

# 해무 탐지 및 예측 기술의 현황 및 미래상

송현호\* · † 이주영 · 김영택\*\*

\*한국과학기술정책플랫폼융합동조합 전임연구원, † 한국과학기술정책플랫폼융합동조합 수석연구원, \*\*국립해양조사원 연구관

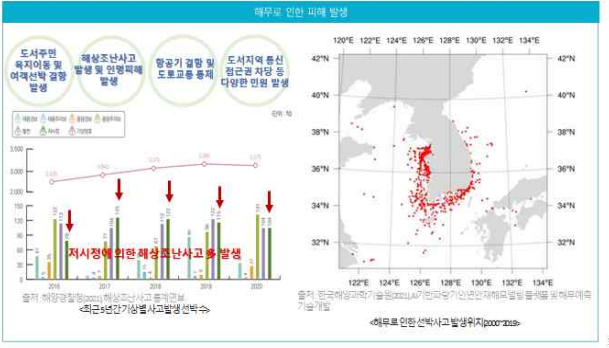
**요약** : 해무는 해면에 인접한 층에서 수증기가 응결하여 대기 중에 부유하는 현상으로 기상학적으로 수평 가지거리가 1km이하 일때로 정의되며 해무로 인해 항공기 이착륙 지연, 교통사고, 운항 통제, 인명 피해 등 사회적, 경제적 피해를 유발하고 있다. 본 연구에서는 기존의 해무 발생, 탐지, 예측과 관련한 연구를 비교 분석하여 향후 연구개발의 방향을 제시하고자 한다. 해무 발생, 예측과 관련하여 연구개발이 진행되어 왔으나 해무의 특성상 규칙성이 약하고 고정적인 측정법이나 이를 다루기 위한 네트워크가 부족하여 예측하기가 어렵다. 특히, 국내에서는 국립해양조사원과 기상청에서 해무 탐지 및 예측에 관한 연구개발 및 서비스가 진행되고 있으나 현업화가 이루어지지 않거나 특정 지점에 대한 정보만 제공되고 있는 한계가 있다. 따라서, CCTV영상, 인공위성 영상, 시정계, 기상자료, 수치모형을 통해 수집된 정보를 통합하여 예측할 수 있는 인공지능기반의 해무 탐지 및 예측 기술개발이 진행되어야 할 것이다.

**핵심용어** : 해양공간, 해무, 해무 탐지, 해무 예측, 인공지능, 해사안전

## I. 연구 개요 (\*)퍼블릭데이터

### 1. 배경 및 필요성

해무로 인한 악시정은 선박사고 등을 유발하여 경제적인 손해 및 인명 손실까지 초래



## 참고, 해무로 인한 피해 사례 (\*)퍼블릭데이터

### 해무로 인한 선박사고, 교통사고, 항공기 지연 및 결항 피해 발생

해무로 인한 피해 발생

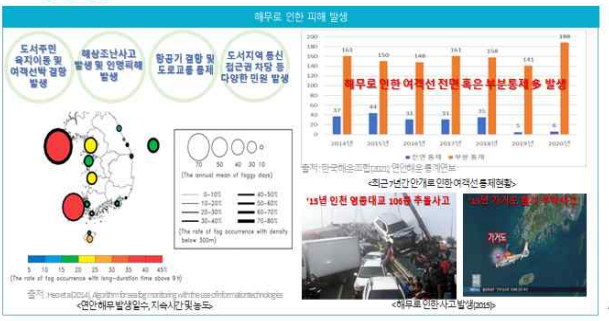
- 2015년 인천 영종대교에서 해무로 인하여 가지거리가 10m에 불과한 상황에서 106중주요사고로 2명이 사망하고 130명이 부상
- 2019년 인천 영종대교에서 해무로 인하여 가지거리가 10m에 불과한 상황에서 106중주요사고로 2명이 사망하고 130명이 부상

구분	2015	2016	2017	2018	2019
지역	624	408	521	642	799
결항	363	618	334	502	214

## I. 연구 개요 (\*)퍼블릭데이터

### 1. 배경 및 필요성

해무로 인한 결항, 어업활동 중단 등 민원 발생, 짧은 가지거리로 인한 인명피해 등 경제적 손실 발생 등  
→ 해양 뿐만 아니라 해무로 인한 도로, 항공에도 많은 피해가 유발되며 특히 서해안에서 해무가 많이 장기 발생



