

## 도로상 위험안개의 특징분석 및 발생지표의 개발\*

조 혜 진\*\*

### Analysis of Hazardous Fog and Index Development in Korea\*

Hye-Jin Cho\*\*

**요약** : 기존의 국내에서 안개 관련된 연구는 안개 자체에 대한 연구와 안개의 지역적인 분포에 대한 연구가 그 주류를 이루어 왔다. 본 연구는 도로상에서 시정을 저하시켜서 안전한 운행에 지장을 주고 교통—사고를 유발시킬 수 있는 안개를 도로위험안개로 정의하고 그 위험정도를 정량적으로 나타낼 수 있는 위험안개 발생지표를 개발하였다. 이 지표는 안전운행에 영향을 주고 사고를 유발시킬 수 있는 다양한 사항, 즉 안개의 발생빈도를 나타내는 안개발생일수, 안개의 지속시간, 시정거리 등을 고려하여 개발되었으며 개발된 지표에 근거하여 국내의 위험안개발생지역의 분포와 그 위험정도를 파악할 수 있었다. 본 연구는 한국의 안개특성을 고려하여서 위험정도를 정량화하고 가중치를 개발한 국내 최초의 연구라는 점에서 의의가 있고 개발된 지표에 근거한 위험지역의 안전관리 대상 선정과 그에 대한 안전시설물의 설치, 사고위험지점의 원인분석 및 그에 대한 대처방안 등을 수립하는데 유용한 자료로 사용될 수 있다. 더 나아가, 외국의 경우와 같이 도로의 노선선정시 위험안개발생지표가 높은 지역에 대해서는 노선의 변경 또는 노선선택 후 그에 대한 대책수립과 같은 적극적인 안전관리가 가능하다.

**주요어** : 안개, 시정, 안개다발지역, 도로위험안개

**Abstract** : The existing researches related to the fog have focused on mainly the fog itself and its spatial variation. This study defined the hazardous fog as the fog with visibility under 500 m which caused the severe dangerous situation on roads and might cause traffic accident due to insufficient visibility. This study aimed to develop the hazardous fog index which quantified the degree of danger and included frequency of fog, visibility and its duration. We applied the index to 3 years weather station data in Korea and the results showed the distribution of the hazardous fog and their priority in terms of safety management. This was the first study that introduced the fog index in Korea and that quantified the degree of hazardous fog. These application results were useful for identifying the dangerous area due to hazardous fog and contributing to ensure the safety of eventual road users and road authorities.

**Key Words** : Fog, Traffic Accident, Hazardous Index, Visibility

### 1. 서론

교통사고를 유발시키는 기상 관련 요소는 폭우, 폭설, 짙은 안개, 강풍 등 다양하다. 교통사고통계에 따르면 안개가 있을 때 발생한 교통사고는 전체 사고의 0.3%으로 맑은 날의 사고(87.9%)에 비해 매우 적지만 안개가 발생했을 때 사고의 치사율은 11.2%로 맑은 날의 치사율(3.3%)의 3배 이상

이고 비오는 날 4.1%, 눈오는 날 4.2%에 비해서 매우 높은 값이다 (경찰청, 2001)<sup>1)</sup>. 또한 안개가 발생했을 때 교통사고는 단위사고의 피해차량대수가 기하급수적으로 증가하기 때문에 사회적, 경제적 손실 또한 매우 크다(Nilsson & Alam, 1996)<sup>2)</sup>.

안개가 교통사고를 유발시키는 원인을 살펴보면 운전자의 시거<sup>3)</sup>와 밀접한 관련이 있다. 짙은 안개가 발생하게 되면 돌발상황이 발생하였을 때 도로

\* 본 연구는 2001년 건설교통부 산학연 연구개발사업으로 선정되어 연구비를 지원받음.

\*\* 고려대학교 사범대학 지리교육학과 겸임교수, 한국건설기술연구원 도로연구부 선임연구원(Visiting Lecturer, Department of Geography Education, Korea University, Senior Researcher, Highway Research Department, Korea Institute of Construction Technology), hjcho@kict.re.kr

를 주행하던 차량이 안전하게 정지하기 위해서 필요한 최소 정지거리가 증가하게 되나 안개로 인한 시정이 나빠지게 되어서 사고발생확률이 높은 것이다. 또한 안전한 시거가 확보되지 않기 때문에 단독사고 발생 후 뒤따르던 차량이 전방을 확인하지 못한 상황에서 연쇄 충돌하게 되어 사고가 대형화된다.

이러한 안개에 대한 기존 국내 연구를 살펴보면, 안개 자체에 대한 연구, 즉 안개의 발생 원인, 안개의 유형 및 안개의 발생패턴 등과 안개의 지역적인 분포에 대한 연구가 그 주류를 이루어 왔고 교통사고 같은 위험을 초래하는 잠재적인 요소로 인식한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 일반적인 안개라는 개념과는 별도로 도로상에서 시정을 저하시켜서 안전한 운행에 지장을 주고 교통사고를 유발시킬 수 있는 안개를 도로위험안개로 정의한 후 위험정도를 정량적으로 나타낼 수 있는 위험안개 발생지표를 개발하였다. 또한 위험안개의 발생분포를 분석하여 활용하는 방안을 제시하였다.

## 2. 문헌연구

기존 안개와 관련된 문헌을 고찰하면, 국내 최초의 안개발생지역 관련 연구인 김성삼·이래영(1970)은 우리나라 지역별로 안개구역을 설정하였는데 전국의 관측소에서 1931~1960년 동안 관측한 안개 발생일수의 분포를 월별로 조사분석하고, 안개 지속시간과 발생시각을 분석 및 평가하였다. 또 지형 및 해류의 특성과 안개 발생원인을 감안하여 우리나라의 안개기후구를 크게 근해 다무지구, 남부 다무지구, 중부 다무지구, 남한동해안 과무지구, 관서 및 황해도 다무지구, 압록강유역 특이지구, 북한동해안 다무지구, 내륙 과무지구 등 8개 지역으로 설정하였다. 민경덕(1976)은 안개구역을 세분하여 고속도로상의 안개특성에 근거한 안개구역설정과 원인을 고찰했는데 1931~1960년 혹은 지점에 따라 1966~1975년의 자료를 이용하여 경부고속도로상의 안개 발생일수의 분포, 안개 발생시각 및 지속시간과 안개 강도 등을 밝혀 안개구역을 설정하였다. 허인혜(1997)는 1961~1990년의 평균 안개 발생일수, 안개지속시간의 자료를 가지고 공간적인

안개 분포 특성을 파악하고, 이에 근거해서 안개지역을 내륙지방, 서해안 인접지역, 대관령지역, 남·동해안 인접지역 등 4개로 구분하여, 각 지역별 안개의 특성을 파악하였다. 이처럼 우리나라에서의 안개발생과 관련한 연구는 대부분 일반적인 안개의 분류와 그 지역적 분포에 초점을 두어왔다. 본 연구에서는 안개의 일반적인 패턴과 더불어서 안개가 발생하는 지점에 따른 시정패턴과 안개의 시작시각, 소산시각 등의 패턴을 분석하여서 개별지점의 안개의 특성과 안개의 변화특성을 연구하고 이러한 안개의 위험정도를 지표화하여 안전관리가 필요한 지역을 선정할 수 있는 연구는 전무한 형편이다.

