

# 이 슈 리 포 트

-해양 환경변화 대응력 향상을 위한  
스마트 해양예측 기술-

(표지면지)



이슈리포트

---

# 해양 환경변화 대응력 향상을 위한 스마트 해양예측 기술

---

2020.12

한국해양과학기술원 권재일 책임연구원



# 1 | 서론

## 1.1. 바다를 아는 힘, 해양 관측과 해양 예측

- ▶ 해양학의 입문서(해양학, 이상룡 등 역저, 2017)의 첫 장에는 ‘우리 행성은 지구(地球)라기보다는 수구(水球, Oceanus)라고 불리는 것이 타당할 것이다’라고 하며, 해양과학 또는 해양학이란 바다와 바다를 둘러싼 육지 그리고 바다와 관련된 생물들로부터 얻은 자료 속에 있는 통일된 원리를 찾아가는 과정이라 함

  - 바다(Ocean)는 지구 표면에서 꺼진 곳에 가득 찬 잔물의 거대한 덩어리로 사실 대양(ocean)이나 무슨 해(sea) 등으로 구분 했지만 이는 편의상 부르는 것일 뿐 하나의 바다누리(world ocean)임
  - 지구 표면의 3억 6,100만 km<sup>2</sup>, 평균 깊이는 3,796m이며, 평균 수온은 3.9°C임
  - 행성 차원에서 본 바다는 지구 반경에 비하면 바다의 평균 깊이는 20cm 정도로 미비함
- ▶ 우리나라는 삼면이 바다로 둘러 싸여 있고, 관할해역(EEZ)의 면적은 약 43.8만 km<sup>2</sup>로서 육지 면적(약 10만 km<sup>2</sup>)의 약 4.4배에 이르며 오래 전부터 바다를 발전과 기회의 장으로 중요하게 인식해왔으며, 서해, 남해, 동해가 각각 고유한 특성을 보이고 있음

  - 서해안의 갯벌은 세계적으로 유명하며 조수간만의 차가 최고 10m에 이르는 조류가 매우 우세한 환경임. 남해안은 많은 섬과 복잡한 지형을 가지며 조류와 해류가 함께 바다의 흐름에 영향을 주고 있음. 동해는 조석은 매우 약하나 대양의 축소판이라 불릴 만큼 크고 작은 시·공간 규모의 다양한 해양현상이 관측되고 있음
- ▶ 우리에게 가장 쉽게 떠올리는 바다는 아마도 여름철 해수욕장이나 일상에 지친 이들에게 휴식과 힐링을 제공해주는 공간으로, 최근 한 TV프로그램이 가져온 바다낚시 열풍을 비롯해 서핑, 요트, 스쿠바다이빙 등의 해양레저와 다양한 해산물에 대한 관심도 지속적으로 커지고 있음

  - 실제로 바다는 국가 간 교역 즉, 해상무역을 책임지고 있음. 수산과 양식업으로 인류의 먹거리도 제공하는 막중한 역할도 하고 있으며 바다가 지구 전체의 기후를 조절하는 역할하고 있다고 반복적으로 듣고 있음
- ▶ 최근 우리가 접하는 기후변화와 해양재난·환경 변화에 대한 뉴스는 대부분 우려스러운 내용들로 구성됨

- 매년 가장 큰 위기에 직면해있고, 원래대로 회복하고 싶어도 돌아 올 수 없는 임계점을 계속 넘었다는 이야기들은 이제는 익숙해져 가고 있음<sup>1)</sup>
- 이를 해소하기 위해서는 기후조절자로서 바다를 보다 깊이 이해해야 하며, 이는 관측부터 시작하여 예측까지, 소중한 바다와 공존하는 방법을 배우고 익혀가야 할 것임

1) Lenton et al., Climate tipping points too risky to bet against, nature, 2019, 592-595

## 2

# 안전하고 편리한 해양활동을 위한 해양 관측과 해양 예측

### 2.1 배경

- ▶ 해양 관측은 해양 현상에 대한 과학적인 정보를 얻기 위해 센서 및 센서를 활용하기 위한 장비, 그리고 실험 등을 통해 측정하는 일련의 활동을 의미함
  - 해양 관측에는 선박을 이용한 관측부터 해양과학기지, 관측 부이, 뜰개, 조위관측소, 원격탐사 등 다양한 방법이 있음
  - 한 지점에서 해양의 특성을 관측하는 고정관측과 해수의 이동에 따라 같이 관측하는 방법으로 나눌 수도 있음
  - 무인자율관측과 인공위성을 이용한 전지구 스케일의 관측자료도 쉽게 이용이 가능함
- ▶ 해양 예측은 해양 관측자료와 해양 수치모델링을 통해 해양현상을 예측하는 것을 의미함
  - 해양 수치모델링이란 현재의 해양상태를 추정한 초기 분석장을 만들고 이를 통해 운동방정식, 열역학방정식, 연속방정식 등 많은 연립 미분방정식(역학과정)과 물리방정식(물리과정)의 해를 구하여 현재의 해양상태로부터 미래의 해양상태를 예측하는 소프트웨어의 집합체임
  - 해양 수치모델링은 해양순환, 파랑, 생지화학, 해양기상, 하천 등과 이들의 상호작용을 고려한 통합(결합) 예측시스템으로 발전하고 있음
  - 최근 빅데이터와 초고성능 컴퓨팅 기술의 발달로 인공지능을 이용한 해양예측도 시도되고 있음

