

# METEOROLOGICAL TECHNOLOGY & POLICY

기상  
기술  
정책

## 기상 기술 정책

METEOROLOGICAL TECHNOLOGY & POLICY

2019  
·  
12

2019.

12

특집 겨울철 위험기상의 사회경제적 영향

칼럼 | 겨울철 안심사회 건설과 기상청의 기여 |

- 정책초점 | 도로에서의 기상정보 활용 및 시스템 구축 사례 |  
 | 정확한 산불위험 예보를 위한 노력 |  
 | 기해년 4월 산불 이후, 「산불극복 뉴딜 전략」 제안 |  
 | 미세먼지 개선을 위한 국가 정책 및 기술 방향 |  
 | 2019년 겨울철 대설·한파 종합대책 |  
 | 건강한 겨울나기, 겨울철 질환에 대한 예방 및 대응 |

논단 | 서울시 미세먼지 저감정책의 효과: 차량 배출량 관점 |

Volume 12, Number 2

33, Seohobuk-ro, Seogwipo-si, Jeju-do, 63568, Korea  
TEL. 064-780-6534 | FAX. 064-738-4914  
<http://www.kma.go.kr>



『기상기술정책』지는 범정부적인 기상·기후 분야의 정책 수요에 적극적으로 부응하고, 창의적인 기상기술 혁신을 위한 전문적인 연구 조사를 통해 기상·기후업무 관련 분야의 발전에 기여할 목적으로 발간 기획되었습니다.

본 『기상기술정책』지는 기상·기후 분야의 주요 정책적 이슈나 현안에 대하여 집중적으로 논의하고, 이와 관련된 해외 정책동향과 연구 자료를 신속하고 체계적으로 수집하여 제공함으로써 기상 정책입안과 연구개발 전략 수립에 기여하고자 정기적으로 발행되고 있습니다.

본지에 실린 내용은 집필자 자신의 개인 의견이며, 기상청의 공식의견이 아님을 밝힙니다. 본지에 게재된 내용은 출처와 저자를 밝히는 한 부분적으로 발췌 또는 인용될 수 있습니다.

### 원고모집

『기상기술정책』에서는 기상과 기후분야의 정책이나 기술 혁신과 관련된 원고를 모집하고 있습니다. 뜻있는 분들의 많은 참여를 부탁드립니다. 편집위원회의 심사를 통하여 채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 지급하고 있습니다.

▶ 원고매수: A4 용지 10매 내외

▶ 원고마감: 수시접수

▶ 보내실 곳 및 문의사항은 발행처를 참고 바랍니다.

☞ 더 자세한 투고방법은 맨 뒷편의 투고요령을 참고바랍니다.

### 『기상기술정책』편집위원회

발행인: 김종석

편집기획: 국립기상과학원(책임운영기관) 미래전략연구팀

편집위원장: 주상원

편집위원: 하종철, 신동현, 정관영, 이은정,

박록진, 반기성, 홍진규, 김도우

편집간사: 이희춘, 이대근, 김인점

### 발행처

주소: (63568) 제주특별자치도 서귀포시 서호북로 33

국립기상과학원(책임운영기관)

전화: 064-780-6534 팩스: 064-738-4914

E-mail: dglee7@korea.kr

# CONTENTS

특집: 겨울철 위험기상의 사회경제적 영향

**칼럼** 03 \_ 겨울철 안심사회 건설과 기상청의 기여 / 김종석

**정책초점** 06 \_ 도로에서의 기상정보 활용 및 시스템 구축 사례 / 윤덕근

17 \_ 정확한 산불위험 예보를 위한 노력 / 이병두

25 \_ 기해년 4월 산불 이후, 「산불극복 뉴딜 전략」 제안 / 김경남

40 \_ 미세먼지 개선을 위한 국가 정책 및 기술 방향 / 심창섭

49 \_ 2019년 겨울철 대설·한파 종합대책 / 최병진

60 \_ 건강한 겨울나기, 겨울철 질환에 대한 예방 및 대응 / 임도선

**논단** 69 \_ 서울시 미세먼지 저감정책의 효과: 차량 배출량 관점 / 허창희



# 겨울철 안심사회 건설과 기상청의 기여



김종석  
기상청장

“국민이 주인”인 현 정부의 국정 목표 중 하나는 ‘내 삶을 책임지는 국가’이다. 이를 달성하기 위한 전략들 중 세 번째는 ‘국민안전과 생명을 지키는 안심사회’이고, 이 안에는 복지, 교육, 안전, 환경, 에너지, 기후변화 키워드들이 담겨 있다. 각각의 키워드들은 국정과제화 되어 관련 부처와 연계되고, 국민의 삶의 질 향상이라는 목표 아래 차근차근 실행되고 있다. 간략하게 정부정책과 전략 목표를 언급한 이유는 본격적으로 다가오고 있는 겨울철에 발생하는 기상현상들이 ‘안심사회’로 가는 장애물로 작용할 수 있기 때문이다.

기상청은 감기가능지수, 천식폐질환지수, 뇌졸중지수, 동파가능지수 등 겨울철 특화 예보서비스를 제공함으로써 국민의 기상서비스에 대한 만족도를 향상시키고자 노력하고 있다. 하지만 복잡해져가는 사회 현상에 따라 고객의 수요가 다양화되어 기상청은 산불, 대기질, 기타 건강에 대한 기상영향도 고려하지 않을 수 없게 되었다. 기상청은 기상과 사회현상의 영향을 평가하여 정보 사용자의 의사결정을 효과적으로 지원할 목적으로 ‘영향예보’를 시작했다. 위와 같이 파급력이 큰 현상들에 대해 기상서비스를 확대개선해 나간다면 정부가 추진 중인 ‘안심사회’가 가까워 질 수 있을 것이다.

기상청은 ‘안심사회’ 건설을 위해 협력 가능한 겨울철 분야로 교통, 산불, 대기질,

건강을 선정했다. 먼저 교통 분야에서는 강수량에 따라 교통량과 통행 속도가 변화하며, 위험기상 발생 시 교통사고 발생 건수도 증가하는 것으로 알려져 있다. 일반적인 자카운전 상황뿐만 아니라, 자율주행이 본격화되는 가까운 미래를 대비하기 위해 도로기상정보시스템 구축 시 도로 위 기상 요소를 적극적으로 반영해야 할 것이다.

또한, 산불의 발생과 확산은 습도, 기온, 바람과 밀접한 관련이 있다. 특히, 봄철은 양간지풍(양강지풍)으로 인한 동해안 지역의 구조적 산불 위험도 존재한다. 산불피해 예방을 위해 정부는 산불위험예보시스템을 운영하고 있는데, 해당 시스템에 실효습도와 풍속이 활용되고 있음은 물론, 더 정확한 예측을 위해 전 지구 육상자료동화시스템과 전 지구 자료동화예측시스템의 재분석 자료가 투입되고 있어 기상청과 긴밀한 협력이 가능한 것으로 사료된다. 산불이 발생한 이후의 신속한 대응책을 마련하는데 앞서, 산불을 근본적으로 예방할 수 있는 시스템 개발에 지형, 숲의 형태, 인문학적 요소와 함께 기상이 중요 요소로 고려될 수 있도록 관심을 기울여야 한다.

한편, '삼한사온(三寒四溫)' 대신 '삼한사미(三寒四微)'라는 단어가 자주 등장할 정도로 미세먼지에 대한 국민 불안이 극심하게 나타나고 있다. 이에 대기질 악화를 설명할 수 있는 우리나라 대기 흐름의 특성에 대한 대국민 전파 노력이 요구된다. 덧붙여 최근 우리나라에서 관측되는 미세먼지의 외부영향이 한·중·일 과학자들에 의해 과학적으로 증명된 만큼 동아시아 지역의 대기흐름 분석은 향후 미세먼지 저감 정책의 효과성을 입증하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

마지막으로 겨울철 조심해야할 심혈관/뇌혈관/소화기/호흡기 질환과 함께 저체온증, 동창 및 동상을 예방하는데 기상-건강 영향에 대한 분석이 이뤄져야 할 것이다.

정부는 겨울철 결빙정보를 사전에 안내하는 시스템을 개발하는 한편, 한랭질환 감시체계를 강화하여 대설·한파 등으로 인한 피해를 예방하는 등 국민이 안심하는 사회를 만들기 위해 노력하고 있다. 기상청도 정부의 노력에 발맞춰 새로운 초단기 기상예보를 추진함은 물론, 국민이 쉽게 이해하고, 피해를 야기하는 사고·현상을 예방할 수 있는 실제적 정보를 제공하기 위해 노력해 나갈 것이다.

# 정책 초점

도로에서의 기상정보 활용 및 시스템 구축 사례

| 윤덕근

정확한 산불위험 예보를 위한 노력

| 이병두

기해년 4월 산불 이후, 「산불극복 뉴딜 전략」 제안

| 김경남

미세먼지 개선을 위한 국가 정책 및 기술 방향

| 심창섭

2019년 겨울철 대설·한파 종합대책

| 최병진

건강한 겨울나기, 겨울철 질환에 대한 예방 및 대응

| 임도선

# 도로에서의 기상정보 활용 및 시스템 구축 사례

윤덕근 한국건설기술연구원 연구위원 dkyun@kict.re.kr

- I. 교통 분야에서의 기상
- II. 도로기상정보 동향
- III. 결론 및 제언

기상은 우리 일상뿐만 아니라, 교통흐름에도 많은 영향을 주고 있다. 안전하고, 원활한 교통 확보를 위해 도로관리자들은 도로상에서의 기상 현황을 파악하고, 기상변화를 예측하고자 많은 노력을 해왔다. 유럽, 미국 등은 도로기상정보시스템을 구축하고 운영하고 있으며, 우리나라에서도 일부 도로관리기관에서는 도로기상정보시스템을 운영하고 있다. 향후 자율주행차 시대가 곧 도래할 것으로 예상되는 가운데, 인간의 판단이 아닌 센서의 기술로 자동차가 주행할 때 기상에 따른 도로의 변화 정보는 더욱 중요한 변수가 될 것이다. 본 고에서는 도로기상정보시스템 현황과 현재 개발되고 있는 차량센서를 이용한 노면온도추정시스템을 살펴보고, 나아가 향후 도로와 기상 분야의 협업에 대해 제언하고자 한다. ■

“ 최근 5년(2014~2018)  
교통사고 사망자 수  
26% 감소 ”

## 1. 교통 분야에서의 기상

기상이 우리 일상에 많은 영향을 미치는 것은 명백하다. 이는 교통 분야에서도 예외가 아니다. 기상은 교통의 소통과 안전에 밀접한 관계가 있어 기상과 도로교통 분야간의 관계를 분석한 다양한 시도가 있었다. Lijuan Shi 등(2011)은 미국 도시 부 고속도로에서 강우량, 속도, 교통용량의 변화를 분석하였고, 강우량 0.01 in/hr 미만, 0.01~0.03 in/hr, 0.03 in/hr 이상에서 통행속도가 각각 3.7%, 4.2%, 4.8%, 용량은 각각 3.7%, 4.2%, 4.8% 감소하는 것으로 나타났다. Maze 등(2005)은 미국 Minneapolis/St. Paul에서 강설량이  $\leq 0.05$  in/hr, 0.06-0.1 in/hr, 0.11-0.5 in/hr인 경우 각각 4%, 9%, 11%의 교통용량이 감소함을 밝혔다.

교통안전분야에서 최근 5년간(2014~2018) 국내 교통사고 발생건수는 2014년 223,5522건/년에서 2018년 217,148건/년으로 약 3% 감소하였고, 사망자 수는 26%(4,762명/년→3,782명/년)로 급격히 감소하였다. 또한, 교통사고 치사율(사고 건수 대비 사망자수)은 2.13에서 1.74로 약 18% 감소하였다. 그에 비해 비, 안개, 눈 등과 같은 악천후 상황에서의 교통사고 치사율은 3.1에서 2.7로 약 10% 정도 감소한 것에 그쳐 일반 교통사고 대비 감소율이 저조한 것으로 나타났다[표 1].

[표 1] 최근 5년간 교통상황에 따른 교통사고 치사율 변화

치사율	2014	2015	2016	2017	2018
비	2.6	2.3	2.3	2.5	2.4
안개	7.5	9.8	13.0	9.1	10.3
눈	2.6	3.1	2.5	2.8	1.6
기상상황 계	3.1	2.9	2.9	3.0	2.7

맑은 날이 아닌 눈, 비, 안개시의 기상 상황은 교통흐름 저하의 원인이 됨은 물론 운전자에게도 제약조건으로 작용한다. 미래 교통체계인 자율주행 상황에서도 기상변화는 해결해야하는 필수 문제로 인식되고 있으며, 이를 극복하기 위해 미국, 유럽 등 선진국들은 다양한 노력을 진행 중이다. 본고에서는 교통 분야에서 기상과 관련해 예상되는 어려움을 극복하기 위해 미국의 사례를 중심으로 도로기상정보시스템 개발과 활용을 살펴보고 우리나라에 적용 가능한 제언을 하고자 한다.

“ 도로관리 효율성  
향상 목적의  
도로기상정보  
시스템 ”

## II. 도로기상정보 동향

### 가. 도로기상정보시스템 개요

도로기상정보시스템(RWIS, Road Weather Information System)은 도로에 영향을 미치는 기상정보를 수집·분석하여 도로관리에 효율성을 향상시키기 위한 시스템으로서 도로변에 설치된 ESS(Environmental Sensor Station)와 데이터 전송을 위한 통신 시스템, 데이터 수집 및 처리를 담당하는 중앙시스템으로 구성되어 있다. 일반적으로 도로기상정보는 총 3가지로 구분된다.

① 대기 정보는 기온, 습도, 가시거리, 풍향·풍속, 강우 종류 및 강우 비율, 운량, 태풍 및 폭우 발생, 천둥, 폭풍 위치 및 경로, 대기질을 포함한다. ② 노면 정보는 포장면 온도, 포장 결빙점, 포장 조건(습윤, 결빙, 물고임), 포장 화학 농도와 포장 하부 조건(토양 온도 등)이다. ③ 물 정보는 시내, 강, 도로 주변 호수의 수위, 조수 차이(허리케인 등의 영향 고려)이다. ESS로부터 기온, 도로 포장면 온도, 노면 수분 상태 등을 계속하면 중앙 서버는 수집된 관측자료를 활용하여 단시간 및 장시간 예측을 실시한다. 그 뒤 도로 관리자들이 활용할 수 있는 정보의 형태로 표출 및 전송하여 의사결정을 지원한다. 도로 관리자는 RWIS를 포함한 다양한 곳으로부터 일반 기상 관측 및 예측 자료, 개인사업자 등의 정보를 수집하여 도로관리에 활용하고 있다. 한편, 미국은 National Centers for Environmental Prediction, the National Hurricane Center, local Weather Forecast Offices, and River Forecast Centers 등의 환경 데이터와 차량에 장착된 센서들로부터도 기상 정보를 수집하고 있다.

### 나. 도로기상 연구 및 프로그램

- 동절기 도로 유지관리를 위한 의사결정 지원 시스템(MDSS)

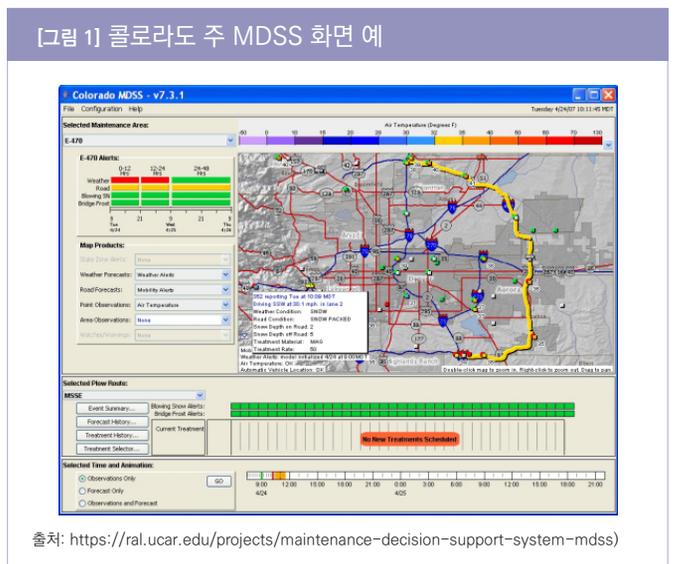
미국 연방도로관리청(Federal Highway Administration; FHWA)은 2001년

“ 동절기 도로기상과 포장상태 예측하는 도로관리지원시스템 ”

에 겨울철 도로관리지원시스템(winter road Maintenance Decision Support System; MDSS)을 개발하였다. MDSS는 동절기 도로의 기상과 포장 상태를 예측하고, 최적의 제설 방법 대안을 제공하는 시스템이다. 겨울철 도로를 효율적으로 관리하기 위해 적절한 제설 처리방법과 시간, 제설제 투입 비용과 장소 등 필요사항을 도로관리자가 결정할 수 있도록 지원한다[그림 1]. MDSS의 목표는 다음과 같다.

- 현존하는 도로와 기상 데이터 소스 활용
- 1시간~48시간 동안 도로 상태에 대한 진단과 예측을 위한 데이터 처리
- 도로와 환경 상태 가시화
- 도로 유지관리 의사결정 지원
- 단일 플랫폼에서 작동. 간단하고 직관적인 운영
- 유지관리 행동 여부에 대한 예측 결과 제시

[그림 1] 콜로라도 주 MDSS 화면 예



출처: <https://ral.ucar.edu/projects/maintenance-decision-support-system-mdss>

• Clarus

Clarus는 라틴어로 깨끗한(Clear)의 뜻을 가진 의미로 Clarus 계획은 US DOT(Department Of Transport, 교통부)의 ITS Joint Program Office와 FHWA 도로기상 관리프로그램이 협력한 노력의 결과이다. FHWA는 수 년에 걸쳐 도로기상 관측 데이터 관리시스템을 통합하기 위해 Nationwide Surface Transportation Weather Observing and Forecasting System을 개발하였다. Clarus 시스템은 동절기의 도로관리, 교통관리, 교통정보 제공, 안전관리, 대중교통 배치 및 홍수 관리 등의 계획 및 실행과 전략 효과를 평가하기 위해 개발되었고, 여러 기관이 정확하게 기상과 노면 정보뿐만 아니라 운영 전략을 평가할 수 있도록 지원한다.

Clarus 운영의 개념은 2005년 6월에 완성되었다. 운영전략을 바탕으로 시스템

“ 도로기상정보를  
도로 이용자와  
관리자에게 전달하는  
Clarus 시스템 ”

이 설계되었고, 2006년에 초기버전이 시연되었다. 2007년 초 US DOT는 주와 지역 관리기관이 Clarus 시스템 데이터를 통해 ESS 데이터를 제공하고, 교통 시스템의 선제적 관리·운영으로 시스템 기능을 검증해왔다. Clarus는 총 3단계에 걸쳐 개발되었다. 1단계에서는 개념 설계 단계로 대중교통 관리기관에서 필요한 요구사항을 정의하고, 자신들의 ESS 데이터를 Clarus 시스템에 제공하였다. 2단계에서는 자격을 갖춘 미국내 공공기관의 메타데이터와 Clarus 데이터를 연결하고, 운영비용을 지원하기 위한 Connection Incentive Program을 개발하였다. 3단계에서는 1단계에서 설명된 운영 개념의 솔루션을 민간사업자에 제공하고, ITS Joint Program Office를 통해 평가하였다. Clarus의 프로그램은 현재 37개주, 5개 지역청과 4개 캐나다 지역이 참여하여 데이터를 제공하고 있다.