한편, 외국의 경우에도 안개지수를 개발한 사례는 매우 적으나 Chandler(1965)는 주어진 지역에서의 짙은 복사안개의 발생가능성을 예측하기 위하여 안개 잠재지수모형을 개발하였다. 개발한 안개 잠재지수  $I_p$ 는 주어진 위치에서 다양한 지역, 환경적인 요인으로 인해서 짙은 복사 안개에 대한 발생가능성을 예측하는 것으로 짙은 안개로 사고가 발생하고 시정이 악화되는 정확한 위치를 확인하는데 사용하였다. 안개 잠재지수  $I_p$ 는 다음식으로 구성된다.  $I_p$ 는 0에서 100까지의 값을 가지고 지수값은 상대적인 값으로 지점간 지수값의 상대비교가 가능하다.  $I_p$ 의 개별변수는 각각 그 중요성에 따라서 가중치가 주어져야 한다.

$$I_p = f(d_w, t_p, s_p, e_p) \quad \text{식 (1)}$$

$d_w$ : 주어진 지점 p에서 호수나 강 그 밖의 수분 공급원까지의 거리

$t_p$ : 지점 p의 지형학적인 특성함수

$s_p$ : 지점 p에서 도로의 형태 및 도로의 지형 특성 함수

$e_p$ : 지점 p에서 복사무를 형성하는데 영향을 미칠 수 있는 환경적인 고려요인의 함수

이 모형은 영국의 Stoke-Derby 연결도로의 안개 black spots 예측 프로젝트와 런던 외곽순환도로 M25의 두 대안 지역에 복사안개의 가능성을 예측하는데 사용되었다. 또한 Kirkhamgate와 Dishforth 사이의 Yorkshire에 M1의 제안된 구간에서 선택된 교통축과 노선의 안개 문제를 조사하고 예측하기 위해서 사용되었다(Perry and Symons, 1991). 안개

조혜진

잠재지수는 짙은 복사무의 공간적인 변이를 예측하기 위해 정량화된 지표를 사용한 첫 시도였다. 안개잠재지수값은 특정위치에서 짙은 복사무가 발생할 수 있는 개략적인 예측치를 제공해 주었다. 그러나, 이러한 안개잠재 지수값은 반드시 현장실험을 통한 시정측정값과 비교분석을 통해서 검증이 되어야 한다. 또한 복사무는 발생자체가 지형적인 특성에 의해서 좌우되기 때문에 장기간 동안 대상구간의 시정관측 자료를 가지고 안개잠재지수 모형을 정산하는 것이 필요하다.

위의 안개잠재지수는 짙은 복사무가 발생할 수 있는 가능성, 즉, 수분공급원까지의 거리, 지형학적인 특성, 도로의 형태, 환경적인 특성만을 고려하였다. 그러나, 본 연구에서 초점을 두고 있는 위험안개발생지표는 안개의 발생가능성을 예측하는 것보다는 도로에 위험을 초래할 수 있는 안개, 즉, 시정을 감소시키는 짙은 안개가 장시간 지속되는지에 관심이 있다. 본 연구에서는 안개잠재지수 예측 모형의 기본적인 틀에 기초하여서 위험안개발생지표를 개발하기로 한다.

### 3. 자료수집

본 절에서는 안개를 측정하는 방법과 안개의 측정단위를 설명하고 그에 대한 분류방법에 대해서 간략히 소개한다. 먼저 본 연구에서 분류하고자 하는 안개의 종류와 이러한 안개자료를 수집하기 위한 과정을 설명한다.

#### 1) 안개의 관측 및 분류

안개는 대기현상으로 그 측정방법에는 일반적으로 사람의 눈으로 직접 관측하는 방법과 시정계를 이용한 방법이 있다. 목적은 눈높이(지상 1.5 m 정도)에서 수평방향으로 목표물을 선정하고 전 방향의 시정 중 목표물의 밝기 및 형태가 구별이 가능한 최소의 시정을 기록하는 것이다. 시정계의 측정은 배경의 밝기와 목표의 밝기와의 비를 구하는 것과 대기의 불투명도 또는 투과율을 측정하여 시정으로 환산하는 두 가지 방법이 있다(김광식, 1992). 위의 방법 모두 안개를 정량적으로 기술하기 위하여 시정을 사용한다는 점에서는 동일하다.

표 1. 시정에 따른 안개의 국제 분류

시 정	설 명
≤ 40m	Dense fog
40-200m	Thick fog
200-1000m	Fog
1-2km	Mist(박무)
2-4km	Haze(연무)
4-10km	Poor visibility
10-40km	Good visibility
≥40km	Excellent visibility

출처: Perry and Symons, 1991.

우리나라의 기상청에서 수행하는 기상관측은 크게 지상기상관측과 고층기상관측으로 나뉘며 지상 기상관측은 유인기상관측과 자동기상관측으로 분류된다. 안개는 목적에 의해 자료를 수집하므로 유인기상관측소의 관측항목이다. 우리나라의 유인기상관측소는 전국에 73개 지점이 있으며 관측내용은, 기압, 기온, 습도, 강수량, 바람, 하늘상태, 증발량, 일사량 등이고 3시간마다 시정을 관측한다.

이러한 안개는 시정에 따른 분류와 생성조건 및 원인에 따른 분류 등으로 나눌 수 있는데, 본 연구에서는 연구 목적상 시정에 따른 분류만을 소개하도록 한다. 시정에 따른 안개의 국제 분류는 표 1과 같다. 이중 시정 200m 이하의 Thick fog와 Dense fog는 도로 이용자의 안전에 영향을 미치는 안개이다.

#### 2) 안개 자료수집

본 연구에 필요한 안개관련 자료는 안개발생 지점별 안개발생일수, 발생시각 및 소산시각, 지속시간, 시정 등이다. 일반적으로 기상 월보나 기상 연보에 보고되는 안개관련 자료는 안개 강도, 즉 시정에 대한 정보는 없고 발생일수와 지속시간 정보만 포함되어 있다. 또한 기상 월보나 기상 연보에 보고되는 안개관련 자료는 실제 각 유인 정구관측소에서 관측자가 직접 입력한 자료와 안개 지속시간에서 약간의 차이를 보이는 문제점도 내재해 기상 월보나 기상 연보에 제시되어 있는 자료 대신에 3년간 기록된 기상청 기후 데이터베이스(1998~2000년)의 '대기현상의 기사자료'를 추출하여 이용하였다. 이 자료는 전국 72개소의 유인관측소에

