015	0.014
2	natural resources	biology	jurisprudence	legislation	humans	monitoring	reef	physiology	natural resources	time	system	information	reef	natural resources	reserves
	0.101	0.058	0.053	0.051	0.043	0.095	0.042	0.023	0.020	0.017	0.059	0.034	0.031	0.023	0.019
3	natural resources	monitoring	reef	system	information	monitoring	natural resources	biology	humans	system	information	reef	policy	natural resources	make
	0.132	0.045	0.044	0.029	0.023	0.036	0.034	0.018	0.017	0.016	0.051	0.031	0.019	0.018	0.014
4	natural resources	economic	assessment	risk	humans	monitoring	fishes	factor	pollutant	pressure	system	information	natural resources	reef	scale
	0.119	0.081	0.025	0.020	0.020	0.068	0.019	0.017	0.016	0.016	0.057	0.052	0.022	0.016	0.012
5	natural resources	pollution	humans	reef	prevention	monitoring	water	metabolism	population	natural resources	information	system	natural resources	scale	disturbance
	0.038	0.036	0.035	0.031	0.028	0.068	0.040	0.029	0.020	0.019	0.085	0.071	0.034	0.015	0.012
Core	Developing the models for utilizing marine natural resources and preserving animals					Monitoring the impact of human activities and fishery on biological diversity and the ecosystem					Planning for the preservation and management of the sea using information and support systems				

Table 4. The result of the topic modeling analyses by institutionalization phase

Topic	Keyword of Impact					Keyword of Mapping					Keyword of Wind				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	impact	reserve	protect	scale	distribution	mapping	impact	front	protect	gulf	wind	power	impact	distribution	seabirds
	0.061	0.018	0.013	0.012	0.011	0.041	0.020	0.019	0.019	0.016	0.030	0.022	0.021	0.015	0.014
2	impact	habitat	protect	reserve	network	datum	distribution	classification	economic	accuracy	wind	energy	farm	development	renewable energy
	0.083	0.029	0.020	0.015	0.011	0.036	0.029	0.018	0.018	0.016	0.112	0.066	0.024	0.017	0.014
3	trawl	fishing	impact	base	system	habitat	distribution	mapping	macroalgae	shelf	impact	power	wind	offshore	farm
	0.027	0.024	0.021	0.016	0.014	0.119	0.035	0.032	0.011	0.010	0.048	0.042	0.040	0.035	0.031
4	impact	habitat	risk	north	foraging	mapping	habitat	economic	classification	reef	offshore	renewable energy	habitat	development	reef
	0.060	0.023	0.021	0.017	0.015	0.092	0.034	0.030	0.020	0.011	0.064	0.025	0.019	0.015	0.013
5	impact	assessment	base	noise	fishing	mapping	datum	habitat	base	system	wind	farm	offshore	energy	habitat
	0.072	0.043	0.028	0.025	0.024	0.093	0.030	0.021	0.018	0.016	0.070	0.049	0.024	0.017	0.016
Core	Management of the impact on habitats and rocks by fishery and planning					Mapping of marine information (Data) covering habitats, marine life distribution, and geological strata, etc.					Planning in consideration of the development of wind energy in coastal areas and sea farming				

Table 5. The result of the topic modeling analyses by policy verification phase

Topic	Keyword of Assessment					Keyword of Aquaculture					Keyword of Energy				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	impact	assessment	protected	effect	risk	aquaculture	growth	development	farm	impact	impact	energy	renewable energy	risk	assessment
	0.101	0.074	0.025	0.018	0.016	0.077	0.029	0.020	0.018	0.014	0.037	0.017	0.017	0.012	0.009
2	assessment	energy	risk	distribution	water	aquaculture	shellfish	site	selection	oyster	energy	impact	budget	growth	resource
	0.065	0.022	0.016	0.015	0.015	0.068	0.041	0.034	0.030	0.016	0.041	0.034	0.025	0.024	0.021
3	assessment	impact	time	activity	protect	aquaculture	gis	impact	dynamic	base	offshore	renewable energy	base	renewable energy	development
	0.100	0.022	0.015	0.014	0.013	0.146	0.020	0.014	0.014	0.012	0.045	0.018	0.016	0.014	0.013
4	assessment	risk	base	support	tool	aquaculture	farm	evaluation	wind	offshore	energy	offshore	renewable energy	impact	development
	0.049	0.033	0.031	0.017	0.014	0.042	0.041	0.023	0.021	0.016	0.035	0.034	0.030	0.028	0.027
5	assessment	vulnerability	base	stakeholder	risk	system	growth	service	fish	farm	wind	energy	wave	farm	power
	0.025	0.021	0.013	0.011	0.010	0.020	0.020	0.016	0.016	0.010	0.135	0.126	0.069	0.049	0.030
Core	Marine planning through the evaluation of the impacts and risks, including the impact on the ecosystem					Management of the ecosystems of shellfish and sea farming utilizing a GIS model, etc.					The management of the sea and planning in consideration of the wind energy in the coastal area and sea farming				

세 번째 정책검증 시기의 경우, Assessment, Aquaculture, Energy 등 핵심 키워드를 포함한 연구문헌의 키워드를 분석한 결과는 Table 5와 같다. Assessment의 경우, 생태계 영향, 리스크 평가를 통한 해양계획수립(Andesen et al., 2017; Menegon et al., 2018), Aquaculture의 경우, 양식 해역 영향평가 및 지속가능한 개발을 위한 관리(Gentry et al., 2017; Lester et al., 2018), Energy의 경우, 해양에너지 잠재력과 해양환경을 고려한 해양공간계획(Hastie et al., 2018; Hammar et al., 2017) 등으로 분석되었다.