도로기상 관리프로그램(RWMP, Road Weather Management Program)은 차량센서를 활용하는 기획연구를 지원했다. Noblis는 엔진흡입구 주변 범퍼에 기온센서가 장착되어 있는 차량을 활용하여 도로기상정보를 추출하기 위한 기초연구를 수행했다. 해당 연구는 온도와 차량 속도, 차량 온도계와 관측 온도계, 센서 위치의 중요성, 유사 차량의 열 특성과 차량 온도에 영향을 미치는 외부 여건 등을 비교하였다.

NCAR(National Center for Atmospheric Research)는 차량 데이터를 활용하여 육상교통 기상관측·예측 개선과 도로위험 분석 및 예측 연구를 수행했다. 해당 연구는 차량 데이터를 활용에 있어 기술적인 이슈와 과제를 확인하였고, 차량 정보 이용을 위한 권고사항을 제시하였다.

Clarus는 공공과 민간으로부터 때와 장소를 불문하고 도로기상정보를 제공받아(Anytime, Anywhere Road Weather Information) 도로 이용자와 관리자에게 정보를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. Clarus 시스템의 특징은 다음과 같다.

- 북아메리카(미국, 캐나다)의 육상교통 기상관측을 위한 데이터관리시스템
- 통합시스템(one data system removes border)
- 첨단 데이터 확인시스템

“ Clarus 시스템 개발은 FHWA, 운영은 NOAA ”

- 광범위한 metadata, 고정식 장비, 이동식 관측소 결합
- Web을 통한 쉬운 접근

FHWA는 Clarus 시스템을 개발, NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)은 운영을 담당하고 있다. Clarus 시스템에는 75% 이상의 DOT가 참여하고 있으며, 2012년 기준 2,400개 이상의 ESS, 54,000개 이상의 개별 센서, 178 대의 차량으로부터 정보를 수집하고 있다(그림 2).

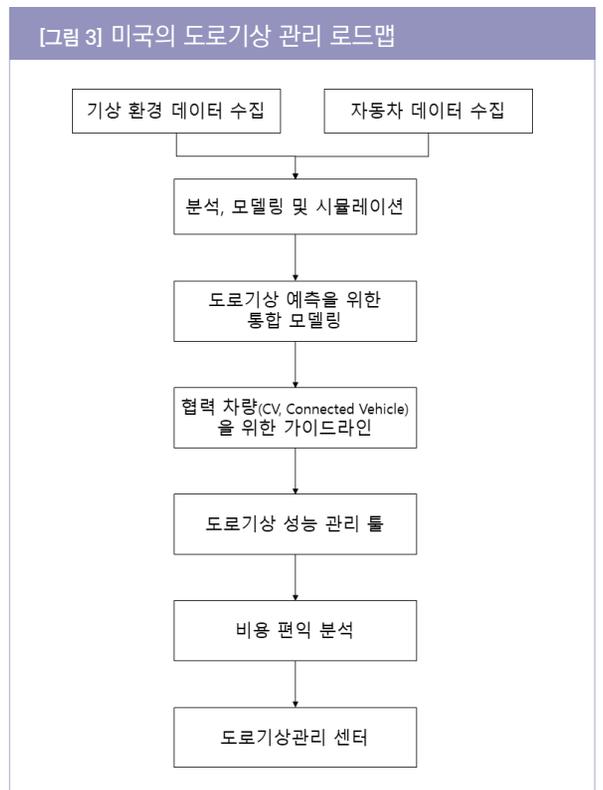
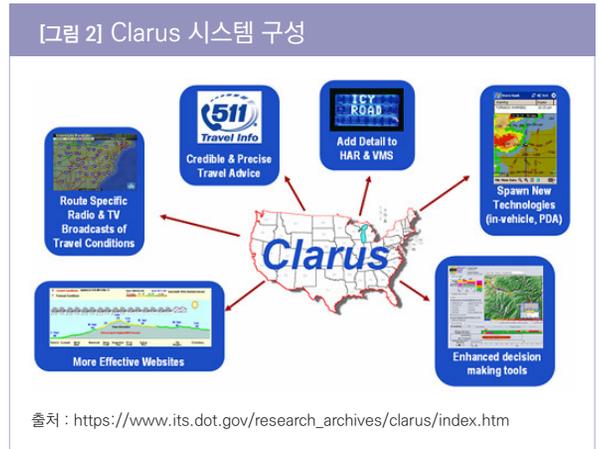
#### 다. 도로기상 로드맵

미국 FHWA는 도로기상 연구를 진행하는 전체 로드맵인 ‘Road Weather Management Program’을 수립하고, 관련 프로그램을 현재 실행 중이다. 로드맵은 그림 3과 같은 시스템 절차가 구성되어 있다.

각각의 세부 시스템은 다음과 같다.

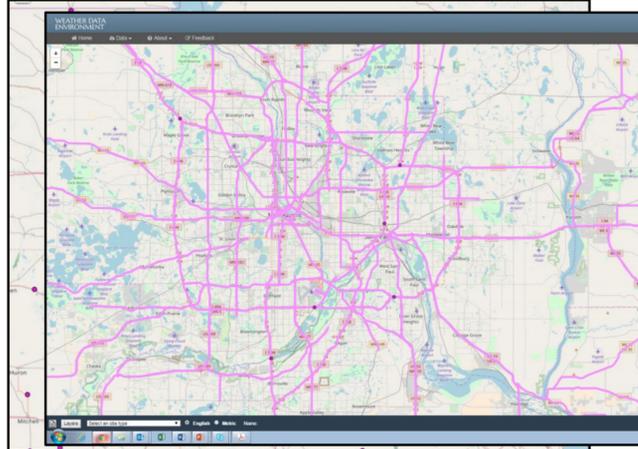
- 기상, 환경 수집 시스템(Weather Data Environment, WxDE)
 

WxDE는 고정식 및 이동식 RWIS와 환경센서인 ESS 관측 값을 수집/품질관리/표출/제공하는 Web 기반의 정보표출 시스템 플랫폼으로서 각 센서로부터 수집하는 값 자체를 표출한다(그림 4).
- 차량 데이터수집시스템(VDT, Vehicle Data Translator)



“ 선제적 교통 및 수요관리 전략을 수립하는 AMS ”

[그림 4] WxDE 화면



출처 : <https://wxde.fhwa.dot.gov>

상호 통신이 가능한 협력형 차량(CV, Connected Vehicle)에서 대기, 노면 온도, 와이퍼 상태, 브레이크와 기타 제어정보 분석소프트웨어를 통해 정보를 수집하는 시스템이다. 표준기상 관측값 및 예측값과 결합되어 도로기상 조건의 현재 및 예측 정보를 분석한다. MDSS 정보 개선과 운전자 정보 제공을 위해 활용한다.

● 분석, 모델링 및 시뮬레이션(AMS, Analysis, Modeling and Simulation)

AMS의 목적은 CV로부터 수집된 동적 정보를 평가하고, 미래 발생 가능한 교통 상황에 대비하여 선제적인 교통 및 수요관리 전략을 수립하기 위한 툴이다. 시카고 가 테스트베드이며 아래 보고서가 발간되었다.

- FHWA-JPO-16-374 (Analysis Plan for Chicago Testbed)
- FHWA-JPO-16-376 (AMS Evaluation Plan)
- FHWA-JPO-16-381 (Calibration Report for Chicago)
- FHWA-JPO-16-387 (Evaluation Report for Chicago)
- FHWA-JPO-16-388 (Evaluation Summary for Chicago)

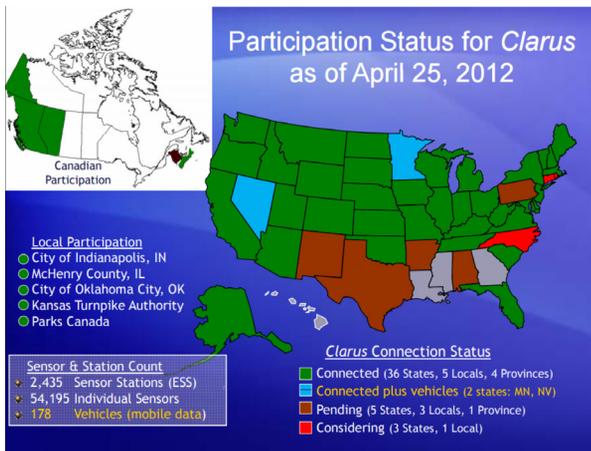


“ 외기온도 계측 후  
노면온도를 예측한  
한국건설기술  
연구원 ”

● 도로기상 관리센터(Road Weather Management Center)

위험기상 이전 효과적으로 교통흐름을 관리·운영할 수 있는지 평가하는 시스템이다. 해당 시스템은 위험기상에서 FHWA가 피해를 줄이거나 최소화하기 위한 유지관리와 운영 전략이 포함된다.

[그림 6] Clarus 시스템 참여 주



출처: Ray Murphy, 2012

라. 국내 기술 동향

우리나라에서도 외국과 유사하게 도로관리를 중심으로 도로기상정보시스템을 운영하고 있다. 고속도로의 경우 한국도로공사에서 도로기상정보를 수집할 수 있는 센서 스테이션을 설치하여 도로기상정보를 수집하고 있다. 홈페이지를 통해 고속도로 주변의 AWS 정보를 제공하고 있다. 한국도로공사는 2010년부터 노면온도 정보 수집센서를 이용하여 기상변화에 따른 노면온도 변화를 예측하여 사전적 도로관리에 활용하고자 하였으며, 노면에 결빙이 예상될 때

자동염수장치를 가동하는 시스템을 설치·운영하고 있다.

국내 도로에 설치된 기상정보 및 노면온도 계측 시스템은 지점정보만 수집하여 도로의 구간정보를 대표하기 어렵고, 설치간격 또한 고속도로 100km 이상, 일반국도 300km 이상으로 특정 지점 중심 정보에 국한되어 있음을 알 수 있다[표 2]. 이

<표 2> 고속도로, 일반국도의 기상관측센서 설치 현황

구분	설치지점	노면온도	결빙점	강우강설 감지	평균설치 간격
고속도로	48	48	12	20	130km
일반국도	35	5	-	-	343km

출처: 사업용 차량을 이용한 도로·교통 상황정보 수집 및 활용 기술 개발 기획(2017)

러한 한계를 극복하기 위해 한국건설기술연구원은 차량의 외기온도 센서를 이용하여 도로상의 기온을 계측 후 이를 이용하여 노면의 온도를 예측하는 연구를 진행했다. 차량의 외기온도로부터 수집된 정보와 도로 특성(기본

“ 도로기상 기술발전에 도로-기상 분야의 협업은 매우 중요 ”

구간, 교량 구간, 터널 구간) 및 날씨(맑음, 흐림 등) 조건에 따라 변화되는 온도 패턴을 이용하여 노면온도의 변화를 예측하였다(그림 7).

차량의 외기온도 센서를 이용하여 노면온도 패턴을 예측하는 기술은 연구용 시

험차량을 대상으로 개발하였지만, 향후 대상차량을 확대할 경우 다수의 차량으로부터 정보를 수집하여 노면온도 및 결빙정보 제공이 가능할 것이다. 특히 겨울철 위험요소인 블랙아이스 정보 수집에 유용할 것으로 판단된다.



### III. 결론 및 제언

기상은 도로교통 분야에 많은 영향을 주고 있다. 도로관리자에게 있어 안전한 도로 환경을 확보하기 위한 유지관리 전략 수립시 도로상의 기상정보와 노면상태 정보 수집은 필수적이며, 운전자 또한 안전한 운행과 정시성 확보를 위해 기상정보는 중요한 요소이다. 특히 자율주행 시대에서 도로상의 기상정보는 차량의 주행 여부를 결정짓는 중요한 정보로 센서가 감지할 수 없는 노면상태 정보는 자동차 영역이 아닌 도로 인프라와 기상정보 제공기관과의 협력을 통해 제공될 수밖에 없다.

안전한 도로환경과 효율적인 유지관리를 위해 유럽, 미국 등 선진국의 경우 도로 관리청에 기상전문가가 함께 근무하면서 도로기상 상황 변화에 따른 대책을 마련하는 사례에 비추어 볼 때, 도로분야와 기상분야의 협업은 도로기상 기술발전을 위해 매우 중요한 부분이다.

현재까지는 도로와 기상분야는 주로 동절기 도로관리에 초점이 맞춰져 왔다. 그

정책  
추진  
전

러나 두 분야는 도로변 발생 미세먼지 저감, 도시 열섬현상 저감, 돌발 홍수 예측 및 도로시설 피해 예방 등에서도 긴밀한 협업이 요구되므로 이에 대한 검토가 활발히 이뤄져야 할 것이다.

### 참고문헌

- 국토교통과학기술진흥원, 2018: 사업용 차량을 이용한 도로·교통 상황정보 수집 및 활용 기술 개발 기획, 227p.
- 기상청, 2017: 기상상태별 도로위험도 분석 및 도로위험 기상예측 기술개발, 238p.
- 한국도로공사, 2010: 고속도로 기상정보 체계 구축 연구.
- 홍성민, 오철, 양충현 등, 2012: 강설에 따른 고속도로 주행속도 변화연구(서해안고속도로를 중심으로), 한국도로학회, 14(4), 93-101.
- L. Shi, Y. Cheng, J. Jin, et al., 2011: Effects of Rainfall and Environmental Factors on Traffic Flow Characteristics on Urban Freeway, Transportation Research Board Annual Meeting, 17p.
- P. Pisano, 2017: Federal Highway Administration Road Weather Management Program.
- Ray Murphy, Weather, Clarus & Connected Vehicles, Joint Meeting of the Radioactive Materials Transportation Committee and the Transuranic Waste Transportation Working Group, TRB
- T. H. Maze, M. Agarwal, G. Burchett, 2006: Weather Matters to Traffic Demand, Traffic Safety, and Traffic Flow, Journal of The Transportation Research Board, 1948(1), 170-176.
- <https://ops.fhwa.dot.gov/weather/faq.htm>
- [https://ops.fhwa.dot.gov/weather/mitigating\\_impacts/programs.htm](https://ops.fhwa.dot.gov/weather/mitigating_impacts/programs.htm)

# 정확한 산불위험 예보를 위한 노력

이병두 국립산림과학원 산림방재연구과장 byungdoo@korea.kr

- I. 산불 발생 특성의 변화
- II. 국가산불위험예보시스템 소개
- III. 정확한 산불위험 예보를 위한 노력
- IV. 맺으며

기후변화 등 환경변화로 인해 산불발생 및 확산 특성은 과거와 확연히 다른 양상을 보이고 있다. 연중 산불이 발생하는 날은 갈수록 증가하고 있으며, 산불조심기간이 아닌 겨울, 여름철에도 높은 빈도를 유지한다. 3, 4월에만 발생했던 대형산불도 시기를 가리지 않고 있다. 산불이 점점 재난화되면서 산불위험 예보가 그만큼 중요해지고 있다. 이에 국가산불위험예보의 정확도를 높이고, 더 먼 미래까지 예측하기 위해 다양한 노력이 시도되고 있다. 계절 산불위험 지수를 산출하기 위해 850 hPa의 동서바람, 상대습도, 해수면온도, 토양수분자료 등 한반도와 전지구 기후인자를 활용하였다. 또한 중기(일주일) 산불위험지수를 개발하기 위해 과거 산불다발지수, 고도, 산불위험지수의 시계열 패턴, 가뭄지수, GDAPS 산출물(강수량, 온도, 바람, 습도)을 인공지능 기법으로 분석하였다. 산불 발생에 영향을 미치는 다양한 요소를 한데 묶어 정확한 산불위험을 예보하기 위해서는 빅데이터, 인공지능 기법 등을 적극적으로 활용해야 할 것이다. ■

“ 습도와 온도는 발화에 영향, 바람은 산불확산 방향과 속도에 영향 ”

## 1. 산불 발생 특성의 변화

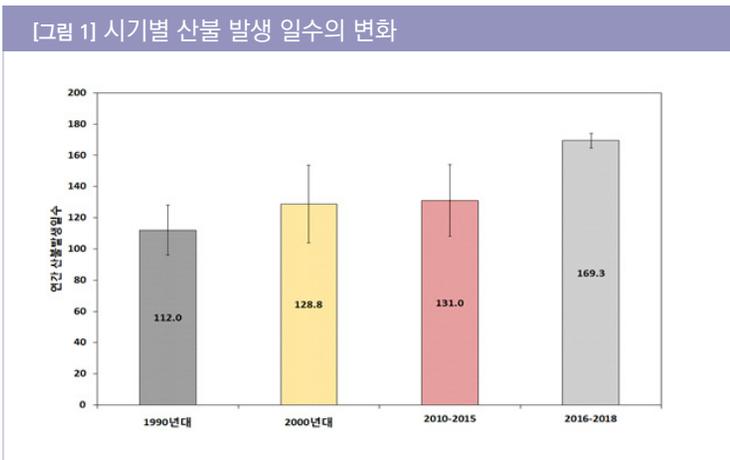
산불 발생과 확산은 기상과 밀접하다. 습도가 낮고, 온도가 높으면 낙엽과 초본의 함수량이 빠르게 떨어져 불이 쉽게 붙는다. 불이 붙으면 바람의 영향을 받아 확산 방향과 속도가 결정된다. 이처럼 산불 특성 변화의 주요 요인은 기상현상이다.

우리나라의 경우 10년 평균 연 432건의 산불이 발생하여 670ha의 산림을 불태운다. 월별로 살펴보면 3월에 112건(26%), 4월에 96건(22%), 2월 48건(11%)으로 약 60%의 산불이 2~4월에 집중됨을 알 수 있다. 산불의 대부분은 인위적인 원인으로 발생하는데 소각 혹은 숲과 인접한 건축물 화재로부터의 전이 등이 대표적이다. 벼

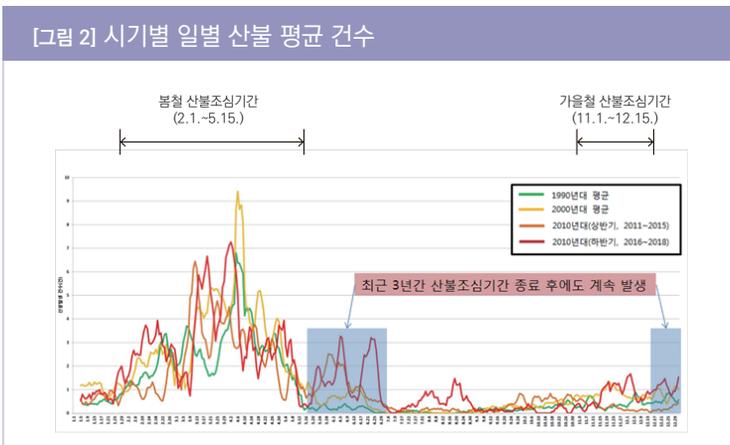
락 등 자연적인 원인은 제한적이다.