### 2.2 해양재난 사고와 해양 환경 변화

- ▶ 「2020년 국가안전관리 집행계획」(해양수산부, 2019)에 따르면 5년 간('14~'18년) 해양재난재해 현황은 다음과 같음

- 태풍으로 인한 해양수산시설 피해액은 연평균 12,602백만 원으로 추산되며, 그 중 항만과 어항의 피해가 상대적으로 큼
- 여름철 해수욕장에서 이안류 발생에 따른 인명구조는 연평균 84명임
- 해양 오염사고 발생 현황은 연평균 258건이며 평균 유출량은 645kℓ임<sup>2)</sup>
- 고수온에 따른 어업 부문 재산 피해는 '18년 기준 604억 원에 이룸
- 적조현상은 90년대 중반 이후 주요 양식수산물 생산지역인 전남·경남도를 중심으로 매년 발생하여 양식 수산물 피해 발생하는데 이로 인한 피해액은 연평균 약 35억 원이며, 특히 '95년 764억 원과 '13년 247억 원의 피해가 대표적임

▶ 해양사고는 지난 5년간('15~'19년) 총 12,632건 발생하였음(연평균 9.1% 증가)<sup>3)</sup>

- 사고발생 건수는 '14년(1,330척) 이후 '15년부터 연간 2,000척 이상의 해양사고 발생하는 등 '14년 이후 해양사고발생 건수가 큰 폭으로 증가하였고, 전체 해양사고(14,035척) 중 어선이 67.7%(9,501척) 차지함
- 지난 5년('15~'19년)간 524명의 사망·실종자가 발생하였고(연평균 105명), 어선의 인명피해가 전체의 70.9%를 차지함
- '11~'15년 해양사고 인한 총 피해비용은 약 2조 4,300억 원으로 연간 평균 약 4,860억 원(세월호 미반영)에 이룸

▶ 「2020년 국가안전관리 집행계획」은 해양재난재해 피해 추정액을 (표 1) 자연재해와 어업재난재해로 구분하였으며, 연평균 총 2,555억 원 정도임

〈표 1〉 해양재난재해 피해액 추정

구분		연평균 피해금액 (백만 원)
자연재난재해	태풍	12,602
	유류오염	34,497
	고수온	17,293
	적조	35
	소계	64,427
어업재난재해	어선(어선원)	141,884
	양식어업	48,281
	어업인안전	949
	소계	191,114
합계		255,541