종합하면 Chalastani et al.(2021)은 양적 증가추세를 중심으로 시기를 구분하였으며, 이 연구에서는 원칙개발, 제도화, 정책검증 등 시기별로 구분하여 해양공간계획 관련 연구동향 분석을 수행하였다. 원칙개발 시기에서는 천연자원의 이슈에 대해 Physiology, Biology, Monitoring, Economic, Pollution 등이 상위권을 차지하여 생태물리, 경제, 환경 등이 강조되었다. 제도화 시기에서는 영향 이슈에 대해 Reserve, Habitat, Trawl, Risk, Assessment 등으로 분석되어 서식지, 어구, 리스크, 평가로 확인되었다. 정책검증 시기에서는 평가 이슈와 관련하여 Impact, Energy, Time, Risk, Vulnerability 등으로 에너지, 영향, 취약성, 위험, 시간 등이 주요한 토픽으로 분석되었다. 따라서 정책수준 측면에서 주요 키워드는 정책구현의 최종단계에 접근하였으며, 이미 전세계적으로 해양공간계획의 의사결정도구로 활용되고 있다고 판단된다.

4.3 이슈별 Topic Modeling(LDA) 분석결과

앞서 분석한 단어출현빈도 결과를 토대로 도출한 이슈 키워드를 중심으로 다시 토픽과 연계된 상위 5개 키워드를 추출하여 핵심주제를 도출하였다.

Fig. 5와 같이 Data/Information, Mapping, GIS, Energy 이들 단어를 키워드로 하는 연구문헌을 시기별로 구분하여 분석하였다. 이슈 키워드의 연구논문수는 Data/Information(원칙개발 48, 제도화 43, 정책검증 94), Mapping(원칙개발 25, 제도화 33개, 정책검증 52), GIS(원칙개발 19, 제도화 30, 정책검증 58), Energy(원칙개발 7, 제도화 30, 정책검증 54) 등이 있다. 다만 Conflict, Communication, Stakeholder 등의 이슈는 시기별 연구논문수가 편중되어 연구분석에서 제외하였다.

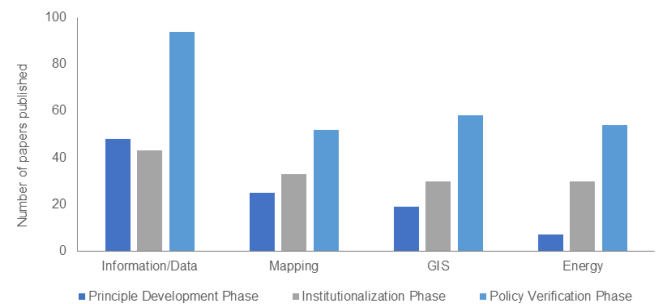


Fig. 5. The number of research papers related to issue keywords by phases.

첫 번째 Data/Information 키워드의 시기별 핵심주제를 분석한 결과, Table 6에서 보는 바와 같이 원칙개발 시기의 핵심주제는 자원 및 암초 정보를 활용한 해양보존 및 관리이다(Kaschner et al., 2012; Meiner, 2013). 제도화 시기의 경우, GIS 정보 및 모델을 활용한 해양생태계 거동 및 해양보호(Lascelles et al., 2016)이고, 정책검증 시기에서 생태계 및 생물다양성 기반 GIS 정보 시스템 구축 및 계획 수립(Álvarez-Romero et al., 2018; Han et al., 2019) 등으로 분석되었다.

해양공간계획 연구동향 분석 연구: 토픽 모델링을 중심으로

Table 6. The result of the topic modeling analyses by phases based on the keyword 'Data/Information'

