

텍스트 마이닝을 활용한 황해 관련 연구동향 분석연구

황규원* · 김진경** · 강승구*** · 강길모****†

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

Analysis of Research Trends in Relation to the Yellow Sea using Text Mining

Kyu Won Hwang* · Kim Jinkyung** · Kang Seung-Koo*** · Kang Gil Mo****†

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

*** Research Specialist, Korea-China Joint Ocean Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology(KIOST), Qingdao, P.R.China

**** Principal Research Scientist, Korea-China Joint Ocean Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology(KIOST), Qingdao, P.R.China

요 약 : 황해는 지정학적으로 한국, 중국, 북한 사이 해역에 위치하고 있으며, 최근 해양공간 이용이 확대되어 사회적·경제적 가치가 증가하고 있다. 또한 기후변화로 인한 해양환경 변화, 대기오염물질 이동 등 한·중 공동 대응 및 협력의 필요성이 증가되고 있다. 본 연구에서는 황해(Yellow Sea) 키워드의 연구논문을 대상으로 핵심주제(Topic)을 도출하고, 저자 네트워크 분석을 수행하여 연구동향을 탐색하였다. 연구대상으로 1984년부터 2021년 사이에 게재된 Web of Science DataBase의 황해 관련 연구논문을 추출하고, 한중 어업협정, 해양환경공동조사 등 한국과 중국의 주요 이벤트를 중심으로 4개의 시기로 구분하였다. 연구방법으로 텍스트 마이닝(Text Mining)의 일종인 토픽 모델링(Topic Modeling)을 활용하여 Topic을 도출하였다. 또한 저자 네트워크를 분석하여 해당 분야의 주요 연구 그룹(Community)과 연구자 및 연구기관의 영향력을 파악하고 시사점을 제시하였다. 분석결과 황해 연구논문의 핵심주제는 1기 퇴적물, 해양생물, 2기 산성화, 미세먼지, 3기 수산양식, 지진, 4기 탄소요인, 해양생태계 등으로 변화하였고, 시기별로 핵심 연구자를 중심의 연구자 그룹이 증가하였다. 연구결과를 토대로 황해 관련 연구 동향과 주요 연구자 및 연구기관을 파악함으로써 향후 한국과 중국 간의 황해 연구협력에 기여하고자 한다.

핵심용어 : 황해, 연구동향, 텍스트 마이닝, 토픽 모델링, 네트워크 분석

Abstract : Located in the sea area between South Korea, North Korea, and China, the Yellow Sea plays an important role from a geopolitical perspective, and recently, as the use of marine space in the Yellow Sea is expanding, its social and economic values have been increasing further. In addition, owing to rapid climate changes, the need for joint response and cooperation between Korea and China is increasing in various fields, including changes in the marine environment and marine ecosystem and generation and movement of air pollutants. Accordingly, in this study, core topics were derived from research papers with the Yellow Sea as a keyword, and research trends to date were explored through author network analysis. As a specific research method, research papers related to the Yellow Sea published between 1984 and 2021 were extracted from the Web of Science database and were classified into four periods to derive core topics using topic modeling, a type of text mining. Furthermore, the influences of major research communities, researchers, and research institutes in the appropriate fields were identified through analyzing the author network, and their implications were presented. The analysis results indicated that the core topics of research papers on the Yellow Sea had changed over time, and differences existed in the influence (centrality) of key researchers. Finally, based on the results of this study, this study aims to identify research trends related to the Yellow Sea, major researchers, and research institutes and contribute to research cooperation between Korea and China regarding the Yellow Sea in the future.

Key Words : Yellow Sea, Research Trends, Text Mining, Topic Modeling, Network Analysis

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

† Corresponding Author : kanggm@kiost.ac.kr, 051-664-3750

1. 서론

한국, 중국, 북한 사이 해역에 위치한 황해는 지정학적, 환경적, 사회경제적으로 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 황해는 지구환경기금(GEF, Global Environment Facility)과 유엔 개발계획(UNDP, United Nations Development Programme)의 광역해양생태계(LME, Large Marine Ecosystem) 사업의 일환으로 UN 황해광역해양생태계(YSLME, Yellow Sea Large Marine Ecosystem) 프로젝트가 2단계까지 추진된 바 있다. 황해는 East China해, South China해, Gulf of Thailand, Sulu-Celebes해, Indonesian해 등 6개의 아시아 해역에 위치한 광역해양생태계 지역 중 하나이다(Padilla and Hudson, 2019). 황해 광역해역(LME)는 중국과 한반도와 접해 있고, 약 400,000km²의 면적을 차지하는 세계에서 가장 큰 얕은 대륙붕 지역 중 하나이며, 평균 깊이는 44m, 최대 깊이는 약 100m이다. 또한 339종의 어종이 서식하고 있으며, 지난 30년 동안 생태계가 크게 변하고 있다(Hotel and Qingdao, 2019). 특히 황해와 동중국해의 바이오매스 규모는 7.5백만톤으로 전세계의 11%를 차지하며, 급격한 지구온난화가 진행되고 있다고 알려져 있다. 특히 광역해역(LME) 중 황해의 경우, 빠르게 온난화가 진행되는 지역으로 선정되었으며, 70% 이상이 탐사되었지만 여전히 연구가 필요한 해역이다(Sherman and Hempel, 2009). 유엔개발계획(UNDP)에서는 황해를 중심으로 한국, 중국, 북한 등이 해양오염물질, 부영양화, 유해 조류, 남획, 수산 양식, 서식지 손실, 기후변화 이슈 등에 대한 연구를 지원하고 있다(Padilla and Hudson, 2019). 한편 황해는 미국 북동부 대륙붕과 스코틀랜드 해역과 더불어 해양 표층수온(SST, Sea Surface Temperature)이 급격하게 증가하고 있는 지역 중 하나로 알려져 있다(Qi et al., 2022).

사회적으로 보면, 황해를 중심으로 전세계 인구의 10%인 약 6억명이 거주하고 있으며, 특히 중국 연안도시 칭다오(Qingdao), 다롄(Dalian), 상하이(Shanghai), 한국 인천, 북한 남포 등에서 식량, 산업, 관광 등이 활발하게 이뤄지고 있다. 또한 국제 무역이 증가함에 따라 해운의 역할이 지속적으로 중요해지고 있다. 그럼에도 불구하고 황해는 반폐쇄적인 특성과 주변 지역의 급속한 경제발전 및 해양공간 이용 강도의 증가로 오염과 남용이 증대되고 있다. 주요한 환경문제로 해양오염, 부영양화, 생태계 변화, 서식지 손실, 기후변화 등의 이슈가 부각되어 주변국의 노력이 요구된다(Sherman and Hempel, 2009; Hotel and Qingdao, 2019).

본 연구에서는 황해를 주제로 한 그간의 연구논문을 추출하여 텍스트 마이닝(Text Mining)을 활용하여 주요 연구자와 Topic의 시간에 따른 변화를 확인하여, 연구동향을 파악하고자 한다. 텍스트 마이닝이란 광범위한 정보를 일련의 분석

도구를 활용하여 유용한 정보를 추출하는 방법이다(Feldman and Sanger, 2007). 연구논문의 서지정보를 활용하였으며, 방법론으로 연구논문의 Keyword를 대상으로 형태소 분석을 통해 단어를 추출하여 텍스트 마이닝의 토픽 모델링(Topic modeling)을 수행했다. 또한 저자 네트워크(Author network)를 분석하여 영향력이 큰 연구자와 기관을 탐색하고, 특정 단어를 중심으로 한 단어 동시출현 네트워크(Word network) 분석을 수행했다.

이를 통해 황해 관련 연구주제의 변화를 탐색하였으며, 사회과학 및 자연과학 분야에서 질적 성장과 한국과 중국 간 공동협력연구의 활성화를 기대한다.

2. 선행연구

본 연구와 관련된 선행연구는 크게 연구목적과 유사하게 특정 해역을 대상한 연구동향 분석연구와 연구방법론 측면에서 해양 분야의 텍스트 마이닝 관련 선행연구로 구분할 수 있다.

첫째 특정 해역을 대상으로 한 연구동향 분석연구를 보면, Table 1과 같이 Ji et al.(2014)은 Web of Science의 Antarctica 연구를 대상으로, Bancheva(2019)는 Arctic 지역 연구, Rhomad et al.(2023)은 Moroccan Atlantic 연안 지역 연구를 대상으로 단어 동시출현 네트워크와 저자 네트워크 분석을 수행하여 시기에 따른 변화를 확인하였다.

둘째 해양 분야별 텍스트 마이닝 분석 선행연구를 살펴보면, 먼저 해양기술 분야에서는 Lee et al.(2018)의 경우 Scopus의 Database를 대상으로 해안해양공학 분야의 단어 동시출현 네트워크 분석을 수행하였다. 또한 Web of Science의 Database를 대상으로 Remote Sensing에 관한 연구동향 분석 연구가 있다(Liu et al., 2023, Wang et al., 2022). 한편 Yu and Ha(2022)는 Web of Science의 연구논문과 WIPSON, KIPRIS 등에서 특허에 대한 토픽 모델링을 수행하여 연구동향을 분석하였다.

해양생물다양성 분야에서는 Kim et al.(2016b)의 경우 East Asia 지역의 Marine Biodiversity 연구동향을 분석하였으며, Rumin et al.(2020)은 Microalgae, Xie et al.(2023)은 Tuna 관련 연구논문에 대한 단어 동시출현 네트워크, 저자 네트워크 분석을 수행하였다.

해양경제 분야에서는 Razmjooei et al.(2023)은 해양산업의 Industry 4.0에 대한 연구, Wang et al.(2023)은 해양경제 관련 연구를 대상으로 시기별 차이를 확인하였다.