2) 해양경찰청, 해양오염사고 통계 분석

3) 해양수산부, 해양사고통계연보, 2020



### 3

## 해양 관측과 해양 예측 기술개발 국내외 동향 및 과제

### 3.1

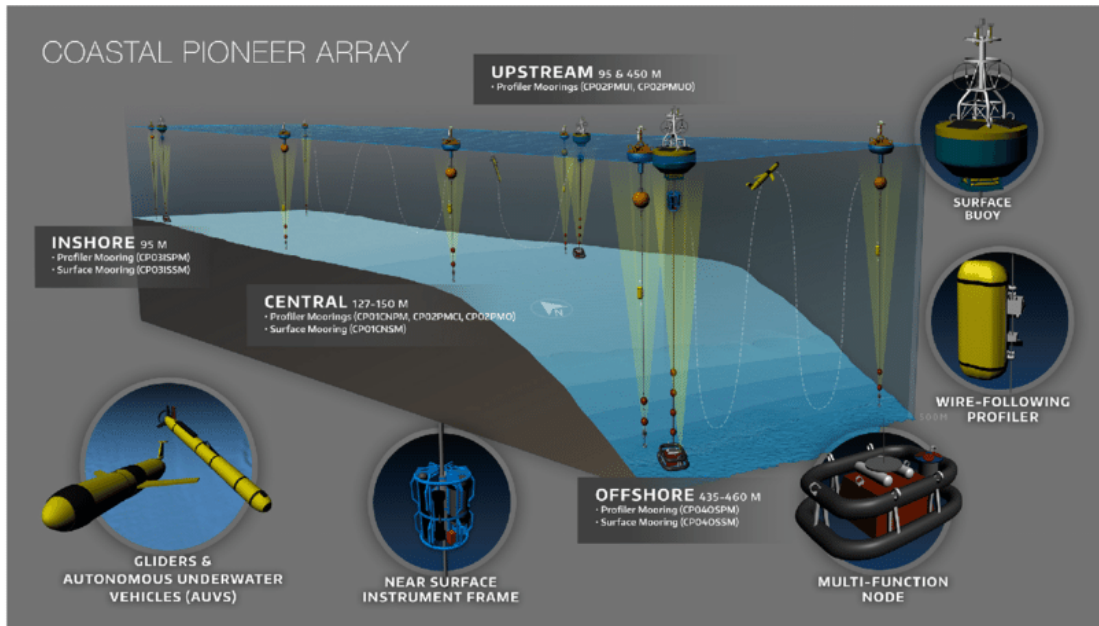
#### 해양관측

##### ▶ 국외 동향

- 선박(연구선 등) 해양관측은 지난 수세기 전부터 현재까지 수행되어 온 대표적인 해양관측방법으로 1960년대 중반에는 선박을 활용한 Expendable Bathy Thermograph(XBT)가 개발되어 대양 규모의 수온 관측이 수행됨. 2007년부터는 GO-SHIP(Global Ocean Ship-based Hydrographic Investigations Program)이 구성되어 연구선 기반 전 지구 관측을 조율하고 있음
- TOGA/TAO : 연속적인 대양관측이 본격적으로 제안되고 시작된 것은 1982/1983년에 발생한 극심한 엘니뇨를 겪으면서부터임. 1980년대 중반, 태평양에 TAO(Tropical Atmosphere Ocean) 어레이가 가장 먼저 실행되었고, 대서양에서는 PIRATA(Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic)가 1990년대 중반에 계류됨. 인도양에는 RAMA(Research Moored Array for African-Asian-Australian Monsoon Analysis and Prediction) 어레이가 구축되었음<sup>4)</sup>
- OOI(Ocean Observatories Initiatives) 프로그램은 미국국립과학재단(NSF: National Science Foundation)의 지원으로 약 4,500억 원을 투자하여 기상에서부터 해양, 그리고 해저면에 이르는 물리, 화학, 지질 및 생물학적 변수를 관측하기 위한 다양한 해양관측 플랫폼(연구선, 부이, 수중 글라이더, 해저케이블 등)이 연계된 네트워크화된 인프라(그림 1)로서 연안, 지역해, 전지구 규모의 관측에 이르는 집중적인 관측정보를 실시간으로 제공하고 있음<sup>5)</sup>

4) <https://www.pmel.noaa.gov/gtmba/>, 2020년12월30일 접속

5) <https://oceanobservatories.org/observatories/>, 2020년12월30일 접속



〈그림 1〉 다양한 해양관측플랫폼들이 연계된 OOI의 Coastal Pioneer Array 개념도

(<https://ooinet.oceanobservatories.org/> 2020년 12월 30일 접속)

- 무인관측 : 10여 년 전부터 광학, 소재, 통신, 센서 분야의 빠른 기술적 진보에 힘입어 해양관측도 첨단화되고 있으며, 그 중에서도 무인자율 해양관측 활용이 본격화되고 있음. 이들 무인자율 해양로봇 장비들은 실시간으로 고해상도의 공간 정보를 제공하고 있음. 무인자율 해양관측은 더 혹독하고 험한 해양환경에서도 사람의 안전을 걱정하지 않고 관측을 수행할 수 있으며, 인공지능 기술의 발전과 함께 스스로 목적지향적인 관측 능력을 갖출 것으로 기대되어 향후 더욱 빠른 속도로 기존의 유인 관측체계를 대체하고 할 것임

※ Argo<sup>6)</sup>는 전지구적 규모의 해양관측 프로그램 중 가장 성공적인 것으로 평가받고 있음. 1999년에 첫 번째 투하된 이후 2007년에 이르러 전 지구적인 무인 해양관측프로그램으로 확대됨. 현재는 연간 10만 회 정도의 해양 프로파일을 제공하고 있음

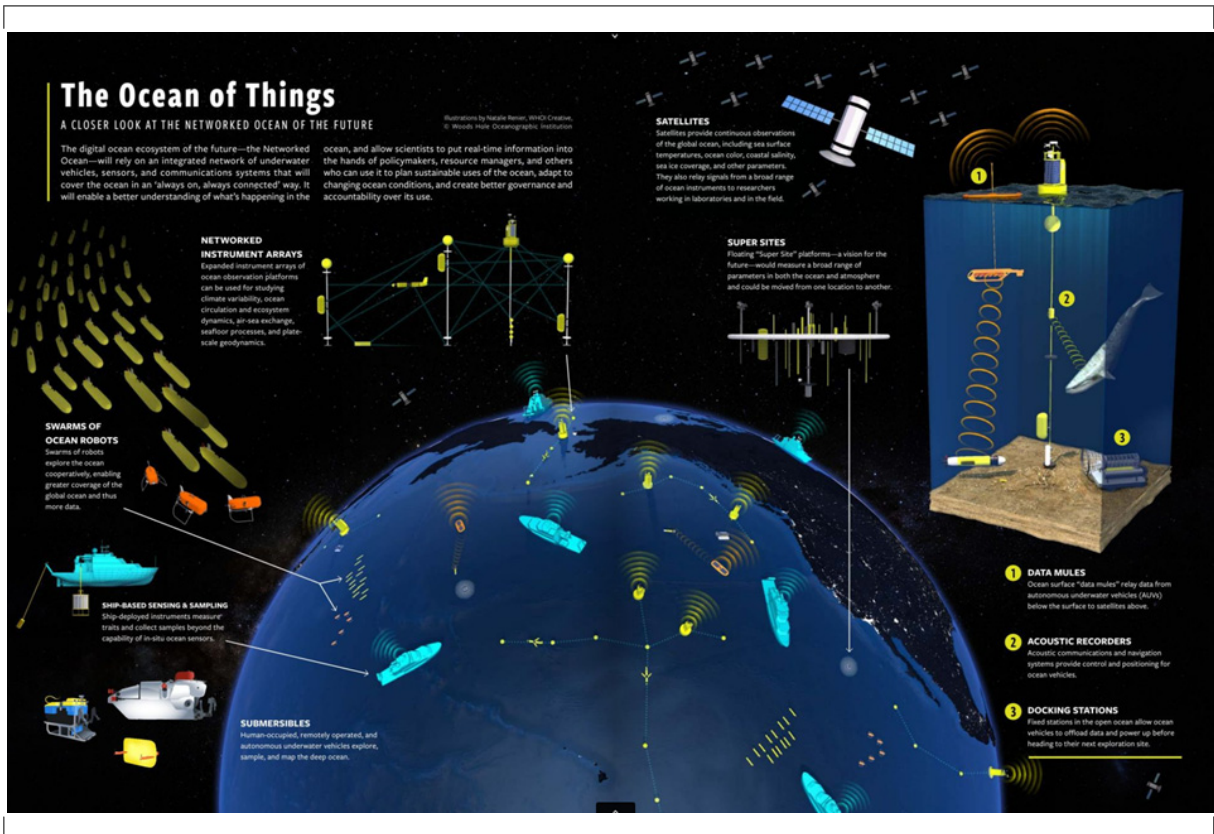
※ Saildrone<sup>7)</sup>은 최근 들어 가장 주목 받고 있는 무인 해양관측장비로서 풍력으로 이동함. COVID-19 상황으로 인해 연구선 현장 관측이 제한 받는 상황에서 유인 연구선을 성공적으로 대체하여 해양정보를 획득하고 있음