**현상별 전국기사란 출력**

1998년 1월 11일 ~ 1월 31일 검색현상: ≡ ≡

지점	날짜	기사란	현상부호
100	1998/1/11	*-#0035-# 0300-# 0500-#0850-# 0900-# 1200-# 1500-# 1800-# 2100-# 2400-# # 0300-# 0600-# # 0620-# 0900-# 1200-# 1500-# 1800-# 2100-# 2400-	A.M. *#≡≡≡≡≡≡ P.M. #≡≡≡≡≡≡
114	1998/1/11	-#-#0120-#0155-#0220-# 0235-# 0300-# 0600-0840.	A.M. ≡≡≡≡≡ P.M. ≡
119	1998/1/11	-#-# 0110-#0505≡0225-# 0300-#0505≡0320-# 0520-# 0600-# 0900-0840. *2335-# 02400-	A.M. ≡≡≡≡≡ P.M. *
121	1998/1/11	-#-#0220≡0040-#0505≡0110-# 0150-# 0300-0420.	A.M. ≡≡≡≡≡ P.M. ≡
127	1998/1/11	-#-#0220≡0211-# 0300-# 0600-#0505≡0704-# 0732-# 0900-0933.	A.M. ≡≡≡≡≡ P.M. ≡
131	1998/1/11	-#-#0220≡0050-#0505≡0120-# 0200-# 0300-# 0600-# 0900-# 1200-1240. ●2230-● 2400-	A.M. ≡≡≡≡≡ P.M. ●≡≡
202	1998/1/11	-#-# 0300-#0505≡0450-#0505≡0570-# 0600-#0505≡0670-# 0625-0620.	A.M. ≡≡≡≡≡ P.M. ≡
203	1998/1/11	-#-#0505≡0240-# 0300-#0505≡0420-# 0530-# 0600-0720.	A.M. ≡≡≡≡≡ P.M. ≡
212	1998/1/11	-#0210-# 0230-# 0300-#0505≡0340-#0505≡0420-# 0450-0530.	A.M. ≡≡≡≡≡ P.M. ≡
221	1998/1/11	-#-#0505≡0055-# 0210-0232.	A.M. ≡≡≡≡≡ P.M. ≡

그림 1. Decode전 기상청 기후 D/B의 안개관련 Query 결과의 예

서 목측으로 3시간 간격으로 기록된 자료를 기상청에서 취합한 것으로 안개(≡)와 낮은 안개(≡)가 주기기록대상이다. 한편, 관측지점별 안개 발생일수 자료는 365일 중에서 실제 안개가 발생한 일수를 측정하여 기상청에서 제공한 자료를 그대로 사용하였다.

관측지점별 일별 안개 발생 및 소산시각 자료는 안개가 발생하여, 짙어졌다가 점차적으로 강도가 약해지면서 소산되는 시간사이에 일어난 기상현상을 일별로 관측한 자료이다. 이 자료는 기상청 정규 유인 기상관측소 (전국 72개소)에서 대기 현상의 관측자료를 기록하는 동시에 컴퓨터에 입력하여 중앙 기상청으로 여타의 관측 요소와 함께 바로 전송되고 있다. 그림 1은 이러한 자료들이 포함된 기상청의 기후자료 데이터베이스를 보여주고 있다.

#### 4. 안개특성분석

기존 안개로 인한 위험지역은 '안개다발지역', 또는 '안개 잦은 곳'이란 명칭으로 안개의 발생일

수에 근거해서 선정되었다. 그러나 이러한 안개다발지역은 안개의 발생일수, 즉 안개의 발생빈도에 대한 정보만을 제공할 뿐 실제 도로상에서 안전에 위협을 주는 위험정도를 파악하기가 어렵다. 본 절에서는 안개의 위험정도를 정량화하는 위험안개발생지표를 개발하기 위하여 우리나라의 3년간 (1998~2000) 자료를 바탕으로 안개의 발생일수, 시작시각 및 소산시각, 시정분포의 특성을 분석하고 이를 통하여 위험안개의 발생지표 개발에 필요한 기초자료를 마련한다.

##### 1) 안개 발생일수

기존에 안개다발지역의 선정기준으로 사용되었던 연평균 안개발생일수를 각 지점별로 정렬해서 발생일수 순위표를 작성하였다(표 2 참조). 대관령이 142일로 가장 빈번하고 충주 84일, 장수(67), 강화(65), 동두천(63), 영월(63), 부여(60), 양평(58), 춘천(57), 금산(55), 거창(54), 합천(53), 안동(53), 서귀포(52), 부안(52), 순천(52), 울릉도(50), 수원(50), 제천(50)의 순으로 평균 안개 발생일수가 50일 이상으로 나타났다. 계절별로 살펴보면 가을철

표 2. 연평균 안개발생일수 순위

순위	지점명	일수	순위	지점명	일수	순위	지점명	일수
1	대관령 (100)	142	17	인 제 (211)	45	34	영 주 (272)	22
2	충 주 (127)	84	17	원 주 (114)	45	34	영 덕 (277)	22
3	장 수 (248)	67	18	인 천 (112)	44	35	성산포 (265)	21
4	강 화 (201)	65	19	남 원 (247)	42	36	포 향 (138)	20
5	동두천 (98)	63	20	임 실 (244)	41	36	구 미 (279)	20
5	영 월 (121)	63	21	흑산도 (169)	40	37	목 포 (165)	19
6	부 여 (236)	60	21	태 백 (216)	40	37	제주고흥(185)	19
7	양 평 (202)	58	22	군 산 (140)	37	38	제 주 (184)	18
8	춘 천 (101)	57	23	보 은 (226)	36	38	울 진 (130)	18
9	금 산 (238)	55	24	정 읍 (245)	35	38	통 영 (162)	18
10	거 창 (284)	54	24	이 천 (203)	35	39	대 구 (143)	16
11	밀 양 (288)	53	25	영 천 (281)	33	39	문 경 (273)	16
11	안 동 (136)	53	26	여 수 (168)	32	39	거 제 (294)	16
12	서귀포 (189)	52	27	보 령 (235)	31	40	고 흥 (262)	15
12	순 천 (256)	52	27	청 주 (131)	31	41	광 주 (156)	14
12	부 안 (243)	52	28	의 성 (278)	28	42	속 초 (90)	13
13	제 천 (221)	50	29	춘 양 (271)	27	42	서 울 (108)	13
13	울릉도 (115)	50	30	산 청 (289)	26	43	동 해 (106)	11
13	수 원 (119)	50	30	대 전 (133)	26	43	부 산 (159)	11
14	장 흥 (260)	48	31	무 안 (164)	25	44	강 릉 (105)	10
15	철 원 (95)	47	31	천 안 (232)	25	45	마 산 (155)	7
15	서 산 (129)	47	32	추풍령 (135)	24	46	울 산 (152)	6
15	홍 천 (212)	47	32	해 남 (261)	24	37	남 해 (295)	5
16	진 주 (192)	46	33	완 도 (170)	23			
16	합 천 (285)	46	34	전 주 (146)	22			

그리고 여름철에 월별 3일 이상으로 발생일수가 높게 나타났으며, 월별 10일 이상 발생한 관측지점은 해안가보다는 대관령, 충주, 영월, 춘천, 철원, 동두천, 안동, 거창, 장수 등 내륙지역으로 나타났다. 전반적으로 강원도 지방(대관령, 철원, 춘천, 영월)에서 겨울철(1월, 2월 그리고 12월)을 제외하고는 월별로 가장 많은 안개 발생일수를 나타내고 있다. 겨울철의 경우는 경인지방(강화, 수원, 인천, 양평)에서 상대적으로 많은 안개 발생일수를 나타낸다.

