

# 부산항 인근 해무 발생 전후의 해양 및 기상에 대한 예비 고찰

## Preliminary Investigation of Oceanographic and Meteorological Conditions before and after Fea Fog Formation around Busan Harbor

김영택\* · 한충근\*\* · 김국진\*\*\* · 김호균\*\*\*\* · 김영남\*\*\*\*\*

Young Taeg Kim · Choong Keun Han · Kuk Jin Kim · Ho-Kyun Kim · Young-Nam Kim

**요약** 부산항 인근 해역의 해무 특성을 파악하기 위해 2013년~2016년 6월 동안 관측된 시정 자료 및 시정 관련 해양·기상 자료에 대한 기초 통계분석을 수행하였다. 분석결과 부산항 인근의 해무는 전선무와 이류무가 우세하였으며, 전선무가 이류무보다 발생빈도가 약간 높았다. 복사무 발생 빈도는 매우 낮았으며 특히 증기무는 통계적으로 확인이 되지 않았다. 로지스틱 회귀분석에 의한 해무 발생 요인은 해기차 > 풍속 > 해면기압순으로 나타났다. 한편, 시간별 해무 예측을 위해 조석과 수온간의 심도 있는 상관관계 분석이 필요하다.

**키워드** 항계안전 해양정보 제공시스템, 부산항, 남서풍, 해기차, 전선무, 이류무

**Abstract** Fundamental statistical analysis of sea fog data and their related oceanographic and meteorological data during 2013 ~ June 2016 around Busan harbor showed that front sea fog and advection fog were dominant, where the front sea fog occurred slightly more than the advection sea fog. However, the occurrence of radiation fog was relatively low, especially steam fog was not identified statistically. Logistic regression analysis was used to identify the correlations between dependent variable (sea fog) and various independent variables, such as air-sea temperature difference (TD), wind speed/direction (WS/WD), sea surface air pressure (AP), dew point temperature, relative humidity, and tide. And it showed the order of contribution to the sea fog formation was TD > WS > AP. However, further correlation analysis between tide and sea water temperature is recommended to predict hourly sea fog formation around the Busan harbor.

**Key words** POIS(Port Oceanographic Information System), Busan Harbor, Southwesterly Wind, Air-Sea Temperature Difference, Frontal Fog, Advection Fog

### 1. 서론

국립해양조사원은 항계의 선박 및 항만 안전을 위한 서비스 일환으로 항계안전 해양정보 제공시스템(POIS, Port Oceanographic Information System)을 구축·운영하고 있다. 대국민 서비스 다양화를 위해 부산항, 부산항 신항, 평택·당진항, 인천항, 4개항에 실시간 해무 관측체계를 구축하여 홈페이지상에 해 항계안전 해양정보를 제공하고 있다(국립해양조사원, 2016).

해무는 바다에서 발생하는 모든 안개를 일컫는 용어

로서 해무의 발생원인은 해양과 대기의 온도차, 즉 해기차(海氣差, air-sea temperature difference) 및 상대습도, 풍향/풍속, 이슬점 온도, 대기의 응결핵 등 다양한 원인에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다(Petterssen, 1969). 최근에는 한반도의 대기중의 (미세)먼지가 해무 발생에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(기상청, 2008). 본 연구에서는 ‘해기차 = 해수표층수온 - 기온’으로 정의하고 해수표층수온(이후 편의상 수온)이 상대적으로 낮아서 생긴 해무를 이류무, 수온이 상대적으로 높아서 생긴 해무를 증기무라고 정의하였다.

Received: 2017.05.21, Revised: 2017.05.31, Accepted: 2017.06.19

\* 국립해양조사원 해양예보과, 부산광역시 영도구 해양로 351, kyt5824@korea.kr

\*\* (주)유에스21, 인천시 연수구 갯벌로 129, 503(송도동, 산업기술연구직접센터), nuriari@ust21.co.kr

\*\*\* (주)유에스21, 인천시 연수구 갯벌로 129, 503(송도동, 산업기술연구직접센터), kjkim@ust21.co.kr, <교신저자>

\*\*\*\* 국립해양조사원 해양관측과, 부산광역시 영도구 해양로 351, hokkim@korea.kr

\*\*\*\*\* 부산지방기상청 기후서비스과, 부산광역시 동래구 충렬대로 237번길 117, rladudska@korea.kr

해무는 해당 지역의 기후인자 영향을 강하게 받는다. 예를 들면, 이류무는 고기압의 중심에 위치하고 바람이 비교적 강하게 불 때 발생하며, 고온다습한 공기가 차가운 수면위로 이동할 때 하층부 공기가 냉각되는 경우에 발생 한다(Roach, 1995; 안 등, 2002). 우리나라의 경우 동해남부 해역에서는 바람에 의해 용승된 냉수대(An, 1974; Lee, 1983; 김 등, 2015; 국립수산과학원, 2016)가 상대적으로 온도가 높은 공기와 만나 이류무를 형성(변 등, 1997)하는데, 2011년 7월 17일 울산 진해해수욕장에 나타난 이류무가 대표적인 사례이다. 이때 이류무는 평년에 비해 장기간 계속된 냉수대에 의해 생성된 해무로 언론(뉴시스, 2011)에도 보도된바 있다.