Topic	Keyword of Principle Development Phases					Keyword of Institutionalization Phases					Keyword of Verification of Policy Phases				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	genetic	natural resources	cytology	metabolism	anatomy	datum	mapping	accuracy	habitat	reserve	network	distribution	datum	structure	design
	0.038	0.033	0.032	0.028	0.025	0.128	0.025	0.021	0.02	0.016	0.040	0.025	0.021	0.018	0.015
2	system	fishing	monitoring	reef	information	physiology	natural resources	protect	reserve	protected	system	information	gis	impact	water
	0.049	0.043	0.021	0.019	0.017	0.031	0.029	0.022	0.02	0.018	0.105	0.087	0.025	0.012	0.011
3	data	information	protected	habitat	collection	information	system	protect	natural resources	behavior	datum	statistic	population	diversity	fish
	0.036	0.021	0.018	0.017	0.015	0.077	0.049	0.021	0.018	0.014	0.047	0.021	0.020	0.017	0.014
4	information	system	reef	design	natural resources	datum	water	system	distribution	bird	service	science	protect	policy	protected
	0.072	0.042	0.023	0.020	0.018	0.048	0.015	0.014	0.013	0.009	0.033	0.025	0.022	0.012	0.012
5	datum	statistic	scale	pollution	monitoring	system	protect	landscape	fish	fishing	datum	data	infrastructure	natural resources	monitoring
	0.090	0.033	0.021	0.015	0.013	0.033	0.015	0.011	0.011	0.010	0.091	0.049	0.013	0.011	0.010
Core	Preservation and management of the sea utilizing the information on resources and rocks					The marine behavior utilizing GIS information and models and protection of the sea					Establishing the GIS information system that is based on the ecosystem and biodiversity and planning				

Table 7. The result of the topic modeling analyses by phases based on the keyword 'Mapping'

Topic	Keyword of Principle Development Phases					Keyword of Institutionalization Phases					Keyword of Verification of Policy Phases				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	mapping	statistic	bedforms	datum	natural resources	mapping	impact	front	protect	gulf	mapping	gis	service	reef	protect
	0.059	0.019	0.015	0.015	0.014	0.041	0.02	0.019	0.019	0.016	0.109	0.025	0.014	0.013	0.011
2	habitat	distribution	degree	shelf	areas	datum	distribution	classification	economic	accuracy	mapping	distribution	base	diversity	datum
	0.055	0.026	0.022	0.022	0.013	0.036	0.029	0.018	0.018	0.016	0.053	0.038	0.035	0.025	0.023
3	mapping	reef	ikonos	richness	habitat	habitat	distribution	mapping	macroalgae	shelf	protect	distribution	knowledge	datum	surrogate
	0.066	0.034	0.019	0.015	0.015	0.119	0.035	0.032	0.011	0.01	0.034	0.024	0.016	0.015	0.014
4	mapping	reef	protect	ikonos	diversity	mapping	habitat	economic	classification	reef	mapping	system	protected	ecosystems	service
	0.083	0.039	0.035	0.022	0.015	0.092	0.034	0.03	0.02	0.011	0.053	0.023	0.023	0.014	0.014
5	habitat	diversity	mapping	sensing	heterogeneity	mapping	datum	habitat	base	system	habitat	mapping	community	classification	reef
	0.075	0.029	0.025	0.014	0.013	0.093	0.03	0.021	0.018	0.016	0.131	0.035	0.024	0.022	0.022
Core	Mapping of rocks and habitats of sea lives					Mapping of the data on the distribution of marine ecosystems, economy, and habitats, etc					Mapping and planning based on back-scatter, colonies, and bio-diversity				

Table 8. The result of the topic modeling analyses by phases based on the keyword 'GIS'

Topic	Keyword of Principle Development Phases					Keyword of Institutionalization Phases					Keyword of Verification of Policy Phases				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	fish	reserve	integration	abundance	type	habitat	scale	fishing	resource	information	service	value	gis	participation	ppgis
	0.030	0.021	0.017	0.014	0.013	0.029	0.021	0.016	0.016	0.016	0.050	0.036	0.034	0.033	0.030
2	distribution	identify	information	sensitivity	study	index	study	landscape	result	process	gis	knowledge	protect	mapping	datum
	0.028	0.016	0.016	0.015	0.011	0.030	0.020	0.019	0.019	0.016	0.064	0.034	0.030	0.026	0.026
3	risk	environment	cage	design	route	map	datum	distribution	service	research	aquaculture	selection	evaluation	gis	site
	0.025	0.019	0.019	0.017	0.016	0.023	0.016	0.016	0.015	0.014	0.051	0.040	0.034	0.031	0.031
4	assessment	have	base	framework	develop	tool	have	risk	exposure	space	system	information	gis	wind	datum
	0.013	0.012	0.010	0.010	0.010	0.034	0.031	0.015	0.011	0.010	0.103	0.082	0.079	0.022	0.015
5	map	datum	location	study	sector	impact	development	activity	framework	develop	legislation	mapping	policy	natural resources	fishing
	0.026	0.016	0.011	0.010	0.010	0.019	0.017	0.017	0.017	0.016	0.040	0.028	0.025	0.015	0.014
Core	Studying the types, distribution, and routes of marine species, including fish					GIS-based planning on the distribution of habitats and their changes					Planning for the protection of the sea and sea farming using a GIS model				

Table 9. The result of the topic modeling analyses by phases based on the keyword 'Energy'