해양에너지 분야의 경우, Chen and Su(2022)와 Ye et al.(2020)은 해상풍력발전 관련 연구, Chen et al.(2021)은 해양 에너지발전 연구, Hu et al.(2022)은 해양 신재생에너지 관련 연구를 대상으로 단어 동시출현 네트워크, 저자 네트워크

분석을 수행하였다. 해양환경 분야로 Kim et al.(2016a)은 언론 보도에서의 해양환경 의제에 관한 Word Network 분석을 수행하였고, Salazar-Sepúlveda et al.(2023)은 Marine Conservation 관련 연구를 대상으로 Word Network, Author Network 분석을 수행하였다. 또한 Zhong et al.(2023)은 Blue Carbon 연구 동향을 분석하였고, Zhou et al.(2022)은 미세 플라스틱 관련 연구를 대상으로 단어 동시출현 네트워크 분석을 수행하였다.

해양정책 분야를 보면, Heo(2020)은 한국교육학술정보원에서 제공하는 학술연구정보서비스(RISS)의 해양정책연구 동향을 단어 동시출현 네트워크 방법을 활용하여 분석하였고, Kim and Lee(2020)은 역대 한국 대통령의 연설문을 대상으로 토픽 모델링 분석을 수행하였다. 또한 Chalastani et al.(2021)과 Hwang et al.(2021)은 해양공간계획 관련 서지정보를 활용하여 단어 동시출현 네트워크와 텍스트 마이닝을 수행하여 연구동향을 분석하였다.

Table 1. Preceding research on the marine field using text mining

Author	Author	Year	Database	Period	Method
Engineering /Accidents	Lee et al.	2018	Scopus	1966~2018	Word Network
	Liu et al.	2023	WoS, CNKI	1981~2020	Word Network, Author Network
	Wang et al.	2022	WoS	1990~2020	Word Network, Author Network
	Yu and Ha	2022	WoS, WIPSON, KIPRIS	2000~2021	Topic Modeling
	Cao et al.	2023	WoS	2000~2022	Author Network
Marine Biodiversity	Kim et al.	2016b	WoS	1996~2015	Word Network, Author Network
	Rumin et al.	2020	AA	1960~2019	Word Network, Author Network
	Xie et al.	2023	WoS	2000~2010	Word Network, Author Network
Marine Economy	Liang et al.	2022	WoS	2006~2021	Word Network, Author Network
	Razmjooei et al.	2023	WoS	2011~2021	Author Network
	Wang et al.	2023	WoS	1992~2022	Word Network, Author Network
Marine Energy	Chen and Su	2022	WoS	1995~2021	Word Network, Author Network
	Chen et al.	2021	WoS	1973~2018	Word Network, Author Network
	Hu et al.	2022	WoS	2010~2021	Word Network, Author Network
	Ye et al.	2020	WoS	1979~2017	Word Network, Author Network
Marine Environment	Alwan et al.	2022	Scopus, WoS	1985~2021	Word Network
	Kim et al.	2016a	Newspapers	2005~2014	Word Network
	Salazar-Sepúlveda et al.	2023	WoS	2004~2023	Word Network, Author Network
	Zhong et al.	2023	WoS	2003~2021	Word Network
	Zhou et al.	2022	WoS	2004~2020	Word Network
Marine Policy	Heo	2020	RISS	2009~2019	Word Network
	Kim and Lee	2020	Speech	1996~2019	Topic Modeling
	Chalastani et al.	2021	Scopus, WoS	2003~2019	Word Network, Author Network
	Hwang et al.	2021	WoS	2010~2020	Topic Modeling, Word Network
Marine Tourism	Adam et al.	2022	Scopus	1986~2020	Author Network
	Caparrós-Martínez et al.	2022	Scopus, WoS	1973~2021	Word Network
	Duan et al.	2022	WoS	1990~2020	Word Network, Author Network
	Kabil et al.	2021	Scopus	2012~2020	Word Network, Author Network
	Pathmanadakumar et al.	2021	WoS	1999~2020	Word Network, Author Network
	Martínez Vázquez et al.	2021	Scopus, WoS	1986~2020	Word Network
Region	Ji et al.	2014	WoS	1993~2012	Word Network, Author Network
	Bancheva	2019	Scopus	2007~2016	Word Network
	Rhomad et al.	2023	Scopus, WoS, Google Scholar	1971~2021	Word Network, Author Network

CNKI: China National Knowledge Infrastructure, WoS : Web of Science

해양관광 분야에서는 Adam et al.(2022)과 Kabil et al.(2021)은 Scopus Database에서 제공하는 해양관광 연구의 서지정보를 대상으로 저자 네트워크 분석과 단어 동시출현 네트워크 분석을 수행하였다.

해양 관련 텍스트 마이닝 선행연구를 종합하면, 해양기술, 해양생물다양성, 해양경제, 해양에너지, 해양정책, 해양관광 등 다양한 분야에서 연구가 수행되고 있으며, 데이터베이스는 주로 Web of Science, Scopus, Springer 등의 학술지인용색인을 중심으로 연구가 수행되고 있다. 또한 연구방법론으로 단어 동시출현 단어 네트워크, 저자 네트워크, 토픽 모델링 등이 활용되고 있다.

본 연구에서는 선행연구의 방법론을 고려하여, 학술지인용색인 Web of Science 데이터베이스를 활용하여 황해를 제목 또는 키워드로 포함하는 SCI급 연구논문을 대상으로 분석하였다. 또한 주요 이벤트를 중심으로 1기는 SCI논문이 작성된 1984년부터 20세기 마지막 해인 2000년까지 2기(2001~2010)는 한중 어업협정(2001년), 중국 해양해양계획인 국가해양사업발전계획요강 발표(2008년) 등이 이루어진 10년 동안을 그리고 3기(2011~2015)는 한중 황해 해양환경공동조사 재개(2015년) 시점까지 4기(2016~2021)는 한중 해양경계협정 논의가 본격화되는 시점 등을 기준으로 구분하여 시기에 따른 연구변화를 상대적으로 비교하여 주요 연구주제와 연구자 네트워크를 탐색하고자 한다.

3. 연구방법

본 연구에서 수행한 텍스트 마이닝 분석은 형태소(이 연구에서는 황해 관련 연구논문의 Keyword와 Author를 의미함)로 구성된 비정형화된 Data의 텍스트를 대상으로 다양한 분석방법론을 적용하는 방법이다. 즉 비정형의 텍스트로부터 내재된 의미와 상호관련성을 탐색하는 방법이다. 특히 선행연구와 같이 방대한 양의 정보를 분석하기 위해서는 텍스트 마이닝 분석방법이 적절한 방법론이라고 판단된다.

본 연구의 연구방법은 시기별로 첫째 최다출현빈도 및 워드 클라우드, 둘째 토픽 모델링의 잠재 디리클레할당(LDA, Latent Dirichlet Allocation) 분석방법, 셋째 워드 네트워크 분석의 중심성 분석, 넷째 저자 네트워크 분석으로 연결 중심성과 네트워크 응집구조 분석(Cohesion structure) 등이 있다.

최다출현빈도(Term frequency)는 문서(본 연구에서는 키워드를 의미함)의 단어를 추출하여 문서 내에서 단어의 출현빈도를 분석하는 방법이다.

둘째 텍스트 마이닝 방법의 일종인 토픽 모델링은 데이터에 내재된 Topic을 추출하는 방법이다. 머신 러닝(Machine Learning)의 한 종류로 대표적으로 잠재 디리클레할당 방법

은 텍스트의 Topic을 도출하고, Topic을 구성하고 있는 단어 집합을 표현하는 방법이다(Blei et al., 2003). 특히 단어의 행렬을 생성하여 추출된 Document(이 연구에서는 황해 관련 연구논문의 Keyword를 의미함)를 기반으로 Document의 구조를 추정하고, 이후 추출 단어를 대상으로 디리클레 할당하여 설정된 Topic 수(k)를 생성하는 방식이다(Eum et al., 2019; Hwang et al., 2021). 본 연구에서는 황해 관련 연구논문의 Keyword를 대상으로 5개 Topic수를 지정하여 잠재된 Topic을 생성하였다. 적정 Topic수는 조화평균과 혼잡도를 활용하여 설정하지만, 본 연구에서는 선행연구에서 설정된 Topic수를 고려하여 설정하였다(Lee and Yi, 2021).

셋째, 단어 동시출현 네트워크 분석은 비정형 정보 단어를 의미하는 Node와 Node 간의 네트워크 관계를 의미하는 Link로 구성되어 있다. 주요 지표로 연결 중심성(Degree Centrality), 근접 중심성(Closeness Centrality), 매개 중심성(Betweenness Centrality) 등이 알려져 있다(Kim and Kwahk, 2013). 이 연구의 네트워크 분석은 추출된 단어와 저자를 대상으로 적용할 수 있다.

연결 중심성은 특정 Node(이 연구에서는 Keyword와 Author를 의미함)가 문서 내에서 다른 Node 간에 직접적으로 연결된 정도를 말하며, 다른 Node와의 연결수에 의해 결정된다.

저자 네트워크 분석의 경우는 주저자와 공저자 간의 연결수를 의미한다(Kim, 2020; Kim and Kwahk, 2013). 근접 중심성은 특정 Node가 다른 Node와의 근접한 정도를 의미하며, 특정 Node와 그 Node를 제외한 다른 모든 Node 간의 최단 경로거리 역수로 계산된다. 매개 중심성은 Keyword 및 Author 간 각각의 네트워크 내 모든 Node들이 직접적으로 연결되어 있지 않은 군집 간 관계를 의미하며, Node의 중개자 역할로써 Node가 네트워크 내의 Node 간 최단 경로상에 위치횟수를 분석한다.

마지막으로 공저자 네트워크 응집 구조(Cohesion Structure)의 경우, 저자 속할 수 있는 네트워크를 의미하는 Component 분석과 Community 분석을 수행하였다. Component 분석의 경우, Component는 연결될 수 있는 모든 저자가 군집화된 하위 네트워크 그룹(Maximal Connected Sub-Graph)를 말한다. 또한 Community 분석에 사용된 알고리즘으로 매개중심성(Link Betweenness)을 기반으로 한 GN Algorithm의 Community을 의미한다(Horowitz et al., 1992; Girvan and Newman, 2002). 네트워크 분석을 종합하면 첫째 황해 관련 연구논문의 키워드 간 네트워크인 동시출현 네트워크(Co-occurrence network), 둘째 저자 간 사회연결망(Social Network) 분석과 Community 분석을 적용하였다.

