

## 論文

## 한반도 안개 특성 분석 및 예보 기법 연구

김준식\*, 김재환\*\*, 박상환\*, 김영철\*\*\*

## The Study of Characteristics of Korea Fog and Forecast Guidance

Jun-sik Kim\*, Jae-Hwan Kim\*\*, Sang-Hwan Park\*, Young-Chul Kim\*\*\*

## ABSTRACT

This study is to make a prototype of forecast guidance for forecasters from analyzing the characteristics of Korea Fog.

The trend of Korea fog showed the decline in the number of foggy days and the duration time, the gradient is  $-1.24\text{days/year}$  under 3 miles and  $-0.98\text{days/year}$  under 1 mile and  $-1.64\text{hours/year}$  under 3 miles and  $-3.18\text{hours/year}$  under 1 mile in duration time in 27 ROKAF base.

To find the prototype of inland and coastal forecast guidance, Daegu base as a representation of the inland base and Gangneung base as the representation of the coastal base were chosen. For Daegu base, the mixture of relative humidity, sky condition, and the position of high pressure were selected for the forecast guidance. For Gangneung base, pressure pattern, sea surface temperature, sea currents, and 850hPa temperature patterns were selected for the forecast guidance.

**Key Words** : Characteristics of Korea Fog(한반도 안개 특성), Fog Forecast element(안개 예보 인자), Daegu Fog Forecast Guidance(대구 안개 예보 가이드선스), Gangneung Fog Forecast Guidance(강릉 안개 예보 가이드선스)

## 1. 서 론

안개는 매우 적은 물방울이 대기 중에 떠돌아 다니는 현상으로서 수평 시정(visibility)이 1km 미만인 현상(기상학 사전[1])을 말하는데, 그 특징에 따라 크게 냉각안개와 증발안개로 나누어지고, 발생 지역에 따라 육무(陸霧)와 해무(海霧)로 분류할 수 있다. 안개는 자동차, 선박 및 항공기 등 각종 운송 수단의 운항에 많은 영향을 주고 있다. 2006년 10월 서해안 고속도로 상의 서해대교에서 안개로 인한 추돌 사고로 12명이 사망하고, 40억

원의 재산 피해가 발생했으며, 목포 공항은 잦은 안개에 따른 결항과 안전 문제로 2007년 폐쇄되었고, 2007년 5월에는 골든로즈호와 진성호 사건 등 해무로 유조선이 침몰되기도 했다. 이러한 안개 영향은 항공 분야에서 두드러져, 2001년 7월~2005년 6월까지 4년 동안 안개에 의한 항공기 결항 사례가 138회, 지연 사례가 830회 발생하기도 했다[2].

이처럼 안개는 각종 운송 수단에 심각한 경제적 피해[3]를 주는 기상 요소이나 그 중요성에 비해 연구가 그리 많지 않은 실정이다. 전종갑 등[4]은 우리나라 지역별 안개 특성을 분석하여 지역적 특성이 매우 두드러지며 해안 지방과 내륙 지방에서 안개 발생 양상이 다르고, 같은 내륙이라 하더라도 지형적 영향으로 안개 발생에 큰 차이가 있음을 확인하였다. 허인혜 등[5]은 우리나라의 안개 지역을 내륙, 산악, 서해안, 동·남해안 등 4개 지역으로 구분하여 내륙 안개는 주

2012년 12월 03일 접수 ~ 2013년 03월 15일 심사완료  
논문심사일 (2012.12.07, 1차), (2013.03.13, 2차)

\* 공군 기상단, 부산대학교

\*\* 부산대학교 대기환경과학과

연락처, E-mail : jaekim@pusan.ac.kr

부산광역시 금정구 부산대학교 63번지 2

\*\*\* 한서대학교 항공운항학과

로 복사안개이며, 서해안의 경우 복사안개와 이류안개가 함께 발생하나 동·남해안의 안개는 대부분 이류안개라고 분석했다. 변희룡 등[6]은 동해와 주변 4개국의 관측 자료로 동해 해무의 특성을 분석했는데, 이 지역의 해무는 여름철 남서풍에 동반된 온난 습윤한 공기가 한랭한 해수면 위로 유입되어 생긴다고 보았다. 손희정 등[7]은 공군 및 기상청 관측 자료를 사용하여 우리나라 안개 발생의 장기 변동 특성과 안개 발생에 영향을 미치는 다른 기상 요소와의 관련성을 분석했고, 김영철[8]은 수치모델을 활용하여 봄철 서해상 해무 예측 연구를 하기도 했다. 한반도 안개 특성에 대한 연구가 꾸준히 진행되어 왔으나 현업 예보자들이 안개 예보 생산 시, 활용하기에는 어려움이 있는 것도 사실이다.