본 연구에서는 부산항인근에서 관측된 기존의 해양·기상 자료를 분석한 결과를 고찰하여 향후 연구 방향을 살펴보고자 하였다.

## 2. 자료 구성 및 분석 방법

### 2.1 통합 자료 구성

부산지역에서 2013년~2016년 6월 동안 관측된 해양·기상 자료 및 일기도 자료에 대한 기초통계분석과 함께 로지스틱 회귀분석을 수행하기 위해 기상청과 국립해양조사원의 자료를 수집하였다. 기상청 부산기상대의 1시간 간격 시정 자료 및 자동기상관측소(AWS)의 1분 간격 기온, 풍향/풍속, 강우, 습도, 해면기압, 이슬점 온도 자료와, 국립해양조사원 부산조위관측소의 1시간 수온 및 1분 조위 자료를 취득하여 통합자료를 구성하였다. 시정계로 관측된 시정자료는 해무 상황뿐만 아니라 강우 혹은 강설 시, 기기 오작동 등에도 측정값이 나타날 수 있기 때문에 AWS의 강우 및 강설 정보를 우선 적용하여 시정자료를 선별하는 단계(1차

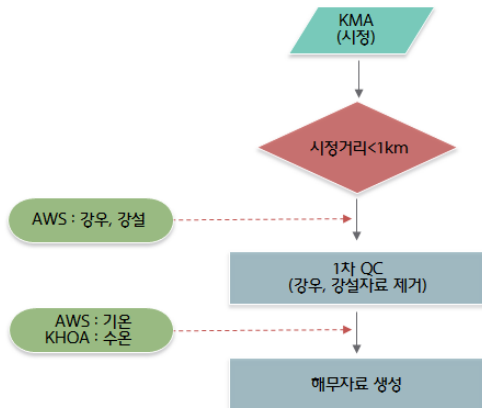


Figure 1. Processes of sea fog data

품질검사를) 거쳤다(Fig. 1). 1차 품질검사가 완료된 자료는 국립해양조사원의 수온자료와 기상청 AWS의 기온자료와 비교하여 해기차 값이 음(-)이면 이류무, 양(+)이면 증기무로 분류하였다.

시정거리가 1 km 미만은 해무상태(T), 1 km 이상을 비(非)해무상태(F)로 구분하여 해무상태(T/F형) 자료를 생성하였다. 해양·기상자료와 해무와의 상관성을 분석하기 위해 수집 자료를 해무 ‘발생 전(해무발생~6 시간 전)’, ‘지속 중(발생~소멸 전)’, ‘소멸 후(소멸~6 시간 후)’로 구분하여 분석하였다. 이외의 비해무 상황은 통계분석에서 제외하였다(Fig. 2). 통합자료의 최종 구성요소는 시정거리(m), 조위(cm), 수온(°C), 기온(°C), 해기차(°C), 이슬점온도(°C), 풍향(°), 풍속(m/s), 강우(mm), 습도(%), 해면기압(hPa), 해무상태(T/F) 등 총 12개 이다.

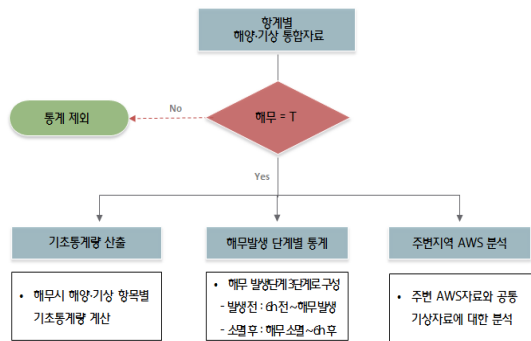


Figure 2. Comparison processes of oceanographic and meteorological data analysis

### 2.2 해무 분류 기준

통합자료 및 지상일기도 자료를 이용하여 이와 안 (2013)이 제시한 해무의 발생학적 분류법에 따라 해무를 4개 형태(전선무, 복사무, 이류무, 증기무)로 구분하였다. 전선무는 기온차이가 발생하는 온난전선 및 한랭전선에서 발생할 수 있는데, 전선을 따라 이동하기도 한다. Petterssen(1969)에 의하면 전선무는 온난전선 전면에 차가운 공기가 존재하고 풍속이 약할 때 발생하기도 하고, 한랭전선 후면의 강우 지역에서 증발이 일어날 때 발생하며, 해무 시작 전에 강우가 나타난다고 하였지만 본 연구에서는 해무가 발생하기 전 또는 후에 5 mm 이상의 강우가 나타나면 전선무로 분류하였다. 또한 일기도의 기압배치에서 전선이 발생하고 강우가 5 mm 이하의 경우도 전선무로 분류하였다. 복사무는 바람이 약한 맑은 밤에 지표면 근처에서 공기가 냉각될 때 발생한다. 바다와 인접한 곳에서는 밤중에 육지에서 형성되어 바다쪽으로 이동한다. 항계주

변에서의 복사무는 풍향이 육지에서 바다쪽으로 불고, 풍속은 2.5 m/s 미만이며, 강우가 없는 조건에서 기온이 하강하면서 해기차가 양(+) 일 때로 구분하였다. 이류무는 대체로 바람이 어느 정도 불어야 하지만 풍속과 상관없이 해기차가 음(-)이면 이류무로 분류하였다. 증기무는 이류무 반대로 차가운 공기가 따뜻한 수면위를 통과할 때 발생하므로 해기차가 양(+)의 환경에서 발생한다. 풍속이 2.5 m/s 미만으로 약하면서 기온하강이 없는 경우도 증기무로 구분하였다.