## II. 연구 내용 (\*)퍼블릭데이터

### 1. 해무관련 선행 연구

국내외 석학들은 다양한 논문 및 연설을 통해 해무예측이 어렵고 다양한 해무탐지 및 예측 기술개발 추진

저자	발간연도	논문제목	연구내용
신대근, 오유원, 김기환	2014	위성을 이용한 야간 해무탐지를 위한 Unsupervised learning의 활용	야간에는 가시광선을 사용할 수 없기 때문에 Unsupervised learning의 활용을 이용한 야간 해무탐지 알고리즘을 개발
최영준, 이희준, 이희준, 조진호	2014	소크계 표방사원기기를 이용한 해무 특성분석	소크계에서 장시간 표방사원기기를 이용하여 해무 특성을 분석
김성환	2015	주요 인계사태 분석을 통한 인계 특성분석과 예측	인계는 시간과 공간적으로 매우 다양한 변화상을 가지고 있어 예측이 어려움
D.Koracin, C.E.Daman et al.	2017	Marine Fog: Challenges and Advances in Observations, Modeling and Forecasting	인계는 규칙성이 약하고 고정적인 측정법이나 이를 다루기 위한 네트워크가 부족하여 예측하기가 어렵다
김영우, 권기민, 서영호, 최정민	2017	그리드 프로세서를 이용한 병렬연산 기반 해무 제거 고속처리	딥러닝을 이용한 해무 탐지 및 제거를 위한 고속처리 알고리즘을 개발
김경현	2018	CCTV를 이용한 해무 감지 기술	CCTV를 이용하여 해무의 발생을 실시간으로 탐지할 수 있는 영상기반의 인계 탐지 기술
송원철, 김승보	2019	해상 환경에서 해무 제거 기법 적용 및 비교 분석	인계와 비인계 처리 기법과 딥러닝 소크계 결합된 인계 제거 기법을 실험 평가하기 위해 해상에서 적용하고 비교 분석
이윤성, 김경호, 허기영, 조영기, 김주진, 김경현	2020	서해 해무 사례 실험을 통한 발생 예측 시나리오 산출 및 예측 연구	Weather Research and Forecasting (WRF) 모델을 이용한 2022년 4월 15-16일 서해에서 발생한 해무 사례 실험을 통해 해무의 발생, 발달, 소산 패턴을 분석
김나영, 박승호, 손승훈	2020	CCTV 영상과 인공지능을 통한 해무 탐지	영상군 신경망을 기반으로 CCTV 이미지를 통한 해무 탐지 방법
전영수, 이상훈, 오재용, 유수원	2021	GPU를 활용한 인공지능 딥러닝을 통한 해무 탐지	해무를 제거하기 위해 인공지능 기반의 딥러닝 알고리즘을 개발
전현철, 최이은, 이은형, 이은형	2021	드론을 이용한 해무(안개) 관측 및 탐지 기술	영상군 신경망을 기반으로 CCTV 이미지를 통한 해무 탐지 방법
김민성, 박영숙	2022	원거리 해양위성 2호를 활용한 해무 탐지 알고리즘 개발	위성의 원격탐지 기술을 활용하여 해무 탐지 알고리즘을 개발