이 연구에서는 1984년부터 2021년까지 게재된 황해 관련 연구논문들의 키워드를 대상으로 먼저 단어출현빈도(TF), 토

픽 모델링, 단어 네트워크 분석인 동시출현 네트워크, 저자 네트워크 분석 등을 수행하였다. 특히 시기별로 연구논문의 키워드를 대상으로 동시출현 네트워크 분석을 수행하였다. 다음 저자 네트워크 분석을 수행하여 중심성을 탐색하였으며, Component가 높은 Community를 추가로 핵심 연구자의 중심성을 분석하였다.

앞서 언급한 바와 같이 연구논문의 서지정보는 학술지인 용색인 Web of Science의 데이터베이스를 활용하였다. 2021년 12월까지 게재된 연구논문 중 Yellow Sea를 제목 및 키워드에 포함하는 2,562개의 연구논문을 분석하였다. 추출된 황해 관련 연구논문의 서지정보는 EndNote20/Clarivate를 활용하여 데이터를 생성하였다.

분석 대상 연구논문의 Keyword를 대상으로 형태소 추출하여 단어의 출현빈도를 분석하였다. 데이터 전처리 과정으로 명사(Nouns)를 추출하였고, 지정어(Defined Words)의 경우 Yellow Sea 등이 있다. 연구논문의 Keyword는 연구내용의 핵심적인 단어를 의미하여, 단어의 출현빈도를 분석하여 시기에 따른 상대적 중요도를 비교할 수 있다.

토픽 모델링은 비정형 데이터에 잠재되어 있는 Topic을 탐색하는 방법 중 하나이며, NetMiner 4.5 Software를 활용하여 대표적인 잠재 디리클레 할당 분석을 수행하였다. 분석을 위해 Topic수를 5개로 설정하고, Learning method로 MCMC(alpha 2.0, beta 0.1, iterations 100)으로 지정하였다. 연구 동향을 파악하기 위해 1기(1984~2000), 2기(2001~2010), 3기(2011~2015), 4기(2016~2021) 등을 기준으로 시기를 구분하여 변화를 확인하였다. 또한 도출된 Topic과 최상위 피인용횟수(2022년 3월 기준)의 연구논문과 연계하여 비교하였다.

두 번째, 단어 네트워크 분석방법은 연구논문의 Keyword를 대상으로 동시출현 네트워크 분석을 수행하였다. 특정 단어가 다른 단어와 동시에 출현한 관계를 중심으로 네트워크 즉 연결 관계를 탐색하였다. NetMiner의 Word Network 기능을 활용하였으며, Co-occurrence Unit은 Sentences로, Window size를 3, Link Frequency Threshold는 2, Keyword는 방향성이 없는 관계로 Direction은 Un-directed 등으로 지정하고, Remove self-loop를 설정하여 유의미한 관계를 탐색하였다(Kim and Cha, 2021).

세 번째 저자 네트워크 분석의 경우, 단어 동시출현 네트워크 분석과 유사하며, Keyword 대신 저자의 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성 분석을 수행하였다.

마지막으로 저자 네트워크 분석의 일환으로 시기별로 최적의 단절그룹을 의미하는 Component값을 도출하고, 핵심 저자 Community의 영향력(근접 중심성 기준)을 분석하였다. 저자 간 네트워크 데이터를 연결 관계에 기반한 그룹으로 나누기 위해, 연결이 끊어지지 않은 관계만을 따로 추출하

여, 연구자 커뮤니티인 단절그룹(Component) 내 Community를 추출하였다. 분석방법으로 Minimum size Component는 1로 Node수를 1이상으로 설정하였으며, 컴포넌트 유형(Component Type)은 방향성이 존재하지 않은 관계로 가정하여 Weak Component으로 분석하였다.

4. 분석 결과

4.1 단어출현빈도 분석결과

황해 관련 연구논문수를 보면 Fig. 1과 같이 1984년부터 2021년까지 게재된 황해 관련 SCI급 연구논문은 총 2,562개이며, 38년 동안 연평균 11.1% 증가 추세이다. 시기별 연평균 증가율(CAGR, Compound Annual Growth Rate)은 1기 10.3%, 2기 16.9%, 3기 15.1%, 4기 7.2%로 4기를 기준으로 최근 증가세가 주춤하고 있으나, 논문수는 절반 수준(49.3%)을 차지하여, 최근에도 활발한 연구가 진행되고 있다.

구체적으로 Table 2와 같이 시기별로 살펴보면, 1기(1984~2000)의 경우 176개로 전체 논문 중 6.9% 차지하고 있으며, 2기(2001~2010)의 경우, 황해 관련 연구논문 517개로 전체 논문 중 20.2% 차지하고 있다. 또한 3기(2011~2015)의 경우, 606개로 전체 논문 중 23.7% 차지하고, 4기(2016~2021) 황해 관련 연구논문 1,263개로 전체 논문 중 49.3% 차지하고 있다.

연도별로 보면 2021년도에 가장 많은 246개의 논문이 게재되었으며, 다음 2019년 240개, 2020년 229개 등의 순이며, 1990년 1개, 1985년 3개 등으로 1기에 연간 게재 건수가 적은 편이며, 2000년초부터 지속적으로 증가추세이다.

황해 관련 연구논문의 연구영역을 살펴보면, 해양학, 환경과학, 해양·담수 생물학 등의 순으로 조사되었다. 황해 관련 논문의 Keyword를 대상으로 시기별 출현빈도 분석 결과를 Table 3과 같이 제시하였다.

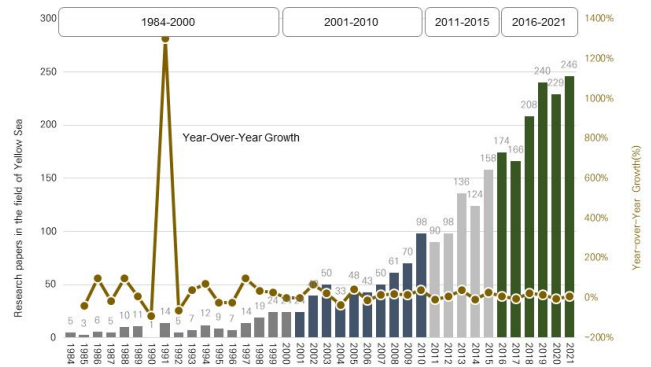


Fig. 1. Number of research papers in the field of Yellow Sea by year.

텍스트 마이닝을 활용한 황해 관련 연구동향 분석연구

시기별로 살펴보면, 1기(1984~2000)에서 키워드 분석결과 Korea, Deposition, Field, Cation, Storm, Climatology, Base, Movement, Shell, Visibility, Circulation, Dynamic, South, Visibility, Current 등의 순으로 분석되었다. 2기(2001~2010)에서는 Japan Sea, East China Sea, Pleistocene, Water, Japan, Estuary, Degree, Variation, Changjiang, Han River, Wind, Garolim Bay, CO₂, Oscillation, Eddy 등 키워드의 출현빈도가 높게 나타났다. 3기(2011~2015)에서는 황해 연구가 본격화되었으며, 키워드 분석결과 Baltic Sea, Stratigraphy, Behavior, CDOM (Colored Dissolved Organic Matter), Sequence, Effect, Matter, Topography, Index, Gene, Holocene, Trough, Fluorescence, Water, Orogeny 등의 순으로 분석되었다. 4기(2016~2021)에는 Root, Marsh, Reef, Washington, Reflectance, Bottom, Faustula, GEN, Removal, Sun, Varanasi, Tutiura, Java Island, Synonymy, Change 등의 순으로 출현빈도가 높게 나타났다.

황해 관련 연구논문의 Keyword에서 추출된 단어들의 출현빈도를 종합하면 시기별 차이가 존재하며, 다만 단순한 빈도수에 의존한 키워드가 연구주제를 확인하기 어렵기 때문에 다음의 토픽 모델링을 통해 핵심주제를 탐색하였다.

4.2 토픽 모델링(LDA) 분석결과

황해 관련 연구논문의 Keyword를 대상으로 시기별 5개 Topic을 설정하고, 각 Topic과 연관된 상위 5개의 단어를 고려하여 연구주제를 도출하였다. 추정된 Topic과 해당 키워드의 상위인용 연구논문을 기술하여 실제 연구사례를 제시하였다.

시기별로 Table 4와 같이 분석결과를 보면, 1기(1984~2000)의 토픽 모델링 분석을 통한 5개의 Topic을 도출한 결과 Topic 1에서 East China Sea, Sediment, Bottom, Composition, specie, Topic 2에서 Sand, Ridge, Sediment, Visibility, Storm, Topic 3에서 Eel, Structure, Growth, Catch, Current, Topic 4에서 Bohai, Acid, Sand, Circulation, Coast, Topic 5에서 Sediment, Specie, Structure, Dynamic, Transport 등으로 요약하면 East China Sea, Sediment, Bottom, Composition, Specie 등이 도출되었다.

연구논문에 대한 인용수(Citations)를 중심으로 주요 연구논문을 살펴보면, Alexander et al.(1991)(347), Ren and Shi(1986)(229), Lee and Chough(1989)(174) 등이 있다. 2기(2001~2010)인 2000년대 분석결과 Topic 1에서 Transport, Changjiang, Distribution, Wediment, Ridge, Topic 2에서 Sediment, Metal, East China Sea, Pollutant, Provenance, Topic 3에서 Sediment, River, Transport, Acid, Aerosol, Topic 4에서 Transport, Deposition, Surface, Source, Budget, Topic 5에서 Sediment, Transport, Deposition, Metal, Source 등으로 요약하면 Transport, Changjiang, Distribution,

Sediment, Ridge 등으로 도출되었다. 인용수를 중심으로 Liu et al.(2004)(483), Ichikawa and Beardsley(2002)(331), Chen(2009)(313) 등이 있다.