따라서 본 연구에서는 안개의 영향을 많이 받는 공군 공항의 관측 자료를 활용하여 안개의 장기 변동 경향을 살펴보고, 안개 예보에 대한 가이던스를 제공하여 현업 예보에 사용할 수 있는 기반을 마련하고자 한다.

## II. 본 론

### 2.1 연구 자료 및 방법

#### 2.1.1 연구 자료

본 연구에서 사용한 자료는 공군 기상단 27개 관측소에서 관측한 1982년 1월에서 2011년 12월 까지 30년 간 시정(visibility) 자료로, 강수 일수를 제외한 순수 안개 발생일의 관측 자료이다. Fig. 1은 공군 기상단 27개 관측소의 위치를 나타낸 것이다.

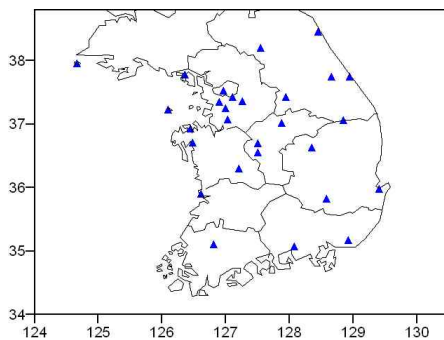


Fig. 1 안개 관측소 위치

#### 2.1.2 연구 방법

30년간의 안개 발생 특성을 분석하기 위해서

공군 27개 관측소를 대상으로 최근 30년, 최근 10년, 최근 5년간의 안개 발생 일수와 안개 지속 시간을 분석했다. 또한 항공 기상에서 사용하는 VFR(Visual Flight Rules, 시계비행규칙) 기준인 시정 3mile과 IFR(Instrument Flight Rules, 계기비행규칙) 기준인 시정 1mile에 따라 분석했다.

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 해안 지역과 내륙 지역으로 안개 발생 특성을 구분할 수 있다. 동해안 지역은 수온전선대가 형성되어 대기-해양 상호 작용이 활발(안중배와 이해진[9])하고, 수온전선대 위로 동풍 계열의 바람에 의한 온난 이류가 있을 때 안개가 잘 발생한다. 서해안 지역은 남~남서풍 계열의 4% 미만의 바람이 불 때 이류안개가 주로 나타나고 안개 발생 빈도가 높다(허기영과 하경자[10]). 결국 동해안과 서해안 지역에서 발생하는 안개는 주로 이류안개의 형태로, 내륙 지역은 주로 복사안개에 의한 복사안개가 많이 발생하고 있다. 이러한 특성을 바탕으로 해안과 내륙 지역으로 구분했으며, 해안 지역의 대표적인 공항을 강릉 공항으로, 내륙 지역은 대구 공항으로 선정하여, 안개 예보에 주요한 요소를 분석하여 안개 예보 가이던스를 만들었다.