Topic	Principle Development Period(2010-3013)					Institutionalization Period(2014-2016)					Verification of Policy Period(2017-2020)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	policy	renewable energy	movement	impact	development	wind	energy	offshore	wave	renewable energy	impact	energy	renewable energy	risk	assessment
	0.048	0.040	0.031	0.026	0.025	0.063	0.051	0.033	0.019	0.017	0.037	0.017	0.017	0.012	0.009
2	renewable energy	energy	technology	state	wind	energy	effort	impact	fishing	habitat	energy	impact	budget	growth	resource
	0.044	0.040	0.036	0.033	0.033	0.068	0.051	0.023	0.023	0.020	0.041	0.034	0.025	0.024	0.021
3	technique	renewable energy	support	wind	water	power	renewable energy	natural resources	wind	offshore	offshore	renewable energy	base	renewable energy	development
	0.086	0.050	0.044	0.029	0.023	0.043	0.031	0.027	0.025	0.019	0.045	0.018	0.016	0.014	0.013
4	renewable energy	development	technology	energy	wind	wind	farm	renewable energy	wave	seabirds	energy	offshore	renewable energy	impact	development
	0.040	0.040	0.034	0.030	0.0250	0.030	0.020	0.019	0.016	0.015	0.035	0.034	0.030	0.028	0.027
5	technique	movement	state	renewable energy	energy	wave	wind	renewable energy	energy	noise	wind	energy	wave	farm	power
	0.045	0.035	0.035	0.028	0.026	0.050	0.041	0.028	0.024	0.021	0.135	0.126	0.069	0.049	0.030
Core	Establishing a marine policy for the preservation of natural resources and developing energy technologies by local governments					Management and planning for the wind and wave power in coastal areas					Management of the impact of energy development and sea farms				

두 번째 Mapping 키워드 시기별 분석결과, Table 7과 같이 원칙개발 시기에서 천연자원 정보 및 해양생물 서식지 모니터링(Brown et al., 2012; Gogina and Zettler, 2010), 제도화 시기에 어류 서식지 및 행동 기본수준면 기반 시스템 및 매핑(Hasan et al., 2014; Reiss et al., 2015), 정책검증 시기에 어류 과학정보 및 통계를 기반한 체계구축 및 정책수립(Moore et al., 2017; Lecours, 2017) 등으로 분석되었다.

세 번째 GIS 키워드 시기별 분석결과, 원칙개발 시기에 해양환경 및 해양생물 서식지 식별 기반의 매핑(Stelzenmüller et al., 2010; Portman et al., 2012), 제도화 시기에 해양자원 규모 및 리스크 노출 분포 매핑 개발(Stelzenmüller et al., 2015; Léopold et al., 2014), 정책검증 시기에는 PPGIS 기반 매핑과 법률 제정 및 정책 수립(van Riper et al., 2017; Weiss et al., 2018) 등으로 Table 8과 같이 제시하였다.

네 번째 Energy 키워드의 경우, Table 9와 같이 원칙개발 시기에 해양 신재생에너지 개발 및 영향 지원을 위한 해양 공간계획(Jay, 2010; Kim et al., 2012), 제도화 시기에 연안 지역 풍력 및 파력 에너지 관리 및 계획수립(Bergström et al., 2014; Yates et al., 2015), 정책검증 시기에 에너지 개발과 양식장 영향 관리 및 평가(Castro-Santos et al., 2019) 등으로 나타났다.

또한 Data/Information, Mapping, GIS, Energy 등 이슈 키워드를 시기별로 분석하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫 번째 Data/Information 이슈의 경우, 공통적으로 Datum, System, Information 등이 주요 키워드로 나타났다. 시기별로 원칙개발 시기에는 Genetic, Pollution, Reef, 제도화 시기 Accuracy, Mapping, Physiology, 정책검증 시기 Diversity, Network, Policy 등이 강조되었다.

이는 Retzlaff and LeBleu(2018)와 유사하게 데이터 및 정보 분야 중심의 연구가 기인했다고 판단된다. 또한 Chang et al.(2018)과 같이 데이터 표준화 연구도 동일한 시기에 수행되어 데이터의 실질적인 공간정보지표를 제시하였다.

두 번째 Mapping 이슈의 경우, Habitat, Mapping, Reef 등이 주요 공통 키워드이며, 원칙개발 시기 Areas, Heterogeneity, Statistic, 제도화 시기 Accuracy, Classification, Economic, 정책검증 시기 Community, Ecosystems, Surrogate 등이 강조되었다.

세 번째 GIS 이슈의 경우, 공통적으로 Datum, Fish, Information 등이 주요 키워드이며, 원칙개발 시기 Assessment, Environment, Identify, 제도화 시기 Activity, Impact, Tool, 정책검증 시기 Legislation, Policy, PPGIS 등이 강조되었다.

네 번째 Energy 이슈의 경우, Energy, Impact, Wind 등이 공통적인 주요 키워드이며, 원칙개발 시기 Development, Movement, Technique, 제도화 시기 Noise, Offshore, Wave, 정책검증 시기 Assessment, Growth, Risk 등으로 주요 키워드가 변화하였다.

분석결과와 국내 선행연구를 종합하면, 정책수립 측면에서 2010년 초반을 초기 단계로 2019년경은 완성 단계로 구분할 수 있다. 다만 아직 국내 해양공간계획 시행의 초기단계이며, 해양공간계획은 생태계 기반 계획임에 불구하고 현실적으로 Merrie and Olsson(2014)의 주장과 같이 해양공간측면에서 분리될 수 있어, 국내 해양공간계획에 대한 정책적 검증이 필요한 시점이라고 판단된다.