Table 2. Trend of research papers in the field of Yellow Sea by period

Year	Phases	Prop(%)	CAGR(%)	Num.	C.R. (%)	YoY (%)			
1984	1	6.9	10.3	5	0.2				
1985				3	0.3	-40			
1986				6	0.5	100			
1987				5	0.7	-17			
1988				10	1.1	100			
1989				11	1.6	10			
1990				1	1.6	-91			
1991				14	2.1	1300			
1992				5	2.3	-64			
1993				7	2.6	40			
1994				12	3.1	71			
1995				9	3.4	-25			
1996				7	3.7	-22			
1997				14	4.3	100			
1998				19	5.0	36			
1999				24	5.9	26			
2000				24	6.9	0			
2001				2	20.2	16.9	24	7.8	0
2002							40	9.4	67
2003	50	11.3	25						
2004	33	12.6	-34						
2005	48	14.5	45						
2006	43	16.2	-10						
2007	50	18.1	16						
2008	61	20.5	22						
2009	70	23.2	15						
2010	98	27.0	40						
2011	3	23.7	15.1	90	30.6	-8			
2012				98	34.4	9			
2013				136	39.7	39			
2014				124	44.5	-9			
2015				158	50.7	27			
2016	4	49.3	7.2	174	57.5	10			
2017				166	64.0	-5			
2018				208	72.1	25			
2019				240	81.5	15			
2020				229	90.4	-5			
2021				246	100	7			
Total		100	-	2,562	-	-			

CAGR : Compounded Annual Growth Rate, C.R. : Cumulative Rate, YoY : Year-over-Year Growth Rate

3기(2011~2015) 황해 연구가 본격화된 2011년부터 2015년 까지의 분석결과 Topic 1에서 Ulva, Prolifera, Tide, Aquaculture, Eutrophication, Topic 2에서 Wave, Ridge, Sand, Sequence, DMSP, Topic 3에서 Bohai, Flux, Wave, Bloom, Subei, Topic 4에서 Flux, Seatoair, Distribution, DMS, Bohai, Topic 5에서 Sand, Distribution, Ridge, Sediment, Earthquake 등으로 도출되었다. 요약하면 Ulva, Prolifera, Tide, Aquaculture, Eutrophication 등으로 도출되었다. 인용수를 중심으로 살펴보면 Murray et al.(2014)(303), Liu et al.(2013)(281), Keesing et al.(2011)(196) 등이 있다.

4기(2016~2021)의 분석결과 Topic 1에서 Variation, Structure, Carbon, Community, Factor, Topic 2에서 Model, Bohai, Temperature, Wave, Surface, Topic 3에서 Sediment, Holocene, Tidal, Shelf, Evolution, Topic 4에서 Flux, Assessment, Risk, Taxonomy, Ecological Topic 5에서 Tide, Ulva, Prolifera, Bloom, Specie 등으로 나타났다. 이를 요약하면 Variation, Structure, Carbon, Community, Factor 등으로 분석되었다. Times Cited, WoS Core를 중심으로 주요 연구논문을 조사한 결과 Zhou et al.(2018)(326), Zhao et al.(2018)(290), Studds et al.(2017)(247) 등으로 분석되었다.

Table 3. Results of analysis on words appearance frequency by period

No.	1st phases	2nd phases	3rd phases	4th phases	No.	1st phases	2nd phases	3rd phases	4th phases
1	Korea	Japan Sea	Baltic Sea	Root	11	Circulation	Wind	Holocene	Varanasi
2	Deposition	East China Sea	Stratigraphy	Marsh	12	Dynamic	Garolim Bay	Trough	Tutiura
3	Field	Pleistocene	Behavior	Reef	13	South	CO ₂	Fluorescence	Java Island
4	Cation	Water	CDOM	Washington	14	Visibility	Oscillation	Water	Synonymy
5	Storm	Japan	Sequence	Reflectance	15	Current	Eddy	Orogeny	Change
6	Climatology	Estuary	Effect	Bottom	16	Values	DNA	Lunan	Sindh River
7	Base	Degree	Matter	Faustula	17	Material	MSPI	Subunit	Shoreline
8	Movement	Variation	Topography	GEN	18	Isotherm	Sea Level	Circulation	Biomass
9	Shell	Changjiang	Index	Removal	19	Sediment	Sequence	Radiocarbon	Seagrass
10	Visibility	Han River	Gene	Sun	20	Ridge	Resource	Oxidase	Schellitrema

Table 4. Results of analysis on topic modeling by period

Topic	1st phases					2nd phases				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	East China Sea	Sediment	Bottom	Composition	Specie	Transport	Changjiang	Distribution	Sediment	Ridge
	0.026	0.018	0.008	0.008	0.007	0.065	0.039	0.025	0.019	0.018
2	Sand	Ridge	Sediment	Visibility	Storm	Sediment	Metal	East China Sea	Pollutant	Provenance
	0.017	0.016	0.015	0.013	0.012	0.152	0.039	0.031	0.020	0.018
3	Eel	Structure	Growth	Catch	Current	Sediment	River	Transport	Acid	Aerosol
	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.157	0.041	0.031	0.024	0.024
4	Bohai	Acid	Sand	Circulation	Coast	Transport	Deposition	Surface	Source	Budget
	0.010	0.008	0.008	0.008	0.006	0.050	0.034	0.030	0.030	0.024
5	Sediment	Specie	Structure	Dynamic	Transport	Sediment	Transport	Deposition	Metal	Source
	0.019	0.010	0.007	0.007	0.007	0.147	0.099	0.039	0.034	0.031
Topic	3rd phases					4th phases				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Ulva	Prolifera	Tide	Aquaculture	Eutrophication	Variation	Structure	Carbon	Community	Factor
	0.225	0.181	0.163	0.015	0.013	0.022	0.021	0.019	0.013	0.011
2	Wave	Ridge	Sand	Sequence	DMSP	Model	Bohai	Temperature	Wave	Surface
	0.057	0.043	0.035	0.023	0.023	0.030	0.029	0.019	0.013	0.010
3	Bohai	Flux	Wave	Bloom	Subei	Sediment	Holocene	Tidal	Shelf	Evolution
	0.058	0.052	0.047	0.041	0.028	0.031	0.011	0.011	0.009	0.007
4	Flux	Sea to air	Distribution	DMS	Bohai	Flux	Assessment	Risk	Taxonomy	Ecological
	0.069	0.040	0.035	0.032	0.031	0.014	0.014	0.012	0.007	0.006
5	Sand	Distribution	Ridge	Sediment	Earthquake	Tide	Ulva	Prolifera	Bloom	Specie
	0.038	0.032	0.026	0.024	0.022	0.041	0.034	0.029	0.021	0.016

텍스트 마이닝을 활용한 황해 관련 연구동향 분석연구

토픽 모델링 분석결과를 종합하면, 1기의 경우, 지명으로 동중국해, Bohai 등이 있으며, 동중국해의 퇴적물 구성, 황해 서식 생물에 관한 연구, 생물종의 동적 이동에 관한 연구, 해수순환 및 산성화가 주요한 Topic으로 분석되었다. 2기의 경우, 지명으로 동중국해, Changjiang 등이 있으며, 퇴적물 이동에 관한 연구, 금속류의 오염물질 원인에 관한 연구, 산성화 및 미세먼지 거동에 연구가 주를 이루고 있다. 3기의 경우, 지역적으로 Bohai가 주로 나타났으며, 수산양식 관련 연구를 비롯하여 DMSP(Dimethyl sulphoniopropionate) 연구, 지진, 파력, 유량 등이 새로운 연구주제로 분석되었다. 마지막으로 4기의 경우, 탄소 요인 관련 이슈가 부각되었고, Bohai 지역의 표면 온도, 파력에 대한 연구, 지질시대(Holocene) 관련 연구, 생태계 분류 및 리스크 평가에 관한 연구, 녹조류 관련 연구 등이 핵심주제로 분석되었다. 즉 1기의 주요 연구 주제는 퇴적물 구성, 해양생물 이동, 2기의 경우 해양오염, 대기 오염 원인, 3기의 경우 수산양식, 대기-해양 상호작용, 4기의 경우 탄소 요인, 생태계 평가 등으로 분석되었다.

4.3 단어 동시출현 네트워크 분석결과

본 연구에서의 단어 동시출현 네트워크 분석조건으로 Co-occurrence Unit은 Sentences, Window Size는 3, Link Frequency Threshold 2, 방향성은 고려하지 않고, Remove Self-Loop을 설정하여 중복을 제거하였다.

분석결과 Table 5와 같이 1기에서 연결 중심성 상위 5개로 Yellow Sea(0.2857), East China Sea(0.1071), Sea(0.0714), Sulfur(0.0714), Growth(0.0714) 등이고, 매개 중심성의 경우 Yellow Sea(0.1005), East China Sea(0.0423), Growth(0.0238), Sea(0.0026), Sulfur(0.0026) 등이며, 근접 중심성의 경우, Yellow Sea (0.2747), East China Sea(0.2101), School(0.1880), Ridge(0.1701), Sand(0.1701) 등으로 분석되었다.

2기에서 연결 중심성 기준 Yellow Sea(0.3042), Sediment(0.0667), East China Sea(0.0500), Sea(0.0375), Flux(0.0375) 등이며, 매개 중심성은 Yellow Sea(0.3904), Tide(0.0488), Sediment(0.0386), Specie(0.0314), Prolifera(0.0269) 등이고, 근접 중심성은 Yellow Sea(0.3824), Sediment(0.2640), Tide(0.2587), China(0.2575), Specie(0.2568) 등으로 나타났다.