### 2.2 우리나라 안개 발생 특성

#### 2.2.1 연평균 안개 발생 특성

공군 27개 관측소 자료의 3mile 미만 연평균 안개일수를 보면, 30년 평균('82~'11) 안개일수는 110.2일, 10년 평균('02~'11)은 104.1일, 5년 평균('07~'11)은 103.8일로 점차 감소하는 경향을 보였다. 서울 경기 및 강원도 등 중부 지역의 안개 일수가 남부 지역에 비해 많았는데(Fig. 2), 이는 주로 중부 지역에 대성산, 황병산 등 산악 지역으로 관측소의 영향이라고 생각된다. 최근 5년과 최근 30년 평균 안개일수의 차이를 보면, 강원도 지역과 남서해안 지역으로 안개일수가 증가했으며, 남동해안 지역과 경기 지역으로 많이 감소했음을 알 수 있다. 1mile 미만 안개일수를 보면, 30년 평균 안개일수는 57.3일, 10년 평균은 53.5일, 5년 평균은 54.2일로 감소하는 경향을 보였다. 서울 경기 및 강원도 등 중부 지역의 안개일수가 남부 지역에 비해 많아(Fig. 3), 3mile 미만 안개일수와 비슷한 패턴을 보였다. 최근 5년 평균과 최근 30년 평균 안개일수의 차이를 보면 경기 북부 지역과 강원도 지역으로 안개일수가 증가하는 등 전체적으로 3mile 미만 안개일수의 경우와 비슷한 패턴을 보였다.

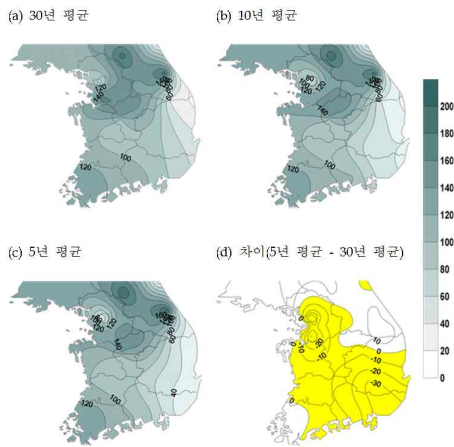


Fig. 2 3mile 미만 안개일수 (a) 30년('82~'11) 평균, (b) 10년('02~'11) 평균 (c) 5년('07~'11) 평균.

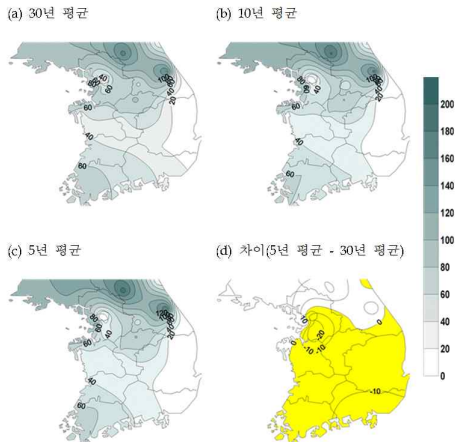


Fig. 3 1mile 미만 안개일수 (a) 30년('82~'11) 평균, (b) 10년('02~'11) 평균 (c) 5년('07~'11) 평균.

2.2.2 공군 공항별 안개 발생 경향

공군에서 운영하는 공항은 총 14개 공항으로, Table 1은 각 공항에 대한 최근 5년 평균 안개일수와 안개 지속 시간을 보인 것이다. 공군 공항 전체 평균을 보면, 3mile 미만 안개일수는 101.0일, 1mile 미만 안개일수는 38.1일로 분석되었다. 우리나라 중부 지역과 서해안 지역으로 안개일수가 많은 지역으로 나타났으며, 남부와 강릉 지역은 상대적으로 적은 것으로 분석되었다.

3mile 미만 안개 지속 시간은 평균 567.7시간/

연(1.6시간/일), 1mile 미만 안개 지속 시간은 143.5시간/연(0.4시간/일)으로 3mile 미만 지속 시간 대비 25.3%를 차지했다. 안개일수와 같이 우리나라 중부 지역과 서해안 지역으로 안개 지속 시간이 긴 지역으로, 남부와 강릉 지역은 지속 시간이 상대적으로 짧은 것으로 분석되었다.