※ 최근 미국 우즈홀해양연구소는 미래 해양관측에서 무인자율 로봇관측이 담당할 모습<sup>8)</sup>을 제시하였는데, 이들은 실시간으로 언제나 연결되어 자료를 제공하며(그림 2) 머신러닝과 같은 새로운 예측기술의 발전이 바다에 대한 이해와 활용을 우리에게 가져 올 것으로 전망하고 있음

6) <https://argo.ucsd.edu/>, 2020년12월30일 접속

7) <https://www.saildrone.com/>, 2020년12월30일 접속

8) <https://www.whoi.edu/oceanus/feature/sea-ahead/>, 2020년12월30일 접속



〈그림 2〉 미래 무인자율 해양관측의 모습, The Ocean of Things

(출처: 미국 우즈홀연구소 Oceanus, Spring 2020)

- GOOS(Global Ocean Observing System)<sup>9),10)</sup> : 지구환경변화는 해양 및 기상 시스템의 변화에 의한 것으로 개별 해양관측시스템을 활용하는 수준에서 벗어나 국가 차원에서 해양관측을 통합 관리하며, 이들을 연계하여 전 지구적 규모의 해양관측네트워크를 구성하기 위해 GOOS가 설립됨. 지역별 네트워크를 포함하며 우리나라는 NEAR-GOOS(North-Eastern Asian Region)에 참여하고 있음

➤ 국내 동향

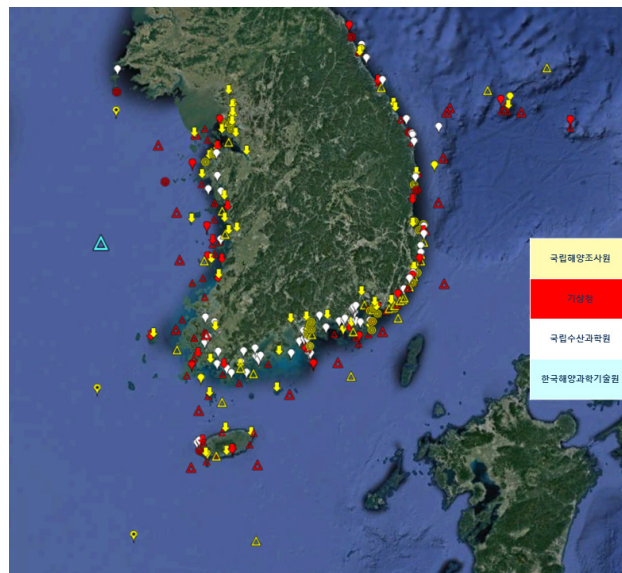
- 국립해양조사원은 해양과학기지, 해양관측부이, 해양관측소, 조위관측소, 그리고 해수유동관측소 등으로 구성된 국가해양관측망을 운영하면서 많은 양의 실시간 해양관측자료를 실시간으로 서비스하고 있음. ‘바다누리 해양정보서비스’ 등을 통해 정보 제공
- 국립수산과학원은 매년 짝수달에 우리 해양 전역을 대상으로 시행하는 정선해양관측을 1960년대 부터 수행하여 왔음. ‘실시간 연안 어장관측’에서는 양식장 해역의 표층수온을 정기적으로 관측하고

9) <https://www.goosocean.org/>, 2020년12월30일 접속

10) Legler et al., The current status of the real-time in situ Global Ocean Observing System for operational oceanography, Journal of Operational Oceanography, 2015, 189-200

있으며, ‘연안정지관측소’에서는 매일 1회 수온, 기온, 운량을 관측 중임. 적조 발생 감시와 적조 현황 파악을 위한 비정기적인 정점 관측도 수행 중. 관측자료 및 원격탐사자료 등을 ‘한국해양 자료센터’를 통해 서비스 중임