### 3. 분석 결과

통합자료를 이용한 해무 특성 분석내용을 살펴보면, 해무 발생 현황 및 종류, 해양·기상자료와의 관련성 분석, 끝으로, 로지스틱 회귀분석을 통한 해무 발생 요인 분석으로 구성된다.

#### 3.1 부산항 해무의 현황

해무 발생 현황을 분석하기 위해 월별 해무발생일수, 시간대별 해무발생 빈도, 해무 지속시간을 살펴보았다.

2013년1월~2016년 6월 동안 1시간 자료에서 해무 발생일수는 총 22일(연평균 6.3일)이며, 해무발생 일수는 점차 증가하고 있다. 해무는 5~7월에 가장 많이 나타나는 가운데, 6월에 평균 1.8일로 가장 많이 발생하였다. 해무가 가장 적게 발생한 시기는 9~2월 사이로 이 시기 해무는 11월을 제외하고 발생하지 않고 있다 (Fig. 3). 3년간(2013~2015년) 계절별 해무 발생현황을 정리하면 하계(6~8월) 57 %, 춘계(3~5월) 27 %, 추계(9~11월) 16 %, 동계(12~2월) 0 % 순으로 나타났다.

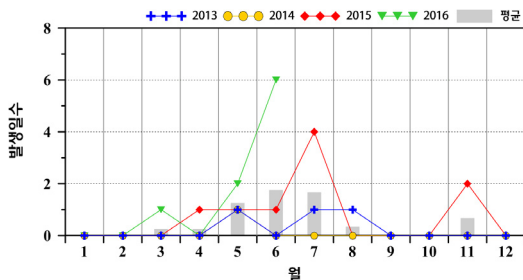


Figure 3. Monthly sea fog occurrence in Busan harbor during 2013~June 2016

해무의 시간대별 발생시간은 01~07시(일출 전)에 발생빈도가 50 %에 이르고, 특히 06시에 가장 높게 나타났다. 08~18시(일출 후~일몰 전)에 34 %, 19~24시(일몰 후)에 16 % 발생하였다. 해무의 주요 소멸시

간은 06~08시, 12시경으로 일출 후 해무가 소멸되는 것으로 판단된다(Fig. 4).

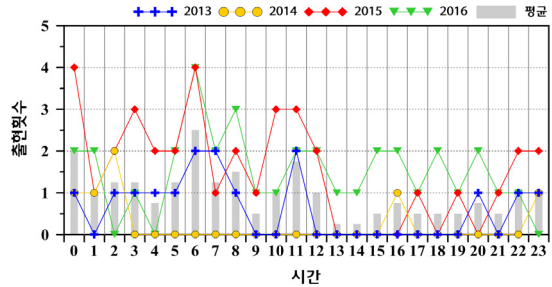


Figure 4. Hourly sea fog occurrence in Busan harbor during 2013~June 2016

해무의 지속시간은 해무가 처음 발생부터 소멸까지의 시간이며, 관측 횟수가 1회면 1시간, 2회 연속이면 2시간으로 계산하였다. 부산항 항계에서의 지속시간은 총 7개 그룹(1시간, 2시간, 3시간, 4시간, 5시간, 6시간, 11시간)으로 나뉘고, 대부분 지속시간이 1시간(65.9 %) 이었으며, 11시간 이상 장기간 해무가 출현한 시간도 1회 발생하였다(Fig. 5a). 3시간 이상의 월별 평균 지속시간은 2월(4.3시간)과 10월(3.0시간)에 나타났으며, 9월과 12월에는 해무가 발생하지 않았다(Fig. 5b).

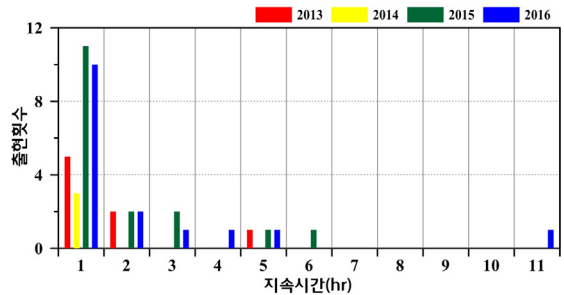


Figure 5a. Duration time of sea fog during 2013~June 2016

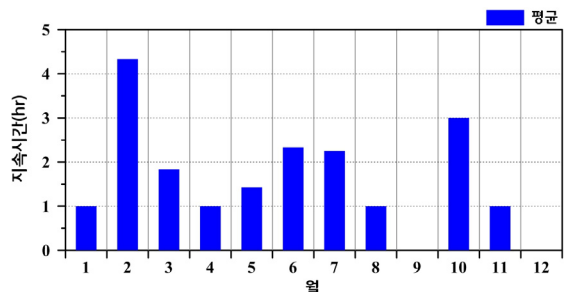


Figure 5b. Monthly averaged duration time of sea fog during 2013~June 2016

### 3.2 부산항 해무의 종류

전술한 해무 분류 기준을 따라 부산항 인근의 해무를 분류한 결과 전선무가 월평균 5.4회, 이류무가 4.9회, 복사무는 0.3회를 보였으며, 증기무는 분류되지 않았다. 퍼센트로 보면 전선무가 51 %, 이류무가 46 %, 복사무가 3 %를 차지하는 것으로 나타나고 있어 전선무와 이류가 주를 이루고 있다. 다만, 전선무가 월별로 비교적 골고루 나타나는 반면 이류무는 6~8월에 집중되는 경향을 보인다(Fig. 6).