2) 안개의 시작시각 및 소산시각

(1) 시작시각

안개는 발생일수 뿐만 아니라 언제 발생하고 언제 사라지는지가 도로안전에 영향을 주는 정도가

다르다. 따라서 안개의 시작시각 및 소산시각의 특성을 분석하였다. 지금부터의 모든 분석은 시정 500m 이하의 안개만을 그 분석대상으로 한다. 그 결과에 따르면 시정 500m이하의 안개는 5시에 20.1%, 6시에 23.7%이상이 발생하며, 오전 1시부터 9시까지 안개의 96.7%가 시작되는 것을 알 수 있다(그림 2 참조). 10시경부터 24시까지 안개가 시작되는 빈도가 3.3%이하로 아주 낮음을 알 수 있다. 빈도가 낮기는 하나 전 시간대에 걸쳐 안개가 발생하는 특성을 나타내고 있다. 전반적으로 안개는 시정과 관계없이 새벽녘부터 일출 전까지 대부분이 발생하며 새벽 6시경에 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다(그림 2, 3 참조). 특히, 시정 0~100m의 안개는 새벽 6시에 발생하는 빈도가 상

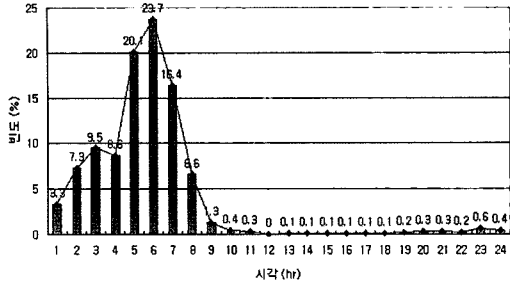


그림 2. 시정 500m 이하 안개의 시작시각분포

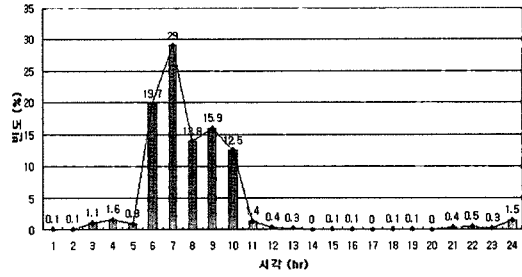


그림 5. 시정 500m 이하 안개의 소산시각 분포

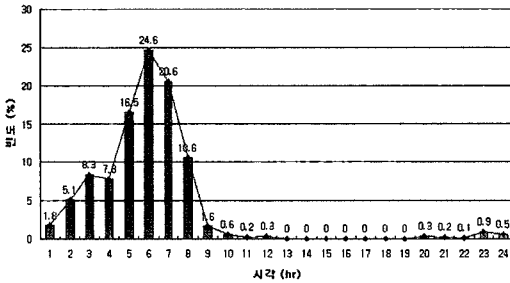


그림 3. 시정 100~200m 안개의 시작시각 분포

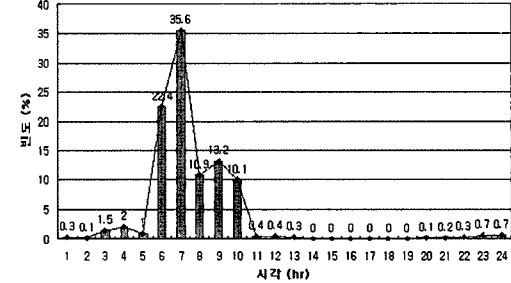


그림 6. 시정 100~200m 안개의 소산시각 분포

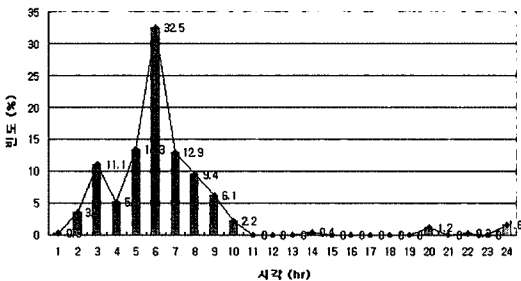


그림 4. 시정 100m이하 안개의 시작시각 분포

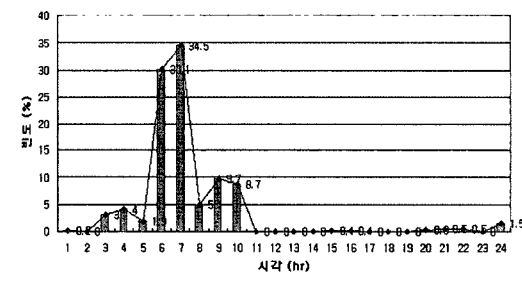


그림 7. 시정 100m이하 안개의 소산시각 분포

대적으로 다른 시정의 안개의 시작시각 빈도보다 높은 것으로 나타났다(그림 4 참조).

(2) 소산시각

안개의 소산시각 빈도분포를 분석한 결과(그림 6 참조) 대부분 6시~7시 사이에 안개가 소산하는 빈도가 가장 높고 전반적으로 일출후에 안개가 소산되기 시작하여 오전 10시경에 대부분의 안개가 소산되는 것으로 나타났다. 시정별 안개 소산시각의 특성을 비교하기 위하여 6~7시에 소산하는 안개의 분포를 비교하여 본 결과 시정이 짧아지면서

6~7시 사이에 안개가 소산하는 빈도가 증가하는 것을 알 수 있으며, 시정 100m 이하의 안개는 64% 이상이 그 시간대에 집중되어 소산하는 특성을 나타내고 있다(그림 7 참조). 시정이 낮은 안개일 경우 기타 다른 시정의 안개보다 그 소산시각이 6시에서 7시 사이에 집중 분포되어 있음을 알 수 있다(그림 6, 7 참조).

위의 시정 500m 이하의 안개의 발생시각 및 소산시각을 분석한 결과, 시정에 따라서 약간의 차이는 있으나 대체적으로 발생시각 및 소산시각의 패

조 해 진

턴이 유사한 것으로 나타났다. 따라서 시정과 발생 시각 및 소산시각보다는 안개의 발생패턴을 나타내는 안개의 지속시간이 시정과 어떤 상관관계를 가지는 지를 분석하여 보기로 한다.