최근에는 지금까지 경험하지 못한 산불의 특이 패턴이 포착되고 있다. 첫 번째, 연중 산불 발생 일수가 증가하고 있다. 1990년 산불이 한 건이라도 발생한 날은 365일 중 112일이었지만, 최근 3년에는 169일로 57일 증가하였다. 이는 여름철의 폭염성 가뭄과 겨울철 이상 고온으로 인해 산불조심기간이 아닌 1월과 6, 8월의 산불 발생건수가 증가하였기 때문이다. 이에 따라 산림청에서도 현재 2월 1일~5월 15일(봄철), 11월 1일~12월 15일(가을철)로 설정된 산불조심기간의 연장을 고려하고 있다. 류선경 등(2019)은 산불통계를 분석한 뒤, 10월부터 다음해 6월까지를 조심기간으로 설정해서, 현재 5개월보다 3개월 더 확장해야 한다고 하였다.

[그림 1] 시기별 산불 발생 일수의 변화



[그림 2] 시기별 일별 산불 평균 건수





“ 산불위험 경보는  
실효습도 30% 이하,  
풍속 11m/s 이상 ”

는 대규모의 소나무 숲(30ha 이상 및 2km 범위 내)를 대상으로 실효습도와 풍속, 산불위험지수를 고려하여 발령한다. 즉 산불위험지수가 '다소높음' 이상이고 실효습도가 45% 이하, 풍속이 7m/s 이상이면 주의보가 발령되고, 경보는 실효습도 30% 이하, 풍속 11m/s 이상인 경우이다.

소각산불 징후 예보는 논밭두렁과 쓰레기 등 소각활동이 크게 증가하여 해당 원

인으로 인한 산불 위험성이 높아질 시기에 발령된다. 전국 16개 권역을 대상으로 당일과 평년의 온도차와 당일의 최소상대습도가 기준이 된다. 예를 들어 평년에 비해 갑자기 온도가 상승하여 겨울철임에도 불구하고 봄철 기운이 느껴질 때 주로 발령된다.

(표 1) 대형산불 위험예보 발령 기준 및 단계별 조치사항

단계별	발령기준	조치사항
대형산불 주의보	- 실효습도 45%이하가 2일 이상 계속, 초속 7m 이상 - 해당 읍면동의 산불위험지수 보통 이상	- 소속 공무원 또는 직원의 1/6이상 및 소속 공익근무요원의 1/3이상 배치·대기 - 입산통제구역 입산금지 조치, 산불 발생 취약지 감시인력 증원, 주 2회 이상 순찰·단속활동 등
대형산불 경보	- 실효습도 30%미만이 2일 이상 계속, 초속 11m 이상 - 해당 읍면동의 산불위험지수 보통 이상	- 소속 공무원 또는 직원의 1/4이상 및 소속 공익근무요원의 1/2이상 배치·대기 - 입산통제구역 금지 조치, 유관 기관의 산불예방활동 참여, 사격훈련 자제, 주 4회 이상 순찰·단속활동 등

(표 1) 대형산불 위험예보 발령 기준 및 단계별 조치사항

당일-평년 기온(°C)	최소상대습도(%)									
	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
1	0.0	0.0	1.2	2.6	4.0	5.4	6.8	8.2	9.6	11.0
2	0.0	0.6	2.0	3.4	4.8	6.2	7.6	8.9	10.3	11.7
3	0.0	1.3	2.7	4.1	5.5	6.9	8.3	9.7	11.1	12.5
4	0.7	2.1	3.5	4.9	6.2	7.6	9.0	10.1	11.8	13.2
5	1.4	2.8	4.2	5.6	7.0	8.4	9.8	11.2	12.6	14.0
6	2.2	3.5	4.9	6.3	7.7	9.1	10.5	11.9	13.3	14.7
7	2.9	4.3	5.7	7.1	8.5	9.9	11.3	12.7	14.0	15.4
8	3.6	5.0	6.4	7.8	9.2	10.6	12.0	13.4	14.8	16.2

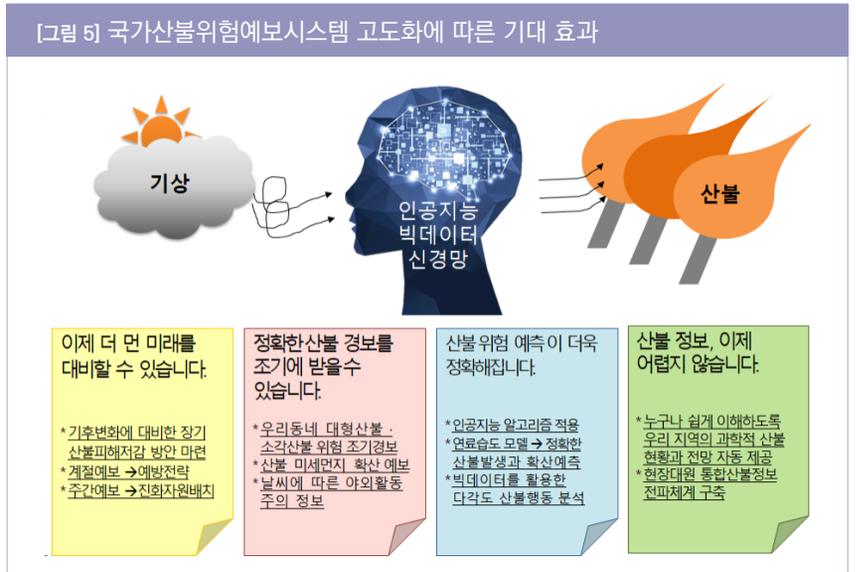
소각산불징후 없음
  소각산불징후 주의보
  소각산불징후 경보

“ 국립산림과학원은 산불변화 예측에 기후변화시나리오 활용 ”

### Ⅲ. 정확한 산불위험 예보를 위한 노력

국립산림과학원은 더 정확한 산불예보를 위해 관련 연구를 수행하고 있다. 연구목표는 첫 번째, 기존 산불위험지수, 대형산불 위험예보, 소각산불 징후예보제의 정확도를 높이는 것이다. 더불어 발생 위험뿐만 아니라 확산 위험도 예보하기 위해 산불확산지수를 개발하여 시스템에 통합한다. 두 번째, 현재 3일의 예보 기간을 확장하여 1주일(중기), 1개월(장기) 예보 체계를 구축하여 진화자원 확충 및 배치, 감시인력 고용, 산불조심기간 연장 결정 등에 필요한 과학적 정보를 제공한다. 세 번째, 기후변화 시나리오에 따른 산불 변화를 예측하여 적응 정책 마련에 기여한다. 본 연구(2019~2023)가 완료되면 현재 3일에서 1개월까지 더 먼 미래를 대비할 수 있을 것이며, 더 정확한 산불예보를 조기에 쉽게 받아 볼 수 있게 될 것이다.

[그림 5] 국가산불위험예보시스템 고도화에 따른 기대 효과



여기서는 중기와 계절 산불위험 예보 알고리즘 개발 결과를 소개한다.

#### 가. 산불위험 계절 예보 알고리즘 개발

1개월 산불위험을 예보하기 위해 우선 계절별 산불위험지수를 산출해 주성분 분석을 수행하였다. 도출된 주성분이 봄, 여름, 가을에 대해 전체 변동성의 70% 이상을 설명하였으나, 겨울철에는 41%로 낮았다. 이는 겨울철 눈 덮임 및 적은 강수량으로 인해 산불기상지수가 제대로 생성되지 않았기 때문으로 판단된다. 다음에

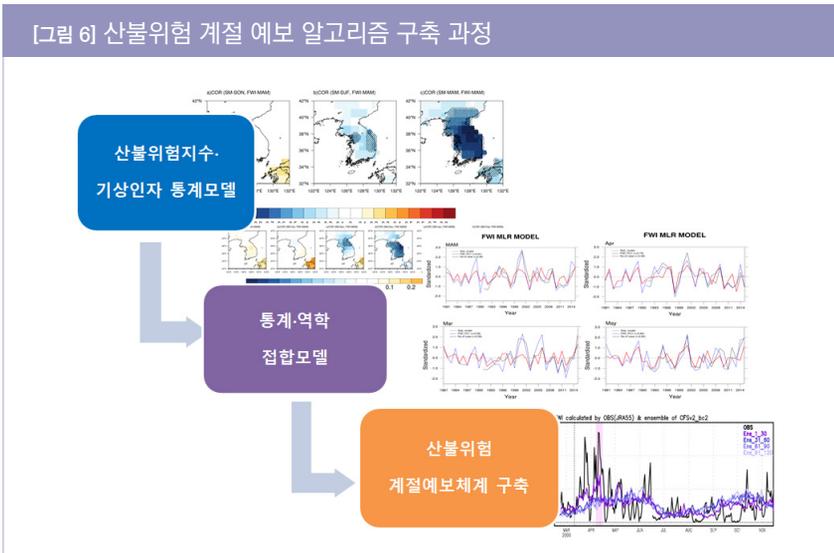
“ 통계-역학 기반의 산불예보체계 구축 ”

는 주성분의 변동과 한반도 주변의 기후인자와의 상관성을 분석하였다. 그 결과 850hPa의 동서바람, 상대습도, 해수면온도, 토양수분자료의 관련성이 높게 나타났다. 예를 들면, 봄철에는 이전해 12월의 한반도, 일본남부와 남중국해의 850hPa 동서바람과 한반도 및 북중국의 상대습도, 서태평양, 남중국해의 해수면온도, 한반

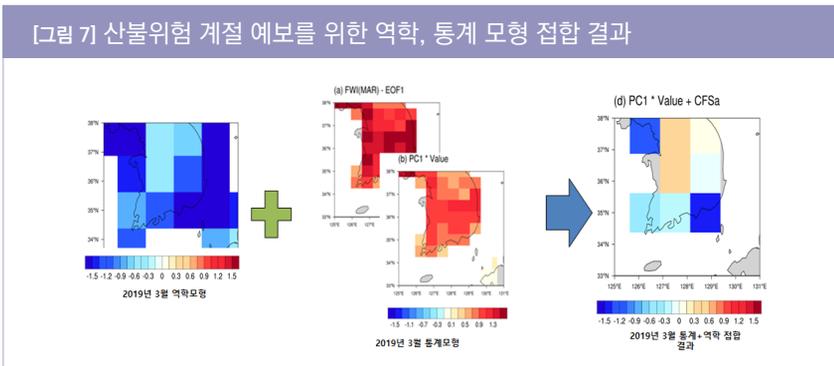
도의 토양수분 간에 상관성이 높다. 계절별 예측 통계모형을 개발한 결과 봄 0.64, 여름 0.73, 가을 0.68, 겨울 0.66의 상관계수가 분석되었다.

한반도를 대상으로 공간적인 산불위험 예측 정보를 생산하기 위해 그림 7과 같이 역학 예측모델 결과(테스트를 위해 미국 Climate Forecast System 사용)에 통계모델 결과를 접합하여 통계-역학 기반의 산불예보체계를 구축하였다. 현재까지 연구를 통해 활용가능성을 확인하였으며, 향후 추가 연구에서 예측성 검증 및 결합기법 고도화를 통해 실제 활용성을 확보할 계획이다.

[그림 6] 산불위험 계절 예보 알고리즘 구축 과정



[그림 7] 산불위험 계절 예보를 위한 역학, 통계 모형 접합 결과



나. 산불위험 중기 예보 알고리즘 개발

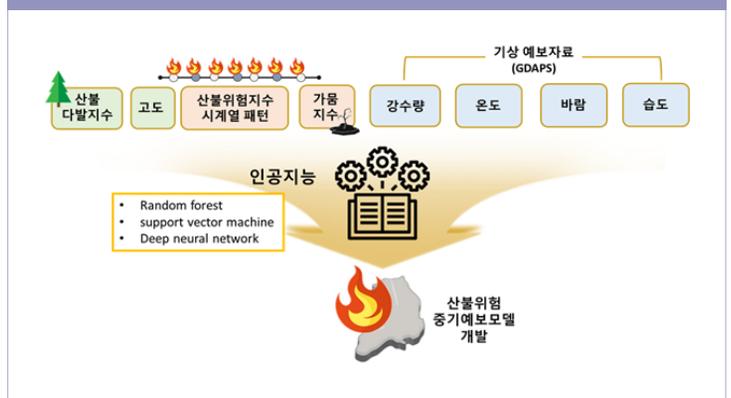
산불위험 중기 예보를 위해 인공지능을 활용하여 고해상도의 토양수분자료

“ 산불위험지수는 예보 기간에 상관없이 높은 설명력 확보 ”

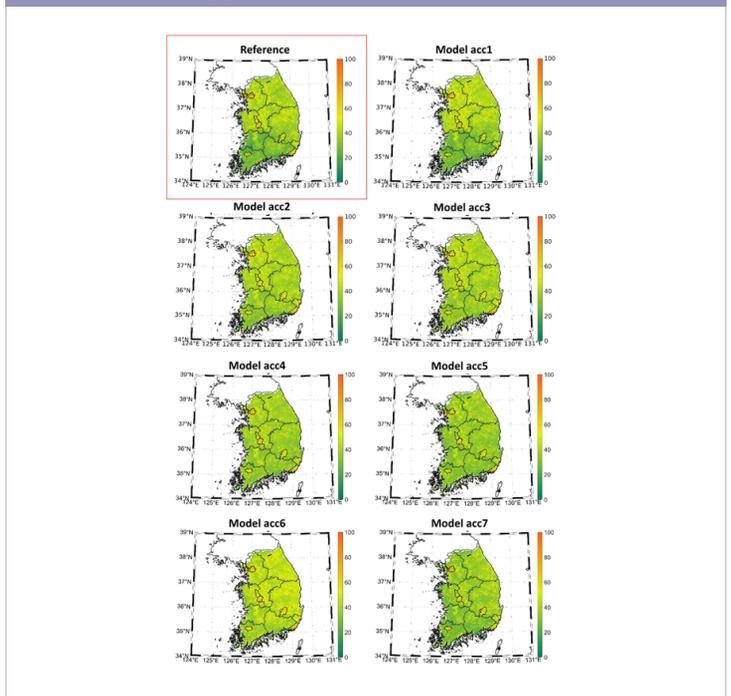
를 생성하였다. Random Forest 기법을 활용하여 25km 저해상도 토양수분자료 (GLDAS: Global Land Data Assimilation System)를 1km로 다운스케일링하였다. 산불 발생위험과 관련된 가뭄지수를 산출하기 위해 다운스케일링된 토양수분과 위성기반의 가뭄인자(Normalized Different water Index, Temperature Condition Index, Tropical Rainfall Measuring Mission)를 활용하여 식을 구성하였다. 산불 발생과 밀접한 연관을 갖는 미세 연료수분 지수는 캐나다의 Fine Fuel Moisture Content 추정식을 우리나라 실정에 맞게 최적화하였다.

최종적으로 중기 산불위험지수를 개발하기 위해 산불다발지수, 고도, 산불위험지수의 시계열 패턴, 가뭄지수, GDAPS(Global Data Assimilation And Prediction System) 산출물 (강수량, 온도, 바람, 습도)을 인공지능 기법에 적용하였다. 개발된 모델은 예보 기간에 상관없이 높은 설명력을 보였으며, 예보 기간이 길어질수록 오차가 증가하는 경향을 보였다.

[그림 8] 산불위험 중기 예보 알고리즘 구축 과정



[그림 9] 인공지능 Random Forest 기법을 통해 산출된 2017년 5월 6일 산불위험지수와 1주일 예보 자료



“ 정확한 산불예측에 빅데이터, 인공지능 등 신기술 적극 활용 필요 ”

#### IV. 맺으며

산림이 울창해져 연료가 증가하고, 이상 기후 등의 환경변화로 산불이 점점 위험성이 높은 재난이 되고 있다. 2000년 23,000ha가 넘는 산림을 불태운 동해안 동시산불을 시작으로 2005년 양양 낙산사 산불, 2019년 강원도 고성·속초, 강릉·동해, 인제 산불 등 산불로 3번의 국가비상사태가 선포된 바 있다. 이처럼 대형산불의 위험성은 시기와 장소를 가리지 않고 점점 고조되고 있다.

산불은 초기 단계시 빠른 대응도 중요하지만, 더욱 근본적인 해결책은 결국 예방이다. 조기에 정확한 산불위험 예보가 필요한 이유이다. 하지만 산불 발생에 영향을 미치는 요소는 기상, 지형, 숲, 인문학적 요소로 다양하고 복잡하다. 산불발생 요소를 종합적으로 해석하여 정확한 예보를 산출하기 위해서는 빅데이터, 인공지능 기법 등 신기술을 적극 활용해야 할 것이다.

#### 참고문헌

류선경 등. 2019: 통계분석을 통한 산불조심기간 추정, *Crisisonomy*, 15(11), 125-136.

# 기해년 4월 산불 이후, 「산불극복 뉴딜 전략」 제안<sup>1)</sup>

김경남 강원연구원 선임연구위원 0000kiki@naver.com

- I. 대형 산불, 그 이후
- II. 기해년 4월 산불의 대형화 원인 및 피해 유형
- III. 복구를 앞두고 나온 사회적 쟁점
- IV. 「산불극복 뉴딜 전략」 제안

동해안은 산불 피해의 상습성이 높다. 재난관리 측면에서는 강풍이 주 요인으로 지적되는 구조적 특징을 지니고 있고, 오히려 소나무 단순림 식재는 동해안 산불 대형화와 관련해 상대적으로 관련성이 낮고, 인위적 통제가 불가능한 바람 대비 대책은 실천성이 없다. 이를 기반으로 미래형 산불대책 검토가 요구된다. 향후 강원도 동해안의 미래형 산불대책은 기동형 인프라 구축과 함께 거점형 인프라 구축이 필요해 보인다. 그것의 추진방법도 기존 산불대책의 특징인 행정위주, 단기계획, 복구중심이었던 것에서 탈피하여 주민참여형, 장기실천, 선행적 예방투자 중심으로 옮겨가야 할 것이다. 이를 위해 본고에서는 「산불극복 뉴딜 전략」을 제안하고, ①소득 및 일자리 창출이 가능한 숲 구조 개선, ②도농교류와 주민참여를 유도하는 활력재생, ③직접적 산불진화와 예방이 가능한 산불진화 설비, 제도, 조직의 설치를 근간으로 하는 약 5432.4억 원의 14개 사업을 제안한다. ■

1 · 이 글은 한국방재학회지(2019.05월호 : 양간지풍 산불의 교훈과 미래형 대책)에 게재된 원고를 바탕으로 강원도의 「산불극복 뉴딜전략(2019.08)」을 포함시켜 개정한 것임

“ 강원 동해안에서 발생하는 양간지풍은 편현상의 구조적 특징 ”

## 1. 대형 산불, 그 이후

기해년(2019년) 4월 동해안에 큰 산불이 발생했다. 이제 그 교훈을 토대로 한 미래형 대책수립이 시급하다. 모든 재난을 겪고 난 뒤가 그렇듯 또다시 발생하는 현상이 작은 사건으로 마무리 될지 아니면 큰 재난으로 발전할 것인지는 소인(素因)과 유인(誘因) 간의 길항작용 또는 상승작용에 의해 결정된다. 이에 이번 산불 대형화의 소인과 유인을 토대로 교훈을 도출하고 대책에 반영시켜야 할 것이다.