Table 5. Results of word co-occurrence network analysis

No.	1						2					
	Word	D.C.	Word	N.B.C.	Word	Closeness	Word	D.C.	Word	N.B.C.	Word	Closeness
1	YS	0.2857	YS	0.1005	YS	0.2747	YS	0.3042	YS	0.3904	YS	0.3824
2	ECS	0.1071	ECS	0.0423	ECS	0.2101	Sediment	0.0667	Tide	0.0488	Sediment	0.2640
3	Sea	0.0714	Growth	0.0238	School	0.1880	ECS	0.0500	Sediment	0.0386	Tide	0.2587
4	Sulfur	0.0714	SEA	0.0026	Ridge	0.1701	Sea	0.0375	Specie	0.0314	China	0.2575
5	Growth	0.0714	Sulfur	0.0026	Sand	0.1701	Flux	0.0375	Prolifera	0.0269	Specie	0.2568
6	Ridge	0.0714			China	0.1623	Marine	0.0333	Taxonomy	0.0267	Taxonomy	0.2568
7	Sand	0.0714			Korea	0.1623	Morphology	0.0292	Basin	0.0217	ECS	0.2562
8	School	0.0714			South	0.1623	Sea	0.0292	Holocene	0.0216	Flux	0.2562
9	Bohai	0.0357			Specie	0.1623	Basin	0.0250	Cycle	0.0216	Bohai	0.2549
10	China	0.0357			Growth	0.1488	Bohai	0.0250	Microzoo plankton	0.0215	Sea	0.2537
No.	3						4					
	Word	D.C.	Word	N.B.C.	Word	Closeness	Word	D.C.	Word	N.B.C.	Word	Closeness
1	YS	0.2492	YS	0.4341	YS	0.3631	YS	0.2360	YS	0.4232	Sediment	0.6148
2	Sediment	0.0862	Sediment	0.1049	Sediment	0.2765	Sediment	0.0449	Sediment	0.0813	YS	0.3971
3	Sea	0.0831	Flux	0.0481	Source	0.2735	Model	0.0449	Sea	0.0625	Sea	0.3146
4	Flux	0.0492	Structure	0.0474	Flux	0.2722	Sea	0.0379	model	0.0425	Bohai	0.2979
5	Bloom	0.0338	Distribution	0.0439	ECS	0.2655	Tide	0.0351	Analysis	0.0376	Analysis	0.2969
6	Source	0.0338	Temperature	0.0415	Sea	0.2655	Bohai	0.0323	Matter	0.0303	Model	0.2965
7	Structure	0.0308	Sea	0.0350	North	0.2607	Source	0.0323	Tide	0.0300	Source	0.2925
8	Temperature	0.0308	Source	0.0329	Distribution	0.2595	Water	0.0323	Source	0.0294	Distribution	0.2913
9	Distribution	0.0246	Matter	0.0309	Structure	0.2587	Analysis	0.0309	Flux	0.0277	Tide	0.2913
10	Marine	0.0246	Tide	0.0309	Temperature	0.2583	Distribution	0.0309	Carbon	0.0254	Water	0.2908

D.C. : Degree Centrality, N.B.C. : Node Betweenness Centrality, YS : Yellow Sea, ECS : East China Sea

3기에서 연결 중심성의 경우 Yellow Sea(0.2492), Sediment(0.0585), Flux(0.0492), Sea(0.0431), sea(0.0400) 등이며, 매개 중심성의 경우, Yellow Sea(0.4341), Sediment(0.0673), flux(0.0481), structure(0.0474), distribution(0.0439) 등이고, 근접 중심성의 경우, Yellow Sea(0.3631), Sediment(0.2765), Source(0.2735), Flux(0.2722), East China Sea(0.2655) 등이다.

4기에서 연결 중심성의 경우, Yellow Sea(0.2360), sea(0.0730), Sediment(0.0492), Model(0.0449), sediment(0.0449) 등이고, 매개 중심성의 경우, Yellow Sea(0.4232), Sea(0.0625), Sediment(0.0482), Model(0.0425), Analysis(0.0376) 등이고, 근접 중심성의 경우, Yellow Sea(0.3971), sea(0.3146), Sediment(0.3092), Sediment(0.3056), Bohai(0.2979) 등으로 분석되었다.

종합하면 연결 중심성, 매개 중심성, 근접 중심성을 중심으로 동시출현 단어 네트워크 분석결과, 공통적으로 퇴적물에 관한 키워드가 중심이 되고 있으며, 1기에서는 황해와 동중국해의 황화합물에 대한 연구 주제가 높은 중심성을 보였다. 2기에서는 퇴적물에 대한 연구와 생물 분류에 관한 연구가 중심성이 높았으며, 3기의 경우 해양생물 증식에 관한 연구, 퇴적물에 관한 연구, 4기의 경우 탄소 관련 연구, 조석 및 물질 거동에 관한 연구 등이 주요한 키워드로 분석되었다.

4.4 저자 네트워크 분석결과

공저자 네트워크는 정보 개체를 의미하는 노드(저자) 간 관계를 의미하는 링크로 구성되며, Table 6과 같이 연결 중심성 지수가 높은 순으로 저자를 나타내었다.

1기 연결 중심성 분석 결과, Beardsley, RC(0.0117), Park, BK(0.0078), Jacobs, GA(0.0078), Jung, KT(0.0078), Yang, HS(0.0078) 등의 순으로 분석되었다. 소속기관을 보면 Woods Hole Oceanographic Institution, Korea Institute of Ocean Science & Technology(KIOST), United States Department of Defense, Pukyong National University, Inha University 등이 있다. 2기 분석 결과, Zhang, J(0.0078), Shi, XF(0.0065), Qiao, Fangli(0.0052), Song, Weibo(0.0052), Sun, S(0.0052) 등의 연구논문을 게재하여 가장 높은 연결 중심성을 보였다. 소속기관을 보면 Ocean University of China, State Oceanic Administration, First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration(SOA), Chinese Academy of Sciences; Institute of Oceanology(CAS) 등이 있다.

3기의 연결 중심성 분석 결과, Yang, Gui-Peng(0.0083), Liu, Dongyan(0.0063), Liu Jian(0.0052), Cho, Yang-Ki(0.0042), Yu, Ren-Cheng(0.0031) 등의 순으로 분석되었다. 주요 연구기관으로 Ocean University of China, Chinese Academy of Sciences; Institute of Oceanology(CAS), First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Seoul National University 등이 있다.

4기 연결 중심성 분석 결과, Liu, Dongyan(0.0030), Zhang, Xunhua(0.0025), Tang, Jianhui(0.0025), Hong, Seongjin(0.0025), Liu, Sumei(0.0020) 등의 순으로 분석되었다. 주요 연구기관으로 East China Normal University, Nanjing Center-China Geological Survey, Chinese Academy of Sciences, Chungnam National University, Ocean University of China 등이 있다.

Table 6. Results of the co-author network analysis

No.	Author	D.C.	Author	D.C.	Author	D.C.	Author	D.C.
	1		2		3		4	
1	Beardsley, RC	0.0117	Zhang, J	0.0078	Yang, Gui-Peng	0.0083	Liu, Dongyan	0.0030
2	Park, BK	0.0078	Shi, XF	0.0065	Liu, Dongyan	0.0063	Zhang, Xunhua	0.0025
3	Jacobs, GA	0.0078	Qiao, Fangli	0.0052	Liu Jian	0.0052	Tang, Jianhui	0.0025
4	Jung, KT	0.0078	Song, Weibo	0.0052	Cho, Yang-Ki	0.0042	Hong, Seongjin	0.0025
5	Yang, HS	0.0078	Sun, S	0.0052	Yu, Ren-Cheng	0.0031	Liu, Sumei	0.0020
6	Hong, JS	0.0078	Song, WB	0.0052	Li, Yan	0.0031	Yang, Gui-Peng	0.0020
7	Park, YA	0.0078	Bao Xianwen	0.0039	Sun, Song	0.0031	Shan, Xiujuan	0.0020
8	LI, F	0.0078	Zhang, J.	0.0026	Wang, Tieyu	0.0031	Sun, Song	0.0020
9	Zhou, BX	0.0078	Zhang, Gui-Ling	0.0026	Kim, Jong Seong	0.0031	Yu, Ren-Cheng	0.0020
10	Liu, AK	0.0039	Xiao, Tian	0.0026	Shi, Xuefa	0.0031	Wang, Tieyu	0.0020
11	Chang, R	0.0039	Hao Tian-Yao	0.0026	Tang, Jianhui	0.0021	Gao, Xuelu	0.0020
12	Chen, HT	0.0039	Yang, Gui-Peng	0.0026	Liu Sumei	0.0021	Wang, Min	0.0020
13	Lee, HH	0.0039	Zhang, Z. N.	0.0026	Song, Jinming	0.0021	Qiao, Lulu	0.0020
14	Hur, HB	0.0039	Sun, Song	0.0026	Wei, Hao	0.0021	Song, Jinming	0.0020
15	Cho, SH	0.0039	Chough, S. K.	0.0026	Li Anchun	0.0021	Shi, Xuefa	0.0020

D.C. : Degree Centrality

텍스트 마이닝을 활용한 황해 관련 연구동향 분석연구

종합하면 1기에서는 Woods Hole Oceanographic Institution, Korea Institute of Ocean Science & Technology, United States Department of Defense, 2기에서는 Ocean University of China, State Oceanic Administration, First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, 3기에서는 Ocean University of China, Chinese Academy of Sciences; Institute of Oceanology(CAS), First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, 4기에서는 East China Normal University, Nanjing Center, China Geological Survey, Chinese Academy of Sciences 등이 주요한 연구기관으로 분석되었다. 황해 관련 연구는 초기에 미국과 한국의 연구기관의 영향력이 높았으며, 이후 중국 중심의 대학과 연구기관의 영향력이 크다고 판단된다.

4.5 저자 중심 Community 분석결과

연구자 커뮤니티인 단절그룹(Component) 내 Community를 추출하였다. 분석방법으로 Minimum size Component는 1로 노드수를 1이상으로 설정하였으며, 컴포넌트 유형(Component Type)은 방향성이 존재하지 않은 노드(저자)이므로 Weak Component로 분석하였다. Community 구조는 그룹 내에서는 밀도가 높고, 다른 그룹 간에서는 밀도가 낮은 상태의 하위 집단을 의미한다(Paranyushkin, 2011; Park et al., 2017).

Components 분석결과는 Table 7과 Fig. 2와 같으며, Cluster network의 centrality degree를 Table 8과 같이 나타내었다.