### 3) 안개 지속시간

시정이 500m이하인 안개는 그림 8과 같이 지속 시간이 증가하면서 빈도수가 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 안개가 1시간 지속되는 경우가 30.8%로 가장 높고, 2, 3, 4시간 지속되는 경우는 각 10%이상 나타났다. 지속시간이 10시간이상인

경우는 전체의 1.6%에 지나지 않으나, 24시간 지속되는 안개가 발생하기도 한다. 시정이 100~200m인 안개가 1시간 지속되는 경우가 43%이상으로 가장 높고, 2, 3, 4시간 지속되는 경우는 10%이상 나타났다(그림 9 참조). 시정이 0~100m인 안개가 1시간 지속되는 경우가 68%이상으로 가장 높고, 2~5시간 지속되는 경우는 28%이상 나타났다(그림 10 참조). 지속시간이 6시간이상인 경우는 전체의 3%에 지나지 않았고 9시간 이상 지속되는 경우는 거의 없는 것으로 나타났다.

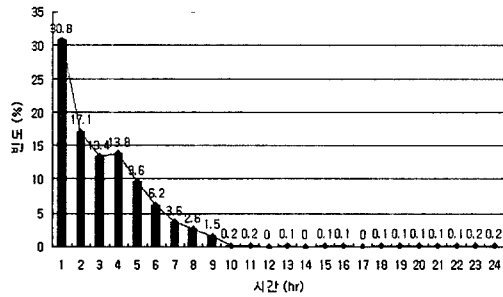


그림 8. 시정 500m이하 안개의 지속시간분포

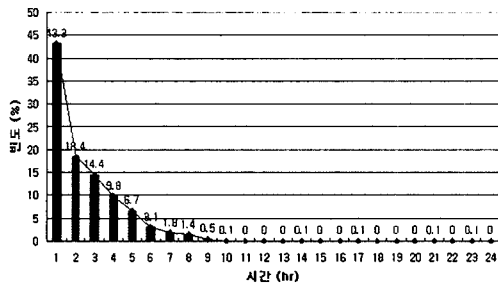


그림 9. 시정 100~200m 안개의 지속시간분포

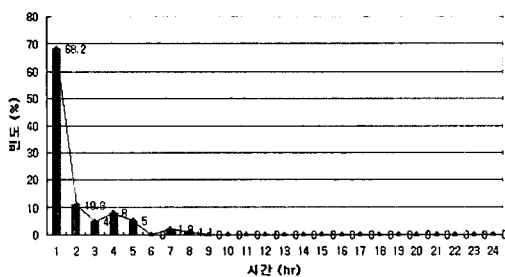


그림 10. 시정 100m이하 안개의 지속시간분포

## 5. 위험 안개 발생지표(Hazardous Fog Index: HFI) 개발

기존의 안개다발지역은 대부분 안개발생일수에 근거하여서 선정되었다. 그러나 안개의 발생이 도로상에서 안전에 위협을 주는 요소로 파악하기 위해서는 안개의 발생일수 뿐만 아니라 안개로 인한 시정거리의 감소, 안개의 발생시각, 소산시각, 지속시간 등 안전운행에 영향을 주고 사고를 유발시킬 수 있는 다양한 사항이 고려되어야 한다.

본 절에서는 안개발생일수, 지속시간, 시정거리 등 도로안전에 영향을 미치는 안개의 다양한 특성을 포함한 위험안개발생지표를 개발하고 이에 근거해서 안개다발지역 중 위험안개가 발생하여서 안전관리가 필요한 대상을 선정한다.

### 1) 위험 안개 발생지표 인자 선정

앞 절의 안개의 특성 분석에 근거해서 시정 악화로 인한 안개의 위험도를 객관적이고 정량적으로 산출하기 위한 기준으로 위험 안개 발생지표(Hazardous Fog Index: HFI)를 개발하였다. 먼저 위험 안개 발생지표의 인자로 안개발생일수(D)를 고려하였다. 안개발생일수는 안개발생빈도를 나타내는 가장 기본적인 인자이고 안개발생일수는 타 인자의 규모를 고려해서 정규화된 안개발생일수(O<sub>N</sub>)를 사용하였다. 안개 지속시간도 위험안개 발생지표 인자로 포함하였다. 위험안개는 발생일수 뿐만 아니라 언제 발생하고 언제 사라지느냐에 따라서 교통의 흐름과 도로안전에 영향을 주는 정도가 다르다. 이를 위해서 안개의 시작시간과 소산시

각의 특성을 분석하였으나, 안개의 시작시각과 소산시각은 안개의 농도, 즉 시정과는 무관하게 유사한 패턴을 가지는 것으로 나타나서 위험안개발생지표의 인자로는 포함하지 않았다. 따라서, 시정이 나쁜 안개가 단시간 지속될 때와 시정이 좋은 안개가 장시간 지속될 때 등 안개의 지속시간은 도로 운전자에게 미치는 영향이 다르기 때문에 안개의 지속시간의 분포를 위험안개발생지표의 인자로 포함하였다. 안개의 지속시간 분석에 따르면 안개의 지속시간은 대부분 1시간 정도로 나타났으며, 특히 시정이 100m 이하의 악 시정일 경우 1시간 지속되는 경우가 68.2%로 가장 높게 나타났다. 본 연구의 데이터의 특성분석에 따르면 안개의 농도가 짙어질수록 지속시간이 짧아지고 시정에 따른 지속시간의 분포패턴이 1, 4, 8시간을 전후로 변하고 8, 9시간을 전후로 빈도수가 급격하게 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 이러한 분포패턴에 근거해서 위험도의 산정시 안개 지속시간 가중치( $W_T$ )는 '8시간 이상 지속될 경우', '4시간 초과 8시간 이하 지속되는 경우'와 '1시간 초과 4시간 이하 지속되는 경우' 및 '1시간이하 지속될 경우의 네 단계로 분류하여서 가중치를 적용하였다.

마지막으로 안개 시정을 인자로 포함하였다. 안개의 시정은 위험안개를 판단할 수 있는 시정거리의 기준을 선정하기 위한 것으로 도로상의 설계속도에 의한 최소정지시거와 다양한 노면상태 및 도로등급에 따른 정지시거 기준에 근거하여 선정하였다. 본 연구에서는 해당 자료의 특성에 근거하여서 시정 가중치( $W_S$ ) 값을 결정하였다. 본 연구에서 사용한 자료의 시정기록은 50m 단위로 기록되어 있으나 500m 이하의 자료의 분포를 살펴본 결과 시정 400m (37.3%), 250m(1.3%), 150m(31.7%), 50m(29.7)로 시정의 분포가 특정값에 집중되어 있었다. 따라서, 선정기준의 시정별 가중치를 설정하는데 있어서 50, 150, 250, 400m을 기준으로 범위값을 설정하여 가중치를 산출하였다. 시정별 빈도 30% 이상을 차지하는 분포에 따라 50m 이하(40km/h기준), 50m 초과에서 150m 이하(60km/h-80km/h기준), 150m 초과에서 250m 이하(100km/h기준), 250m 초과에서 500m 이하로 분류하여 시정이 짧을수록 높은 가중치를 부여하여 위험도를 나타내도록 시정가중치값을 결정하였다.