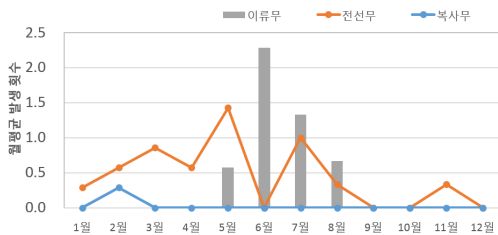


Figure 6. Monthly averaged occurrence of frontal sea fog, advection fog, and radiation fog

### 3.3 해무와 해양·기상 자료와의 상관성

#### 3.3.1 해무 발생 당시 상관성

1 km 미만의 시정자료와 동시간대 해기차, 이슬점 온도, 수온, 기온, 습도, 풍향, 풍속, 해면기압, 조위 자료 간의 상관성을 살펴보았다(Table 1, Fig. 7). 부산항 항계에서 해무 발생 시 해기차의 주요 범위는 평균 -1.7 °C, 표준편차 1.9 °C이며, 주로 음(-)의 해기차가 많이 나타나고 있다. 앞서 부산항 항계 해무 종류에서 살펴본 바와 같이, 음(-)의 해기차가 양(+)의 해기차보다 약 9배 정도 많이 나타나고 있다. 또한 해기차가 -7 °C 이상으로 커지면 해무는 거의 나타나지 않았으므로 해무와 해기차는 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 판단된다.

이슬점온도는 평균 17.2 °C에 표준편차 4.0 °C 이고, 수온은 평균 16.7 °C 에 표준편차 4.1 °C 이며, 기온은 평균 18.5 °C 에 표준편차 4.6 °C 이다. 해무 발생 시

세 값의 분포 범위가 상대적으로 크기 때문에, 개별적으로는 해무와의 상관성이 다소 떨어지는 것으로 나타난다. 하지만 기온과 수온은 해기차를 결정하고, 이슬점온도도 상대습도 및 기온과 상관성이 높기 때문에 평균의 분산이 다소 크지만 다른 요소와 복합적으로 작용하면 해무와 상관성이 커질 것으로 예상된다.

부산항 항계에서 해무 발생 시 습도와와의 상관관계를 살펴보면, 88 % 이상일 때 형성되고, 대부분 100 %에 수렴하고 있다. 해무 농도가 증가해도(시정거리 감소) 습도는 거의 일정한 값을 유지하였기 때문에 일정 습도 이상이면 해무가 형성될 수 있다고 볼 수 있다.

풍속의 주요 범위는 평균 2.2 m/s, 표준편차 1.5 m/s이며, 대체적으로 4 m/s 보다 낮을 때 발생 빈도가 높다. 풍향은 주로 202.5°~247.5°사이로 남서(SW)풍 계열이 우세하게 나타난다. 주로 바다 쪽에서 불어올 때 해무가 발생하는 것으로 나타났다.

해면기압의 평균은 1009.9 hPa, 표준편차는 5.1 hPa이며, 1,020 hPa 이상의 고기압 혹은 1,000 hPa 이하의 저기압 환경에서는 해무가 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다.

해무발생시 조위는 평균 75.6 cm, 표준편차 30.0 cm로 나타났다. 본 분석에서는 창조와 낙조를 구분하지 않고 단순 조위만을 분석하였는데, 향후 조석 시간과 수온간의 상관관계를 좀 더 심도 있게 검토할 필요가 있을 것으로 보인다.

#### 3.3.2 해무 발생 전·중 및 소멸 후 상관성

해무 거동을 좀 더 다각적으로 살펴보기 위해 전술한 바와 같이 해무 발생 전(前), 해무 지속 중(中), 해무 소멸 후(後)로 구분하여 분석하였다.

해무 발생 전에는 남서(SW) 계열의 바람이 19.6 % 차지하여 가장 빈번하게 나타나며, 다음으로 남남서(SSW) 계열이 16.7 %을 차지하였다. 지속 중 단계로 넘어가면서 남서(SW)~남남서(SSW) 계열이 가장 우세해지는 특징을 보였다. 정온한 상태로 4.0 %에서 4.8 %로 0.8 % 높아졌다. 해무 소멸 후에도 풍향은 여전히 남서(SW) 계열의 바람이 주를 이루기는 하지만 남서(SW)계열은 27.1 %에서 17.8 %로 9.3 % 감소한

Table 1. Minimum, Maximum, Mean and Standard Deviation (S.D.) of oceanographic and meteorological data at the time of sea fog formation around Busan harbor during 2013~June 2016