1기의 Component는 총 3개이며, Component 1의 Size는 5(Density : 0.200), Component 2의 Size는 5(0.200), Component 3의 Size는 4(0.25) 등이다. Component 1의 저자는 Teague, WJ, Jacobs, GA, Riedlinger, SK 등, Component 2의 저자는 Lee, HJ, Jung, KT, Lee, JC, Chu, YS, Yoon, SH, Component 3의 저자는 Chen, C, Beardsley, RC, Chen, CS, Graber, HC 등으로 분석되었다. 또한 커뮤니티 응집성(Community, Betweenness) 분석결과 Fusion Level 3(Best Cut : 2.486486)에서 3개의 클러스터(Clusters)가 추출되었다. Cluster network 분석결과, 연결중심성의 경우, Beardsley, RC(0.2308), Jacobs, GA(0.1538), Jung, KT(0.1538), Pistek, P(0.0769), Chu, YS(0.0769) 등으로 분석되었다.

2기의 Component는 총 4개이며, Component 1의 Size는 9(Density : 0.111), Component 2의 Size는 8(0.125), Component 3의 Size는 8(0.125), Component 4의 Size는 7(0.143) 등이다. Component 1의 저자는 Yoon, JH, Kang, SJ, Oh, TK, Lee, CH, Kang, KH 등, Component 2의 저자는 Li, Liqiong, Huang, Jie, Pan 등, Component 3의 저자는 Ren, JL, Zhang, J, Liu, SM, Ye, XW, Zhang, GL 등, Component 4의 저자는 Cai, DL, Li, HY, Shi, XF, Wei, JW 등으로 분석되었다.

Table 7. Results of components analysis by period

Phases	Comp.	Members	Size	Prop.(%)	Density
1st phases	C1	Teague, WJ, Jacobs, GA, Riedlinger, SK, Pistek, P, Perkins, HT	5	35.7	0.200
	C2	Lee, HJ, Jung, KT, Lee, JC, Chu, YS, Yoon, SH	5	35.7	0.200
	C3	Chen, C, Beardsley, RC, Chen, CS, Graber, HC	4	28.6	0.250
2nd phases	C1	Yoon, JH, Kang, SJ, Oh, TK, Lee, CH, Kang, KH, Lee, JK, Kim, IG, Yeo, SH, Choi, SH	9	28.1	0.111
	C2	Li, Liqiong, Huang, Jie, Pan, Hongbo, Song, Weibo, Wang, Yangang, Xu, Kuidong, Lei, Yanli, Long, Hongan	8	25.0	0.125
	C3	Ren, JL, Zhang, J, Liu, SM, Ye, XW, Zhang, GL, Liu, CL, Wu, Y, Zou, L	8	25.0	0.125
	C4	Cai, DL, Li, HY, Shi, XF, Wei, JW, Wang, KS, Ge, SL, Cheng, ZB	7	21.9	0.143
3rd phases	C1	Yang, Bin, Yang, Gui-Peng, Zhao, Bao-Zhen, Wang, Wei-Lei, Li, Cheng-Xuan, Zhang, Sheng-Hui, Wu, Guan-Wei, He, Zhen, Zhang, Hong-Hai	9	20.9	0.111
	C2	Yang, Gui-Peng, Zhang, Sheng-Hui, Zhang, Hong-Hai, Zhang, Yan, Wang, Xin, Yang, Bin, Song, Yi-Zhu, Zhuang, Guang-Chao, Ren, Chun-Yan	9	20.9	0.111
	C3	Liu, Dongyan, Liu, Lixue, Li, Xin, Keesing, John K., Li Baoquan, Wang, Yueqi, Han, Qingxi, Li, Xinzheng, Shi, Yajun	9	20.9	0.111
	C4	Shi, Yong-Qiang, Sun, Song, Huo, Yuanzi, Zhang, Jianheng, Cui, Jianjun, Han, Hongbin, Hua, Liang, Zhang, Fang	8	18.6	0.125
	C5	Dong, Zhijun, Liu, Zhongyuan, Liu, Dongyan, Wang, Yueqi, Wang, Yujue, Sun, Qianli, Zhang, Gaosheng, Keesing, John K	8	18.6	0.125
4th phases	C1	Sun, Deyong, Chen, Ying, Ma, Zhijun, Melville, David S., Ling, Zunbin, Chen, Shuguo, Wang, Shengqiang, Lv, Jun, Huan, Yu, Qiu, Zhongfeng, Zhang, Hailong, Yuan, Yibo, Xue, Cheng, Zhang, Tinglu, Chen, Shuguo, Su, Xiaoping	16	28.1	0.071
	C2	Huo, Yuanzi, Kim, Jang Kyun, Zhang, Jianheng, Ding, Xiaowei, Shi, Jinting, Cui, Jianjun, Zhang, Jianheng, Wu, Hailong, Feng, Jingchi, Monotilla, Alvin P., Huo, Yuanzi, Wang, Shiyong, Zhao, Peng, Liu, Qiao, Shi, Honghua, Han, Hongbin	16	28.1	0.063
	C3	Li, Dongxue, Gao, Zhiqiang, Wang, Yueqi, Tian, Xinpeng, Liu, Dongyan, Lin, Lei, Wang, Yueqi, Dong, Zhijun, Liu, Zhongyuan, Valiela, Ivan, Chen, Qiao, Keesing, John K., Xu, Fuxiang	13	22.8	0.077
	C4	Huang, Yuxiao, Guo, Xingwei, Cai, Laixing, Zhang, Xunhua, Pang, Yumao, Shi, Bingbing, Gao, Xiaohui, Liu, Jian, Zhang, Junqiang, Zhao, Weina, Xiao, Guolin, Zeng, Zhigang	12	21.1	0.091

Table 8. Results of co-author network centrality cluster analysis

No.	Author	D.C.	Author	D.C.	Author	D.C.	Author	D.C.
	1		2		3		4	
1	Beardsley, RC	0.2308	Zhang, J	0.1935	Yang, Gui-Peng	0.1905	Liu, Dongyan	0.1071
2	Jacobs, GA	0.1538	Shi, XF	0.1613	Liu, Dongyan	0.1429	Zhang, Xunhua	0.0893
3	Jung, KT	0.1538	Song, Weibo	0.1290	Sun, Song	0.0714	Qiu, Zhongfeng	0.0714
4	Pistek, P	0.0769	Huang, Jie	0.0645	Zhang, Jianheng	0.0476	Gao, Zhiqiang	0.0536
5	Chu, YS	0.0769	Lei, Yanli	0.0323	Zhang, Hong-Hai	0.0476	Chen, Ying	0.0536
6	Perkins, HT	0.0769	Kang, SJ	0.0323	Keesing, John K.	0.0476	Guo, Xingwei	0.0536
7	Yoon, SH	0.0769	Li, HY	0.0323	Wang, Yueqi	0.0476	Chen, Shuguo	0.0536
8			Oh, TK	0.0323	Zhang, Sheng-Hui	0.0238	Kim, Jang Kyun	0.0357
9			Lee, CH	0.0323	Han, Hongbin	0.0238	Zhang, Jianheng	0.0357
10			Kang, KH	0.0323	Liu, Lixue	0.0238	Huan, Yu	0.0357
11			Lee, JK	0.0323	Liu, Zhongyuan	0.0238	Zhang, Tinglu	0.0357
12			Kim, IG	0.0323	Li, Xinzheng	0.0238	Shi, Jinting	0.0357
13			Yeo, SH	0.0323	Li, Xin	0.0238	Huo, Yuanzi	0.0357
14			Ye, XW	0.0323	Wang, Xin	0.0238	Shi, Bingbing	0.0179
15			Choi, SH	0.0323	Yang, Bin	0.0238	Tian, Xinpeng	0.0179



Fig. 2. Results of co-author network centrality cluster analysis.

3기의 Component는 다른 시기에 비해 가장 많은 총 5개이며, Component 1의 Size는 9(Density : 0.111), Component 2의 Size는 9(0.111), Component 3의 Size는 9(0.111), Component 4의 Size는 8(0.125), Component 5의 Size는 8(0.125) 등이다. Component 1의 저자는 Yang, Bin, Yang, Gui-Peng, Zhao 등, Component 2의 저자는 Yang, Gui-Peng, Zhang, Sheng-Hui, Zhang 등, Component 3의 저자는 Liu, Dongyan, Liu, Lixue, Li 등, Component 4의 저자는 Shi, Yong-Qiang, Sun, Song, Huo 등 Component 5의 저자는 Dong, Zhijun, Liu, Zhongyuan, Liu, 등으로 분석되었다. 커뮤니티 응집성 분석결과 Fusion Level 8(Best Cut : 1.353344)에서 9개의 클러스터가 추출되었다. Cluster network 분석결과 연결중심성의 경우, Yang, Gui-Peng (0.1905), Liu, Dongyan(0.1429), Sun, Song(0.0714), Zhang, Jianheng(0.0476), Zhang, Hong-Hai(0.0476) 등으로 분석되었다.

4기에서는 Component수는 총 4개이며, Component 1의 Size는 16(0.071), Component 2의 Size는 16(0.063), Component 3의 Size는 13(0.077), Component 4의 Size는 12(0.091) 등이다. Component 1의 저자는 Sun, Deyong, Chen, Ying, Ma 등, Component 2의 저자는 Huo, Yuanzi, Kim, Jang Kyun, Zhang 등이다. Component 3의 저자는 Li, Dongxue, Gao, Zhiqiang, Wang, 등 4의 저자는 Huang, Yuxiao, Guo, Xingwei, Cai 등으로 분석되었다.

또한 커뮤니티 응집성 분석결과 Fusion Level 21(Best Cut : 3.778933)에서 11개의 클러스터가 추출되었다. Cluster network 분석결과, 연결중심성의 경우, Liu, Dongyan(0.1071), Zhang, Xunhua(0.0893), Qiu, Zhongfeng(0.0714), Gao, Zhiqiang(0.0536), Chen, Ying(0.0536) 등으로 분석되었다.

종합하면 1기에서 3개의 커뮤니티가 도출되었으며 군집을 구성하는 연구자가 상대적으로 적은 편이며, 3기는 5개, 4기에서 4개의 커뮤니티가 도출되었으며, 상대적으로 다수의 연구자로 응집성을 보여, 과거에 비해 최근에는 연구자 그룹이 형성되고 있으며, 이는 황해 관련 연구의 커뮤니티가 점차 확대되고 있음을 의미한다.