Table 1 5년 평균('07~'11) 공항 별 3mile과 1mile 미만 안개일수와 안개지속시간

	안개일수		안개 지속 시간	
	3mile 미만	1mile 미만	3mile 미만	1mile 미만
강릉	48.4	14.2	187.8	37.2
원주	125.4	53.2	733.0	209.0
서울	71.4	10.4	347.8	28.0
수원	122.4	28.2	672.4	104.0
오산	123.2	37.2	756.6	146.0
충원	160.6	82.0	1,036.8	328.6
서산	120.2	38.4	839.8	156.0
청주	144.2	61.6	904.6	257.6
예천	92.8	47.0	450.6	166.6
군산	101.6	42.4	647.0	214.6
대구	46.4	11.0	161.8	26.6
김해	34.8	9.6	151.2	22.8
광주	128.8	62.6	655.0	206.8
사천	93.8	35.0	403.4	105.2
평균	101.0	38.1	567.7	143.5

Table 2는 공군 공항 별 안개일수와 안개 지속 시간의 30년간의 추세선의 기울기를 보인 것이다. 공군 공항 전체 평균을 보면, 3mile 미만 안개일수는 1.24일/년, 1mile 미만 안개일수는 0.98일/년의 비율로 감소했다. 3mile 미만 안개일수 기울기의 절대값이 1mile 미만 안개일수보다 크다는 것은 전반적으로 안개일수는 감소하는 경향을 보여, 안개가 발생하면, 1mile 미만까지 시정이 약화될 가능성이 증가함을 의미한다.

3mile 미만 안개일수가 증가한 곳은 원주, 충원, 서산 공항이며, 크게 감소한 지역은 서울, 수원, 대구, 김해 공항이다. 1mile 미만 안개일수가 증가한 곳은 서산 공항이며, 크게 감소한 지역은 서울, 수원, 오산 공항이다. 안개일수로 보면, 서울, 수원, 대구, 김해 공항 등 대도시 인근 지역으로 안개일수가 크게 감소하는 양상을 보이고, 서산 등 서해안 지역으로 안개 발생이 비슷하거나 증가하는 양상을 보인다.

**Table 2 30년('82~'11) 간 공항 별 3mile과 1mile 미만 안개일수와 안개지속시간 추세선 기울기**

	안개일수		안개 지속 시간	
	3mile 미만	1mile 미만	3mile 미만	1mile 미만
강릉	-0.79	-0.43	-4.05	-1.21
원주	0.44	-0.69	12.71	-1.12
서울	-3.46	-2.35	-17.48	-8.37
수원	-2.25	-1.96	-9.72	-8.23
오산	-1.93	-1.42	-3.23	-5.72
중원	0.19	-0.72	8.65	-2.41
서산	0.40	0.08	17.00	1.47
청주	-0.13	-1.07	4.32	-3.92
예천	-1.40	-0.91	-4.47	-2.90
군산	-0.17	-0.10	8.01	2.54
대구	-4.30	-1.04	-20.60	-3.30
김해	-2.43	-1.23	-12.87	-4.17
광주	-0.84	-0.72	-0.59	-3.80
사천	-0.67	-1.17	-0.67	-3.33
평균	<b>-1.24</b>	<b>-0.98</b>	<b>-1.64</b>	<b>-3.18</b>

안개 지속 시간을 분석 시, 3mile 미만 안개 지속 시간은 1.64h/year, 1mile 미만 안개 지속 시간은 3.18h/year의 비율로 감소함을 알 수 있다. 3mile 미만 안개 지속 시간이 증가한 곳은 원주, 중원, 서산, 청주, 군산 공항이며, 크게 감소한 지역은 서울, 대구, 김해 공항이다. 1mile 미만 안개 지속 시간이 증가한 곳은 서산과 군산 공항이며, 크게 감소한 지역은 서울, 수원, 오산 공항이다. 안개 지속 시간으로 보면, 서울, 수원, 대구, 김해 공항 등 대도시 인근 지역으로 안개 지속 시간이 크게 감소하고, 서산, 군산 등 서해안 지역으로 안개 지속 시간이 증가하는 양상을 보인다.

안개일수와 안개 지속 시간 분석 결과를 종합하면, 전체적으로 안개일수와 안개 지속 시간이 감소하는 경향을 보이고 있으며, 서울, 수원, 오산, 대구, 김해 공항 등 대도시 인근 지역은 안개 일수와 안개 지속 시간 모두 크게 감소하는 것으로 분석되는데, 이는 손희정[7]에서 제시한 것과 같이, 오염 물질의 배출량의 단축 및 저공해 사업 추진에 따른 오염물질 농도 감소가 중요한 요인이라 판단된다. 또한, 서산, 군산 공항에서 보이는 안개일수나 안개 지속 시간의 증가 경향은 기온의 상승이나 해수면온도의 하강 등으로 생긴 해수면온도와 기온차이의 증대에 따른 해무의 영향이 증가한 것으로 판단된다.