5. 결론

최근 전세계적으로 해양공간계획은 공간활용 측면에서 다양한 용도를 포괄하고, 법·제도화를 통해 해양공간의 통합

적 관리를 추진하고 있다. 해양공간계획 연구는 지난 10년간 양적으로 높은 증가 추세를 보이고 있다.

이 연구에서는 WoS의 데이터베이스를 활용하여 2010년 1월부터 2020년 12월까지 제목, 키워드, 초록에서 해양공간계획이 포함된 연구논문을 대상으로 분석하였다. 추출된 해양공간계획 연구논문을 정책준비단계를 기준으로 원칙개발 시기, 제도화 시기, 정책검증 시기 등으로 구분하였다. 토픽 모델링을 통해 시기별 토픽을 분석함으로써 시기에 따른 해양공간계획 이슈에 대한 변화를 탐색하였다.

첫 번째 시기별 연구는 원칙개발에서 해양공간계획 수립 측면에서 이용 갈등 관리를 위한 프레임워크 구축, 제도화에서 어업관리 및 해양경제 모델평가 등을 고려한 해양공간계획 및 의사소통, 정책검증에서 해양관리를 위한 이해관계자 참여 프레임워크 구축 등으로 분석되었다. 또한 자료, 맵핑, GIS, 에너지 등 이슈별로 시기에 따라 접근 및 주제가 변화하였다.

두 번째 해양공간계획 연구는 정책검증 단계에 돌입하였다. 해양공간계획 관련 연구는 과학적 접근에 근거하여 기초연구, 의사결정도구, 사례 연구 등 다양한 방법과 연구로 수행되고 있다. 정책수준측면에서 PRL 단계 중 정책적 검증 단계에 이르렀다.

세 번째 국내 해양공간계획 적용 사례연구가 필요하다. 국내 해양공간계획이 법·제도적으로 초기 시행단계로 향후 관련 법·제도가 당초 목표에 근접할 수 있도록 관리측면에서 해양공간계획의 운영 효율화와 실행력 제고를 위한 연구 독려 및 사례연구의 확대가 필요하다.

네 번째 정책적 측면에서 적용을 위한 사회적 영향연구가 요구된다. 특히 국내에서 국가차원 및 지자체 단위에서 해양공간계획이 추진되고 있는 가운데 법·제도가 정착되어 경제적 영향을 포함한 사회적·환경적 측면에서의 영향을 평가할 필요가 있다고 판단된다. 또한 아직까지 국내 대상 연구는 의사결정도구로서 연구와 방법적용을 중심으로 수행되고 있다. 향후에는 다양한 측면에서 접근하여 해양공간계획을 통한 통합적 관리 및 조정 역할이 가능한 제도로 정착될 수 있는 연구가 요구된다.

연구 한계와 가정으로 정책준비단계 구분시 이벤트와 연구주제 간의 인과관계가 반드시 성립되지 않는다. 연구논문 키워드는 연구의 핵심단어이며, 키워드가 연구주제과 목표를 상징한다고 가정하였다. 토픽 모델링의 한계로 단어와 연관된 주제를 알고리즘을 통해 확률적으로 도출되어 다양한 연구목적에 유추함에 있어 한계가 존재한다.

Acknowledgement

이 연구는 2021년 한국해양과학기술원의 “해양공간 통합관리 연구(PE99943)” 사업의 지원을 받아 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

References

- [1] Albotoush, R. and A. T. Shau-Hwai(2021), An authority for marine spatial planning (MSP): A systemic review, *Ocean & Coastal Management*, Vol. 205, 105551.
- [2] Allan, J. D., P. B. McIntyre, S. D. Smith, B. S. Halpern, G. L. Boyer, A. Buchsbaum, and A. D. Steinman(2013), Joint analysis of stressors and ecosystem services to enhance restoration effectiveness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 110, No. 1, pp. 372-377.
- [3] Álvarez-Romero, J. G., M. Mills, V. M. Adams, G. G. Gurney, R. L. Pressey, R. Weeks, and C. J. Storie(2018), Research advances and gaps in marine planning: towards a global database in systematic conservation planning. *Biological conservation*, Vol. 227, pp. 369-382.
- [4] Andersen, J. H., Carstensen, J., Conley, D. J., Dromph, K., Fleming Lehtinen, V., Gustafsson, B. G., and Murray, C. (2017), Long term temporal and spatial trends in eutrophication status of the Baltic Sea. *Biological Reviews*, Vol. 92, No. 1, pp. 135-149.
- [5] Bergström, L., L. Kautsky, T. Malm, R. Rosenberg, M. Wahlberg, N. Å. Capetillo, and D. Wilhelmsson(2014), Effects of offshore wind farms on marine wildlife - a generalized impact assessment. *Environmental Research Letters*, 9(3), 034012.
- [6] Blei, D., L. Carin, and D. Dunson(2010), Probabilistic Topic Models: A focus on graphical model design and applications to document and image analysis, *IEEE Signal Process Mag*, Vol. 27, No. 6, pp. 55-65.
- [7] Brown, C. J., J. A. Sameoto, and S. J. Smith(2012), Multiple methods, maps, and management applications: Purpose made seafloor maps in support of ocean management. *Journal of Sea Research*, Vol. 72, pp. 1-13.
- [8] Busan City Hall(2020), Busan marine spatial management plan.
- [9] Castro-Santos, L., G. P. Garcia, T. Simões, and A. Estanqueiro (2019), Planning of the installation of offshore renewable energies: A GIS approach of the Portuguese roadmap. *Renewable Energy*, Vol. 132, pp. 1251-1262.