- 기상청은 해양기상부이, 파고부이, 등표기상관측장비, 레이다식파랑계, 수위계를 활용하여 파랑 및 수온, 해상풍 등 주로 해양기상과 직접적으로 관련된 관측을 주로 수행 중임. 기상청 홈페이지를 통해 관측정보를 서비스하고 있음
- 해양환경관리공단은 해양수질자동측정망, 해양환경측정망을 운영하여 연안 및 항만, 하구역에서 다양한 종류의 생화학 요소들을 중심으로 관측 수행 중임. ‘국가해양환경정보통합시스템(MEIS)’를 통해 정보를 제공하고 있음
- 한국해양과학기술원은 연구과제를 기반으로 한 대양관측 및 연구 비중이 타기관에 비해 높으며 국내 연안 관측 및 연구도 연구과제를 통해 수행 중임. 장기적인 시계열 해양관측을 위해 황해 및 동해에 해양관측부이를 운영 중임
- 우리나라의 해양관측은 정점관측, 특히 연안역에서 표층관측(그림 3)에 대한 비중이 높은 반면 외해역(관할해역 최외곽 등)에서 관측은 연구선에 의한 정선관측과 위성관측에 의존하고 있음. 즉, 실시간으로 해양기상부터 전 수심(수층)에 대한 연속 관측 자료는 거의 없음. 무인자율 해양로봇 관측은 Wave glider, Underwater glider 등을 이용하여 특정 해양현상(저염수, 냉수대 등)을 위한 관측이 지속적으로 시도되고 있으나, 현업에서 상시 운영되는 것은 없음



〈그림 3〉 국내 주요 기관별 정점 해양관측 현황

## 3.2 해양예측

### ▶ 국외 동향

- 전지구 해양순환예측시스템은 미국과 유럽 그리고 일본을 중심으로 연구개발이 수행되고 있으며 (미국 HYCOM, 영국 NEMO, 프랑스 MERCATOR 등), 대표적으로 HYCOM과 MERCATOR가 1/12° 예측자료를 생산하고 배포하고 있음
  - NOAA에서는 FV3(Finite-Volume Cubed-Sphere Dynamical Core)기반의 UFS(Unified Forecast System)로 실시간 예측시스템을 신규 구축개발 중임
  - 전지구 해양순환예측시스템을 위한 해양자료동화는 대체로 Optimal Interpolation과 3차원 변분동화기법(3D-Var)를 기반으로 개발되고 있음. 상대적으로 전산자원을 많이 요구하는 4차원 변분동화기법(4D-Var)나 앙상블 칼만필터의 경우는 대체로 지역해 규모의 모델에 많이 적용되고 있음
  - 최근 막대한 컴퓨팅 자원이 소모되는 수치모델링의 자료동화 기능을 딥러닝과 머신러닝 기반의 알고리즘으로 대체하는 연구가 진행되고 있는데, 그 결과 수치모델링 자료동화와 비슷한 성능을 보이면서 메모리와 연산시간은 약 61% 감소하는 결과도 제시된 바 있음
- WCOFS(West Coast Operational Forecast System)<sup>11)</sup>는 지역해양 모델링 시스템 ROMS (Regional Ocean Modeling System)를 기반으로 캘리포니아에서 워싱턴까지 서해안 전체를 포함하는데, 4DVAR 자료동화 기법을 이용하여 인공위성 SST, High-Frequency Radar 표층 해류, 해수면 높이 자료를 동화하고 있으며 72시간 예측을 수행하고 있음
  - 2018-2019년 EuroGOOS 회원 및 관련 지역 운용 해양 시스템 네트워크 관련 설문 조사에 의하면 유럽의 연안모델 중 23%만이 자료동화를 실시하고 있고, 주로 생지화학 시스템에 적용되고 있음<sup>12)</sup>. 자료동화가 미진한 이유는 기관 간 자료의 통합이 원활히 이루어지지 않기 때문이며, 이를 극복하기 위해 EuroGOOS의 CWG(<http://eurogoos.eu/coastal-wg/>)는 해안 관측, 위성 데이터, 해양 예측 및 분석에서 다양한 제품 및 서비스에 이르기까지 전체 해안 운용 해양 시스템을 분석, 조사하고 통합하고 있음
  - 최근 EuroGOOS의 유럽 지역해 예측시스템, ROOS(Regional Operational Oceanography Systems) 조사에 따르면 비정형 예측시스템은 연안역의 고해상도 예측을 위해 SHYFEM (Shallow water HYdrodynamic Finite Element Model), SCHISM(Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model), FVCOM(Finite Volume Community Ocean Model) 등의 모델이 적용되고 있음

11) [https://tidesandcurrents.noaa.gov/ofs/dev/wcofs/wcofs\\_info.html/](https://tidesandcurrents.noaa.gov/ofs/dev/wcofs/wcofs_info.html/), 2020년12월30일 접속

12) Capet et al., Operational Modeling Capacity in European Seas-An EuroGOOS Perspective and Recommendations for Improvement, *Frontiers in Marine Science*, 2020, 1-19