### 2.3 안개 예보 가이드스

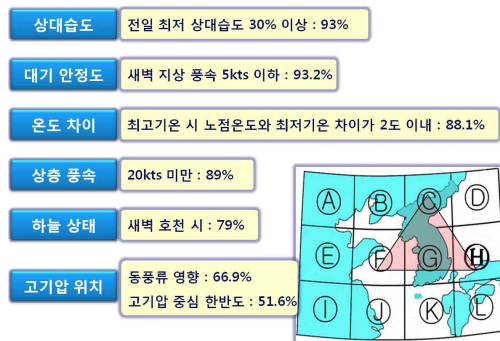
#### 2.3.1 대구 공항 안개 예보 가이드스

분지에 위치하고 하천에 인접한 대구 공항은 복사무와 이류된 안개로 인하여 시정 장애를 일으키는 경우가 대부분이다. 대구는 삼면이 산악으로 둘러싸여 있으며, 낙동강 본류와 금호강이 대구 시가지를 흐르고 있고, 남동쪽으로 안심습지 및 호수와 인공 저수지들이 위치하여 증발안개 형성의 최적의 조건을 갖추고 있다. 이런 특성으로 대구 공항은 큰 일교차와 심한 야간 복사냉각이라는 전형적인 내륙 지형 안개 특성을 보여 복사안개의 발생 조건이 매우 양호하다.

##### 2.3.1.1 대구 공항 안개 예보 인자 선정 및 분석

대구 공항은 복사안개가 발생하는 대표적인 내륙 공항으로, 예보 가이드스를 위한 예보인자는 복사안개 특성에 맞는 전일 최저 상대습도, 새벽 하늘상태, 최고 온도 시 노점 온도와 안개 일 최저 온도 차이, 상층 풍속, 대기 안정도, 고기압 중심위치로 선정했다.

대구 공항 안개 예보 인자에 대한 분석 결과를 Fig. 4에 나타내었다.



**Fig. 4 대구 공항 안개 예보 인자 선정 및 분석 결과**

전일 최저 상대습도 분석 시, 3mile 미만의 복사안개가 발생한 날은 전체의 93%를 차지하였으며, 1mile 미만 경우는 상대습도 40%이상일 경우 많이 발생하였다. 새벽 하늘 상태는 전체의 79%가 새벽 호천 상태일 때 안개가 발생했으며, 최고 온도 시 노점 온도와 최저 온도의 차이는 전체의 88.1%가 최고기온 시 노점온과 안개일 최저기온차가 2℃ 이내일 때 안개가 형성되었으나, 3℃ 이상만 차이가 나는 경우도 11.9% 발생했다. 상층풍속은 20kts 이하에서 전체 발생 건수의 약

89%, 15kts 이하에서 약 74%가 나타났다. 특히 1mile 미만의 경우 약 81%가 상층풍속 15kts 이하에서 발생했다. 대기안정도에서는 새벽 지상 풍속이 5kts 이하에서 전체 발생의 93.2%가 나타났다. 1mile 미만의 경우 풍속 5kts 이하에서 97%가 발생했다. 고기압 중심이 동해, 서해안, 한반도 내에 위치할 때, 66.9% 발생했고, 1mile 미만의 한반도 내에 위치할 때 51.6%를 차지했다. 따라서 한반도로 동풍류가 유입되거나 고기압 중심이 한반도에 위치하여 풍속이 5kts 미만 일 때 안개 발생이 빈번한 것으로 분석되었다.

### 2.3.1.2 대구 공항 안개 예보 가이드스

위에서 분석한 대구 공항 예보 인자의 결과를 정리하여 구한 안개 예보 가이드스는 다음과 같다(Fig. 5).