## II. 연구 내용

(\*)퍼블릭데이터

### 2. 해외 해무탐지 및 예측 기술 현황

- ✓ 대학, 연구기관의 공동작업을 통해 예측 모델을 개발하고 운영 중에 있으며 다양한 서비스 중 하나로 해무 서비스 제공 중

<p><b>HYCOM(Hybrid Coordinate Ocean Model)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>미국 GODAE(Global Ocean Data Assimilation Experiment)의 일환으로 NOPP(National Ocean Partnership Program)가 후원</li> <li>해양에서는 수직좌표가 적절치 않음</li> <li>미국해양기상청(NOAA)과 마이데이터의 해양 및 대기과학 연구기(RSMAS77)이 공동으로 하이브리드 모델인 HYCOM 개발</li> <li>미해군연구소는 HYCOM을 기반으로 해군 행정정보통신 시스템과 결합하여 자체 전 세계 해양 예보 시스템 개발</li> <li>수온염분 등 해수면도 변화, 소용돌이 등 정보 제공 중</li> </ul>	<p><b>MyOcean Project</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>EU 전체 종합 해양예측 체계 구축 프로젝트</li> <li>영국와 해양예측시스템도 연계 운영 중</li> <li>관측 데이터, 모델링 및 통합 시스템을 사용하여 해양오너리타임 및 예측 제공</li> <li>ECMWF의 프로젝트로 추진됨</li> <li>기상-해양예측 조건에 따라 운영되는 선박의 경계항로를 제공한다</li> </ul>
<p><b>태평양 안전안개 프로젝트</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>미국지질조사국(USGS)의 프로젝트</li> <li>전날과 몇 대물이 안개지도를 수집하고 쉽게 활용할 수 있도록 지원하기 위해 시작</li> <li>연안안개 라이프 사이클, 복사 전달, 난류 및 경계층 구조와 미세물리과정, 물리적, 탐지, 위험분석 및 예측, 수평안개 연구 수행</li> <li>안개데이터를 생성하기 위해 워크숍을 개최하였고 이해 여러 학문분야의 과학자 및 관측자 그룹을 위한 연구 수행</li> <li>2021년부터 연안의 해양안개와 얼음안개에 대해 Fatima 연구과제 시작</li> </ul>	<p><b>PLOCAN(The Oceanographic Platforms of Canary Islands)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>EU는 PLOCAN을 개발 및 구축하여 운영 중</li> <li>캐나리아 제도의 해양관측 플랫폼</li> <li>연구기반 시설로 스페인과 과학혁신대학이 공동으로 자금 지원 및 ERDF로 구축</li> <li>해양 분야 연구, 기술개발 및 혁신을 지원하는 다목적 가용되며 서비스 인프라 제공</li> <li>중개 액세스 모델을 통해 과거 기록 제공 중</li> </ul>

국가 주도의 대규모 프로젝트를 통한 해무 탐지 및 예측 기술 개발 및 서비스 제공 필요

## II. 연구 내용

(\*)퍼블릭데이터

### 5. 기상청 해무 탐지 및 예측 기술 현황

- ✓ 기상청은 인공위성 및 시정계를 통해 수집된 해무정보를 해양기상정보포털을 통해 제공 중
- 위성영상의 경우 해상도와 해무가 구별되지 않으며 시정계는 81개소를 운영하여 3시간의 시정거리를 그래프로 제공

**해무예측 서비스 운영 현황**

- CCTV영상은 9시~18시까지 기록된 영상만 제공 중에 있으며
- CCTV영상 없이 시정계 자료만 제공되는 지역도 있음

- 시정예측은 수치모델을 기반으로 예측하여 제공하고 있으며 예보와 상이할 수 있는 점을 고시하고 있음

## II. 연구 내용

(\*)퍼블릭데이터

### 3. 국내 해무탐지 및 예측 기술 현황

- ✓ 해수부와 기상청이 일부지역 대상의 해무 자료 수집 및 예측서비스 증으로 전해역 서비스에 한계

**기상청 날씨누리 바다 실황 및 예측 서비스**

- 기상청 날씨누리 바다 예측 서비스를 통해 해무예측정보 제공 중
- 해양기상부서를 통해 관측된 정보를 기반으로 관측자료 및 예측 자료 제공 중
- 인공위성을 통해 해무 예보를 수행하고 있으나 수평시점의 정확이 어렵고 상층은 존재 시 정확도가 낮아지며 해상도/고도 구분도 어려운 문제 발생
- MMS 예보모델을 개발하였으나 관측과 실험에 2003년 운영 중단(수평해상도가 낮고 해양특성 미반영)

**국립해양조사원 항개안천 항해 정보 서비스**

- 항개안천을 위한 기상정보 및 항해안전 원상 제공 서비스
- 주요 9개 항만에 대한 해무예측 서비스 제공 중
- 해무예측 서비스는 1시간, 3시간, 6시간 예측 정보 제공 중
- 현재 시범운영 중으로 예측 정확도 향상 및 예측 범위 확대 필요
- 인공위성 기반 해무 관측 자료 제공 중