- COAWST(Coupled Ocean-Atmosphere-Wave-Sediment Transport) 모델에서 확장된 CSOMIO(Ocean-Microbial Interactions of Ocean) 모델 개발을 통해 해양 유체, 오일 운송, 분산 및 풍화(Oil-mineral Aggregation)형성, 응집 및 침전 등의 현상을 재현하고자 하는 연구가 있음
  - 접합모델 분야에서는 지표-에어로졸-해빙 등의 모델을 추가적으로 접합하는 추세이며, NCEP에서는 대기-해양-지표-에어로졸-해빙-파랑이 fully coupled된 모델로부터 앙상블 일기예보를 세계최초로 서비스할 예정
- NOAA에서는 조직임무 수행에 AI의 전반적인 활용을 위해서 NOAA AI Strategy를 새우고 NOAA Center for AI(가칭)를 준비하고 있음. 위성 관측 자료의 오차 및 결측 보정에도 Deep Neural Network기반의 U-NET을 GOES-17, CRTM 위성의 이미지 보정 알고리즘에 적용하고 있으며, 다중모델 앙상블에도 NN(Neural Network)를 적용하고 있음
  - 라그랑지안 입자 추적 실험에서 Maxey-Riley 모델과 RNN을 이용해서 표류부이의 이동경로를 학습시켜 위성기반 지형류와 재분석장 기반 바람장으로 모의하기 어려운 submesoscale의 흐름의 구현을 시도함
- NOAA의 NOS(National Ocean Service)에서는 대표적인 연안/해양기상 정보시스템인 nowCOAST<sup>13)</sup>를 운영 중이며, 해양관측정보와 수치예보모델로부터 생산되는 기온, 풍향/풍속, 유의 파고 등의 격자화된 예측정보를 Map viewer를 통해 사용자가 선택하여 볼 수 있게 구성됨

#### ▶ 국내 동향

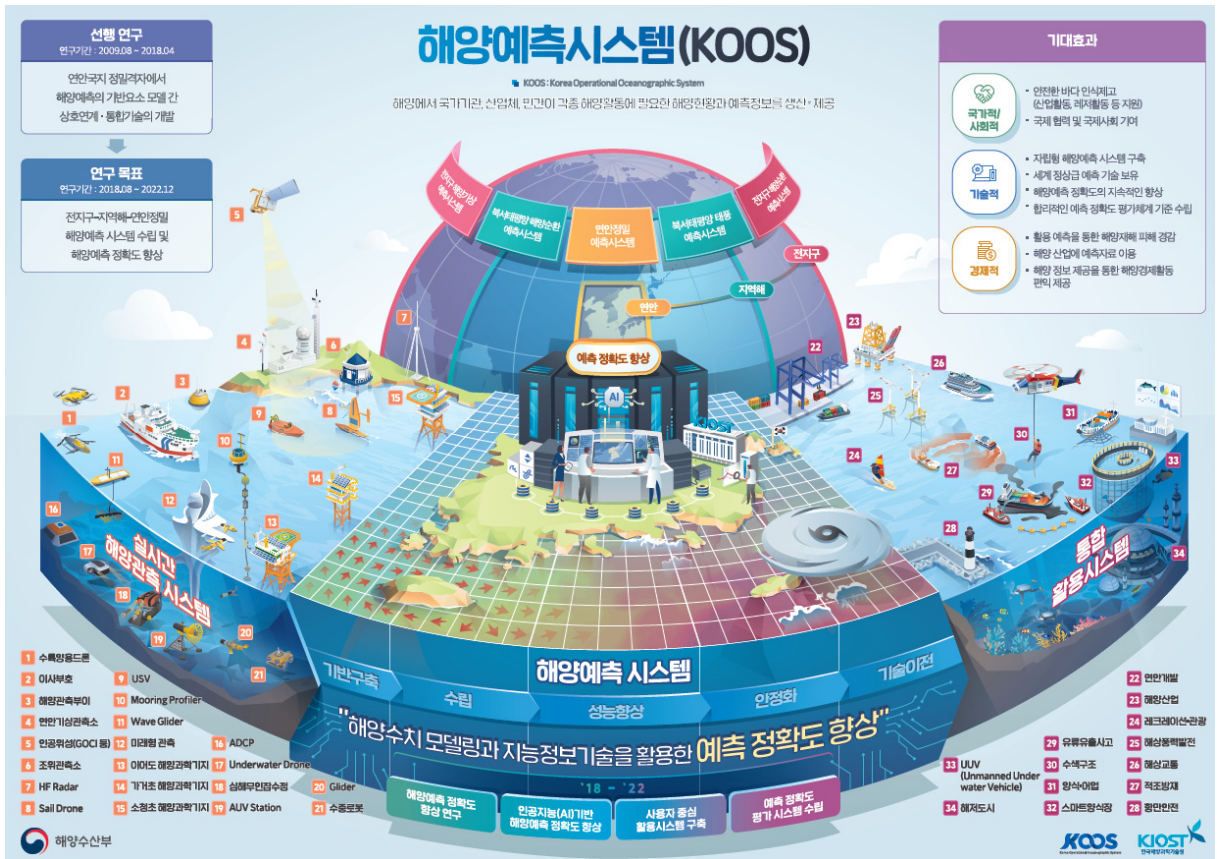
- 한국해양과학기술원의 운용해양예보시스템<sup>14)</sup>(KOOS, Korea Operational Oceanographic System)은 우리나라 주변해역의 자료정보수집시스템, 해양기상 및 해양순환 예보시스템, GIS기반 정보전달시스템 및 활용예측시스템(수색구조 지원, 유류 이동확산 예측, 적조 등)을 아우르는 체계적인 해양예보시스템을 구축하였음. 현재 진행 중인 3단계 KOOS 연구과제(2018년 8월 ~ 2022년 12월)에서는 각 예측시스템의 정확도 향상 및 연구 성과의 실용화를 목표로 수행하고 있음(그림 4). 전 지구에서부터 연안역까지 예측이 가능하고, 대기-해양-파랑 결합예측시스템과 인공지능을 이용한 예측기술의 현업화 연구를 추진하고 있음. 정점관측자료와 해양현상에 대한 평가시스템을 구축하여 예측시스템의 평가와 개선 그리고 실용성의 확보에 노력 중
- 국립해양조사원에서는 1개의 광역모델과 2개의 근해모델, 5개의 연안모델, 9개의 항계모델을 자체적으로 구축하였고, 한국해양과학기술원으로부터 기술이전 받은 WRF-DA, Coastal KOOS (MOHID)와 함께 현업 운영 중임. 2021년에는 KOOS OPEM 기술이전을 통한 광역 예측 확대와