강원 동해안은 편현상으로 화풍(火風)이라 불리는 국지풍이 발생한다. 이미 1633년 이식의 「수성지」와 1751년 이중환의 「택리지」에 양간지풍(=양강지풍(襄江之風))이 소개되고 있는 것으로 보아 이 지역의 구조적 특징으로 판단된다. 양간지풍으로 인한 피해사례도 많이 기록되어 있다. 1672년 현종 13년에는 65명이 사망했고, 1804년 순조 4년에는 민가 2,600호가 불타고 사망자가 61명에 이르는 등 대형 산불의 피해기록이 역사서에서 다수 발견된다.

이렇듯 강원 동해안의 대형 산불은 자연현상과 결부된 구조적 문제이다. 첫 번째 소인은 강풍이고, 두 번째는 관리되지 않고 밀식된 산림, 불타기 쉬운 소나무 단순림이라는 산지조건을 지목할 수 있다. 여기에 화원(火原)을 제공하는 Wildland Urban Interface의 증가라는 유인(誘因)이 결부되어 대형 산불이 되었다. 이외에도 주택 및 건축물의 내화(耐火) 및 방화(防火) 대비 부족이 지적될 수 있다.

대형 산불 이후 복구와 예방대책의 검토가 시급한 현재, 본 고에서는 “산불극복 뉴딜 전략”제안을 통해 미래 산불의 대형화 방지를 위한 인프라 구축에 도움이 되 고자 한다.

“ 2019년 4월 산불은 2,080여억 원의 복구비가 소요 ”

## II. 기해년 4월 산불의 대형화 원인 및 피해 유형

### 가. 산불의 개요

산불은 기해년 4월 4일 기준 3건이다. 가장 먼저 인제군 남면 남전리 약수터 인근에서 실화로 추정되는 산불이 발생했고, 뒤이어 전선 아크현상으로 인해 발생한 토성군 토성면 산불, 마지막으로 강릉시 옥계면 남양리의 신당(神堂)에서 부주의로 추정되는 산불이다. 이로 인해 산림 2,832ha, 주택 553동 등 1,291억 원의 재산피해와 3명의 사상자가 생겼고, 2,080여억 원의 복구비(국비+도비)가 소요되었다[표 1].

〈표 1〉 기해년 4월 산불의 발생과 피해현황(2019년 5월 10일 기준)

구분	일시 및 발화장소(진화시간)	피해규모
인제	4/4 14:45 인제군 남면 남전리 503-2번지 (4/6 12:00경)	산림 345ha; 시설 10동
고성·속초	4/4 19:17 고성군 토성면 원암리 산 92-3 (4/5 오전 중 진화, 해변도달)	산림 1,227ha; 주택 553동; 시설 2,087동, 사망 2명
옥계·망상	4/4 23:46 강릉시 옥계면 남양리 958 (4/5 16:54분)	산림 1,260ha; 주택 93동; 시설 155동; 부상 1명

### 나. 산불의 확산

인제군 남면 남전리 산불현장은 폭 넓은 소양강을 끼고 높이 솟아있는 독립 산지로서 평소 강을 타고 이동하는 계곡풍이 강한 곳이다. 산불 발생 당시 남서풍이 우세한 가운데 간헐적으로 북동방향에서 계곡풍이 발생하자 산불방향이 독립산지를 기준으로 동쪽으로 향하게 되었다. 높은 산과 깊은 계곡의 지형특성으로 산곡풍의 이동속도가 빨라지면서 계곡 낮은 곳에 위치한 주택들의 피해가 상대적으로 덜한 의외의 상황이 전개되었고, 실제로 불탄 시간에 비해 산림피해 면적과 주택 피해 건수가 작은 사례가 되었다[그림 1].

〈그림 1〉 인제군 남면 남전리 발화현장의 지형특성 및 피해지역



“ 산불 영향 지역과 이격된 민가의 전소는 소개활동으로 비화된 불씨가 원인으로 추정 ”

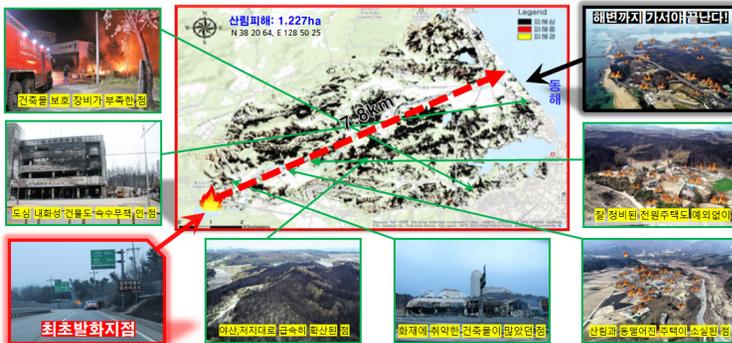
속초·고성 산불은 발화 당시 풍속이 약 30m/sec에 이르는 강풍 상황이었다. 미시령을 기준으로 서쪽은 상대적으로 좁고 깊은 계곡이 형성되어 산곡풍을 발생시키고, 이 바람은 미시령을 거치면서 동해안으로 하강하는 지형구조를 보인다. 이는 편향상 발생시 동반되는 기온역전층과 함께 미시령 기준 동·서쪽의 통기(通氣) 단면적 규모에 큰 차이를 낳았고, 이로 인해 “베르누이 정리”의 에너지 불변의 원칙에 따라 미시령 동편에서 매우 빠른 풍속이 발생하는 결과를 초래하였다. 이날 발화는 전선 아크현상에 의한 것으로서 유사한 사례로는 2004년 3월 10일 발생한 속초시 노학동 청대산 산불(고압선 아크현상) 및 2005년 4월 28일 양양군 현남면 산불(전선아크현상)이 있다(그림 2).

불은 초기 20분경 2km 후방의 농촌마을(장천리, 원암리 등)을 불태우는 등 매우 빠른 속도로 확산되었다. 특히 원암리의 경우 산과 이격된 개활지에 위치한 마을임에도 마을 전체가 불타 이에 대한 세밀한 분석이 필요한 실정이다. 잠정적으로는 소방차가 도착하기 전 이른 주민 소개(疏開)로 인해 비화된 불씨에 대응할 사람이 없어 집 주변의 미청소된 가연물에 붙은 불이 주택까지 불태운 것으로 추정되고 있다. 특히 불이 난 시점이 야간이라 헬기가 기동할 수 없는 상황에서 수백 대의 소방차량

[그림 2] 과거의 전신주 관련 발화 사례(목격자 증언에 의한 것임)



[그림 3] 고성·속초 산불의 피해지역과 피해현황

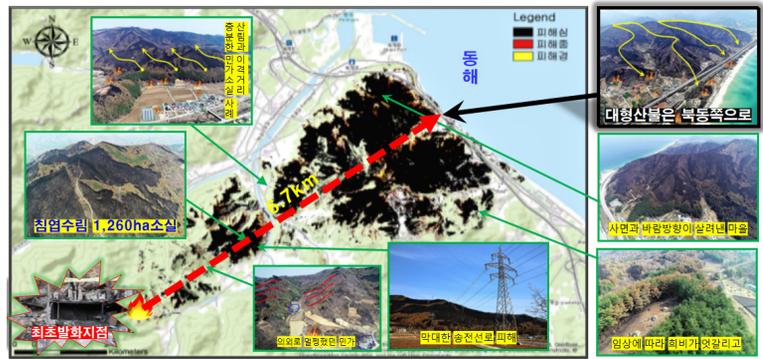


“ 2019년 인제군  
산불은 전형적,  
고성·속초는 도시형,  
옥계·망상은 해안형 ”

이 동원되어 진화에 나섰으나 강풍에 의한 비화(飛火)로 인해 주불 진화에 실패하였고 최종적으로 해변의 초목까지 불태왔다(그림 3).

옥계·망상 산불은 옥계면 남양 2리 주민이 관리하는 신당 방향에서 발화 후 빠른 속도로 확산되면서 옥계의 '화산'과 동해의 '망운산'으로 옮겨 붙었고 최종적으로 동해시 망상동 소재의 “캠핑 캐라바닝” 사이트를 전소시켰다. 산불 초기에는 편서풍의 영향으로서 동 방향으로 진행했으나, 망운산 일원에서는 해풍의 영향으로 북동 방향으로 선회하면서 속도가 떨어졌고 이후 해안가 '옥계휴게소'를 포함한 시설물들을 불태웠다(그림 4).

[그림 4] 옥계·망상 산불의 피해확산 경로와 피해현황



#### 다. 피해유형

금번 산불은 세 가지 유형으로 구분할 수 있다. 인제군은 전형적 산불, 고성·속초 산불은 도시형 산불, 옥계·망상 산불은 별도로 해안형으로 구분된다. 향후 미래형 산불의 대책수립을 위한 피해유형 분석은 도시형과 해안형 산불에 집중되어야 한다.

고성·속초 산불은 초기발화

[그림 5] 최근 25년간 국내 주요 산불의 특성



“ 산불 피해는  
안전이격거리,  
주택 건축재료,  
스프링클러,  
방화수 식재여부,  
가연물 여부에  
영향 ”

이후 최근 20년 동안 발생한 산불 중 가장 빠른 131km/hr 속도로 확산하였고, 교목계도 산불 이동 경로에 주택을 비롯한 건축물이 다수 위치해 있어 많은 재산피해가 발생했다(그림 5).

그 특징을 정리하면 당초 ‘숲속 전원주택’이 조성된 곳이었으나, 점진적 개발행위로 인해 ‘도시 속의 숲’이 된 경우이다. 환경사 구릉지에 주택이 산재하거나 농촌마을이 있었고, 이들 시설들이 비화된 불씨에 의해 동시다발적으로 2차 발화되면서 많은 소방력이 동원되었음에도 불구하고, 기록적인 피해를 입은 것으로 파악된다. 그러한 피해의 내면에는 몇 가지 점검해야 할 사항이 포함되어 있다. 첫째, ‘숲과 인접한 주택들이 충분한 안전이격거리를 확보하였는가?’이다. 국내에서는 30m를 안

전이격 기준거리로 규정하고 있으나, 미국은 100m 이상을 기준으로 규정하고 있어 우리와 차이가 크다. 실제 이번 산불에서는 30m의 이격거리가 확보되었음에도 전소된 주택이 다수 발견되었다(그림 6).

[그림 6] 이격거리 미확보 지역 주택의 전소와 미국의 안전거리확보 기준 개념도



둘째, ‘불연 및 난연의 지붕 재료를 적용하였는가?’이다. 이번 산불피해 현장 중 이목을 집중시킨 것은 고성군 토성면 원암리의 회전교차로에 접해있는 편의점과 물류센터 건축물이다. 이들 건축물은 지붕과 벽체가 강판재료를 구축되어 있었고, 내외부 전소 및 붕괴가 관찰되었다. 이번 산불피해현장에서는 거의 대부분의 강판지붕 적용 건축물이 붕괴된 것으로 조사되었다. 보통 강판은 300°C에 이르면 구조체로서 형태를 유지할 수 없다고 본다. 이로 미루어 볼 때 강판지붕의 도료(塗料)가 연소되면서 고열 환경이 생성되었고, 결국 내부까지 전소한 것으로 파악된다. 이에 건축분야에서는 불연 및 난연의 정도에 따라 건축재료를 3단계인 Class-A(불연인 점토, 콘크리트, 유리섬유 등의 소재 사용(산불빈발지역에 사용)), Class-B(Class-A보다 낮은 난연재 사용. 화

“ 안전이격거리와 스프링클러가 주택 생존율을 매우 높인 것으로 분석 ”

재 확산속도 지연 (대형 산불 사례없는 지역에 사용), Class-C(산불의 위험성이 거의 없는 지역에 사용하는 재료(루핑재 등))로 구분하고 있다. 이번 산불 현장에는 강판 외에 플라스틱 기와, 루핑재 등 Class-C에 해당되는 건축재료가 다수 사용된 것이 확인되었다.

셋째, ‘스프링클러를 설치하였는가?’이다. 2007년 미네소타 ‘Ham Lake Fire’ 당

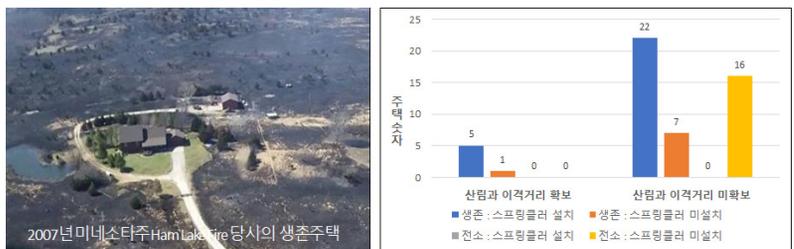
시 피해 현장에서 매우 상징적 결과가 얻어졌다. 이격거리를 확보하고 스프링클러를 설치한 경우 주택 생존율이 높았던 반면, 반대의 경우 전소율이 매우 높은 것으로 조사되었다. 실제 고성·속초 피해 현장에서도 스프링클러 또는 유사산불대비 방호활동을 실천한 경우 주택을 잘 방어한 것으로 소개되고 있다(그림 8)

넷째, ‘주택 주변에 방화수(防火樹)가 식재되었는가?’이다. 동해안 지역은 남고북저의 기압배치, 동고서저의 지형 및 편향상으로 인해 다른 지역에 비해 습도가 낮고 건조기간이 길며 가뭄이 심하다. 이로 인해 적절하게 생육할 수 있는 수종 자체가 소나무로 한정된다. 이번 산불 현장도 대부분

[그림 7] 일반소재 적용(좌)과 난연소재 적용 주택의 확산저지 사례(우)



[그림 8] 스프링클러 설치 유무에 따른 주택 생존비율의 차이



[그림 9] 전소주택(적색)과 생존주택(녹색) 및 활엽수를 이용한 방화수림대 조성 개념



“ 집 주변 가연물은  
비화된 불씨에  
의해 2차 발화  
피해 야기 ”

소나무가 우점한다. 따라서 전원주택 주변 전체를 소나무 숲이 감싸면서 수관화(樹冠火)로 연결될 경우 최대 1000℃에 이르는 화염이 주변 주택을 불태운 것으로 보인다. 이에 해당 지역실정에 맞게 불에 강한 활엽수(은행나무, 참나무류 등)로 방화수림대 조성에 대한 필요성이 제기되는 것으로 파악된다[그림 9]

다섯째, ‘집주변 가연물을 청소하였는가?’이다. 이격거리 확보도 중요한 요건이지만, 이격거리 확보 못지 않게 해당 공간 안에 잔존하는 가연물 제거가 중요하게 요구된다. 이번 산불에서 큰 피해를 입은 원암리, 장천리 등은 농촌마을이다. 앞마당을

비롯한 집주변에 필수적으로 다양한 가연물이 존재할 수밖에 없다. 이러한 가연물들이 비화되어 온 불씨에 의해 2차 발화 되면서 집주인이 대피한 가운데 주택을 전소시킨 것으로 추정된다[그림 10].

[그림 10] 주요 피해지역 전경



### III. 복구를 앞두고 나온 사회적 쟁점

#### 가. 복구지원액이 충분한가?

농촌지역이라도 보통 건축비는 500만 원/3.3㎡이 소요되는 것으로 추정된다. 25평형대 주택이라면 약 1억2,500만 원이 소요된다. 국가에서는 이번 산불 이후 전소 피해 주택에 대해 「사회재난 구호 및 복구 비용 부담기준 등에 관한 규정(운영지침)」<sup>2)</sup> 등에 따라 1,300만원까지 지원하고, 추가적으로 국민 및 기업성금을 지원하여 최

2) ‘산불’은 「재난 및 안전관리 기본법」 제3조(재난유형의 정의)에서 고유 재난유형으로 명시되어 있지 않아, 통상적으로 화재에 포함 된 것으로 해석한다. 산불발생시 그 원인이 인위적이면 「사회재난 구호 및 복구 비용 부담기준 등에 관한 규정(운영지침)」에 따르고, 자연적이면 「자연재난 구호 및 복구 비용 부담기준 등에 관한 규정」에 따르는데, 원인에 따라 지원액에 약 2.5배의 차이가 있다. 한편 이번 산불에서도 고성·속초의 경우 피해자로 지목되는 기관과 법정다툼의 여지가 있고, 옥계·망상 및 인제는 발화원인을 명확하게 증명할 방안이 부재하여 향후 다툼의 여지가 있다.

“ 강원 동해안은 최근 25년 동안 우리나라 산불 피해면적의 87% 집중 ”

대 건축비의 70%까지 지원할 계획이다(2019년 5월 10일 기준)(표 2). 연소득 3천만 원대의 농촌지역에서 현실적으로 건축비 차액은 큰 부담이 아닐 수 없다. 게다가 주택전소로 인해 큰 건축비 마련이 시급한 주민이 곧 해당 지역의 농민이자 중소상인인 상황에서 생산 및 판매 사업장, 농업시설 및 농기계의 전소는 생업기반의 소실이라는 측면에서 별도의 지원 대책이 시급한 상황이다. 그렇지만, 「재난구호 및 복구비용 부담 기준 규정(운영지침)」에 의하면 이것에 대한 지원은 저리, 장기용자 정도가 거론되는 실정이다.

〈표 2〉 재난 구호 및 복구 비용 부담기준 운영지침의 내용(2016년 기준)

구분	자연재난(현행)		사회재난(안)	
	지원대상	지원기준	지원대상	지원기준(안)
구호금	사망실종	가족구성원 사망·실종한 유족	가족구성원 사망·실종한 유족	세대주 1,000만원 세대원 500만원
	부상	장해등급 7급 이상 부상자	장해등급 7급 이상 부상자	세대주 500만원 세대원 250만원
생계비	주생계수단 농업시설 50% 이상 피해	88만원 *양곡 = 80kg, 5가마	주 생계수단 농업시설 50% 이상 피해 주소특자 사망·실종 부상 또는 휴폐업·실직	113만원(4인기준) *가구원수에 따라 지원
주거비	주택피해(전파·반파) 세입자 보조	전파 900만원 반파 450만원 세입자 300만원 이내	주택피해(전파·반파) 세입자 보조	전파 900만원 반파 450만원 세입자 300만원 이내
			피해예상으로 주거불가능 정부의 이주요구 등	150만원 이내 *피해기간 고려지원
구호비	주택피해(전·반파·침수)	7,000원/1일/1인 * 전파 60일, 반파 30일	주택피해(전파·반파) 세입자 보조	8,000원/1일/1인 *전파 60일, 반파 30일
			재난영향으로 거주지 생활 곤란	8,000원/1일/1인 * 기본 15일, 최대 30일
교육비	주생계수단 농업시설 50% 이상 피해	73만원 (서울기준)	생활안정지원 대상 고등학생 학자금	73만원(서울기준)

강원 동해안에는 최근 25년 기준 큰 산불이 다수 있었다. 특히 우리나라 100대 산불 중 30건이 발생하여 피해면적의 87%가 이들 지역에 집중되어 있다. 이로 미루어 볼 때 동해안 지역 산불복구를 다른 지역 또는 다른 유형의 재난피해와 동일하

“ 산불 피해지역의  
적극적 관광자원화  
방안 강구가 필요 ”

게 취급하는 것이 국민최저생활수준(National Minimum 원칙)에 부합하는 가에 대한 의문을 가질 수밖에 없다. 우리나라의 재난구호 규정은 그간 꾸준히 개정되어 2019년 4월 최신화 되었지만, 지금 논란이 일고 있는 것으로 보아 재난 재해현장을 바라보는 근본적 시각의 변화가 필요한 것으로 보인다. 국토의 균형발전, 국민안전의 확보 및 편리의 제공이라는 측면에서 ‘양간지풍’이라는 구조적 특징을 안고 있는 지역에는 이에 상응하는 배려가 우선되어야 하는 것이 타당해 보인다.