## III. 연구 결과

(\*)퍼블릭데이터

### 1. 기존 해무 탐지 및 예측 기술 한계점

- ✓ 기존에 개발 및 서비스되고 있는 해무 탐지 및 예측 기술의 한계 개선 필요

<p><b>국립해양조사원 해무 탐지 및 예측 기술 한계</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>9개 주요항만에 대한 해무 정보만 제공하고 있으며 11개 항만에 대해 해무 정보 수집 제공하는 중으로 관측소가 설치된 11개 항만 외의 지역에서는 관측 및 예측 정보를 확인할 수 없음</li> <li>지역 확대를 위해서는 CCTV, 시정계의 설치가 필요하여 전해역 대상의 기반 구축 시 확보비용 발생</li> <li>관측장비가 설치된 지점에 대해서만 해무 탐지 및 예측 가능</li> <li>장기간 예측(6시간)의 경우 64.9%의 정확도로 정확도 낮음</li> </ul>	<p><b>기상청 해무 탐지 및 예측 기술 한계</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>해양기상부서, 해양안개 관측장비가 설치되어 있는 지역에 대해서만 해무 관측 중</li> <li>물향, 풍속, 유류파고, 파향, 파주기 기반의 UM수치모델을 통한 예측 자료 제공 등으로 정확도가 낮음</li> <li>천리안위성2A호를 통한 해무 탐지율은 84% 오차율은 40%로 오차가 큼</li> </ul>
<p><b>공통적인 한계점</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CCTV 영상 및 인공위성 영상의 경우 주간(9~18시)에만 영상을 확인하며 해무, 하층운 등을 구분할 수 있어 야간에 발생하는 해무에 대한 정보 제공 불가능</li> <li>시정계의 경우 측풍 유효가 설치된 장소의 산만도를 측정하는 것으로 시정계만으로 해무 탐지, 예측하는데 한계가 있음</li> <li>인공위성 영상의 경우 일관성은 주간에만 활용 가능하며 수평시점의 정확이 어렵고 상층운이 존재하는 경우 정확도와 낮아지며 해상도와 구분이 어려움</li> <li>해무관측 자료가 전해역 대상으로 구축되지 않았으며 다양한 해무발생 원인과 메커니즘에 대한 연구가 부족</li> </ul>	
<p>기 개발되어진 일부 해역과 일부 연안에 한정되어 있는 해무 탐지 및 예측 서비스를 확대하여 연안 경로 안전을 위한 해무탐지 및 예측 기술 개발 필요</p>	

## II. 연구 내용

(\*)퍼블릭데이터

### 4. 국립해양조사원 해무 탐지 및 예측 기술 현황

- ✓ 국립해양조사원은 해무예측 인프라 설치 및 서비스를 주요항 9개소에 대해 수집 및 제공 중
- 항만마다 특성이 다르고 국지적으로 발생하는 해무에 대해 기존 인프라 기준으로 해무관측 및 예측을 통한 서비스를 하기에 한계가 있음

**해무예측 서비스 운영 현황**

- 국립해양조사원은 항개안천 항해정보 제공서비스를 통해 9개 주요 항만에 대한 해무예측 서비스를 1, 3, 6시간 단위로 제공 중
- 3시간은 10~30초 해상도 예측
- 1시간, 3시간, 6시간 예측 정보 제공 중
- 현재 시범운영 중으로 예측 정확도 향상 및 예측 범위 확대 필요
- 해무예측 정확도는 최대 1시간은 81.8, 3시간은 73.6, 6시간은 64.9로 해무 예측 정확도 향상이 필요

## IV. 결론

(\*)퍼블릭데이터

### 1. 향후 방향

- ✓ 다양한 소스의 해무 탐지 자료를 기반으로 인공지능을 활용한 융합형 예측 기술 개발 필요

**기존 관측 인프라**

시정계 + CCTV 영상 + 인공위성영상

**신규 인프라**

산규 레이더영상

**해무 관측 및 탐지**

다양한 인공지능기반의 해무예측

출처: 국립해양조사원, 기상청, NOAA

## ACKNOWLEDGMENT

본 학술논문은 2022년도 국립해양조사원 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(연안항로 해상교통안전을 위한 인공지능기반 해무예측 기술개발 기획연구)