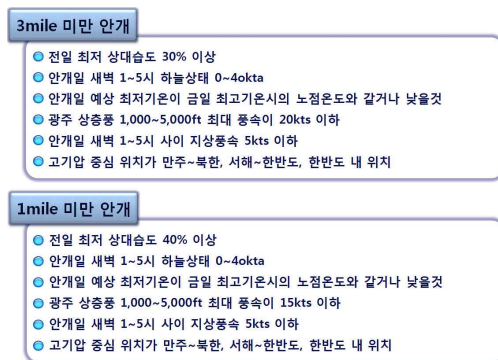


Fig. 5 대구 공항 안개 예보 가이드스

대구 공항 3mile(1mile) 미만 안개는 전일 최저 상대습도가 30%(40%) 이상, 안개일 새벽 1시~5시 하늘상태는 CLR 내지 SCT, 안개일 예상 최저기온이 금일 최고기온시의 노점온도와 같거나 낮을 것, 광주 상층풍 1,000~5,000ft 최대 풍속이 20kts(15kts) 이하, 안개일 새벽 1시~5시 지상풍속이 5kts 이하, 고기압 중심 위치가 만주~북한, 서해상~한반도, 동해, 한반도에 위치할 때에 발생 확률이 매우 높아진다.

### 2.3.2 강릉 공항 안개 예보 가이드스

영동 지역에 위치한 강릉 공항은 동해안에 인접하여, 공항 지역에서 생성된 복사안개보다는 동해상에서 발생하여 유입되는 해무의 영향을 주로 많이 받는다. 동해안 지역은 수온전선대가 형성되어 대기-해양 상호 작용이 활발(안중배와 이

해진[9])하고, 수온전선대 위로 동풍 계열의 바람에 의한 온난 이류가 있을 때 안개가 잘 발생한다. 즉, 강릉 공항의 안개 분석을 위해서는 일반적인 기상 요소 외에도 해상 상태에 대한 분석이 필요하여 강릉 인근 목호의 해수면 온도 자료와 해류도 자료를 추가적으로 분석했다.

#### 2.3.2.1 강릉 공항 안개 예보 인자 선정 및 분석

강릉 공항은 해무의 영향을 받는 대표적인 해안 공항으로, 안개 예보 인자로 종관 기압 패턴, 강릉 동해안 지역의 해수면온도(SST, Sea Surface Temperature) 상태, 동해상의 850hPa 온도선 분포, SST와 850hPa, 925hPa, 지상 기온과 온도 차이, 지상 풍속, 동해 해류를 선정했다. 강릉 공항 안개 분석을 위해 해무 발생에 영향을 미치는 기압 패턴을 저기압 영향, 고기압 영향, 오후츠크해 고기압 영향으로 나눌 수 있다(Fig. 6).



Fig. 6 기압 패턴 별 강릉 공항 해무 특성

저기압 영향은 강릉 공항 해무의 약 33%를 차지하며, 우리나라 북쪽으로 기압골이 지나가는 북쪽골 형태에서, 동해상으로 850hPa 온도선 분석 시 온도능이 위치할 때 많이 발생하였다.

고기압 영향의 경우는 전체의 약 24%를 차지하며, 우리나라에 고기압이 동서로 위치한 동서 형태에서, 동해상으로 850hPa 온도선의 온도능이 위치할 때 많이 발생하였다.

오후츠크해 고기압 영향 경우는 전체의 43%로 가장 높은 발생 비중을 보인 경우로, 오후츠크해 고기압 영향에서 동해상으로 850hPa 온도선의 온도골이 위치할 때 많이 발생했다.

해수면 온도와 상층 온도와의 차이를 분석하면, 850hPa 기온이 해수온도보다 평균적으로 2.5℃ 더 낮고, 925hPa 기온이 해수온도보다 평균

적으로 0.5℃ 높으며, 지상기온이 해수면온도보다 0.8℃ 높은 것으로 분석되었다. 지상 바람 분석 시, 해무는 북서~북동풍 계열이나 남동풍 계열의 바람이 평균 3.2kts 정도 불 때, 발생하는 것으로 분석되었다. 해무 발생 시에 해류를 분석하면, 5월~6월 사이에는 강릉 동해상에 북한한류의 영향을 받으며, 7월은 강릉 동해상에 동한한류와 북한한류가 만나고, 8월에는 동해상에 동한한류가 약화되는 형태를 보였다.