### 나. 전화위복의 산불피해 복구가 되어야

동해안 일원은 우리나라 대표 여가휴양지이다. 산불은 동해안 전체의 토양(소수성(Hydrophobic Surface)), 대기(미세먼지(Ultrafine Particles)), 해양(수은(Mecury outflow & Biological Storage))에 부정적 영향을 미치는 것은 물론이고, 시각적 경관을 크게 훼손한다. 이 훼손은 쉬이 복원되지 않는 것으로 보고되고 있다. 실제 '96년 및 '00년 산불 피해지 모니터링 조사에 따르면 아직도 생태계가 완전히 회복되지 못하고 있다. 이번 산불 피해지역 또한 25년이 경과해도 여전히 장애를 안고 있는 생태계가 될 수밖에 없다. 이들 지역에 산불 이후 주민 대체소득원 제공이 시급한 것으로 보인다. 예를 들면, 다시금 조성하는 숲을 '장관(壯觀)의 테마 숲'으로 조성하여 관광자원화 하는 방안을 찾아야 한다. 마침 고성군 토성면 일원은 미시령을 원경으로 낮은 구릉지로 연결되어 있어 특정 테마를 선정하고 구

[그림 11] 타 시군의 테마 숲 조성 사례와 고성군 후보지의 입지특성 비교



모있게 조성·관리하여 시각적 긴장미와 정련미가 발산될 수 있는 지역의 대표 명소로 발전시켜 가야 한다[그림 11].

또 한편으로는 산불피해 지역에 농촌지역이 많이 포함되어 있는 것에 착안하여 산지를 이용한 '신녹색산업지대' 구성에 나서야 한다.

“산불 피해 면적의 5~10%를 신녹색 산업지대로 조성하는 제도적 방안 필요”

2,832ha를 모두 녹색산업지대화 할 수는 없겠지만, 피해면적의 5~10% 규모에 산지 전용을 통해 장기적으로는 산불걱정을 덜고, 단기적으로는 주민소득원을 확보하는 복구 전략이 필요하다. 피해산지의 미지형 특성, 지형경사 및 해발고도를 기준으로 각 지구내 산림지, 혼농임업지 및 녹색산업지대를 적정비율로 혼재시켜 청정먹거리 생산 기반을 조성하는 등 6차산업화의 전환계기로 활용해야 할 것이다[그림 12].

[그림 12] 미지형 분석(좌)과 원근을 고려한 녹색산업지대(우) 조성 예시



아직까지 국내 재난현장

에서 이러한 개념을 적용시킨 사례는 발견되지 않으나, 국민들이 동해안에 대해 갖고 있는 기본인식과 가치를 고려한다면 ‘장관의 테마 숲’, ‘신녹색산업지대’ 조성은 현 정부가 주장하는 소득 및 일자리 창출이라는 측면에서도 검토의 가치가 있다고 하겠다. 특히 사례로 든 사업들이 현재까지 추진되지 않았던 것은 기존의 법, 제도와 행정적 한계로 검토 후 담보상태에 빠지는 한계가 있었고, 자치단체 행정에서는 추진이 어려운 실정이다. 과거의 국가개발 프로젝트, 문제해결형 국책사업의 경우 제한과 규제 법규에 대한 일괄처리와 자원확보의 수월성 확보를 위해 여러 사업을 하나의 패키지로 묶어서 처리하는 정책을 집행해왔다. 본 고에서도 그러한 사례를 쫓아 강원 동해안의 미래형 산불대책은 중앙과 지방, 행정각 부서가 종합적으로 참여하는 측면을 고려하여 “뉴딜전략”으로 제안하는 바이다.

“ 지금까지의 산불 대책은 기동형 산불 인프라 구축 ”

#### Ⅳ. 「산불극복 뉴딜 전략」 제언

##### 가. 「산불극복 뉴딜 전략」제언의 배경

동해안은 약 400여 년 전의 대형 산불기록이 발견되는 등, 피해의 상습성이 높게 감지된다. 재난관리 측면에서는 강풍이 주 요인으로 지적되는 구조적 특징을 지니고 있다. 소나무 단순림 여건 등은 동해안 산불 대형화와의 관련성에서 상대적으로 주변 요인에 가깝다. 이러한 인식을 기반으로 미래형 산불대책을 검토하고자 한다면, 인위적 통제가 불가능한 바람 대비 대책은 실천성이 없다고 봐야한다. 오히려 이 지역의 산림, 도시, 생활에 관련된 요인들을 중심으로 조정, 보완 가능성 여부를 분석해야 한다.

최근까지의 산불대책을 정리하면 산불진화헬기, 진화차량 및 소방인력 확충이

라는 기동형 산불 인프라 구축이었다. 기해년 4월 산불에서 855채가 불타는 피해를 입은 것으로 보아 기동형 산불방지 인프라 구축을 지향하는 동해안 산불대책은 보완이 필요해 보인다. 경험적 판단에 근거하면 향후 강원도 동해안의 미래형 산불대책은 기동형 인프라 구축과 함께 거점형 인프라 구축이 필요해 보인다. 그것의 추진방법도 기존 산불대책에서 행정위주, 단기계획, 복구

〈표 3〉 최근 20년간의 강원동해안 일원의 산불피해 상황(현재가치는 물가상승률 고려 재산정)

발생일시	산불장소	피해규모 (ha)	피해액 (억원, 당시 가격)	피해액 (억원, 현재가격)	공익적 가치손실 (억원)
1996년 (4.23~4.25)	고성군 죽왕 마차리	3,762	227	357.0	780.4
1998년 (3.29)	강릉시 사천 덕실리	301	23	33.2	62.4
2000년 (4.7~4.15)	동해안 4개시군	23,138	1,072	1,550.5	4,800.0
2004년 (3.10)	속초시 청대산	180	17	22.0	37.3
2004년 (3.16~3.17)	강릉시 옥계면 산계리	430	22	28.4	89.2
2005년 (4.4~4.6)	양양군 양양읍, 강현면	973	393	494.6	201.8
2005년 (4.28~4.29)	양양군 현남면 주리	168	12	15.6	34.9
2017년 (3.9~3.10)	강릉시 옥계면 산계리	160	10	10.0	33.2
2017년 (5.6~5.9)	삼척시 도계읍 점리	765	71	71.5	158.7
2017년 (5.6~5.9)	강릉시 성산면 어흘리	252	62	62.4	52.3
2018년 (2.11~2.13)	삼척시 노곡면 하마음리	161	14	14.0	33.4
2018년 (2.11~2.13)	삼척시 도계읍	76	3	2.5	15.8
2018년 (3.28)	고성군 간성읍	357	121	121.4	74.1
2019년 (4.4~4.5)	동해안 4개시군	2,832	1,291	1,295.1	587.5
계	소계	33,555	3,338.4	4,078.2	6,961.0
	총계				11,039.23

“기동형 대책을 보완하는 거점형, 패키지형 해결책 제안”

중심이었던 것을 탈피하여 주민참여형, 장기실천, 선행적 예방투자 중심으로 옮겨 가야할 것으로 보인다.

산불정책의 개선을 제안하기 위해서 B/C 검토 측면에서 장기투자 예정 기간인 향후의 20년을 고려하여 과거 20년간 동해안지역에서 발생한 산불피해 규모를 분석한 결과 직접피해 약 4,000억 원, 간접피해액 약 6,900억 원 등, 약 1.1조 원에 해당하는 피해가 발생하여 재정투자 심사기준 사업에 해당되는 것으로 보인다.

#### 나. 「산불극복 뉴딜 전략」내용

과거 20년간의 산불피해액 약 1.1조 원을 고려할 때, 동해안 산불대책이 재정투자 사업의 심사기준에 부합하는 것으로 판단된다. 무엇보다도 산림, 산지는 소유 관계 보다는 환경자원으로서의 공공재 성격이 큰 만큼 재정여건이 미흡한 자치단체에 해결책 마련을 일임하는 현재의 상황은 대형 산불 피해의 재발이 염려된다.

지금까지의 국가산불대책은 기동형 산불대책이다. 동해안 일원에 대해서는 그 대책내용을 보다 강조하여 ‘동해안산불방지센터’를 개칭하여 상시운영하고 있다. 센터는 평상시 동해안 산불예방 및 대응 여건의 구축, 상황의 유지, 유사시 동원된 산불진화 자원의 배분 등을 주 업무로 하는 기관이다. 하지만 동해안 산불이 지닌 구조적 한계를 극복할 수준에 도달하기 위해서는 더 많은 보완이 필요한 시점이다. 특히 산불관련 업무의 상당부분이 산림행정 담당 도 및 시·군 지역 그리고 중앙의 업무에 연계되어 있어 획기적 대책을 시행하기 곤란하다.

이에 “산불극복 뉴딜 전략”에서는 기존의 기동형 대책외에 거점형 대책을 제안한다. 또한 본 전략에서는 부처간 칸막이 행정에서 비롯되는 한계를 허물고, 중앙 정부 대 자치단체의 재원확보력 차이, 법·제도상 집행 권한과 위임의 차이 등을 고려하여 국가중기재정계획 반영에 의한 패키지형 해결을 제안한다. 뉴딜전략의 대전제는 매몰비용으로서의 재난대책이 아닌, 보다 능동적 실천을 위해 전화위복의 지역발전 사업으로서의 기능발휘를 염두에 두고 ①소득 및 일자리 창출이 가능한 숲 구조 개선, ②도농교류와 주민참여를 유도하는 활력재생, ③직접적 산불진화와 예

“ 산불극복 뉴딜전략은 14개 사업을 제안 ”

방이 가능한 산불진화 설비, 제도, 조직의 설치를 근간으로 하는 약 5432.4억 원의 14개 사업을 제안한다.

숲 구조 개선 과정에서의 소득 및 일자리 창출은 Fire Breaker로서 대면적 활엽수 조림, 산지의 집약적 생산 공간화를 지향하고, 활력재생은 범·제도 기반의 도심녹지 관리 강화, 산불피해지 도심의 도시재생사업 선정, IT기반의 산불 대책을 추진한다. 산불진화 설비 및 조직의 신규 구축은 미리 구축된 산지 내에 방화수 탱크 등을 구축하여 산불조심기간에 방화수를 확보하여 대비하는 방인과 초기대응 산불진화조직 및 대규모 동원된 산불진화자원의 효율적 운용을 위한 전문 지휘관 육성 등을 포함한다.

〈표 4〉 강원 동해안의 산불극복 뉴딜전략 사업 리스트

분류	사업비(억원)		
	국비	지방비	총계
S1. 전화위복의 녹색산업지대(Green Industry Complex) 조성	600	-	600
S2. 壯觀의 미래 숲 조성	150	-	150
S3. 재해안전과 여가의 숲 조성	400	-	400
S4. 첨단과학을 입은 양간지풍형 방화수대 조성(Fire Break Forest)	350	-	350
S5. 도시 산불피해를 부활시키는 도시재생사업	175	75	250
S6. 시민참가형 자연방화벽(Fire Breaker Wall) 조성	60	60	120
S7. 도심 자연녹지 관리 강화	42	18	60
S8. 산불 이재민 집단화 이주, Town Code를 입히다	60	-	60
S9. Big Fire는 Big Data로 잡는다	100	-	100
S10. 거점방어형 방화수 시설(물탱크, Pond, Trench) 설치	118	-	118
S11. 산림재해 대비 Top Commander, 정책관 직제 신설	-	30	30
S12. 양간지풍 지역의 지속가능한 발전, 산불대비 조례 제정	-	60	60
S13. 초동대응(Initial Attack) 형 산불조직 육성	2,376	158.4	2,534.4
S14. 야간 강풍속의 산불 대비, 산불대응 전문 항공기 확보	600	-	600
합계	5,031	401.4	5,432.4
	인건비 2534.4억 원 제외 시		2,898

다. 「산불극복 뉴딜 전략」의 추진을 위한 재원확보시 고려사항

동해안 일원만이라도 산불방지 예산의 국가 부담 증액이 필요하다. 보통의 공공 분야 사업은 국비 대비 지방비 부담율이 최소한 5:5이다. 산불행정은 보수적으로 계상해도 4:6의 비율로 구성되어 있다. 즉 타 사업대비 국비 부담율이 낮으며, 실

제로는 추산방식에 따라 40%이하로 평가되기도 한다. 예를 들면, 2012년 강원도의 산불방지 총 예산은 324.6억 원이며, 이중 국비는 52.3억 원, 도비 59억 원, 시·군비 213.2억 원으로 국비 부담률은 16.1%에 불과한 것으로 나타났다. 2018년 강원도 전체의 산불방지 예산은 약 313억 원인데, 이 같은 비율로 산불행정이 지속되면서 지자체는 재정부담을 안게 되었고, 결과적으로 산불방지 업무강화에 장애가 되고 있다[표 5].

〈표 5〉 2012년 산림청의 산불예방 예산 편성 내역(단위 천원)

구분	사업비계	국고보조금	순지방비
전국합계	93,805,000	37,522,000	56,283,000
강원	13,082,597	5,233,039	7,849,558

### 참고문헌

- 강원도, 2005: 2000년 동해안 산불 피해지 산림복구.
- 강원도, 2019: 2019년 4월 9일 강원도 산불 수습상황 보도자료.
- 강원도, 2019: 2019년 제1차 강원 방재(산불)포럼 자료집, 2019.5.10.
- 강원도, 2019: 강원도 산불극복 뉴딜전략, 강원연구원 연구보고서, 44p.
- 김경남, 김규한, 김형근, 박상덕, 백민호, 전근우, 2005: 을유년 4월 동해안 대형 산불의 교훈: 진단과 예방 및 복구, 강원연구원 보고서, 157p.
- 김경남, 2005: 산불 대형화 방지 방안 고찰, 강원논총.
- 김경남, 2012: 강원도의 대형 산불 방지를 위한 합리적 재원 확보 방안, 강원연구원 연구보고서, 21p.
- 육동한, 김경남, 2019: 양간지풍 산불의 교훈과 미래형 대책, 강원연구원 정책메모 제751호, 11p.
- 산림청, 1996: 고성산불 지역 생태조사 결과 보고서.
- 행정안전부, 2016: 대형 화재 등 사회재난 피해자는 얼마나 지원 받나?, 2016.4.7 정책설명 자료.
- 행정안전부, 2019: 정부와 지자체, 국민이 하나 되어 강원 산불피해 복구한다, 2019.5.1. 보도자료.

# 미세먼지 개선을 위한 국가 정책 및 기술 방향

심창섭 한국환경정책·평가연구원 대기환경연구실 실장 cshim@kei.re.kr

- I. 우리나라 미세먼지의 실태와 정책 현황
- II. 현 정부 정책의 특징
- III. 미세먼지 개선을 위한 정책 방향
- IV. 정책 성공을 위한 기술 등 필요조건

입자 크기가  $10\mu\text{m}$  이하인 부유물을 칭하는 미세먼지는 2013년 세계보건기구 산하의 국제암연구소 (IARC)에서 미세먼지를 1군 발암물질로 지정되었다. 우리나라는 미세먼지로 인한 피해를 방지하기 위해 다양한 분야에서 적극적인 저감정책을 세밀하게 펼쳐 나가고 있다. 그로 인해 민·관·학 등에서 폭넓게 논의된 국내 미세먼지 문제는 필요한 정책방향과 수요에 대한 나름의 진전이 있는 것으로 평가된다. 이제는 정책방향에서 구체적인 정책도구를 개발하여 이에 대한 정부와 지자체의 예산투자로서 이어져야 정책이행을 통한 미세먼지 추가 개선을 기대할 수 있을 것이다. ■

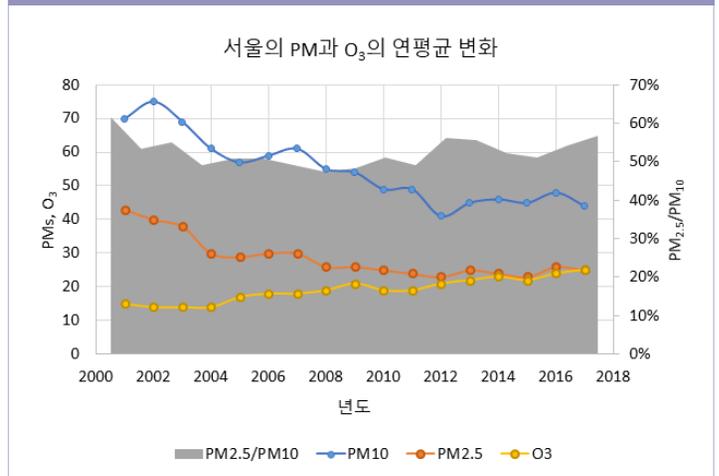
“ 2000년 초반 이후 서울의 미세먼지와 초미세먼지 농도는 급격히 개선됨을 확인 ”

## 1. 우리나라 미세먼지의 실태와 정책 현황

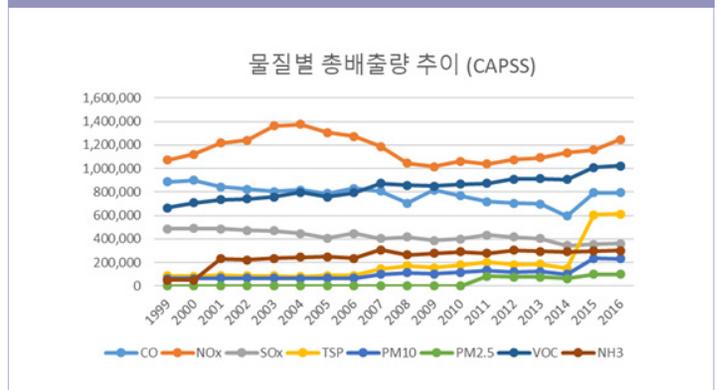
미세먼지는 보통 대기 중의 작은 입자로 그 크기가  $10\mu\text{m}$  이하인 부유물을 가리킨다. 미세먼지는 크기가 약  $1\mu\text{m}$  까지 작아질수록 인체 위해성이 높은 것으로 알려져 있는데, 이를 반영하여  $2.5\mu\text{m}$  이하인 대기 중 입자를 초미세먼지로 칭하고 있다(관계부처 합동, 2019). 미세먼지의 인체위해성은 2013년 세계보건기구 산하의 국제암연구소(IARC)에서 미세먼지를 1군 발암물질로 지정하면서 본격 논의되기 시작했다. 우리나라의 경우 미세먼지에 대한 측정은 오랜 기간 이뤄져왔으나 건강영향이 큰 초미세먼지는 환경기준이 2011년 신설되어 2015년부터 공식적인 관측이 시작된 것에 불과해 추이 파악에는 한계가 있다(국립환경과학원, 2015).