- [10] Chae, D. R.(2009), A Study on the Necessity of Introducing Marine Spatial Planning in Korea, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 15, No. 3, pp. 237-242.
- [11] Chalastani, V. I., V. K. Tsoukala, H. Coccossis, and C. M. Duarte(2021), A bibliometric assessment of progress in marine spatial planning, *Marine Policy*, Vol. 127, 104329.
- [12] Chang, M. C., B. M. Park, Y. S. Choi, H. J. Choi, T. H. Kim, and B. H. Lee(2018), Data issue and Improvement Direction for Marine Spatial Planning, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 21, No. 4, pp. 175-190.
- [13] Charles, E.(2014), A guide to evaluating marine spatial plans, 70, ICAM Dossier 8. UNESCO, IOC Manuals and Guides, Paris.
- [14] Che Hasan, R., D. Ierodiaconou, L. Laurenson, and A. Schimel(2014), Integrating multibeam backscatter angular response, mosaic and bathymetry data for benthic habitat mapping. *PLoS One*, Vol. 9, No. 5, pp. e97339.
- [15] Cho, S. B., S. A. Shin, and D. S. Kang(2018), A Study on the Research Trends on Open Innovation using Topic Modeling, *Informatization Policy*, Vol. 25, No. 3, pp. 52-74.
- [16] Cho, S. J. and H. J. Choi(2018), Recent Trends and Their Implications of Marine Activities Mapping for Marine Spatial Planning, *Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy*, Vol. 21, No. 4, pp. 270-280
- [17] De Stephanis, R., J. Giménez, E. Carpinelli, C. Gutierrez-Exposito, and A. Cañadas(2013), As main meal for sperm whales: Plastics debris. *Marine pollution bulletin*, Vol. 69, No. 1-2, pp. 206-214.
- [18] Department of Agriculture, Food and the Marine(2020), DAFM Thematic Research Call 2021-Competitive Call for Research Proposals
- [19] Depellegrin, D., H. S. Hansen, L. Schröder, L. Bergström, G. Romagnoni, J. Steenbeek, and S. Menegon(2021), Current status, advancements and development needs of geospatial decision support tools for marine spatial planning in European seas, *Ocean & Coastal Management*, Vol. 209, 105644.
- [20] Eum, S. M., S. G. Lee, X. Meng, S. W. Cho, and C. U. Lee(2019), Analysis of Research Trends of Wireless Power Transfer System for Locomotives Using Topic Modeling Based on LDA Algorithm, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, Vol. 45, No. 4, pp. 284-301.
- [21] European Commission(2020), Study on the Economic Impact of Maritime Spatial Planning Final Report.
- [22] Fang, Q., S. Zhu, D. Ma, L. Zhang, and S. Yang(2019), How effective is a marine spatial plan: An evaluation case study in China, *Ecological Indicators*, Vol. 98, pp. 508-514.
- [23] Gentry, R. R., S. E. Lester, C. V. Kappel, C. White, T. W. Bell, J. Stevens, and S. D. Gaines(2017), Offshore aquaculture: spatial planning principles for sustainable development. *Ecology and evolution*, Vol. 7, No. 2, pp. 733-743.
- [24] Gilek, M., A. Armoskaite, K. Gee, F. Saunders, R. Tafon, and J. Zaucha(2021), In search of social sustainability in marine spatial planning: A review of scientific literature published 2005-2020, *Ocean & Coastal Management*, Vol. 208, 105618.
- [25] Gleason, M., S. McCreary, M. Miller-Henson, J. Ugoretz, E. Fox, M. Merrifield, and K. Hoffman(2010), Science-based and stakeholder-driven marine protected area network planning: a successful case study from north central California. *Ocean & Coastal Management*, Vol. 53, No. 2, pp. 52-68.
- [26] Gogina, M. and M. L. Zettler(2010), Diversity and distribution of benthic macrofauna in the Baltic Sea: Data inventory and its use for species distribution modelling and prediction. *Journal of Sea Research*, Vol. 64, No. 3, pp. 313-321.
- [27] Guerreiro, J.(2021), The Blue Growth Challenge to Marine Governance, *Frontiers in Marine Science*, Vol. 8, 1219.
- [28] Gyeongnam Development Institute(2011), The need for a maritime spatial plan and the future tasks, *Policy Focus*, 1-50.
- [29] Hammar, L., M. Gullström, T. G. Dahlgren, M. E. Asplund, I. B. Goncalves, and S. Molander(2017), Introducing ocean energy industries to a busy marine environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 74, pp. 178-185.
- [30] Han, G., Z. Tang, Y. He, J. Jiang, and J. A. Ansere(2019), District partition-based data collection algorithm with event dynamic competition in underwater acoustic sensor networks. *IEEE transactions on industrial informatics*, Vol. 15, No. 10, pp. 5755-5764.
- [31] Hastie, G. D., D. J. Russell, P. Lepper, J. Elliott, B. Wilson, S. Benjamins, and D. Thompson(2018), Harbour seals avoid tidal turbine noise: Implications for collision risk. *Journal of Applied Ecology*, Vol. 55, No. 2, pp. 684-693.
- [32] Heo, G.(2020), A Study on the Research Trends on the Marine Policy through Network Analysis in recent 11 years, *The Journal of the Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education*, Vol. 32, No. 2, pp. 594-606.
- [33] IOC-UNESCO, DG MARE(2017), Joint roadmap to accelerate maritime/marine spatial planning processes worldwide (MSP),