2.3.2.2 강릉 공항 안개 예보 가이드스

위에서 분석한 강릉 공항 예보 인자의 결과를 정리하여, 알고리즘화하여 구한 안개 예보 가이드스는 다음과 같다(Fig. 7).



Fig. 7 강릉 공항 안개 예보 가이드스

이 알고리즘은 강릉 공항 해무 발생과 기상 및 해양 인자 간의 분석 결과에서 도출된 것으로, 먼저 기압 패턴을 분류하고, 강릉 동해상 해수면온도와 850hPa 온도선의 모양을 확인한다. 다음으로 해수면온도와 최저기온, 지상기온, 925hPa 기온과의 차이, 풍속과 상대습도를 구한 다음, 위 가이드스(Fig. 7)의 가중치와 계산식을 사용하여 해무 발생 가능성을 계산한다.

III. 결 론

본 연구는 공군 공항의 관측 자료를 활용하여 안개의 장기 변동 경향을 살펴보고, 안개 예보에 대한 하나의 가이드스를 제공하여 현업 예보에 사용할 수 있는 기반을 마련하기 위한 것이다.

공군 자료를 분석한 결과, 최근 30년 동안 전

국 평균 3mile 미만, 1mile 미만 안개일수 변화 경향은 감소하는 경향을 보이는 가운데, 3mile 미만 안개일수는 1.24day/year, 1mile 미만 안개일수는 0.98day/year의 비율로 감소했으며, 안개 지속 시간은 3mile 미만은 1.64h/year, 1mile 미만은 3.18h/year의 비율로 감소함을 알 수 있다.

이러한 안개 특성을 고려하여, 안개 예보 가이드스 작성을 위해 대표적인 내륙 공항으로 대구를 선정했고, 해안 공항은 강릉 공항을 선정했다. 대구 공항의 안개 예보 시 중요한 인자는 전일 최저 상대습도, 안개일 하늘 상태, 고기압 중심의 위치였으며, 선정된 인자와 안개와의 관계를 분석하여 대구 공항 안개 예보 가이드스를 제시했다. 대표적인 해안 공항인 강릉 공항은 기압 패턴, 강릉 동쪽 동해상의 해수면 온도, 850hPa 온도선의 모양, 해수면온도와 지상~상층까지 온도차이와 풍속, 상대습도가 주요 안개 예보 인자로 선정되었으며, 이를 분석하고 종합하여 안개 예보 알고리즘을 제시했다.

참고문헌

- [1] 김광식, 1992: 기상학사전, 향문사, 341pp.
- [2] 임헌호, 김동혁, 송기욱, 2005: 인천국제공항에서의 운항을 통해서 살펴본 안개예측의 중요성, 한국항공운항학회지, 13, 4.
- [3] 박종길, 정우식, 이중우, 최효진, 권태순, 백중호, 2007: 인천국제공항 안개사례를 통한 경제적 피해 규모분석, 한국항공운항학회지, 15, 2.
- [4] 전종갑, 이은정, 류승아, 유수현, 1998: 우리나라 지역별 안개 발생 특성과 대기 오염물질 농도와의 관계. 한국기상학회지, 34, 3.
- [5] 허인혜, 이승호, 1998: 한국의 안개 분포와 특성. 한국지리환경교육학회지, 71-85.
- [6] 변희룡, 이동규, 이화운, 1997: 동해 및 그 주변에서 발생하는 해무의 특성과 예측 가능성 조사. 한국기상학회지, 33, 41-62.
- [7] 손희정, 2010: 우리나라 안개 발생의 장기 변동 특성 분석. 공주대학교 석사학위 논문. 45pp.
- [8] 김영철, 한경근, 2006: 봄철 서해안 해무의 수치예보, 한국항공운항학회지, 14, 4.
- [9] 안중배, 이해진, 2000: 중규모 해양모형을 이용한 한반도 주변 해역 해양순환 재현. 한국해양학회지 바다, 5, 186-194.
- [10] 허기영, 하경자, 2004: 한반도 연안 안개의 발생과 연관된 중관 기압계 분류. 한국기상학회지, 40, 5, 541-556.