13) <https://nowcoast.noaa.gov/>, 2020년12월30일 접속

14) 해양수산부 연구과제(2009년 9월 ~2018년 4월)로 대표적인 6개 예측항목(해수면, 유속, 수온, 염분, 파고, 해상풍) 외 다양한 해양요소들을 1일 2회, 72시간 예측

대기-해양-파랑 접합모델의 구축 및 시범 운영을 계획하고 있음

- 국립해양조사원의 인공지능 해무예측은 2016년 Deep Neural Network(심층신경망)을 이용한 해무판별을 시초로 시작되었으며, 현재 7개소에 대한 DNN 기반의 해무발생예측 서비스 및 2개소에 대한 머신러닝(Random Forest) 기반의 해무소산예측(1시간) 서비스를 운영 중임
- 국내에서 전지구 해양순환예측시스템은 기상청에서 영국기상청으로부터 도입한 계절예측시스템(Glosea5)가 있음
  - 기상청에서는 대기-해양 결합 예측모델을 통하여 한반도 해양위험기상(태풍, 해무, 해일 등) 예측 모의성능을 향상시키고자 각 대기,해양모델에 대한 자료동화를 적용하였고, 인공지능과 통계기반기법을 활용하여 파랑모델의 정확도 향상을 위한 모수화식을 개선
  - 기상청에서는 기상예보관의 의사결정 지원을 위한 인공지능기술에 관한 연구를 비롯하여 인공지능 기반의 한반도 특화 강수물리과정에 관한 연구, 기상 빅데이터 분석 및 처리에 관한 연구를 진행하고 있음
- 국립기상과학원에서 3차원변분동화기법을 적용하여 전지구 해양순환예측시스템에 적용한 예가 있으며, 한국해양과학기술원에서는 지구시스템 모델에 앙상블 최적내삽법을 적용하여 전지구 기후재분석 자료를 생산한 예가 있음
- 국립수산과학원에서는 여름철 동해안에서 주로 발생하는 연안 냉수대에 의한 수산 피해를 줄이기 위해 표층수온 관측 및 동해 연안 냉수대 예측 시스템을 운영하고 있으며, 남해안에서 주로 발생하고 있는 적조에 대한 예찰과 함께 적조 이동확산 예측시스템을 현업 운용 중임



〈그림 4〉 해양예측시스템(KOOS)의 3단계 연구개발 인포그래픽



## 4 | 시사점

- ▶ 해양을 이해하는 것은 관측으로부터 출발하며, 관측을 통해 현상이 이해되어야 비로소 예측이 가능함. 해양에서도 빅데이터가 확보되면 인공지능이 우리가 원하는 해양현상을 정밀하게 예측 해내는 시점이 앞당겨 질 것임

  - 하지만, 육상과 달리 해양에서의 관측자료 획득은 여전히 어려우며 장기 해양 관측자료의 확보는 여전히 부족하여 국가 간 공동협력이 지속적으로 강조되고 있음
  - 우리나라도 그 동안 축적된 기술력과 신기술의 개발을 통해 표층과 연안 중심의 고정관측에서 외해역으로 확장된 실시간 3차원 전 수층 관측을 점진적으로 시도하고 있음
- ▶ 해양과학기지와 해양 유관기관들의 관측 부이 등과 연계될 실시간 3차원 전 수층 관측시스템의 그 중심에는 무인자율 관측시스템이 자리 할 것임