	Air-sea temp. difference (°C)	Dew point temp. (°C)	Sea surface temp. (°C)	Air temp. (°C)	Relative humidity (%)	Wind dir. (°)	wind speed (m/s)	Air pressure at sea surface (hPa)	Tide (cm)
Min	-7.4	4.7	10.3	6.5	88.0	0.0	0.0	996.7	9.9
Max	3.8	24.2	24.2	29.4	100.0	351.2	9.5	1027.2	149.5
Mean	-1.7	17.2	16.7	18.5	97.4	164.4	2.2	1009.9	75.6
S.D.	1.9	4.0	4.1	4.6	3.1	79.0	1.5	5.1	30.0

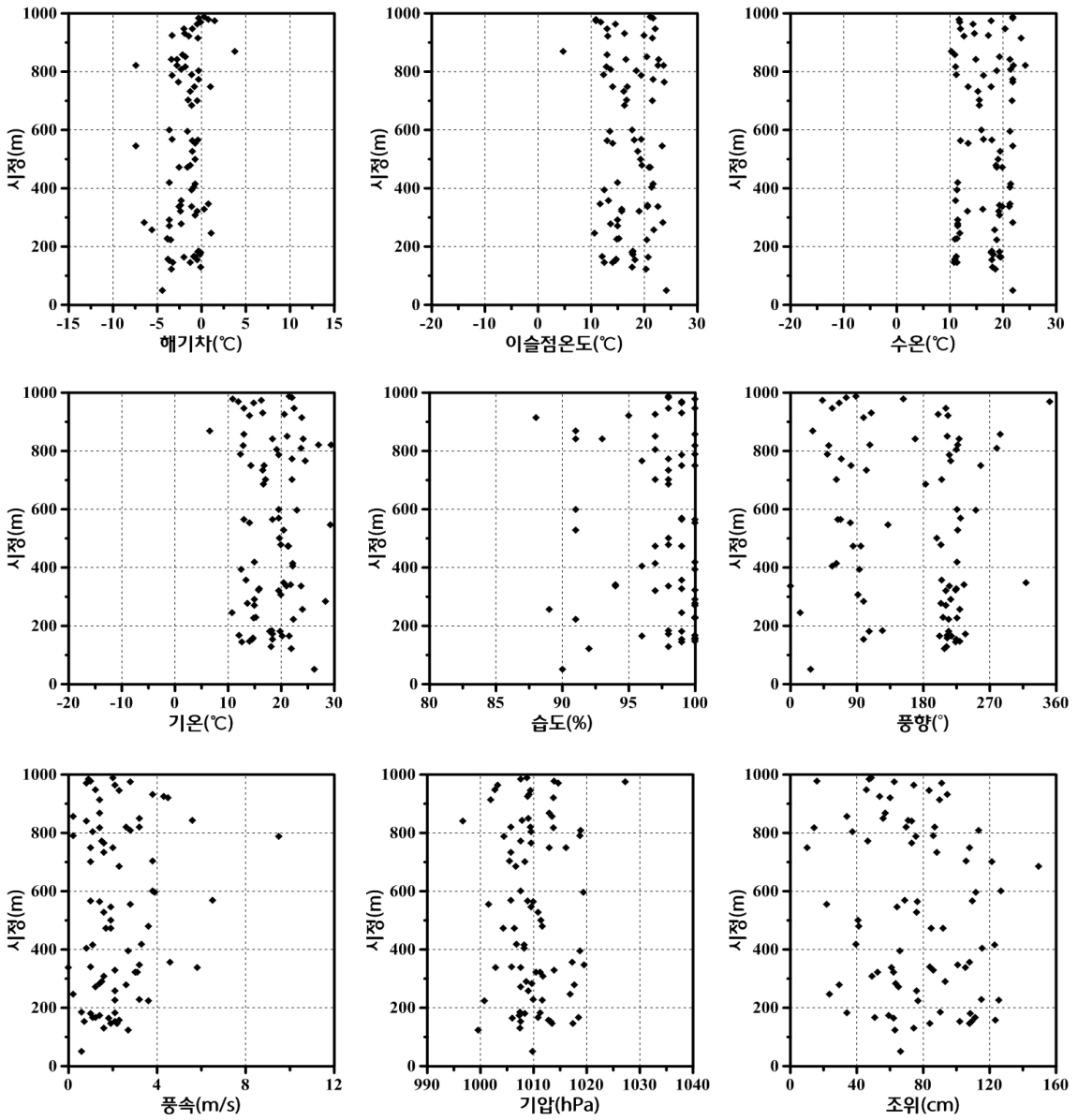


Figure 7. Distribution of oceanographic and meteorological data at the time of sea fog formation

반면 동북동(ENE) 계열은 16.3 %로 증가하였다. 정온한 상태도 3.1 %로 1.7 % 감소하였다. 요약하면 풍향은 해무 발생 전, 지속 중, 발생 후 모두 남서풍이 우세하였지만, 해무 지속 중에는 특히 남서풍~남남서풍이 가장 강하게 나타났다. 이 후 남서풍~남남서풍이 약해지면서 동북동풍이 점차 증가하면 해무가 소멸하는 특징을 보였다(Fig. 8). 풍속의 평균값은 해무 발생 전 2.6 m/s, 지속 중 2.2 m/s, 소멸 후 2.9 m/s로 나타나고 있어 해무가 지속되는 동안 풍속이 가장 약했으며 해무 발생 전후로는 풍속이 강하게 나타나고 있음을 알