- In Proceedings of the 2nd International Conference on Marine/Maritime Spatial Planning, Paris, France.
- [34] Jay, S.(2010), Planners to the rescue: Spatial planning facilitating the development of offshore wind energy. *Marine pollution bulletin*, Vol. 60, No. 4, pp. 493-499.
- [35] Jeonbuk Institute(2019), The response of Jeonbuk to the introduction of the maritime spatial planning system
- [36] Kaschner, K., N. J. Quick, R. Jewell, R. Williams, and C. M. Harris(2012), Global coverage of cetacean line-transect surveys: status quo, data gaps and future challenges.
- [37] Kim, H. G., J. H. Lee, and M. C. Oh(2020), Review of Wind Energy Publications in Korea Citation Index using Latent Dirichlet Allocation, *New & Renewable Energy*, Vol. 16, No. 4, pp. 33-40.
- [38] Kim, K. M. and J. M. Ma(2020), A Study on the Research Trends in Unmanned Surface Vehicle using Topic Modeling, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 21, No. 7, pp. 597-606.
- [39] Kim, C. K., J. E. Toft, M. Papenfus, G. Verutes, A. D. Guerry, M. H. Ruckelshaus, and S. Polasky(2012), Catching the right wave: evaluating wave energy resources and potential compatibility with existing marine and coastal uses. *PloS one*, Vol. 7, No. 11, pp. e47598.
- [40] Kirkfeldt, T. S. and C. F. Santos(2021), A review of sustainability concepts in marine spatial planning and the potential to supporting the UN sustainable development goal 14, *Frontiers in Marine Science*.
- [41] Klain, S. C. and K. M. Chan(2012), Navigating coastal values: participatory mapping of ecosystem services for spatial planning. *Ecological economics*, Vol. 82, pp. 104-113.
- [42] Korea Maritime Institute(2014), The Measures to Strengthen Effectiveness of Marine Protected Area (MPA) through Policy Network Analysis, pp. 1-268.
- [43] Lascelles, B. G., P. R. Taylor, M. G. R. Miller, M. P. Dias, S. Oppel, L. Torres, and C. Small(2016), Applying global criteria to tracking data to define important areas for marine conservation. *Diversity and Distributions*, Vol. 22, No. 4, pp. 422-431.
- [44] Lecours, V.(2017), On the use of maps and models in conservation and resource management (warning: results may vary). *Frontiers in Marine Science*, Vol. 4, p. 288.
- [45] Léopold, M., N. Guillemot, D. Rocklin, and C. Chen(2014), A framework for mapping small-scale coastal fisheries using fishers' knowledge. *ICES Journal of Marine Science*, Vol. 71, No. 7, pp. 1781-1792.
- [46] Lester, S. E., J. M. Stevens, R. R. Gentry, C. V. Kappel, T. W. Bell, C. J. Costello, and C. White(2018), Marine spatial planning makes room for offshore aquaculture in crowded coastal waters. *Nature communications*, Vol. 9, No. 1, pp. 1-13.
- [47] Magris, R. A., R. L. Pressey, R. Weeks, and N. C. Ban (2014), Integrating connectivity and climate change into marine conservation planning. *Biological Conservation*, Vol. 170, pp. 207-221.
- [48] Maxwell, S. M., E. L. Hazen, S. J. Bograd, B. S. Halpern, G. A. Breed, B. Nickel, and D. P. Costa(2013), Cumulative human impacts on marine predators. *Nature communications*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-9.
- [49] Meiner, A.(2013), Spatial data management priorities for assessment of Europe's coasts and seas. *Journal of Coastal Conservation*, Vol. 17, No. 2, pp. 271-277.
- [50] Menegon, S., D. Depellegrin, G. Farella, E. Gissi, M. Ghezzi, A. Sarretta, and A. Barbanti(2018), A modelling framework for MSP-oriented cumulative effects assessment. *Ecological Indicators*, Vol. 91, pp. 171-181.
- [51] Merrie, A. and P. Olsson(2014), An innovation and agency perspective on the emergence and spread of marine spatial planning, *Marine Policy*, Vol. 44, pp. 366-374.
- [52] Micheli, F., B. S. Halpern, S. Walbridge, S. Ciriaco, F. Ferretti, S. Fraschetti, and A. A. Rosenberg(2013), Cumulative human impacts on Mediterranean and Black Sea marine ecosystems: assessing current pressures and opportunities. *PloS one*, Vol. 8, No. 12, p. e79889.
- [53] Ministry of Oceans and Fisheries(2019), 1st Marine spatial planning (2019~2028).
- [54] Molinos, J. G., B. S. Halpern, D. S. Schoeman, C. J. Brown, W. Kiessling, P. J. Moore, and M. T. Burrows(2016), Climate velocity and the future global redistribution of marine biodiversity. *Nature Climate Change*, Vol. 6, No. 1, pp. 83-88.
- [55] Moore, S. A., G. Brown, H. Kobryn, and J. Strickland-Munro (2017), Identifying conflict potential in a coastal and marine environment using participatory mapping. *Journal of environmental management*, Vol. 197, pp. 706-718.
- [56] Nam, J. H.(2010), The analysis and suggestion on the maritime spatial planning issues in South Korea, maritime territory, 5, pp. 11-26.
- [57] Nykiforuk, C. I. J., K. Atkey, L. M. Nieuwendyk, K. D. Raine, and K. Kyle(2011), Policy readiness tool: Understanding