5. 결론

한국, 중국, 북한 사이 해역에 위치한 황해는 지정학적으로 매우 중요한 역할을 담당하고 있으며, 최근 해양공간 이용 확대에 의해 경제적 사회적 가치가 증대되고 있다.

또한 기후변화로 인한 해양환경 및 해양생태계 변화, 대기오염물질 생성 및 이동 등으로 황해 관련 학술적 연구가 양적으로 증가하고 있는 가운데, 한중 공동 대응 및 협력 필요성이 확대되고 있다.

본 연구에서는 황해를 키워드 연구논문을 대상으로 주요

Topic을 도출하고, 저자 네트워크를 탐색하여, 과거부터 현재까지 연구동향을 분석하였다. 연구방법으로 Web of Science DataBase의 황해 관련 연구논문을 추출하여, 키워드를 대상으로 토픽 모델링을 활용하여 핵심주제를 도출하였고, 저자 네트워크를 분석하여 주요 연구자를 파악하였다.

시기별 단어출현빈도의 경우 시기에 따라 상위 단어출현 빈도의 단어가 상이하였으며, 1기의 경우 양이온, 태풍 및 기후, 순환, 해류 등이 상위에 나타났으며, 2기의 경우 지질 시대, 하구, 가로림만, 진동 등이, 3기의 경우 지형, 방사성 탄소, 순환 등이, 4기의 경우 암초, 해안선, 바이오매스 등이 주요한 차이로 나타났다.

토픽 모델링 분석결과 1기의 주요 연구 주제는 퇴적물 구성, 해양생물 이동, 2기의 경우 해양오염, 대기오염 원인, 3기의 경우 수산양식, 대기-해양 상호작용, 4기의 경우 탄소 요인, 생태계 평가 등이 주요한 주제로 분석되어 시기에 따라 Topic이 변화하고 있음을 확인하였다.

단어 동시출현 네트워크 분석결과 공통적으로 퇴적물에 관한 키워드가 중심이 되고 있으며, 1기에서는 황해와 동중국해의 황화합물에 대한 연구 주제가 높은 중심성을 보였다. 2기에서는 퇴적물에 대한 연구와 생물 분류에 관한 연구가 중심성이 높았으며, 3기의 경우 해양생물 증식에 관한 연구, 퇴적물에 관한 연구, 4기의 경우 탄소 관련 연구, 조석 및 물질 거동에 관한 연구 등이 주요한 키워드로 분석되었다. 초기에는 공간적으로 황해와 동중국해의 황화합물 중심에서 이후 퇴적물과 생물 분류에 관한 연구, 다음 해양생물, 탄소 등 주요한 연구 키워드로 분석되었다.

저자 네트워크 분석결과 종합하면 1기에서는 Woods Hole Oceanographic Institution, Korea Institute of Ocean Science & Technology, United States Department of Defense, 2기에서는 Ocean University of China, State Oceanic Administration, First Institute of Oceanography 3기에서는 Ocean University of China, Chinese Academy of Sciences(CAS), First Institute of Oceanography 4기에서는 East China Normal University, Nanjing Center, Chinese Academy of Sciences 등이 주요한 연구기관으로 분석되었다. 황해 관련 연구는 초기에 미국과 한국의 연구기관이 주도하고 있으며, 이후 중국 중심의 대학과 연구기관 연구자의 영향력이 크다고 판단된다.

저자 중심 커뮤니티 분석결과 1기에서 3개의 커뮤니티에 그친 반면, 이후 3기는 5개의 커뮤니티, 4기에서 4개의 커뮤니티가 도출되어 최근의 연구자 그룹의 응집성과 규모가 확대되고 있는 추세이다.

결론적으로 연구결과 시기에 따라 핵심주제가 변화하고 있으며, 핵심 연구자 역시 시기에 따라 영향력(중심도)에서 차이가 존재한다. 연구결과를 토대로 그간의 황해 관련 연

구 트렌드와 주요 연구자 및 기관을 파악함으로써 향후 한 중 간의 연구협력에 기여하고자 한다.

연구의 한계로 Scopus, Google Scholar 등의 Database를 확대 한다면, 연구대상 논문이 추가될 가능성이 있으며, Keyword를 중심으로 한 분석으로 주제를 탐색하고, 특정단어와 연관성을 가정하여 추정하였다. 또한 네트워크 분석의 방법적 한계로 특정 연구자의 소속 변화 등은 본 논문에서 반영되지 못하였다. 향후에는 공동연구자의 네트워크 분석과 더불어 연구논문의 인용 네트워크 분석을 통해 연구 영향력을 평가하고자 한다.

Acknowledgement

이 연구는 2023년도 한국해양과학기술원 해양법·정책연구소에서 수행 중인 “해양법적 갈등현안 해결 및 해양경제영역 확장을 위한 국제 네트워크 인프라 구축 사업(PEA0043)”과 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구(20220407, 한-중해양과학공동연구센터)입니다.

References

- [1] Adam, S. M., S. H. M. Afandi, W. N. W. Mohamad, and S. Hassan(2022), Mapping Major Trends in Global Research In Marine And Coastal Tourism: A Bibliometric Analysis, *Journal of Sustainability Science and Management*, Vol. 17, No. 8, pp. 196-213.
- [2] Alexander, C. R., D. J. DeMaster, and C. A. Nittrouer(1991), Sediment accumulation in a modern epicontinental-shelf setting: the Yellow Sea, *Marine Geology*, Vol. 98, No. 1, pp. 51-72.
- [3] Alwan, H., A. Resen, A. Bashar, A. Abdulabbas, and M. Hassanshahian(2022), Biodegradation of Marine Pollutants by Microorganisms: A Bibliometric Analysis, *Research in Biotechnology and Environmental Science*, Vol. 1, No. 2, pp. 43-53.
- [4] Bancheva, A.(2019), A bibliometric analysis of global research on the arctic (with special interest in environmental issues), *Polar Science*, Vol. 21, pp. 233-237.
- [5] Blei, D. M., A. Y. Ng, and M. I. Jordan(2003), Latent dirichlet allocation, *Journal of machine Learning research*, Vol. 3 (Jan), pp. 993-1022.
- [6] Cao, Y., X. Wang, Z. Yang, J. Wang, H. Wang, and Z. Liu (2023), Research in marine accidents: A bibliometric analysis, systematic review and future directions, *Ocean Engineering*, Vol. 284, 115048.
- [7] Caparrós-Martínez, J. L., R. M. Martínez-Vázquez, and J. de Pablo Valenciano(2022), Analysis and global research trends on nautical tourism and green coastal infrastructures: The case of coral reefs and seagrass meadows, *Environmental Sciences Europe*, Vol. 34, No. 1, pp. 1-13.
- [8] Chalastani, V. L., V. K. Tsoukala, H. Coccoisis, and C. M. Duarte(2021), A bibliometric assessment of progress in marine spatial planning, *Marine Policy*, Vol. 127, 104329.
- [9] Chen, C. H. and N. J. Su(2022), Global Trends and Characteristics of Offshore Wind Farm Research over the Past Three Decades: A Bibliometric Analysis, *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol. 10, No. 10, 1339.
- [10] Chen, C. T. A.(2009), Chemical and physical fronts in the Bohai, Yellow and East China seas, *Journal of Marine Systems*, Vol. 78, No. 3, pp. 394-410.
- [11] Chen, L., W. Li, J. Li, Q. Fu, and T. Wang(2021), Evolution trend research of global ocean power generation based on a 45-year scientometric analysis, *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol. 9, No. 2, 218.
- [12] Duan, P., Y. Cao, Y. Wang, and P. Yin(2022), Bibliometric analysis of coastal and marine tourism research from 1990 to 2020, *Journal of Coastal Research*, Vol. 38, No. 1, pp. 229-240.
- [13] Eum, S., S. Lee, X. Meng, S. W. Cho, and C. 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*, 45(4), pp. 284-301.
- [14] Feldman, R. and J. Sanger(2007), *The text mining handbook: advanced approaches in analyzing unstructured data*, Cambridge university press.
- [15] Girvan, M. and M. E. Newman(2002), Community structure in social and biological networks, *Proceedings of the national academy of sciences*, Vol. 99, No. 12, pp. 7821-7826.
- [16] Heo, G.(2020), A Study on the Research Trends on the Marine Policy through Network Analysis in recent 11 years, *Journal of Fisheries And Marine Sciences Education*, Vol. 32, No. 2, pp. 594-606.
- [17] Hotel, Q. I. and P. R. Qingdao(2019), Implementing The Strategic Action Programme For The Yellow Sea Large Marine Ecosystem: Restoring Ecosystem Goods And Services And Consolidation of A Long-Term Regional Environmental Governance Framework (UNDP/GEF YSLME Phase II Project).