수 있다. 앞서 해무 발생 시 풍속 자료의 기초통계 분석 결과와 동일하게 풍속과 해무는 음(-)의 상관관계로 나타났다. 해면기압은 발생 전 1,010.2 hPa, 지속 중 1,009.9 hPa, 소멸 후 1,008.6 hPa로 점차 감소하는 경향을 보였다. 기온은 발생 전 18.7 °C, 지속 중일 때 18.5 °C, 소멸 후 18.8 °C로 해무가 발생할 때 감소하였다가 소멸 후 다시 증가하였지만, 차이가 크지 않고 거의 일정한 경향을 보였다. 수온은 해무 발생 전 17.0 °C, 지속 중일 때 16.7 °C, 소멸 후 17.0 °C로 기온과 같이 해무가 발생할 때 감소하였다가 소멸 후 다시 증

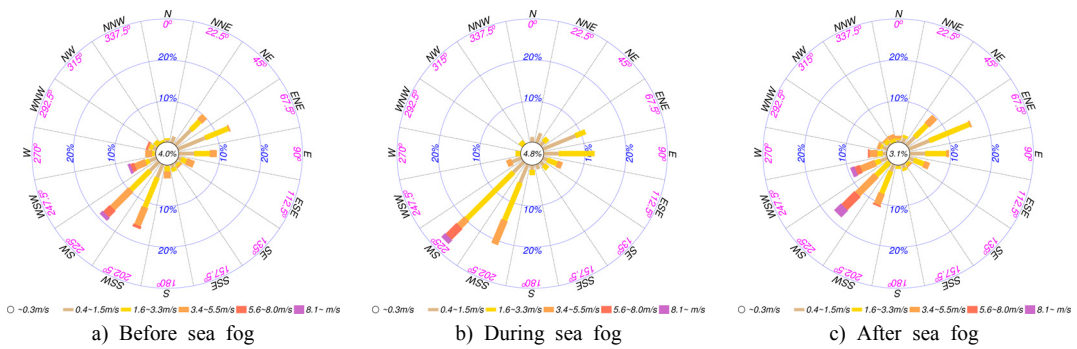


Figure 8. Wind distributions a) Before sea fog, b) During sea fog, and c) After sea fog

가하였지만, 차이가 크지 않고 거의 일정한 경향을 보였다. 해기차는 발생 전  $-1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 지속 중일 때  $-1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 소멸 후  $-1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 거의 일정하게 나타났다. 상대습도는 발생 전 91.4%, 지속 중일 때 94.2%, 소멸 후 93.3%로 값이 증가하다 감소하는 경향을 보인다(Fig. 9).

### 3.4 해무 발생 요인 분류

해무 영향요인을 분류하기 위해 종속변수를 해무상태자료(해무, 비해무)로 두고, 독립변수를 조위, 수온, 기온, 해기차, 이슬점온도, 풍향, 풍속, 습도, 해면기압으로 정의한 뒤, 두 변수 간에 로지스틱 회귀분석을 수행하였다. 로지스틱 회귀분석 결과 해무 요인은 “해기차 > 해면기압 > 풍속” 순으로 해기차가 가장 큰 요인