## 2) 위험안개발생지표

위험안개발생지표 (HFI)는 시정 500m 이하의 안개 발생 일수, 안개의 지속시간 및 시정의 가중치의 곱으로 정의하였다. 즉, 본 연구에서 제안하는 지표는 시정 500m 이하의 안개가 얼마나 자주 발생하고, 얼마나 오래 지속되며, 얼마나 짙은 안개인지를 나타낸다. 위험안개는 도로상에서 안전에 위협을 주는 안개로 설계속도 100km/h 일 때 최소 정지시거가 200m이다. 노면이 습윤상태일 때 설계속도가 120km/h인 도로에서의 정지시거는 280m, 2차로 도로인 경우는 설계속도가 80km/h 일 때 필요한 정지시거가 540m이다. 본 연구에서 분석하는 대상 안개가 영향을 미치는 도로가 고속도로와 같은 고급 도로와 더불어서 2차로 국도도 포함되기 때문에 안전제동을 위해서 필요한 최소 정지시거를 500m 기준으로 정하였다.

위험 안개 발생지표는 식 (2)과 같이 정의되고, HFI는 이론상으로 0~32 까지의 값을 가지며, 이 값이 커질수록 위험도는 더욱 높아진다.

$$HFI = \left( \frac{2 + O_N}{2} \right) \times W_T \times W_S \quad \text{식 (2)}$$

여기서,  $O_N$  : 정규화된 안개 발생일수  
 $W_T$  : 안개 지속시간 가중치  
 $W_S$  : 시정 가중치

$$O_N = \left( \begin{array}{cc} -2, & \frac{D - \bar{D}}{\sigma D} < -2 \\ \frac{D - \bar{D}}{\sigma D}, & -2 \leq \frac{D - \bar{D}}{\sigma D} \leq 2 \\ 2, & \frac{D - \bar{D}}{\sigma D} > 2 \end{array} \right)$$

$O_N$ 는 정규화된 안개 발생일수를 나타내고 있음

$$W_T = \left( \begin{array}{l} 4, \text{안개가 8시간 초과 지속될 경우} \\ 3, \text{안개가 4시간초과 8시간이하 지속될 경우} \\ 2, \text{안개가 1시간초과 4시간이하 지속될 경우} \\ 1, \text{안개가 1시간이하 지속될 경우} \end{array} \right)$$

$$W_S = \left( \begin{array}{l} 4, \text{시정} \leq 50\text{m} \\ 3, 50 < \text{시정} \leq 150\text{m} \\ 2, 150 < \text{시정} \leq 250\text{m} \\ 1, 250 < \text{시정} \leq 500\text{m} \\ 0, \text{시정} > 500\text{m} \end{array} \right)$$



### 6. 위험안개발생지표의 적용

앞 절에서 제시한 안개 HFI에 3절에서 설명한 3년간의 데이터를 적용해서 전국 각 관측소별로 위험안개발생지표값을 산출하였다. 또한 안개는 계절별로 그 특성이 다르기 때문에 계절별로 위험안개

발생지표값을 산출하였고 그 결과는 표 3에 정리하였다. HFI가 6이상인 지점은 2개 지점으로 대관령과 울릉도, 5이상~6미만인 지점은 2개, 4이상~5미만인 지점은 3개, 3이상~4미만인 지점은 1개, 2이상~3미만인 지점은 19개, 1이상~2미만인 지점은 10개, 0이상~1미만인 지점은 35개로 나타났다.

표 3. 관측소별, 계절별 위험안개발생지표

순위	HFI 군집	지점명	봄	여름	가을	겨울	순위	HFI 군집	지점명	봄	여름	가을	겨울
1	6이상	대관령	6.9	13.8	8.0	1.9	7	0이상 ~1미만	속초	0.0	0.0	0.0	0.0
		울릉도	3.0	7.5	0.0	0.0			강릉	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5이상 ~6미만	진주	2.4	1.5	5.0	0.8			동해	0.0	0.3	0.0	0.0
		양평	0.4	0.5	5.1	1.4			서울	0.0	0.0	0.0	0.0
3	4이상 ~5미만	영월	0.8	1.3	4.0	0.6			울진	0.0	0.9	0.0	0.0
		안동	0.1	0.6	4.4	0.8			대전	0.0	0.0	0.7	0.4
		순천	1.0	1.1	4.7	0.7			추풍령	0.0	0.0	0.0	0.0
4	3이상~4미만	이천	1.1	0.1	3.8	1.7			포항	0.0	0.0	0.0	0.0
		철원	0.4	0.0	2.5	0.3			대구	0.0	0.0	0.0	0.0
5	2이상 ~3미만	동두천	1.0	0.1	2.2	0.7			전주	0.0	0.0	0.0	0.0
		춘천	0.0	0.0	2.5	0.9			울산	0.0	0.0	0.0	0.0
		인천	2.4	1.7	0.0	0.5			마산	0.0	0.0	0.0	0.0
		원주	0.2	0.0	2.3	0.2			광주	0.0	0.0	0.0	0.0
		청주	0.0	0.0	2.2	0.3			부산	0.0	0.0	0.0	0.0
		군산	2.6	0.2	1.5	0.7			통영	0.0	0.6	0.0	0.0
		흑산도	2.5	1.4	0.0	0.0			완도	0.5	0.0	0.0	0.0
		고창	1.7	2.0	0.0	0.0			제주	0.0	0.0	0.0	0.0
		홍천	0.4	0.4	2.3	0.7			서귀포	0.1	0.0	0.0	0.0
		보은	0.0	0.6	2.7	0.1			인제	0.0	0.0	0.0	0.0
		금산	0.6	0.7	2.4	0.3			태백	0.0	0.5	0.0	0.0
		임실	1.7	2.0	2.8	0.3			제천	0.0	0.0	0.1	0.0
		남원	0.5	0.5	2.2	0.1			아산	0.0	0.0	0.0	0.2
		장흥	1.1	1.3	2.3	0.1			보령	0.9	0.0	0.0	0.0
		춘양	0.5	1.1	2.1	0.0			부안	0.8	0.0	0.6	0.5
		의성	0.0	0.6	2.0	0.0			정읍	0.0	0.0	0.0	0.0
		거창	0.3	1.0	2.6	0.1			해남	0.0	0.1	0.0	0.2
합천	0.8	1.3	3.0	1.0	고흥	0.0			0.0	0.0	0.0		
6	1이상 ~2미만	수원	1.4	0.0	0.1	0.6			성산포	0.0	0.4	0.0	0.0
		서산	1.4	0.0	0.1	0.5			영주	0.0	0.0	0.0	0.0
		무안	1.4	0.0	0.0	0.4			문경	0.1	0.0	0.3	0.0
		목포	1.3	0.0	0.0	0.1			영덕	0.0	0.0	0.0	0.0
		여수	0.6	1.5	0.0	0.0			구미	0.0	0.0	0.0	0.0
		강화	1.2	0.0	0.0	0.9			밀양	0.0	0.0	0.3	0.1
		부여	0.3	0.0	1.5	0.5			거제	0.0	0.0	0.0	0.0
		장수	1.0	1.4	1.8	0.1			남해	0.0	0.0	0.0	0.0
		영천	0.0	0.1	2.0	0.1							
		산청	0.6	0.2	2.0	0.1							