- [18] Hu, H., W. Xue, P. Jiang, and Y. Li(2022), Bibliometric analysis for ocean renewable energy: An comprehensive review for hotspots, frontiers, and emerging trends, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 167, 112739.
- [19] Hwang, K. W., A. R. Jang, and M. S. Lee(2021), A Study on the Trends in the Studies on Marine Spatial Planning: Focusing on Topic Modeling, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 27, No. 7, pp. 954-966.
- [20] Ichikawa, H. and R. C. Beardsley(2002), The current system in the Yellow and East China Seas, *Journal of Oceanography*, Vol. 58, pp. 77-92.
- [21] Ji, Q., X. Pang, and X. Zhao(2014), A bibliometric analysis of research on Antarctica during 1993-2012, *Scientometrics*, Vol. 101, pp. 1925-1939.
- [22] Kabil, M., S. Priatmoko, R. Magda, and L. D. Dávid(2021), Blue economy and coastal tourism: A comprehensive visualization bibliometric analysis, *Sustainability*, Vol. 13, No. 7, 3650.
- [23] Keesing, J. K., D. Liu, P. Fearn, and R. Garcia(2011), Inter-and intra-annual patterns of *Ulva prolifera* green tides in the Yellow Sea during 2007-2009, their origin and relationship to the expansion of coastal seaweed aquaculture in China, *Marine pollution bulletin*, Vol. 62, No. 6, pp. 1169-1182.
- [24] Kim, S. K. and T. H. Lee(2020), A Study on Text Mining Analysis of Presidential Maritime Concept in Korea, *Journal of Korea Port Economic Association*, Vol. 36, No. 3, pp. 39-53.
- [25] Kim, D. S. and K. Y. Kwahk(2013), Investigating the Global Financial Markets from a Social Network Analysis Perspective, *Journal of The Korean Operations Research and Management Science Society*, Vol. 38, No. 4, pp. 11-33.
- [26] Kim, H. K., K. S. Kwon, and D. H. Jang(2016a), Language Network Analysis of 'Marine Environment' in News Frame, *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 16, No. 5, pp. 385-398.
- [27] Kim, J., S. Lee, W. Shim, and J. Kang(2016b), A mapping of marine biodiversity research trends and collaboration in the east Asia region from 1996-2015, *Sustainability*, Vol. 8, No. 10, 1075.
- [28] Kim, S. and H. Cha(2021), A Exploratory Analysis on Knowledge Structure of Untact Research, *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, Vol. 7, No. 2, pp. 367-375.
- [29] Kim, Y. H.(2020), Understanding and Application of Social Network Analysis Techniques: Network Structure and Clustering and QAP, *KIPA(Korea Institute Of Public Administration)*, Vol. 34, pp. 58-68.
- [30] Lee, D. Y. and H. S. Yi(2021), Exploring methods for determining the appropriate number of topics in LDA: Focusing on perplexity and harmonic mean method, *Journal of Educational Evaluation*, Vol. 34, No. 1, pp. 1-30.
- [31] Lee, G. S., H. Y. Cho, and J. R. Han(2018), Text Mining Analysis on the Research Field of the Coastal and Ocean Engineering Based on the SCOPUS Bibliographic Information, *Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*, Vol. 30, No. 1, pp. 19-28.
- [32] Lee, H. J. and S. K. Chough(1989), Sediment distribution, dispersal and budget in the Yellow Sea, *Marine Geology*, Vol. 87, No. 2-4, pp. 195-205.
- [33] Liang, J., Z. Yin, J. Yang, Y. Li, M. Xu, J. Li, M. Yang, and L. Niu(2022), Bibliometrics and visualization analysis of research in the field of sustainable development of the blue economy (2006-2021), *Frontiers in Marine Science*, Vol. 9, 936612.
- [34] Liu, C., J. Li, W. Ma, X. Tang, X. Zhang, S. Wang, and D. Tang(2023), Progress of research on satellite remote sensing application in oceanography: A case study in China, *Regional Studies in Marine Science*, 103055.
- [35] Liu, D., J. K. Keesing, P. He, Z. Wang, Y. Shi, and Y. Wang (2013), The world's largest macroalgal bloom in the Yellow Sea, China: formation and implications. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 129, pp. 2-10.
- [36] Liu, J. P., J. D. Milliman, S. Gao, and P. Cheng(2004), Holocene development of the Yellow River's subaqueous delta, North Yellow Sea, *Marine geology*, Vol. 209, No. 1-4, pp. 45-67.
- [37] Martínez Vázquez, R. M., J. Milán García, and J. De Pablo Valenciano(2021), Analysis and trends of global research on nautical, maritime and marine tourism, *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol. 9, No. 1, p. 93.
- [38] Murray, N. J., R. S. Clemens, S. R. Phinn, H. P. Possingham, and R. A. Fuller(2014), Tracking the rapid loss of tidal wetlands in the Yellow Sea, *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 12, No. 5, pp. 267-272.
- [39] Padilla, J. E. and A. Hudson(2019), United Nations development programme (UNDP) perspectives on Asian Large Marine Ecosystems, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, Vol. 163, pp. 127-129.

- [40] Paranyushkin, D.(2011), Identifying the pathways for meaning circulation using text network analysis, *Nodus Labs*, Vol. 26, pp. 1-26.
- [41] Park, E. J., Y. J. Kim, and C. S. Park(2017), A Comparison of Hospice Care Research Topics between Korea and Other Countries Using Text Network Analysis, *Journal of Korean Academy of Nursing*, Vol. 47, No. 5, pp. 600-612.
- [42] Pathmanadakumar, V., S. N. Chenoli, and H. C. Goh(2021), Linkages between climate change and coastal tourism: A bibliometric analysis, *Sustainability*, Vol. 13, No. 19, 10830.
- [43] Qi, L., C. Hu, B. B. Barnes, B. E. Lapointe, Y. Chen, Y. Xie, and M. Wang(2022), Climate and anthropogenic controls of seaweed expansions in the East China Sea and Yellow Sea, *Geophysical Research Letters*, Vol. 49, No. 19, e2022GL098185.
- [44] Razmjooei, D., M. Alimohammadlou, H. A. Ranai Kordshouli, and K. Askarifar(2023), Industry 4.0 research in the maritime industry: a bibliometric analysis, *WMU Journal of Maritime Affairs*, pp. 1-32.
- [45] Ren, M. E. and Y. L. Shi(1986), Sediment discharge of the Yellow River (China) and its effect on the sedimentation of the Bohai and the Yellow Sea, *Continental Shelf Research*, Vol. 6, No. 6, pp. 785-810.
- [46] Rhomad, H., K. Khalil, and K. Elkalay(2023), Trends and hot spots of coastal science in Moroccan Atlantic coast: a bibliometric analysis, *Environment, Development and Sustainability*, pp. 1-24.
- [47] Rumin, J., E. Nicolau, R. Gonçalves de Oliveira Junior, C. Fuentes-Grünewald, K. J. Flynn, and L. Picot(2020), A bibliometric analysis of microalgae research in the world, Europe, and the European Atlantic area, *Marine drugs*, Vol. 18, No. 2, 79.
- [48] Salazar-Sepúlveda, G., A. Vega-Muñoz, N. Contreras-Barraza, D. Castillo, M. Torres-Alcayaga, and C. Comejo-Orellana (2023), Bibliometric Analysis on Ocean Literacy Studies for Marine Conservation, *Water*, Vol. 15, No. 11, 2095.
- [49] Sherman, K. and G. Hempel(2009), The UNEP Large Marine Ecosystems Report, UNEP Regional Seas Report and Studies, No. 182.
- [50] Studds, C. E., B. E. Kendall, N. J. Murray, H. B. Wilson, D. I. Rogers, R. S. Clemens, K. Gosbell, C. J. Hassell, R. Jessop, D. S. Melville, D. A. Milton, C. D. T. Minton, H. P. Possingham, A. C. Riegen, P. Straw, E. J. Woehler, and R. A. Fuller(2017), Rapid population decline in migratory shorebirds relying on Yellow Sea tidal mudflats as stopover sites, *Nature communications*, Vol. 8, No. 1, 14895.
- [51] Wang, L., W. Niu, L. Ding, and Z. Zhao(2023), A bibliometric review on marine economy: Current status, development and future directions, *Marine Policy*, Vol. 155, 105705.
- [52] Wang, Q., J. Wang, M. Xue, and X. Zhang(2022), Characteristics and Trends of Ocean Remote Sensing Research from 1990 to 2020: A Bibliometric Network Analysis and Its Implications, *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol. 10, No. 3, 373.
- [53] Wang, Z., J. Xiao, S. Fan, Y. Li, X. Liu, and D. Liu(2015), Who made the world's largest green tide in China? - an integrated study on the initiation and early development of the green tide in Yellow Sea, *Limnology and Oceanography*, Vol. 60, No. 4, pp. 1105-1117.
- [54] Xie, J., Z. Bian, Q. Wu, L. Tao, F. Wu, and T. Lin(2023), Global knowledge domain and prospects in tuna research: a bibliometric analysis, *Aquaculture and Fisheries*, Vol. 8, No. 2, pp. 202-210.
- [55] Ye, P., Y. Li, H. Zhang, and H. Shen(2020), Bibliometric analysis on the research of offshore wind power based on web of science, *Economic research-Ekonomiska istraživanja*, Vol. 33, No. 1, pp. 887-903.
- [56] Yu, B. J. and Y. H. Ha(2022), Analysis of Research Trends of Unmanned Marine Systems in Korea, the United States, Japan, and China using Topic Modeling, *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society (JKAIS)*, Vol. 23, No. 11, pp. 395-403.
- [57] Zhao, J., W. Ran, J. Teng, Y. Liu, H. Liu, X. Yin, R. Cao, and Q. Wang(2018), Microplastic pollution in sediments from the Bohai Sea and the Yellow Sea, China, *Science of the Total Environment*, Vol. 640, pp. 637-645.
- [58] Zhong, C., T. Li, R. Bi, E. Sanganyado, J. Huang, S. Jiang, Z. Zhang, and H. Du(2023), A systematic overview, trends and global perspectives on blue carbon: A bibliometric study (2003-2021), *Ecological Indicators*, Vol. 148, 110063.
- [59] Zhong, M., H. Wu, W. Mi, F. Li, C. Ji, R. Ebinghaus, J. Tang, and Z. Xie(2018), Occurrences and distribution characteristics of organophosphate ester flame retardants and plasticizers in the sediments of the Bohai and Yellow Seas, China, *Science of the Total Environment*, Vol. 615, pp. 1305-1311.
- [60] Zhou, C., R. Bi, C. Su, W. Liu, and T. Wang(2022), The emerging issue of microplastics in marine environment: A bibliometric analysis from 2004 to 2020, *Marine Pollution*

Bulletin, Vol. 179, 113712.

- [61] Zhou, Q., H. Zhang, C. Fu, Y. Zhou, Z. Dai, Y. Li, C. Tu, and Y. Luo(2018), The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea, *Geoderma*, Vol. 322, pp. 201-208.
- [62] Zhu, L., H. Bai, B. Chen, X. Sun, K. Qu, and B. Xia(2018), Microplastic pollution in North Yellow Sea, China: Observations on occurrence, distribution and identification, *Science of the Total Environment*, Vol. 636, pp. 20-29.

Received : 2023. 08. 25.

Revised : 2023. 10. 25.

Accepted : 2023. 12. 29.