하지만 서울시는 2000년 이후 초미세먼지 측정 자료가 있어 연도별 추이를 볼 수 있다(그림1). 그림1에서 보는 것처럼 서울에서는 미세먼지( $\text{PM}_{10}$ )와 초미세먼지( $\text{PM}_{2.5}$ ) 모두 2000년대 초반 급격히 개선되는 것을 볼 수 있다. 이는 수도권 대기환경개선에 관한 특별법이 2003년 제정된 이후 친환경적 연료사용에 의한 대기질 개선과 일관적인 주요 배출원 억제 정책이 상대적으로 일찍 추진되었던 것에 그 원인을 찾을 수 있다. 그러나 2010년 이후 미세먼지 농도 감소폭이 매우 더뎠고 개선이 잘 이뤄지지 않고 있음을 알 수 있다. 초미세먼지 농도는 약  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$  수준에서 정체되고 있다(그림 1).

[그림 1] 서울 미세먼지와 오존의 연평균 변화(파랑: 미세먼지( $\text{PM}_{10}$ ), 주황: 초미세먼지( $\text{PM}_{2.5}$ ), 노랑: 오존 농도, 회색바탕: 미세먼지에 대한 초미세먼지 비율( $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ )).



[그림 2] 1999~2016년 물질별 전국 총배출량 추이.



“ 2019년 미세먼지 관리 종합계획 수립 ”

그 원인은 여러 연구 등을 통해 아래와 같이 정리할 수 있다.

- 서울의 미세먼지 및 전구물질의 배출량은 줄었으나 인근 수도권 지역의 인구 증가 및 배출량 증가(국가대기오염물질 배출량 서비스)
- 미세먼지의 전구물질인 질소산화물, 휘발성 유기탄소 화합물(VOCs), 암모니아 배출량 등이 줄지 않거나 증가하여 이차생성에 의한 미세먼지 발생 증가(국가대기오염물질 배출량 서비스)
- 서울 등 국내 일부 지역 풍속 감소 등 기상 정체에 의한 오염물질 증가(Kim et al., 2017 외)

[그림 3] 정부의 미세먼지 관리 종합계획 비전 및 중점과제(출처: 관계부처 합동, '미세먼지 관리 종합계획(2020 - 2024)')

<b>비전</b>	맑고 깨끗한 공기, 미세먼지 걱정 없는 대한민국	
<b>목표</b>	'16년 대비 초미세먼지 연평균 농도 35% 이상 저감 ※ 전국 초미세먼지(PM2.5) 연평균 농도 : '16년 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → '24년 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	<b>분 아</b>	<b>15대 중점 추진과제</b>
<b>국내 배출 감축</b>	· 산업부문	① 배출총량제 전국 확대 ② 사업장 점검 및 단속 강화
	· 수송부문	③ 노후경유차 감축 강화 및 저공해차 보급 확대 ④ 선박 및 항공 관리기준 강화 ⑤ 노후건설기계 관리 강화
	· 발전부문	⑥ 석탄발전 미세먼지 저감 ⑦ 친환경에너지 전환(중장기)
	· 농업·생활부문	⑧ 축산 환경 관리 강화 ⑨ 저녹스 보일러 보급 확대
<b>국민 건강</b>	· 국민건강 보호	⑩ 미세먼지 고농도 계절관리제 도입 ⑪ 실내공기질 관리 강화
<b>국제 협력</b>	· 동아시아 대기협력	⑫ 동아시아 미세먼지 저감 협약 추진(중장기) ⑬ 실제적 협력사업 확대
<b>기반 · 소통</b>	· 과학적 접근·실천 · 국민참여·소통	⑭ 미세먼지 해결 다부처 기술개발 사업 ⑮ 참여와 속의를 통한 사회적 합의 도출

2018년 정부는 우리나라 초미세먼지의 대기환경 기준을 미국과 일본 수준인 연평균 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 강화시켰다. 그러나 미국, 일본과 달리 우리나라 초미세먼지 농도는 대기환경기준과 큰 차이(약 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 보이고 있다. 대기환경 기준을 맞추기 위해 2019년 미세먼지 관리 종합계획을 수립하고, 2024년까지 강화된 초미세먼지 대기환경 기준에 근접하는 수준까지(16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 낮추는 것을 목표로 하고 있다(관계부처 합동, 2019). 정부의 미세먼지 관리 종합계획의 비전과 중점과제는 아래와 같다.

2019년 미세먼지 정책의 특징은 미세먼지 저감 및 관리에 대한 특별법이

“ 예산투자로 이어질  
명확한 정책수단은  
여전히 부족함 ”

처음 제정된 것이다. 특별법을 통해 정부는 5년마다 종합계획을 수립하고 점검하게 된다. 또한 지자체 시행계획을 포함시켜 매년 시·도지사가 성과를 점검 및 계획 갱신의 근거를 마련했다. 특별법 제정은 향후 주요 배출원과 농도 특징이 상이한 권역에 대해 지자체 실정에 맞는 원인을 규명하고, 맞춤형 대책을 수립할 수 있는 근거를 마련한데 의의가 있다. 종전 미세먼지 배출량에 대한 저감 목표는 물론, 미세먼지 2차 생성이 더 중요한 기여를 하는 것을 고려하여 미세먼지 생성의 전구물질인 질소산화물 황산화물, 휘발성유기화합물, 암모니아 등에 대한 감축 목표를 설정한 것 역시 새로운 변화로서 미세먼지 2차생성 저감을 고려한 정책목표가 처음 제시되었다(관계부처 합동, 2019). 그 동안 미세먼지 정책의 사각지대로 소외되었던 농축산 부문의 암모니아 배출과 항만/선박에서의 미세먼지 배출 저감을 해당 부처 계획에 포함시켰으며, 산업부문의 다양한 배출을 다각적으로 감시하는 것도 포함되었다. 발전부문에서도 석탄화력 발전소의 조기 퇴출과 고동도시 가동률을 80% 이하로 제한하는 등 적극적인 저감정책을 세밀화 한 것이 특징이다.

## II. 현 정부 정책의 특징

현재 정부 정책은 정책의 세밀화 및 다변화 측면에서 교통·발전 부문에서의 기존 정책 강화로 요약될 수도 있다. 즉 정책수단이 비교적 명확한 부문에 대해 보다 강력한 제제와 투자를 이행하고 있다고 평가 될 수 있다. 구체적으로 정부의 예산 투자에서도 노후 경유차 조기 폐차, 저공해 조치 및 친환경 차량 보급/확산 등 정책수단이 명확한 부문에 대한 재정 투자가 전체 기후대기환경 예산의 과반에 집중되어 있다(환경부, 2019). 이는 미세먼지 정책의 수요가 다양함에도 불구하고 예산투자로 이어질 수 있는 명확한 정책수단이 여전히 부족함을 드러내는 것이다. 특히, 부처 간의 이해관계가 얽혀있는 농·축산 부문에서 초세먼지 기여가 상당히 크에도 불구하고 이에 대한 관계부처 협력을 통한 정책수립은 이제 시작단계여서 재정투자 등 구체적 정책 수단 마련에 시간이 필요한 상황이다(심창섭 외 2019).

“ 우리나라 초미세먼지 농도 측정 기간은 5년 미만으로 중국, 일본에 비해 짧음 ”

미세먼지 고농도 시즌(12월 ~ 3월)에 감시와 규제를 강화하는 미세먼지 계절관리제(시즌제)에 대한 정책 이행도 올해 새롭게 시작되는 특징이다(관계부처합동, 2019). 한시적으로 산업배출시설 등에 대한 감시 강화, 석탄발전소 20기 이상 한시적 중지 및 가동률 축소 등 평상시에 비해 미세먼지 농도를 저감시키는 노력이 고농도 시즌에 시행된다. 제도 시행에 대해 농도 저감의 실효성 논란은 일부 있을 수 있으나, 미세먼지 농도가 적을수록 건강영향의 편익이 있다는 보건학적 상식 차원에서 정부가 취할 수 있는 모든 수단을 동원하는 것으로 이해할 수 있다.

### III. 미세먼지 개선을 위한 정책 방향

정부의 강화된 정책 노력에도 불구하고, 미세먼지 저감 효과를 거두기 위한 정책 수단과 역량, 원인 규명 등을 위한 숙제 등은 여전하다. 특히, 우리나라는 중국, 일본에 비해 국가차원의 초미세먼지 관리가 상대적으로 늦어 건강 영향에 민감한 초미세먼지 농도 측정 기간은 5년이 채 되지 않는다. 이는 현재 원인규명 등에 필요한 기초 자료가 충분하지 않음을 의미한다. 본 장에서는 미세먼지 개선을 위해 요구되는 실질적인 정부 정책 방향을 논의해 본다.

#### 가. 정책 수단의 다변화

우리나라는 좁은 국토 내에 다양한 배출원이 존재하기 때문에 지역과 위해성을 고려한 기초자료가 부족하다. 따라서 예산투자로 이어질 수 있는 명확한 정책 수단이 필요한 상태라고 할 수 있다. 향후 농축산(암모니아), 유기탄소화합물(산업, 생활환경) 등 미세먼지 농도에 기여가 큼에도 불구하고, 규제가 필요한 부문에 대한 명확한 정책 수단이 요구된다. 즉, 실효적 저감 대책 및 기술, 투자 가능 기술 및 보급 리스트가 작성되어야 한다. 여기에 정부투자의 효과에 대한 자료가 확보되어야만 정책수단이 확립·이행될 수 있다.

특히, 미세먼지의 주요 전구물질인 휘발성 유기탄소화합물(VOC) 저감은 수많은

“미세먼지 정책의 최종 목표는 국민 건강을 지키는 것”

국내 사업장과 연계됨에도 불구하고 국내 정책이 여전히 효과성이 부족한 다공성 저감장치 등을 허용하고 있는데 이는 중국의 VOC 저감 정책 기준 보다 느슨하다고 평가될 수 있다(김은연, 2019, 개인적 의견교환).

#### 나. 예산 투자의 적절성

미세먼지 정책은 그 시급성에도 불구하고 긴 호흡으로 추진되어야 한다. 미국 로스앤젤레스는 1990년대 이후 초미세먼지 농도를 미국 대기환경기준( $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ )에 만족시키는데 약 20여 년의 시간이 필요했다. 단시간 내에 미세먼지 농도를 획기적으로 개선하는 것은 중국 등 매우 강한 국외 영향을 감안하더라도 쉽지 않은 목표가 될 것이다. 따라서 미세먼지 정책 예산은 투자 대상이 명확한 정책도구를 만드는 것에 우선순위를 두고 정책도구의 예산대비 효과성에 대한 과학적 증거가 뒷받침되어야 할 것이다. 또한 지역별 원인규명 등 연구개발 예산은 단기간의 집중적인 예산 투자보다 지속적이고 다양한 분야의 연구에 투자하는 것이 바람직하다.

#### 다. 국민 참여와 대응을 유도하기 위한 정책 소통

미세먼지 정책의 최종 목적은 미세먼지에 노출되는 국민의 건강을 지키는 것이다. 미세먼지에 노출되는 국민들이 정확한 사실에 근거하여 스스로의 대응 능력을 강화시키는 것이 중요한 목표가 되어야 한다. 한국환경정책·평가연구원의 최근 연구에 의하면 우리나라 국민은 미세먼지 농도가 실제보다 더 나쁘게 인식하는 것으로 나타났다. 그리고 중국에 의한 국외 영향 및 외부 요인에 의한 영향을 더 크게 인식하고 있다(심창섭 외, 2019). 즉 국민 스스로 미세먼지 발생에 기여한다고 생각하기 보다는 자신을 피해자로 인식하는 경향이 강하다고 해석할 수 있다. 국내 교통 및 발전 부분의 상당한 기여를 고려하면, 국민 스스로도 미세먼지 저감 기여의 필요성 인식이 요구되며 이러한 인식 전환이 정부 정책에 대한 국민의 동참을 더욱 유도할 수 있다. 이를 위해 정확한 미세먼지 관련 사실에 대한 홍보 및 교육, 정책 소통의 노력이 강화되어야 할 것이다.

“미세먼지 성분  
측정망은 전국  
합산 36개에  
불과”

## IV. 정책 성공을 위한 기술 등 필요 조건

마지막으로 미세먼지 정책이 효과적인 결과로 이어지기 위해 필요한 기술적 부분에 대한 제언을 하고자 한다.

### 가. 관측 강화

현재 우리나라에는 정부가 운영하는 약 200개의 초미세먼지 측정소가 있다. 그러나 미세먼지 배출 특성과 기원을 파악할 수 있는 미세먼지 성분에 대한 측정망은 전국 합산 36개에 불과한 실정이다(국립환경과학원 2018). 산업단지가 밀집하는 등 다양한 배출원이 존재하는 지자체는 더욱 부족한 실정이다. 미세먼지 전구물질 중 현재 가장 시급한 것은 암모니아를 포함한 다양한 질소물질에 대한 측정이지만, 현재 공식적인 암모니아 측정소는 매우 부족하다. 암모니아는 농축산 등에 의한 미세먼지 생성원인과 기여 파악과 함께 대기오염 및 기후변화에 큰 영향을 주는 질소 순환 분석에도 활용되기에 관측의 질적 향상을 도모해야 할 것이다.

미세먼지 구성성분의 측정 강화는 위해성 기반의 미세먼지 정책에도 매우 중요하다. 최근 연구결과에 의하면 미세먼지 구성성분 중 암모늄 등과 같은 일부 이온 화합물 등의 인체 위해성이 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 미세먼지 정책이 국민 보건환경에 우선적 가치를 두고 있다면 미세먼지 구성과 전구물질 측정에 대한 확대를 고려할 필요가 있다.

한편, 2020년 발사 예정인 환경위성(GEMS)의 활용을 확대해야 한다. 2월 경 발사 될 천리안 2B호는 정지궤도위성으로서 동북아 지역에 대해 매시간 미세먼지 및 대기오염 관련 정보(질소산화물, 황산화물, 오존 등)를 수집할 수 있다(송은경, 2019). 매시간 얻을 수 있는 동북아 지역의 대기오염 물질 현황 정보는 미세먼지와 오존 등 대기오염에 가장 중요한 예·경보 기술 발전에 큰 역할을 할 것으로 기대된다. 또한 위성관측은 중국, 일본 등 주변 국가에도 정보가 공유될 수 있으므로 연구 분야의 국제협력을 유도하기에도 매우 좋은 계기가 될 수 있다.

“ IoT 활용한 미세먼지, 대기오염 정보 빅데이터 구축으로 대응 효과 기대 ”

#### 나. IoT 등 활용한 미세먼지 배출원 감시 강화

현재 국내에는 미세먼지 배출 사업장이 약 5만 8천개에 이르고 있다. 이 중 실시간 감시체계의 적용을 받지 않는 3종 이하의 중소기업장이 대부분을 차지하는데, 이들에 대한 기존 방식의 관리로는 사실상 미세먼지 저감이 불가능하다. 따라서 중소기업 대상의 보다 효율적인 감시체계가 필요하다. 드론 및 근거리 원격탐사 기법을 활용하여 비용 효과가 우수한 첨단 기술을 개발·활용해야 한다. 현재 고농도 계절 동안 민관합동 점검단 약 1,000 명을 운영할 계획을 갖고 있으나, 수만 개에 이르는 전국의 배출 사업장을 감시하는 것은 한계가 분명하다. 따라서 정보통신 기술의 향상과 함께하는 IoT 기술을 적극 활용하여 주요 불법 배출위치를 파악하고 단속할 수 있는 보다 효율적인 방법을 개발·적용해야 할 것이다.

또한 정보통신 기술을 활용해 휴대폰 등의 이동통신 수단을 적극 활용하여 미세먼지 및 미세먼지 관련 배출정보에 대한 쌍방향 정보공유 기술을 개발해야 한다. 즉, 개인이동통신 수단을 적극 활용하여 일반인이 불법 배출 및 미세먼지 관련 대기오염 정보를 상호 제공·공유할 수 있는 플랫폼이 활용된다면 정부, 지자체, 국민이 참여하는 미세먼지, 대기오염 정보 빅데이터를 구축할 수 있다. 정보공유는 미세먼지 불법 배출이나 환경 영향 사고 등에도 적극 대응할 수 있는 효과를 거둘 것으로 기대할 수 있다.

#### 다. 환경산업 발전 고려한 정책 추진

대기환경 보존을 위한 기술개발은 환경산업과 연계될 필요가 있다. 환경규제가 환경산업기술을 발전시킬 수 있는 촉매가 될 수 있는 정책적 고려가 수반되어야 한다. 미세먼지 측정뿐만 아니라 배출 저감을 위한 방지 시설도 환경산업 육성 측면에서 연계가 가능한 정책을 추진해야 한다. 예를 들어 휘발성 유기탄소화합물 저감 기술 중 축열식연소장치(RTO)는 현재 비용 대비 지속적인 효과를 거둘 수 있는 방법으로 알려져 있다(박광희, 2019). 이러한 장치에 대한 기준 설정은 규제에 대한 비

용을 수반하는 한편, 미세먼지의 주요 원인 중 하나인 VOCs 를 지속적·효과적으로 저감할 수 있고, 관련성이 높은 국내 주요 환경산업체를 성장시키는 계기가 될 수 있다. 이처럼 비용-편익 분석에 근거하여 환경정책의 도입이 환경산업 성장과 연계 될 수 있는 전략적 접근도 고려되어야 한다.

### 참고문헌

- 관계부처 합동, 2019: 미세먼지 관리 종합계획 (2020-2024), 92p.
- 관계부처 합동, 2019: 미세먼지 고농도 시기 대응 특별대책, 19p.
- 국립환경과학원, 2015: 2014 대기환경연보, 259p.
- 국립환경과학원, 2018: 2017 대기환경연보, 382p.
- 국립환경과학원, 국가대기오염물질 배출량 서비스(<http://airemiss.nier.go.kr/mbshome/mbs/airemiss/index.do>)
- 국립환경과학원, 국가대기오염물질 배출량 서비스(<http://airemiss.nier.go.kr/mbshome/mbs/airemiss/index.do>)
- 박광희, 2019: VOC 저감 기술과 동향, 미세먼지 정책 포럼.
- 송은경, 2019: 미세먼지 이동 실시간 추적, 세계 첫 정지궤도 환경위성 '천리안 2B호' 뜬다, 매일경제 2019년 12월 5일.
- 심창섭 외, 2019: 미세먼지 통합관리 전략 수립 연구, 한국환경정책평가연구원.
- 환경부, 2019: 2019년도 환경부 소관 예산 및 기금운영계획 개요, 64p.
- H. C. Kim, S. Kim, B. Kim et al., 2017: Recent increase of surface particulate matter concentrations in the Seoul Metropolitan Area, Korea, Scientific Reports, 7, 4710.