  - 우리나라 해양영토 외곽에서 이들 무인자율 관측시스템은 해양환경 변화를 입체적으로 모니터링 하고, 인공지능 기법을 적용하여 이상현상을 즉시 탐지하고 이후 능동 추적 관측을 실시함과 동시에 해양예측시스템과 연계되어 이들 이상현상의 시·공간적 변동과 그에 따른 영향을 지속적으로 예측하여 의사결정자를 비롯한 사용자그룹에게 적시에 정보를 제공하게 될 것임
  - 최근 다종의 위성자료와 AIS정보, Radar, 밤 동안의 조명 등을 종합해 북한 수역에서 이뤄지는 검은 선단의 광범위한 불법 조업 실태를 조명한 연구가 있음<sup>15),16)</sup>
- ▶ 해양예측시스템은 초고성능 컴퓨팅 자원을 기반으로 전통적인 수치모델링과 AI 기반 예측기술이 서로 경쟁하고 상호보완 함으로써 더욱 정확한 해양정보를 제공할 것으로 기대되고 있으며, 대기-해양-육역-해빙-생지화학이 모두 고려되는 통합예측시스템의 형태로 발전되어 초단기 예측부터 기후변화의 예측까지 다양한 활용이 가능할 것임
- ▶ 해양 관측과 해양 예측 정보는 철저하게 사용자 중심으로 원활하게 제공되어야 함. 해양환경의 특수성을 극복한 막힘없는 해양정보의 생산과 제공은 해양신산업(뉴그린에너지, 자율운항선박, 스마트 양식, 스마트 항만 등)을 견인하고, 새로운 가치를 생성하게 될 것임

15) <https://theconversation.com/chinese-fishing-boats-took-half-a-billion-dollars-of-illegal-squid-from-north-korea-scientists-used-satellites-to-catch-them-out-142642>, 2020년12월30일 접속

16) Park et al., Illuminating dark fishing fleets in North Korea. Science Advances, 2020

- 해양수산부는 2020년 3/4분기 예비타당성사업(스마트 해양예측 기술개발, Smart Ocean Grid)을 추진하여 해양 재난·환경 변화에 대한 보다 능동 대응력을 강화하고, 해양산업의 새로운 도약을 위한 ‘즉, 미래를 선도할 수 있는’ 고품질 해양정보의 생산과 제공으로 안전하고 편리한 우리 해양영토를 만들기를 준비하고 있음(그림 5)
- 스마트 해양예측 기술개발사업은 초고성능 컴퓨터와 첨단 ICT 기술, 인공지능과 무인 자율 시스템을 기반으로 능동지능형 해양과학기술을 개발하는 것으로 궁극적으로는 바다와 인간을 지속적으로 상호 연결하는 해양영토 디지털 트윈을 구현하는 것임
- 추진전략은 차세대 통합해양예측시스템 구축 및 운영기술 확보, 실시간 무인자동화 관측기술 확보, 해양정보 신산업 기반구축이며, 8년간 약 1,700억 원의 연구비로 구성



〈그림 5〉 스마트 해양예측기술 개발의 구축 방향

(출처: 해양수산부 스마트 해양예측 기술개발 예비타당성 설명회 자료)

## 참고문헌

- [1] 해양학(Oceanography An Invitation to Marine Science), 이상룡 등 역서, 2013
- [2] Lenton et al., Climate tipping points too risky to bet against, nature, 2019
- [3] 해양경찰청, 해양오염사고 통계 분석
- [4] 해양수산부, 해양사고통계연보, 2020
- [5] <https://www.pmel.noaa.gov/gtmba/>, 2020년12월30일 접속
- [6] <https://oceanobservatories.org/observatories/>, 2020년12월30일 접속
- [7] <https://argo.ucsd.edu/>, 2020년12월30일 접속
- [8] <https://www.saildrone.com/>, 2020년12월30일 접속
- [9] <https://www.goosoocean.org/>, 2020년12월30일 접속
- [10] Legler et al., The current status of the real-time in situ Global Ocean Observing System for operational oceanography, Journal of Operational Oceanography, 2015
- [11] [https://tidesandcurrents.noaa.gov/ofc/dev/wcofs/wcofs\\_info.html/](https://tidesandcurrents.noaa.gov/ofc/dev/wcofs/wcofs_info.html/), 2020년12월30일 접속
- [12] Capet et al., Operational Modeling Capacity in European Seas—An EuroGOOS Perspective and Recommendations for Improvement, Frontiers in Marine Science, 2020
- [13] <https://nowcoast.noaa.gov/>, 2020년12월30일 접속
- [14] <https://theconversation.com/chinese-fishing-boats-took-half-a-billion-dollars-of-illegal-squid-from-north-korea-scientists-used-satellites-to-catch-them-out-142642>, 2020년12월30일 접속
- [15] Park et al., Illuminating dark fishing fleets in North Korea. Science Advances, 2020
- [16] Lubofsky E., Sea Ahead. Oceanus, Spring 2020. Vol. 55, No. 1 <https://www.whoi.edu/oceanus/feature/sea-ahead/> 2020년 12월 20일 접속

본 이슈리포트는 해양수산 관련 이슈의 기술 동향에 대하여 전문가가 작성한 보고서이며,  
해양수산과학기술진흥원의 공식견해가 아님을 알려드립니다.

## 해양 환경변화 대응력 향상을 위한 스마트 해양예측 기술

발 간 일 2020년 12월 31일

발 간 처 해양수산과학기술진흥원

주 소 (06775) 서울특별시 서초구 마방로 60 8, 9, 10층(양재동, 동원에프앤비빌딩)

전 화 02-3460-4000

홈페이지 [www.kimst.re.kr](http://www.kimst.re.kr)