대관령 지역은 단연 다른 지역에 비해 그 값이 높으며 봄에는 6.9, 여름철에는 13.8, 가을철에는 7.6에 이르고 있다. 또한 울릉도 지역은 여름(7.5)에 그 값이 다른 지역에 비해 더 높음을 알 수 있다. 그리고 진주, 양평, 영월, 안동 및 순천 지역이 가을철에 HFI가 4, 5이상으로 높은 값을 가지고 있다. 사계절에 걸쳐 HFI가 3이상의 값을 가지고 있는 관측소는 8개소로 전체 73개 관측소의 1/9에 해당하는 것으로 나타났다. 계절별로는 HFI가 1이상의 값은 가을철에 대부분 나타나며, 봄에는 대관령과 울릉도를 제외하고는 HFI가 3이상인 값이 나타나지 않고, 여름철에는 HFI가 2이상인 값이 대관령과 울릉도, (제주)고층을 제외하고는 나타나지 않는다. 겨울철에는 HFI가 1이상의 값을 가진 지역이 대관령, 양평, 이천 이외에는 나타나지 않았다.

위험안개발생지표가 위험안개발생지점과 그 위험정도를 표현하는 데 대한 유효성과 기존 발생일수와의 차별성을 살펴보기 위해서, 기존에 연평균 안개발생일수에 근거한 지점별 순위(표 2 참조)와 비교하였다. 대관령이 연평균 발생일 142일로 월등히 높으나 충주, 장수, 강화, 동두천, 영월, 부여 등이 60일 이상 양평, 춘천, 금산, 거창, 밀양, 안동, 서귀포, 순천, 부안, 제천, 울릉도, 수원은 50일 이상 60일 미만으로 분류되었다. 위 발생일수 순위에 따르면 대부분의 지역이 안개발생일 수 40일 이상에서 60일대로 집중되어 있다. 예를 들어, 금산, 거창, 밀양, 안동, 서귀포, 순천, 부안, 제천, 울릉도, 수원 등은 연평균 안개발생일수 5일이내의 차이로 순위에 차이가 나기 때문에 그 차이가 안개다발지역의 순위의 차이를 대표할 수 있을 만큼 유의한 것인 지도 의문이다.

위험안개발생지표에 의한 순위와 안개발생일수에 의한 순위와의 상관관계를 비교분석하기 위하여 단순상관관계분석을 실시하였고 순위값의 비교이기 때문에 Spearman의 순위상관계수를 사용하였다(이희연, 1989). 순위상관계수를 산출하기 위해서 우선 각 변수들을 서열화하여 순위를 정하고 같은 순위를 가진 사례수가 둘 이상일 경우 평균 순위로 대체하였다. 식 3의 의해서 순위상관계수를 산출하였다. 순위상관계수는 0.57로 HFI에 의한 순위와 안개발생일수에 의한 순위간에는 양의 상관도가 있다. 즉, HFI의 순위가 증가할수록 안개발생

일수에 의한 순위가 증가한다. 그러나, 그 값이 0.57에 그쳐서 두 순위간에는 많은 차이가 있음을 알 수 있다.

$$r_s = 1 - \frac{6\sum D^2}{N(D^2-1)} \quad \text{식 (3)}$$

관측소별로 안개발생특성을 비교하여보면 그 차이가 극명하게 나타난다. 두 순위간의 차이는 크게 두 가지로 분류하여 볼 수가 있다. 첫째, 발생일수 순위는 높으나 인덱스 순위가 낮은 경우, 둘째는 그 반대의 경우이다. 두 순위간의 차이를 설명하기 위해서 두 순위간 차이가 큰 대표적인 몇 관측지점을 그림 11과 같이 비교하였다. 울릉도는 HFI 6 이상으로 군집 1에 해당하고 봄, 여름의 HFI가 3, 7.5로 여름에 위험한 안개가 집중적으로 발생하는 것을 알 수가 있으나 연평균 발생일수 순위에 따르면 연평균 안개발생일수 50일에 지나지 않기 때문에 안개다발지역의 선정순위에서 13위로 선정되었다. 진주와 양평은 가을의 HFI가 5.0 이상으로 가을에 위험한 안개, 즉 짙은 안개가 오랫동안 자주 발생하는 것으로 나타났으나, 안개발생일수 분류에 따르면 진주는 안개발생일수 46일, 양평은 58일로 그 안개다발지역 순위가 매우 낮음을 볼 수 있다. 이천과 같은 경우 가을에 HFI가 3.8로 위험한 안개가 발생하며, 겨울, 봄에도 HFI가 1.0이상의 안개가 발생하는 곳으로 나타났으나, 단순한 안개 발생일수 분류에 따른 평균 안개발생일수 35일로 안개다발지역으로서 큰 비중을 가지지 못하였다. 그러나 현장조사결과 이천은 안개다발지역으로 선정되어 있고 안개로 인한 잦은 교통사고로 인해 사고다발지역이 200m 간격으로 산재해 있어서 집중적인 안전관리가 되고 있는 지점이었다. 이와는 반대로, 강화의 경우는 여름과 가을에는 500m이하의 안개가 발생하지 않으며 봄에 HFI가 1.2로 HFI 값에 따른 순위는 낮게 나타났으나, 연평균 발생일수는 65일로 순위 4위로 나타났다. 밀양과 서귀포도 발생일수는 53, 52일로 11, 12위로 나타났으나, 밀양은 봄, 여름에는 500m이하의 안개가 발생하지 않고 가을, 겨울에도, FHI 0.2이하의 안개가 발생하는 것으로 나타났고, 서귀포는 봄에만 HFI 0.09이하의 안개가 발생하는 것으로 나타났다. 인제는 연평균 발생일수는 45일로 안개발생일수 순위 17위를 차지했으나, 사계절 모두 500m이하 시정의 안

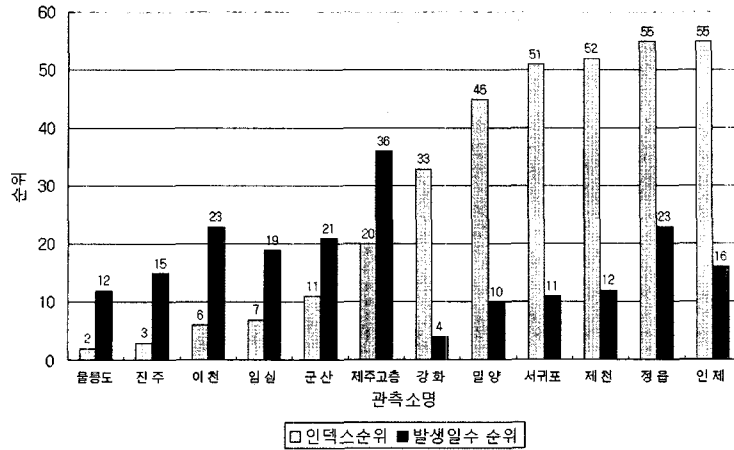


그림 11. 관측소별 인덱스 순위와 발생일수 순위간 비교

개가 발생하지 않아서 HFI값이 0으로 나타났다. 위에서 살펴본 바와 같이 기존의 연평균 안개발생일수에 따른 위험안개발생지역과 본 연구에서 개발한 위험안개발생지표에 따른 위험안개 발생지역은 많은 지점이 실제 차이가 나는 것으로 나타났다. 이는 안개발생일수가 많은 지점이 곧 위험한 지점, 또는 안개로 인한 문제지역으로 관리대상지역이라는 기존의 가정이 옳지 않음을 보여주었다. 또한 위험안개발생지표가 짙은 안개가 발생하는 지점의 안개의 심각도를 나타내고 위험한 안개가 발생하는 지역을 선정할 때 사용할 수 있는 현실적인 도구라는 것을 증명해 주었다.