# 2019년 겨울철 대설·한파 종합대책

최병진 행정안전부 자연재난대응과 과장 bjchoi66@korea.kr

- I. 기상전망 및 재난 분석
- II. 대설·한파대책

행정안전부는 중앙부처 및 지자체, 유관기관, 민간단체 등 민·관·군·경이 협업하여 금년 겨울철 대설·한파를 대비하여 국민의 생명과 재산피해 최소화를 위한 종합대책을 마련하고 철저히 시행하고 있다. 분야별 전문 대책으로 적설취약구조물 및 취약계층 특별관리, 도로·항공·철도 등 기반시설 운영·관리를 강화한다. 대국민 대책으로는 겨울철 상습결빙구간 및 교통사고가 많이 발생하는 1,464개소에 대하여 내비게이션으로 결빙정보를 사전 음성안내로 제공하는 사업 시범 추진, 액체 상태 제설제를 노면에 살포하는 자동염수분사장치 추가 설치, 한파쉼터 41,068개소를 지정하여 취약계층에 일시 대피공간 마련, 한랭질환 감시체계 강화로 재난지원금 지원 확대, 대설·한파 피해예방을 위한 대국민 홍보를 강화한다. ■

“ 한파재난 분석 결과  
인명피해는 감소,  
한랭질환자는 지속,  
60대 이상  
집중 경향 ”

## 1. 기상전망 및 재난 분석

기상청에 따르면 금년 12월부터 내년 2월까지 평균기온\*이 소폭 상승하고 강수량\*\*은 평년과 비슷한 수준으로 나타날 것으로 전망하고 있다.

\* (평균기온) '80년대 -0.28℃→'90년대 0.8℃→'00년대 0.98℃→'10년대 0.4℃

\*\* (강수량) '80년대 92.3mm→'90년대 79.8mm→'00년대 90.8mm→'10년대 86.6mm

특히, 올해 겨울철 평균기온은 평년(0.1~1.1℃)과 비슷하거나 조금 높겠으며, 대륙 고기압의 영향으로 기온이 큰 폭으로 떨어질 때가 있겠다. 강수량은 평년(67.7~97.3mm)과 비슷하겠고, 고기압의 영향으로 맑고 건조한 날이 많겠으며, 대륙고기압 확장 시 지형적인 영향을 받는 서해안과 강원영동에는 많은 눈이 내릴 때가 있겠다.

최근 겨울철 대설 재난을 분석하면 중앙정부 및 지자체, 유관기관 및 국민들의 사전대비 강화 및 인식전환으로 피해가 감소추세에 있으나, 적설이 일부지역(서해안, 강원영동 등)에 집중되는 등 지역 편차가 크게 발생하였으며 기상예측의 불확실성\* 역시 상존하고 있다(19.2.15일, 서울에 예보(1cm)를 상회하는 적설(2.4cm)로 출근길 교통정체 유발).

또한 한파재난을 분석한 결과, 취약계층 집중관리로 인명피해(사망)는 감소 추

세에 있으나 한랭질환자는 지속적으로 발생하는 추세이고, 60대 이상 고령층에 집중적으로 발생하고 있다(10만 명당 한랭질환자: 80대 4.8명 >70대 1.5명>60대 1.3명>50대 1.0명>40대 0.5명)

화재는 연간 사망자의 36.7%가 겨울철에 집중하여 발생하는 경향을 보이고 있다('14~'18년 기준, 겨울 36.7%→봄 27.3%→여름 21.5%→가을 14.5% 順).

[그림 1] 겨울철 주요 피해사례



교통 혼잡



도로결빙사고



계량기 동파



대형 화재

“ 대설·한파 대응위해  
'재해상황판단시스템'  
마련 ”

## II. 대설·한파 대책

### 가. 종합대책 개요

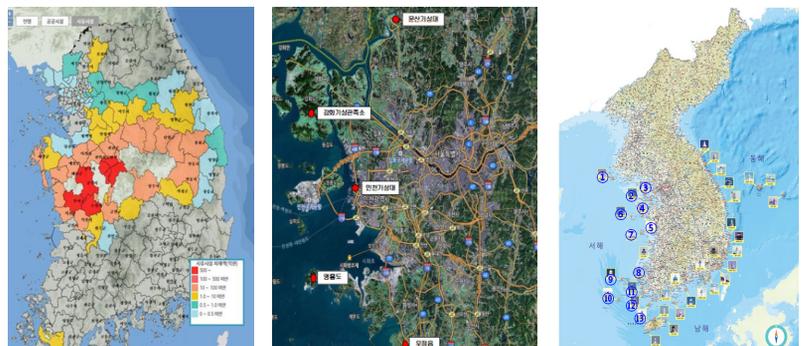
행정안전부는 중앙부처 및 지자체, 유관기관, 민간단체 등 민·관·군·경이 협업하여 금년 겨울철 대설·한파를 대비하여 국민의 생명과 재산피해 최소화를 위한 종합대책을 마련하고 철저히 시행하고 있다. 먼저 중앙재난안전대책본부 가동태세 확립 및 비상상황 발생 즉시 범 정부 총력 대응체계 강화를 위하여 부처 및 부내 비상근무자에 대한 전문성을 제고(사전교육 3회, 312명)하고, 한파가 지난해 「재난 및 안전관리 기본법」에서 자연재난으로 법제화됨에 따라 중대본 가동기준을 신설\*하는 등 체제를 완비하였다(중대본 1: 40%이상 시·군·구에 한파경보 발령, 중대본 2: 60%이상, 중대본 3: 80%이상). 그리고 신속한 범정부 대응을 위한 대설 중대본 비상근무단계를 강화(2→3 단계)하였다.

또한, 과거 태풍·호우·대설 등으로 발생한 피해사례를 분석하여 현 상황에 적극 대응·활용 할 수 있도록 '재해상황판단시스템'을 마련하였다. 한 발 앞선 상황을 통해 인천, 경기지역 5개소에 설치된 CCTV의 강설 상황을 확인하여 눈구름의 서울유입 전 비상근무 소집 및 제설제 사전살포 등 선제적인 대응이 가능토록 하였으며, 서해안 지

〈표 1〉 자연재난 중앙재난안전대책본부 비상근무 개선사항

단계	관심	주의	경계	심각
기존	행안부 사전대비	행안부 비상단계	중대본 1단계	중대본 2단계
개선	행안부초기대응	중대본 1단계	중대본 2단계	중대본 3단계
	(주의보 3개 시·도 이하)	(주의보 4개 시·도 이상, 경보 3개 시·도)	(경보 4개 시·도 이상)	(경보 4개 시·도 이상 발표 및 3일 이상 지속 전망)

〔그림 2〕 대설 상황판단 활용자료



'04.3.4.-11. 대설 피해지역 표출

서해안지역 CCTV 설치장소

항로표지관리 13개소

“ 기상청 방재기상정보 시스템 활용하여 '맞춤형 알람' 수신 대상자 확대 ”

역에 설치된 항로표지관리소(유인등대 13개소)와 실시간 강설정보 공유를 통해 수도권을 포함한 서해안지역 강설정보 공유체계를 운영하고 있다.

정보통신기술(ICT) 시스템 기반의 체계적 상황관리를 위하여 국가재난관리시스템(NDMS)을 활용하여 재난 상황대처 및 피해상황\*의 신속·정확성을 제고하도록 하였다(기존: 대처·피해상황 수작업(엑셀 등) 관리→개선: NDMS를 통한 상황관리시스템 체계화). 그리고 기상청의 방재기상정보시스템을 활용, 신적설량과 누적 적설량 및 기온 등의 알람을 받고자 하는 국민은 사전에 미리 필요사항을 시스템에서 설정하면 휴대폰으로 알려주는 '맞춤형 알람(적설량에 따라 자동문자 발송)'의 수신자 대상을 확대하였고(기존: 재난·도로부서 공무원→개선: 제설차량 운전자 및 도로 보수원까지 확대), 전국 지자체 및 도로공사 등 유관기관에서 보유하고 있는 재난관리용 CCTV를 통해서 적설상황을 관리하고 시군구의 CCTV통합관제센터 영상\*\*을 상황실과 연계하여 상시 감시체제를 강화하였다(CCTV 총 3,192대(지자체 1,987, 도로공사 등 1,205), 총 310천대(생활방법 177, 차량방법 11, 어린이 보호 47, 도시공원 놀이터 31, 교통단속 등 44)). 대설로 인한 긴급 상황 대비 민·관·군·경 협조 및 응원체계의 원활한 가동을 위하여 사전에 유관기관(한국도로

[그림 3] 대설·한파 상황대처를 위한 사전준비 등



비상근무자 사전교육



중대본 협업 근무



민·관 긴급협조체계 구축



군병력 제설작업 참여

공사, 한국전력공사, 한국가스공사, 한국전기안전공사, 한국가스안전공사) 및 민간단체(대한건설협회, 대한건설기계협회, 한국열관리시공협회, 한국생활폐기물협회, 한국자원순환연합회)와 협약을 체결하고 연례 간담회를 통해 긴급협조 체계를 점검하였다.

그동안 겨울철 대설시 도로관리청별로 제설을 실시하여왔는데, 자재·장비·인력부족에 대비하여 국토부에서 5개권역 18개소에 중앙비축창고를 설치함으로써 지방자치단체를 지원하는 상호응원체계를 구축하였다. 서울·인천·경기 등 인접

“ 적설취약구조물 및  
취약계층 특별관리로  
분야별 맞춤형 관리  
추진 ”

지자체 및 국토부, 도로공사 등 제설기관간 도로경계 구간에 대하여 공동제설작업을 실시토록하고, 전국 5개 지방국토관리청과 인접 지자체간 근거리 상호 제설구간을 정하여 조기제설을 추진하고 있다. 아울러 지역 군부대와 사전 장비·병력지원 체계를 협의하여 재해 발생시 신속히 지원할 수 있도록 하고, 야간 폭설시 산간마을 주민보호를 위하여 대피계획을 지역 군부대와 공동으로 수립하는 등 사전 협조체제를 구축·운영하고 있다.

#### 나. 분야별 맞춤형 대책 실시

분야별 맞춤형 집중 관리를 위해 첫째, 적설취약구조물 및 취약계층을 특별관리함으로써 피해를 최소화하기로 하였다. 대설 시 붕괴 우려가 있는 노후주택 등 적설취약구조물(노후주택 844, PEB 1,132 아치패널 226, 시장비가림 126, 노후 축사 38, 기타 117) 안전점검(대설특보 前·中·後 최소 3회 이상) 및 사후관리(NDMS 활용)를 통하여 특별관리한다. 적설로 인한 붕괴 시 대형 인명피해가 우려되는 연면적 500㎡이상 PEB구조 및 아치패널 시공 다중이용건축물도 대설특보 전·중·후 점검 및 월 1회 이상 주기적 점검을 통하여 안전관리토록 하였다.

전국에 산재되어 있는 취약계층 거주 비닐하우스에 대한 관리가 소홀함에 따라 겨울철 대설·한파로 인한 인명피해가 우려되므로 관리사각지대를 해소하기 위하여 소방청 자료를 토대로 11월 한 달 동안 특별조사기간을 설정하고, 지역소방서의 협조를 받아 지자체 공무원 현장조사 후 적설취약구조물로 점검 시 안전관리를 강화하기로 하였다. 집단적으로 분포된 지역은 읍·면·동장이 대설 특보시 현장을 점검하고 붕괴 우려시 사전대피를 시키는 등 안전 조치키로 하였다. 폭설시 고립이 우려



“ 기반시설 운영·관리 강화 위해 신속대응팀 조직 및 시설장비 배치 ”

되는 산간마을·도로, 국립공원을 사전 지정하여 제설 장비·자재 및 구호물품 등을 마을별로 사전비치 하였다. 긴급환자의 구급과 구호물품 수송을 위해 각 기관에서 보유하고 있는 헬기(총 132대: 국방부24, 경찰청18, 해경청 18, 소방청 26, 산림청 46)의 지원체계도 준비하였다.

[그림 5] 고속도로 제설 사전대비



제설제 살포



제설작업(리무빙)



중앙분리대 개구부 개방



구호물품 지원

[그림 6] 마을진입도로 등 제설



트랙터 부착용 제설삽날



제설삽날 장착 트랙터



마을진입도로 제설작업



소형 제설차

두 번째로 도로·항공·철도 등 기반시설 운영·관리 강화를 위하여 도로분야에서는 신속대응팀을 조직하여 장비 사전투입(고속도로), 도로 위계별 제설작업 우선순위 설정(국도·지방도), 마을제설반 운영(마을진입로 등)하여 신속히 대응한다. 고속도로 제설대책 추진을 위해서 한국도로공사 및 민영고속도로의 회사별 제설 자재·장비·인력을 10월까지 확보 완료하였으며, 주요 고갯길에 신속한 초기대응을 위한 염수분사장치 사전 설치 및 대형화물차 견인을 위한 견인차량 사전배치도 완료하였다. 폭설에 의한 차량 고립상황 발생 시 차량우회, 비상연결로를 이용할 있도록 하고, 중앙분리대 개구부를 개방하여 고립시간을 최대한 단축하면서 고립차량·승객에게 공급할 연료 및 식음료 등의 구호물품으로 지원할 계획이다.

국도 및 지방도 등에 대해서도 도로관리청별로 자재·장비·인력을 확보하였고, 먼 거리에 있는 구간에 대하여는 일정 구간마다 사전에 민간업체와 계약을 체결하여 위탁관리하게 함으로써 국민들의 불편을 최소화하였다. 도로위계별 제설 우선순위를 설정하여 체계적인 제설작업을 시행토록 하였다(간선도로→제설취약구간·비상도로·통

“ 철도분야는 적설량에 따라 감속운행, 항공분야는 비상근무체계 확립 등 대응책 수립 ”

학로→집산(集散)도로→국지(局地)도로 順).

제설 후 순위 농촌·산간지역 마을진입로 등에 대한 신속 제설을 위해 마을 이장을 중심으로「마을제설반」을 구성, 트랙터에 부착가능한 제설삽날 및 유류대를 지원하고, 초기 대응단계부터 지역 자율방재단을 동원하여 행정력이 부족한 보도 및 이면도로에 대한 제설 및 복구를 지원한다.

철도분야는 적설량에 따라 열차를 감속운행하고(7~14cm: 230km/h 이하, 14~21cm: 170km/h 이하, 21cm 이상: 130km/h 이하 등), 외부온도 영하 5℃이하 시 화물열차 제동장치 고장으로 인한 운행장애 예방을 위해 장대화물 편성도 감축운행(40량→35량)하기로 하였으며, 역사내 승객의 안전을 위하여 계단·에스컬레이터, 승강장 바닥 면 등에 미끄럼 방지 매트(3,500장)를 설치한다.

항공분야는 대설 및 강풍 등 기상상황 및 항공기 결항, 체류객 규모에 따른 위기관계별 비상근무체계를 확립하고, 공항별 제설구역의 작업순서·방법 등 사전 협의 및 모의훈련을 실시하였다. 체류객이 반복 발생하는 제주공항의 제설능력 보강을 위하여 11월에 제설차량 4대를 신규로 도입하였고(제설시간 단축: '17년 25.6분→'18년 20.8분→'19년 16.2분), 액상 제설재 및 살포기를 신규 도입하는 한편, 제빙 빙 온수공급(1시간→5분)을 개선하는 등 체류객 불편 해소를 위한 대책도 추진한다(심야시간 택시 운행보조금 지급(회당 2,200원), 전세버스 투입 등으로 공항 내 체류객 발생 최소화, 유사시 대비 모포·매트(각 3,500장) 비축).

전력분야는 정전 등으로 인한 추위 해소를 위하여 관계기관(산업부, 한국전력공사, 한국전력거래소, 발전사(6개) 등) 합동 「전력수급 종합상황실」운영('19.12.~'20.2.)과 변전설비 등 전력시설을 점검(~'19.11.)하고 신속한 복구를 위해 광역복구지원체계를 운영한다(피해없는 지역의 인력·장비(20%이상)를 피해지역으로 긴급 배치·지원).

수도분야는 재난발생시 응급복구 등에 필요한 장비, 물자 및 자재 등이 어느 기관에 어떤 자원을 갖고 있는지 검색, 조회, 응원 할 수 있도록 지자체, 중앙부처 등 재난관리책임기관과 민간에서 보유하고 있는 자원 등을 통합관리하고 있는 「재난

“ 겨울철  
상습결빙구간  
통과 차량에게  
결빙정보 음성안내  
제공 ”

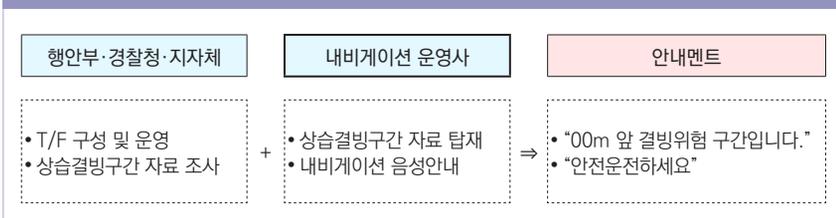
관리자원공동활용시스템(DRSS)에 동파방지 단열팩·계량기·보온재 등 자재 3종을 재난관리자원으로 신규 지정(19.10.)하여 관리하고, 동파피해 확산 시 신속한 교체를 지원할 수 있도록 하였다.

#### 다. 대국민 밀착 지원 대책

국민생활 밀착형 대책을 집중적으로 추진하기 위해 첫째, 겨울철 상습결빙구간 및 교통사고가 많이 발생하는 1,464개소에 대하여 좌표 및 상·하행선 등 관련 자료를 수집 및 탑재하여 그곳을 통과하는 차량을 대상으로 내비게이션(티맵·카카오내비·아틀란)으로 결빙정보를 사전 음성안내로 제공(19.12~20.2.)하여 교통사고를 미연에 방지하도록 새로운 사업을 시범 추진하고 있다.

※ 노면상태별 교통사고 100건당 사망자(14~18년): 결빙 3.05명, 적설 1.6명 등

[그림 7] 상습결빙 내비게이션 안내 체계도



둘째, 급경사 및 응달도로 등에 대하여 제설제인 염화칼슘과 소금을 용해제로 만들어 액체 상태로 노면에 살포하는 자동염수분사장치(눈이 내리면 원격 또는 수동으로 염수

[그림 8] 버스정류장 방풍시설 및 온열의자 설치



버스정류장 등 온열의자 설치



방풍시설 설치

(물+염화칼슘)를 도로에 분사, 44개소)를 금년 재난 안전특별교부세를 지원하여 추가로 설치하였다.

셋째, 마을회관, 경로당, 복지센터 등 한파쉼터 41,068개소를 지정(18년 대비 7.3%↑)하여 취약계층이 일시 대피할 수 있도록 추진하고 있으며, 버스정류장 등에 방풍시설과 온열의자 등을 설치하여 이용객이 기다리면서 추위에 노출되는 것을 막아주기 위해 한파 저감시설(2,062개소) 설치를 확대(9.9.~, 재난안전특별교세 지원)하였다. 금년 처음으로 은행연합

“ 취약계층 34만여 명에  
한파대비 지원활동  
강화 ”

회의 협조로 전국 5,600여개 금융기관 영업점 내 한파쉼터를 운영할 계획이다.