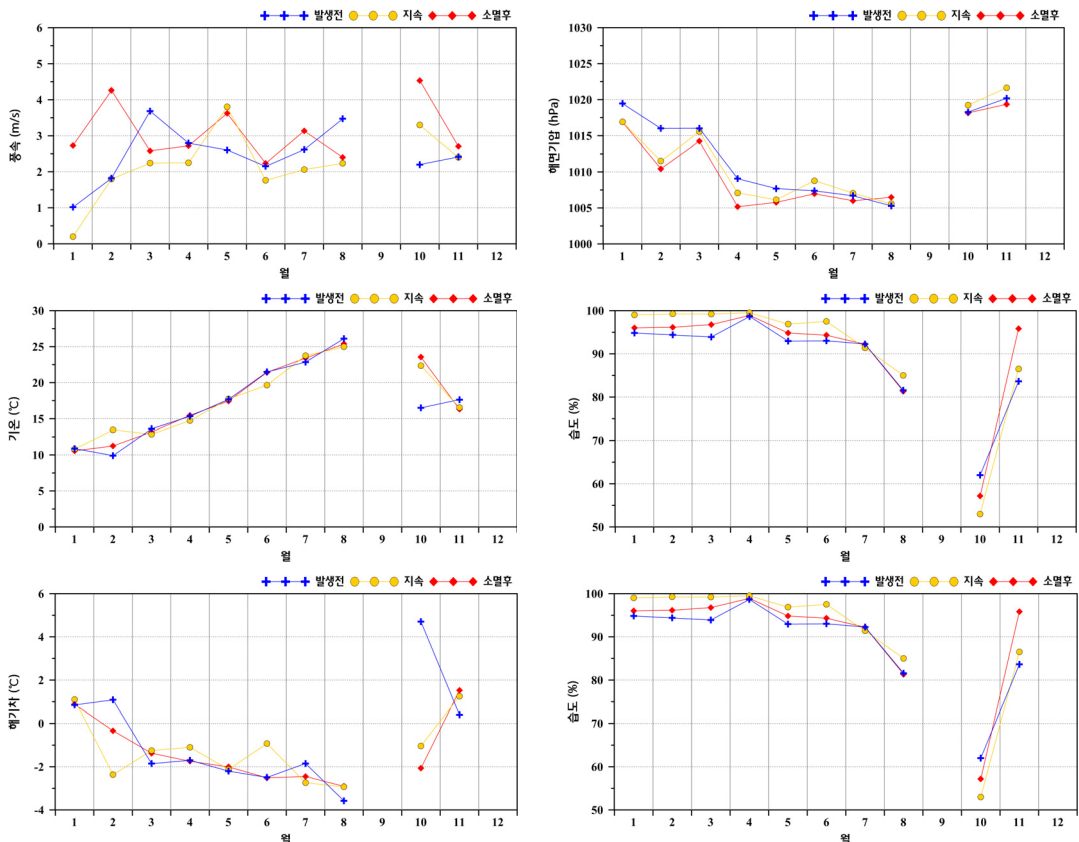


Figure 9. Monthly variations of oceanographic and meteorological data before sea fog, during sea fog, and after sea fog

으로 나타나고 있다. 유의확률(95 % 신뢰수준)은 해기차와 해면기압이 0.05 미만으로 양호하게 나타났으며, 풍속은 0.129로 상관성이 떨어졌다.

해기차의 승산비는 0.746으로 해무발생과 음의 상관관계를 보이며, 해기차 1 °C 감소 시 해무발생 가능성이 약 1.3(=1/0.746)배 높아지는 것으로 해석할 수 있다. 해면기압은 승산비가 1.078로 양의 상관관계이며, 기압 1 hPa 증가하면 해무발생 가능성이 약 1.1배 증가한다. 풍속은 상관성은 낮지만 해무발생과 음의 관계이며, 1 m/s 감소 시 해무발생 가능성이 약 1.2배(=1/0.869) 증가한다. 위와 같은 해석에 근거한 로지스틱 회귀모형 식은 다음과 같이 구해진다.

$$y = -77.493 - 0.293X_1 - 0.140X_2 + 0.075X_3$$

여기서  $X_1$ 은 해기차,  $X_2$ 는 풍속,  $X_3$ 는 해면기압이다. 회귀모형 식에 근거하여 검정한 결과 정확도는 80 % 이고, Kappa는 0.05로 회귀식의 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다. 실제 해무는 성인에 따라 서로 다른 해양·기상 특성을 보이기도 한다. 일례로 이류무 때 해기차는 음(-)의 형태이지만, 증기무시에는 양(+)형태로 정반대이다. 회귀분석에 사용된 자료는 기초통계분석에 이용된 결과와 동일한 것으로 성인별 상세분류가 되어 있지 않다. 또한 자료 분석 기간 동안 부산지역의 해무 발생 횟수가 적어 통계분석의 정확도가 저하된 것으로 보인다.

#### 4. 결론 및 고찰

부산지역의 기온은 냉수대의 영향(박 등, 2014)을 받고 있기 때문에 해무 역시 저층냉수의 용승에 의한 이류무가 주류일 것으로 보았으나(김 등, 2015), 본 연구에서는 저기압이나 장마전선에 의한 전선무의 비중이 이류무보다 5% 높은 것으로 나타났다. 자료 분석 기간(2013~2016년 6월) 동안 해무 발생일수는 총 22일로 부족하기 때문에 해무의 종류별 발생빈도는 자료의 길이에 따라 달라질 수 있다.

이류무와 풍향 간의 상관성을 살펴보면 풍향은 해무 발생 전, 지속 중, 발생 후 모두 남서풍이 우세하였다. 특히 해무가 지속 되는 기간 동안에는 남서~남남서풍이 가장 강하게 불었는데 남해의 고온 다습한 공기가 남서풍에 의해 다량 유입됨에 따라 해무가 발생하는 것으로 생각된다. 이 후 남서풍이 약해지면 고온 다습한 공기의 유입이 감소하고 동시에 동북동 계열의 건조한 공기가 유입되기 시작하면서 해무가 소산 되는 것으로 판단된다. 한편, 이류무와 달리 전선무가 발생

할 때는 풍향이 수시로 바뀌는 특성을 보여준다.

로지스틱 회귀분석을 이용하여 해무와 해양·기상 요인간의 관계를 분석한 결과, 「해기차 > 풍속 > 해면기압」 순으로 나타났으며, 유의확률(95% 신뢰수준)은 해기차와 해면기압이 0.05 미만이었다. 회귀모형 검정 결과 정확도는 80 % 이고, Kappa는 0.05으로 회귀식의 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다.