- a municipality's readiness for policy change and strategies for taking action. School of Public Health, University of Alberta, Edmonton, pp. 1-36.
- [58] Pan, W.(2020), Methodological development for exploring the potential to implement on-site robotics and automation in the context of public housing construction in Hong Kong (Doctoral dissertation, Technische Universität München).
- [59] Pınarbaşı, K., I. Galparsoro, Á. Borja, V. Stelzenmüller, C. N. Ehler, and A. Gimpel(2017), Decision support tools in marine spatial planning: present applications, gaps and future perspectives, *Marine Policy*, Vol. 83, pp. 83-91.
- [60] Portman, M. E., L. S. Esteves, X. Q. Le, and A. Z. Khan (2012), Improving integration for integrated coastal zone management: An eight country study. *Science of the total environment*, Vol. 439, pp. 194-201.
- [61] Reiss, H., S. Birchenough, A. Borja, L. Buhl-Mortensen, J. Craeymeersch, J. Dannheim, and S. Degraer(2015), Benthos distribution modelling and its relevance for marine ecosystem management. *ICES Journal of Marine Science*, Vol. 72, No. 2, pp. 297-315.
- [62] Retzlaff, R. and C. LeBleu(2018), Marine Spatial Planning: Exploring the role of planning practice and research, *Journal of Planning Literature*, Vol. 33, No. 4, pp. 466-491.
- [63] Stelzenmüller, V., H. O. Fock, A. Gimpel, H. Rambo, R. Diekmann, W. N. Probst, and I. Kröncke(2015), Quantitative environmental risk assessments in the context of marine spatial management: current approaches and some perspectives. *ICES Journal of Marine Science*, Vol. 72, No. 3, pp. 1022-1042.
- [64] Stelzenmüller, V., J. Lee, A. South, and S. I. Rogers(2010), Quantifying cumulative impacts of human pressures on the marine environment: a geospatial modelling framework. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 398, pp. 19-32.
- [65] Surís-Regueiro, J. C., J. L. Santiago, X. M. González-Martínez, and M. D. Garza-Gil(2021), An applied framework to estimate the direct economic impact of Marine Spatial Planning. *Marine Policy*, Vol. 127, p. 104443.
- [66] Tesfatsion, L.(2017), Modeling economic systems as locally-constructive sequential games. *Journal of Economic Methodology*, Vol. 24, No. 4, pp. 384-409.
- [67] van Riper, C. J., G. T. Kyle, B. C. Sherrouse, K. J. Bagstad, and S. G. Sutton(2017), Toward an integrated understanding of perceived biodiversity values and environmental conditions in a national park. *Ecological indicators*, Vol. 72, pp. 278-287.
- [68] Web of Science Homepage, http://images.webofknowledge.com/WOKRS59B4/help/ko_KR/WOK/hp_database.html (Accessed Aug. 2021).
- [69] Weiss, C. V., R. Guanche, B. Ondiviela, O. F. Castellanos, and J. Juanes(2018), Marine renewable energy potential: A global perspective for offshore wind and wave exploitation. *Energy conversion and management*, Vol. 177, pp. 43-54.
- [70] Yates, K. L., D. S. Schoeman, and C. J. Klein(2015), Ocean zoning for conservation, fisheries and marine renewable energy: assessing trade-offs and co-location opportunities. *Journal of environmental management*, Vol. 152, pp. 201-209.

Received : 2021. 11. 19.

Revised : 2021. 12. 10.

Accepted : 2021. 12. 28.