### 7. 결론 및 향후 연구방향

국내의 기존 안개 관련된 연구는 안개 자체에 대한 연구와 안개의 지역적인 분포에 대한 연구가 그 주류를 이루어 왔다. 본 연구는 도로상에서 시정을 저하시켜서 안전한 운행에 지장을 주고 교통사고를 유발시킬 수 있는 안개를 도로위험안개로 정의하고 그 위험정도를 정량적으로 나타낼 수 있는 위험안개 발생지표를 개발하였다.

이 지표는 안전운행에 영향을 주고 사고를 유발시킬 수 있는 다양한 사항, 즉 안개의 발생빈도를 나타내는 안개발생일수, 안개의 지속시간, 시정거리 등을 고려하여 개발되었다. 개발된 지표에 근거

하여 국내의 위험안개발생지역의 분포와 그 위험정도를 파악할 수 있었다. 지표의 위험안개발생지점과 기존의 안개발생일수에 근거한 안개다발지역의 순위를 비교한 결과, 안개발생일수에 의한 안개다발지역의 순위와 위험안개 발생지표의 순위와는 관측소별로 큰 차이가 나타나는 것으로 나타났다. 이는 '안개발생일수가 많은 지점이 위험한 지점, 또는 안개로 인한 문제지역으로 관리대상지역이다'라는 기존의 가정이 옳지 않음을 보여주었다. 또한 위험안개발생지표가 짙은 안개가 발생하는 지점의 안개의 위험도를 나타내고 위험한 안개가 발생하는 지역을 선정할 때 사용할 수 있는 현실적인 도구라는 것을 증명해 주었다.

본 연구에서 도로상의 안전을 위협하는 안개를 도로위험안개로 정의하고 안개의 위험정도를 정량화하기 위한 지표를 개발한 국내 최초의 연구이다. 또한, 국내의 기상데이터에 근거해서 위험안개를 특성화시키는 변수를 포함하고 그 가중치를 고려했다는 점에서 그 의미가 있다. 또한, 이러한 정량화된 위험안개발생지표는 기존의 안개발생빈도에 근거한 안개다발지역과는 차별화되며 그 위험정도를 나타낼 수 있다는 점에서 그 의미가 있다.

본 연구에서 개발한 도로위험안개 발생지표를 적용한 도로위험안개 발생지역에 대해서 안전관리 대상의 선정시 우선적으로 고려하고 그에 대한 안전시설물의 설치, 사고위험지점의 원인분석 및 그에 대한 대처방안 등을 수립하는데 유용한 자료로

사용될 수 있다. 더 나아가, 외국의 경우와 같이 도로의 노선선정시 위험안개발생지표가 높은 지역에 대해서는 노선의 변경 또는 노선선택 후 그에 대한 대책수립과 같은 적극적인 안전관리가 가능하도록 될 것이다.

그러나, 본 연구는 한시적인 데이터를 사용했다는 점과 실제 위험안개의 발생지표를 도로상에서 위험안개로 정의하였으나 실제 도로상으로 국한시키지 못하고 전국적인 기상자료를 사용하였다는 한계점을 가지고 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위하여서 특정 사이트를 선정하여서 도로상에 안개센서를 설치하고 시정을 측정하는 연구를 수행하였고 그 구체적인 분석결과는 추후 논문에 게재할 예정이다. 또한, 시정 데이터의 축척에 따른 안개패턴변화 연구도 진행중이다.

### 註

- 1) 위의 자료는 교통사고가 발생한 날의 기상현상별로 사고율과 치사율을 단순 비교한 것임. 자세한 정보는 경찰청의 도로교통안전백서, 서울, 2001의 p299 기상상태별 교통사고 자료를 참조
- 2) 국내의 예를 들면, 2003년 2월 9일 오전 경기 이천시 부근 중부고속도로 하행선에서 짙은 안개로 30중 연쇄 추돌 사고가 발생했고, 같은 해 03월 09일 서울 외곽순환고속도로에서 짙은 안개로 인한 30중 추돌사고가 발생하였다
- 3) 건설교통부, 도로법, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제 23조에 도로에는 그 도로의 설계속도에 따라 다음표의 길이 이상의 정지시거를 확보하여야 한다' 라고 선언되어 있다. 제 23조 ①조에는 정지시거를 확보하여야 한다, ②조에는 앞지르기 시거를 확보하여야 하는 것을 명시하고 있다. 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙의 해설 및 지침에 따르면 이 중 정지시거(Stopping Distance)란 전방의 동일차로상에 고장차 등의 장애물을 인지한 경우에 제동을 걸어서 정지하기 위해 필요한 길이이며, 그 길이 이상의 시거를 모든 종류의 도로의 설계에서 확보해야 한다. 정지시거는 차량의 제동거리와 운전자의 반응시간동안 차량이 주행한 거리인 반응거리를 합해서 산출한다.

### 文 獻

- 건설교통부, 2000, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙.
- 경찰청, 2001, 도로교통안전백서, 서울.
- 김성삼, 이래영, 1970, "한국 안개기후구 설정에 대하여," 대한기상학회지, 6(1).
- 민경덕, 1976, "경부고속도로상의 안개 구역에서의 안개 발생에 관한 연구," 한국기상학회지, 12(1).
- 이희연, 1989, 지리통계학, 법문사, 서울.
- 허인혜, 1997, 한국의 지역별 안개 특성, 건국대학교 석사학위 논문.
- Chandler, T., 1965, *The Climate of London*, Hutchinson, London.
- Klijnhout, J. J., 1991, *Fog Accidents Investigation*, Ministry of Transport and Public Works, The Netherlands.
- Nilsson, L and Alm, H., 1996, Effects of a vision enhancement system on drivers' ability to drive safely in Fog, Gale, A.G. et al.(ed), *Vision in Vehicles*, in Derby, U.K.
- Perry, A.H. and Symons, L.L. 1991, *Highway Meteorology*, E & FN Spon, London, England.
- Shepard, F.D. 1996, Reduced Visibility due to fog on the highway, national cooperative highway research program, *Synthesis of Highway Practice*, 228.
- Stark, R.E. 1985, Providing visibility and visual guidance to the road user, *Transportation Research Circular*, No. 297, Transportation Research Board, National Research Council, Michigan Department of Transportation.

최초투고일 03. 07. 04

최종접수일 03. 09. 20