한편, 부산지방기상청(2016)은 1998년~2014년 남동해안의 부산, 울산, 창원, 통영지점의 관련 자료를 분석하고 해무의 발생학적 분류를 적용하여, 일기도의 기압계와 강수 유무를 기준으로 전선무를 분류하였으며, 발생지점의 해기차를 기준으로 이류무 및 증기무를 분류하였다. 해무의 발생학적 분류 결과 전체 해무 중에서 전선무가 41%로 가장 많이 발생하였고 이류무가 28 %, 증기무가 14 % 순이었다. 분류를 할 수 없는 해무형태인 복합무가 17 %를 차지하였는데, 장마전선에 동반된 복합적 원인, 관측 자료의 부족 등으로 인하여 통계적 분류를 할 수 없었다. 특히 해무 발생 요인 분석에서 이류무와 증기무의 발생 요인이 해기차 및 풍향·풍속인 반면, 가장 발생 빈도수가 높은 전선무는 해기차 및 풍향·풍속과 직접적인 상관관계가 없는 것으로 보였다. 다만 몇몇 사례를 살펴보면 장마전선 전면에서 따뜻한 공기의 유입으로 음(-)의 해기차가 발생하여 이류무가 발생하였고, 장마전선 후면에서는 차가운 공기가 유입되어 양(+)의 해기차가 발생하여 증기무가 발생한 것으로 추론하고 있다.

본 연구와 부산지방기상청(2016) 연구 결과를 살펴보면 해무를 예측하는데 있어 저기압 위치, 장마전선 형성고 이동, 강우 분포를 보여주는 지상일기도와 더불어 해양 표층수온의 시공간적 분포 및 변동성이 매우 중요하다는 것을 알 수 있다. 따라서 국립해양조사원 정점해양관측에 의한 중장기 표층수온 예측연구 및 위성자료(G1SST, OSTIA)를 이용한 하루 단위 표층수온 예측연구(국립해양조사원, 2016)와 더불어 국립수산과학원 정선해양관측에 의한 냉수대 발생 연구(국립수산과학원, 2016)를 통합적으로 제공하게 되면 부산항 인근해역 선박의 항해안전뿐만 아니라 해양재난 예방에도 크게 기여 할 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

이 연구는 국립해양조사원 “항계안전 해양정보 제공 기반 확대 운영” 과업의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 국립수산물품질관리원 (2016). 냉수대 발생해역의 생태 환경 변동 연구, 최종보고서, pp. 87.
2. 국립해양조사원(2016). 항계안전 해양정보 제공 기반 확대 운영, 최종보고서.
3. 김국진, 박세영, 고지민, 김영택, 김민하 (2015), 2014년 한국 남동해안 부근의 표층수온의 급랭원인, 한국수리학회지, 4권 제1호, pp. 45-52.
4. 기상청 (2008), 대기오염물질이 해무의 형성에 미치는 영향 연구, 최종보고서, pp. 83.
5. 뉴시스 (2011), 동해남부지역 장기간 냉수대 ‘해수욕 대신 해무만 무성’.
6. 박명희, 이준수, 안지숙, 서영상, 한인성, 김해동, 배현균 (2014), 부산지역 기온에 미치는 냉수대의 영향에 대한 연구, Journal of Korean Association of Geographical Information Studies, 17(3), pp. 132-146.
7. 변희룡, 이동규, 이화운 (1997), 동해 및 그 주변에서 발생하는 해무의 특성과 예측 가능성 조사, 한국기상학회지, 33-1, pp. 41-61.
8. 부산지방기상청 기후서비스과 (2016), 부산·울산·경남 지역 해무유입과 소산 특징 연구, 최종보고서, pp. 137.
9. 안중배, 남재철, 서장원, 이해진 (2002), 해무 예측 모듈 개발과 울릉도 해무 사례 적용 연구, 한국기상학회지, 38-2, pp. 155-164.
10. 이현동, 안중배 (2013), 경험적 방법을 통한 발생학적 한반도 안개 구분과 안개 발생 예측가능성 연구, Atmosphere. Korean Meteorological Society Vol.23, No.1, pp. 103-112.
11. An H.S. (1974), On the cold water mass around the southeast coast of Korean Peninsula, J. Oceanol Soc Kor, 9(1-2), pp. 10-18.
12. Lee, J.C. (1983), Variations of sea level and sea surface temperature associated with wind-induced upwelling in the southeast coast of Korea in summer, J. Oceanol Soc Kor, 18(2), pp. 149-160.
13. Petterssen, S. (1969), Introduction to Meteorology, 3rd ed. McGraw-Hill, 333 pp.
14. Roach, W.T. (1995), Back to basics. Royal Meteorological Society.



김영택

2001년 FIT 해양환경학과 이학박사

2002년~2005년 UNDP/GEF

국가습지보전사업단

2006년~현재 국립해양조사원

해양예보과 해양수산연구관

관심분야는 열·염 확산, 하구퇴적역학



한충근

2003년 전남대학교 해양학과

이학석사

2008년~현재 (주)유에스티21 부장

관심분야는 해양물리, 자료 분석



김국진

2002년 인하대학교 해양학과

이학박사

2002년~2005년 큐슈대학교

학술연구원

2016년~현재 (주)유에스티21

상무이사

관심분야는 자료 분석, 해수순환역학, 수치모델



김호균

1999년 부경대학교 해양학과

이학박사

2006년~현재 국립해양조사

해양예보과 해양수산연구관

관심분야는 조석 및 조류역학



김영남

2015년 부산대학교 환경과학과

이학석사

2007년~현재 부산지방기상청

기후서비스과 주무관

관심분야는 해양안개, 해양기상학