한파대비 독거노인 및 쪽방촌 거주민 등 취약계층(독거노인 311천명, 거동불편 장애인 9천명, 주거취약 저소득 11천명 등) 34만여 명에 대하여 안부확인(재난 도우미 2.7만 명 활용)을 통해 위험한 저소득 고령층을 발굴하여 지원하도록 하였고, 필요시 긴급지원(전기·수도·난방 공급상태, 화재위험 및 난방용품 부족여부 등 확인·지원) 등 겨울철 저체온증 위험계층을 관리 강화한다.

노숙인 종합지원센터를 중심으로 현장활동 전담팀을 구성하여 야간 순회와 밀착상담 등을 통해 시설입소 및 응급잠자리(일시보호시설, 응급구호방, 인근 쪽방, 여인숙 및 종교시설 등) 이용을 유도하는 한편 잠자리 공간이 부족할 경우 임시 주거비를 지원한다.

5개월간 전국 경로당(66,000개소)에 매월 32만원의 난방비를 지원하고, 전기·도시가스·지연난방 요금 할인을 지속적으로 시행한다. 요금 체납시 공급중단을 유예하는 등 필수에너지 이용을 보장하고, 한 부모 및 소년소녀가정을 에너지바우처 지원대상에 포함하는 한편 민·관 협업을 통해 기초생활 수급자, 장애인 등 대상 맞춤형 단열 등 생활환경을 개선한다.

학생안전을 위하여 교실의 적정 실내온도를 유지하고, 실외수업을 자제하는 한편 등·하교시간을 조정하고, 휴업 등을 신속하게 결정하여 대체 프로그램 운영 여부를 학부모에게 알려주도록 하였다.

동절기 한랭질환자 발생이 우려되는 취약사업장(건설현장, 청소미화작업장, 조선소 등 옥외사업장)을 중심으로 「한랭질환 예방 가이드라인」 준수 여부를 확인하고 지도·점검할 계획이다(지방노동관서, 민간전문기관 등).

넷째, '18년에 이뤄진 한파 인명피해 집계는 병

[그림 9] 한파대비 난방용품 지원

취약계층 난방용품 지원      응급 잠자리

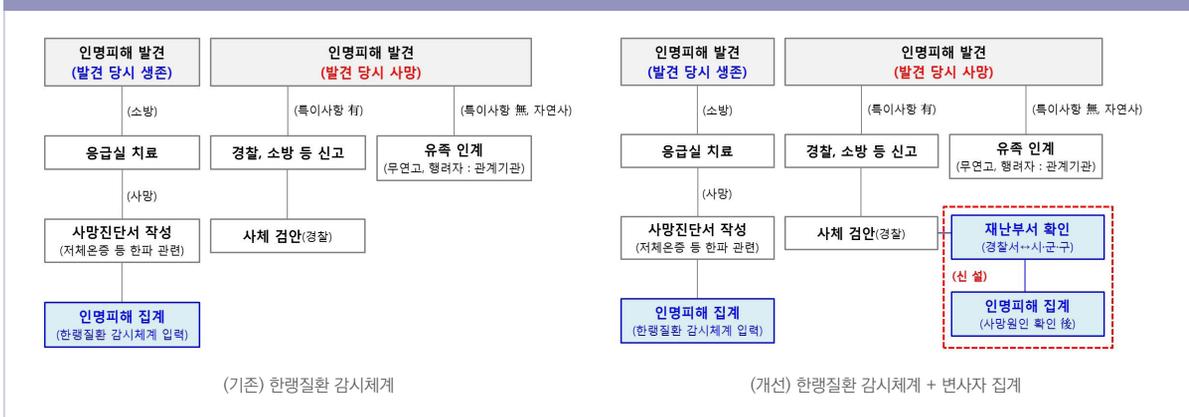
우레탄 폼      단열 에어캡

“ 농림축산식품부는  
저온피해위험정보 등  
예측정보서비스  
실시 ”

원 응급실을 통하여 질병관리본부에서만 집계되었다. 기존의 방식을 개선하기 위해 사망한 채로 발견되어 한랭질환 감시체계(응급실 기반)에 집계되지 않는 변사자까지 확인(지자체↔경찰서)하여 기상, 과실여부 등을 조사한 후 재난지원금(사망: 1,000만원/부상: 1~7등급 500만원, 8~14등급 250만원)이 지원될 수 있도록 피해지원을 강화하였다.

※ 읍·면·동 사망신고 담당공무원에게 한파 사망신고 관련 지원사항 안내

[그림 10] 한파 인명피해 집계강화 개선도



농림축산식품부에서는 농·축산분야 피해 예방을 위해 농작물 저온피해 위험정보 등 예측정보서비스를 주 1회 실시하며 대설·한파에 취약한 농작물을 포함하여 (기존: 62종→개선: 67종(보리, 시금치, 파, 살구, 호두 추가)) 농업 재해보험 가입품목을 확대하였다. 재해보험 가입농가에 대한 피해예방 지도도 병행하면서(노지와 수동해방지 대책, 방풍벽 등 시설관리, 면세유 지급한도 증량 등) 중앙에는 농진청과 산하기관 합동으로 농업재해대책상황실을 운영하고, 지자체에는 자체 현장 기술지원단을 12월부터 명년 3월까지 실시한다.

해수부에서는 실시간 연안 수온 모니터링 및 홈페이지 등을 통한 수온정보 및 저수온 발생에 따른 위험정보 제공과 저수온 취약품종(돔류, 쥐치, 송어 등)에 대한 월동 가능 해역 조기지정 및 대피유도, 조기 출하 등 현장지도 및 점검을 실시한다.

환경부와 지자체에서는 노후주택, 쪽방촌 등 취약지역 보온조치 등 사전대비를

“ 대설·한파경보시 긴급재난문자 발송, 필요시 재난방송 편성 ”

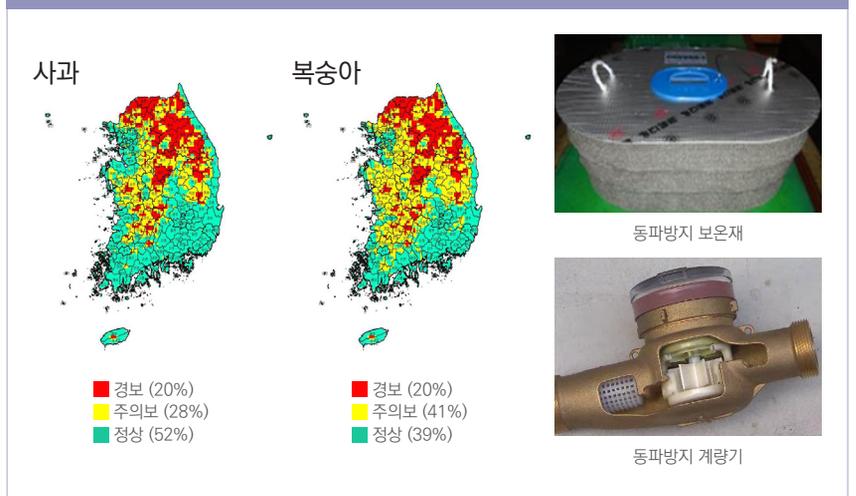
시행한다. 한파 전 수도계량기 보온조치(보온덮개, 동파 방지팩 등)를 강화하고, 보온조치가 훼손되지 않도록 인정검침을 적극 활용하고 동파방지 계량기, 개량형 보호통 등 설치 확대를 독려할 계획이다.

다섯째, 대설·한파 피해예방을 위한 대국민 홍보를 강화한다.

대설경보(신적설 20cm 이상) 및 한파경보(전국 40% 이상)시 전국 또는 해당지역에 있는 휴대폰 사용자에게 긴급재난문자(CBS)를 발송하여 재난 상황 및 행동요령을 신속히 전파하고 필요 시 방송사 주관 재난방송을 편성 및 운

영할 것이다. 또한 행안부 및 지자체 등의 홈페이지, 재난관리포털, 안전디딤돌 등에 게시하여 국민들이 공유·활용할 수 있도록 한다. 방송(TV, 라디오), 범정부 매체협업, 재난구호 협력기업(BGF 리테일, CJ 그룹, 롯데)뿐만 아니라 페이스북, 트위터, 인스타그램 등 SNS 등도 활용하고, 국내 체류 외국인 및 다문화가정을 대상으로 영어, 일본어, 중국어, 베트남어, 태국어 등 5개 국어로 번역하여 홍보하고 있다.

[그림 11] 저온해 위험예측 분포도 및 수도 동파방지 자재



[그림 12] 외국어판 국민행동요령



# 건강한 겨울나기, 겨울철 질환에 대한 예방 및 대응

임도선 고려대학교병원 교수 dslmd@kumc.or.kr

- I. 서론
- II. 겨울철 주요 질환
- III. 결론

겨울은 다른 계절보다 병원 이용 횟수가 잦고, 건강에 이상을 느끼는 경우가 많은 것으로 나타난다. 본고에서는 겨울철에 특히 주의해야 하는 질환들을 심혈관, 뇌혈관, 소화기, 호흡기계통 및 기타 질환으로 분류하여 질환별 대비책에 대해 논하였다. 공통적으로 갑자기 추워지는 환경에 신체가 대비할 수 있는 시간을 부여하고, 개인위생 및 건강관리, 그리고 주변 환경의 저온·저습도 환경을 막을 수 있는 행동이 요구된다. 증상 발현시 질환별 대응 행동을 잘 숙지하여 건강한 겨울나기에 만전을 기울여 나가야 할 것이다. 기후변화는 겨울철 저온환경에의 노출을 증가시키고 있다. 그리고 우리나라의 고령화와 맞물려 겨울철 질환들의 취약 계층은 점점 늘어날 것이다. 정부 및 사회적 차원의 취약계층에 대한 동절기 지원과 함께 기상청의 정확한 기상 예측 및 예보가 필수적으로 요구된다. ■

## I. 서론

바야흐로 2019년도 입동을 지나고 겨울을 향해 달려가고 있다. 겨울은 한해의 끝이자 시작을 담고 있는 계절로 각종 모임 및 행사도 많을 뿐만 아니라 새로운 목표를 세우고 계획하는 시기이기도 하다. 하지만 이어지는 활동을 무리없이 치르기 위해선 무엇보다 건강이 중요하다. 더구나 겨울은 각종 송년모임 등으로 잦은 음주를 하게 되는 경우가 많다. 또한 낮이 짧고 밤이 길며 추운 날씨로 인해 야외보다는 실내 활동이 증가함으로써 전반적인 운동량이 감소하는 시기이다. 그리고 근육과 관절의 유연성이 저하되고 에너지 대사에 관여하는 효소의 활성도가 떨어지기 때문에 운동능력도 제한된다.

최근에는 기후변화 및 지구온난화의 영향으로 여름에는 더 덥고 겨울에는 한파가 발생하는 경우가 많아 건강에 더욱더 주의가 요구된다. 실제로 2018년 진료비 통계를 보면 1월 요양급여 비용이 7조 458억 원으로 최대 청구되었고, 기온이 점점 낮아지는 10월부터 1월까지 요양급여 비용이 다른 달보다 높게 나타났다. 즉, 겨울에 다른 계절보다 병원 이용이 잦고, 건강에 이상을 느끼는 경우가 많음을 알 수 있다. 본고에서는 겨울철에 특히 주의해야 하는 질환들을 심혈관, 뇌혈관, 소화기, 호흡기계통 및 기타 질환으로 분류하여 질환별 대비책에 대해 논하여 건강한 겨울나기에 도움이 되고자 한다.

“ 겨울철은 다른 계절보다 병원 이용이 잦고, 건강 이상을 느끼는 경우가 많음 ”

## II. 겨울철 주요 질환

### 가. 심혈관질환

우리나라에서 심혈관질환은 암에 이어 사망원인 2위에 해당하며, 전 세계 사망원인 1위인 질환이다. 적절한 진단 및 치료와 함께 생활습관 개선이 질환의 예방 및 예후에 중요한 역할을 한다. 급성심근경색은 대표적인 심혈관 질환으로서 심장에

“ 심근경색증 환자는  
2014년 대비 2018년  
30% 이상 증가  
경향 ”

로 혈액을 공급하는 관상동맥이 혈전으로 인해 갑자기 막히면서 심장근육이 괴사되는 위험한 질환이다. 흉통이 주된 증상이며 식은땀, 구토, 현기증, 호흡곤란, 악성 부정맥 등이 발생할 수 있으며, 증상 없이 돌연사의 형태로 발생하기도 한다. 심근경색의 치료는 관상동맥 중재술 혹은 혈전용해제 투약이 있는데, 가능한 빨리 응급실 등을 통해 치료를 받는 것이 중요하다. 가능하면 90분 이내에 관상동맥 중재술을 시행할 수 있는 대형 병원을 방문하고 발병 6시간 이내 늦어도 12시간 이내에 방문해야 심장괴사를 줄일 수 있고 심근을 성공적으로 회복시킬 수 있다. 건강보험심사평가원 국민관심질병통계 자료에 따르면, 심근경색증으로 병원을 찾은 환자는 2014년 8만2,952명에서 2018년 11만 773명으로 최근 5년 사이 30%가 넘게 증가했다. 급성심근경색의 발병률이 겨울철에 높다는 것은 잘 알려져 있다. 겨울철에 이러한 질환이 잘 발생하는 이유는 낮은 온도에 노출되면, 혈관이 수축되고, 혈압이 상승할 뿐만 아니라 혈액의 점성이 증가하여 혈전이 생성될 위험성이 높아지며, 이로 인해 혈관이 갑자기 막히는 것으로 생각되고 있다. 특히 겨울철 야외활동 및 운동시 아래와 같은 수칙을 꼭 지키는 것이 중요하다.

● 운동방법

- 겨울에는 일반적인 운동 강도보다 10-20% 정도 낮춰 최대운동량의 60% 가량으로 시도하는 것이 적합하다.
- 운동시간은 20-60분 정도로 강도가 높을수록 시간을 줄인다. 운동은 점진적으로 강도를 늘려가면서 진행한다.

● 운동 시 주의사항

- 충분한 준비운동을 해야 한다.
- 과도한 운동을 피하여 피로를 줄여야 한다.
- 만성질환자인 고혈압, 당뇨, 심장질환자는 새벽운동을 피하는 것이 좋다.
- 춥거나 눈이 온다면 실내에서 운동하는 것이 낫다.

“ 서구적 식습관 등으로  
뇌혈관 질환자 증가는  
앞으로 더 가속화 될 것 ”

## 나. 뇌혈관 질환

뇌혈관질환은 2018년 기준 악성 신생물, 심장질환, 폐렴에 이어 사망원인 4위에 해당하는 질환이며, 전 세계적으로 사망원인 2위 질환이다. 2014년 53만 1,287명이었던 연간 뇌졸중 환자는 2018년 59만 5,168명으로 5년 동안 꾸준히 증가하고 있다. 서구적 식습관 및 생활습관 등을 고려하였을 때 앞으로 그 증가속도가 더 가파를 것으로 예상된다. 뇌졸중 증상에는 반신마비, 언어장애(실어증), 발음장애(구음 장애), 운동실조, 시야 시력장애, 연하장애, 치매, 어지럼증, 두통 등이 있다. 손상된 뇌세포는 다시 살릴 수 없으므로 뇌손상을 최대한 줄이기 위해 뇌졸중 발병 시 최대한 발병 2시간 이내에 병원에 도착하는 것이 중요하고, 늦어도 6시간 이내에 치료받도록 한다. 손상된 뇌조직의 정도에 따라 후유증이 다르게 나타나고, 후유증에 따라 치료 기간이 달라져 치료비용에 차이가 크다. 치료기간이 길어질 경우 환자뿐만 아니라 간병하는 가족들의 삶에도 고통을 줄 수 있다. 뇌졸중은 CT 혹은 MRI로 진단하며 치료는 심근경색과 유사하게 혈전용해제, 항혈소판제, 항응고제 등을 투약하는 약물치료와 혈관성형술, 스텐트 삽입술, 경동맥 내막절제술 등의 비약물 요법 등이 있다.

겨울철 뇌졸중 위험을 높이는 가장 큰 원인은 낮은 기온이다. 날씨가 추워지면 혈관이 수축하면서 혈압이 상승하고, 이때 혈관이 비정상적으로 좁거나 두껍아지면 혈관벽이 약해져있다면 갑작스러운 혈류증가를 버티지 못하고 혈관이 막히거나 터진다. 고혈압이 가장 큰 위험인자이며 당뇨병, 고지혈증 등 만성질환도 뇌졸중의 위험을 높인다. 또한 심방세동 등 부정맥도 뇌졸중의 원인 될 수 있으므로 증상이 경미하고, 발작성으로 일시적인 증상 발현 경우에도 치료를 하는 것이 중요하다.

## 다. 소화기 질환

보통 식중독은 여름에 주로 나타나는 것으로 생각되지만, 오히려 바이러스에 의한 급성위장염은 겨울에 더 집중적으로 발생한다. 식약청에 따르면 최근 5년간 노

“ 겨울철 건조한 대기  
환경은 호흡기질환  
호발의 주요 원인 ”

노로바이러스 식중독은 매년 평균 46건이 발생하였으며, 이 중 53%가 12월에서 2월 사이 겨울에 집중적으로 발생했다. 노로바이러스는 27~40nm 크기로 냉동·냉장 상태에서 수 년 동안 감염력을 유지할 수 있는 전염력이 매우 강한 바이러스이다. 노로바이러스는 수인성 식품매개 질환으로 오염된 식품, 식수 환자접촉을 통해 발생한다. 노로바이러스는 평균 24~48시간의 잠복기를 거친 뒤 오심, 구토, 설사, 발열, 근육통 등의 증상이 발생한다. 이때 소아에서는 구토가 흔하고 성인에서는 설사가 흔하게 나타난다. 바이러스로 인한 질환이기 때문에 항생제로 치료가 되지 않는다. 감염을 예방할 수 있는 백신이나 항바이러스제가 아직 개발되지 않았기 때문에, 예방이 최선의 방법이다. 건강한 사람은 보존적 치료로 2~3일이면 회복이 가능하지만, 노인, 영유아 및 면역저하자 등 취약계층에서는 큰 위험을 초래할 수 있는 질환이므로 주의가 필요하다.

#### 라. 호흡기질환

겨울철 호흡기질환이 호발하는 원인은 건조한 대기환경이 바이러스 전파에 유리하고, 코의 점막이 건조해져 바이러스가 쉽게 침입해 상기도 염증이 생기기 쉽기 때문이다. 침입한 바이러스는 기관지염이나 폐렴을 일으킬 수 있고, 바이러스는 환자의 기침이나 재채기, 점액성 분비물을 통해 전파될 수 있다. 흡연자, 만성폐질환 환자 및 노인과 영유아의 경우에는 호흡곤란 및 호흡부전 등 치명적인 결과를 낳을 수 있다.

독감은 인플루엔자 바이러스에 의한 발열, 근육통, 두통, 전신통증과 상기도 혹은 하기도 증상 및 폐렴과 같은 합병증으로 발전되는 질환이다. 독감은 고위험군을 대상으로 국가예방접종을 시행하는 질환으로 임신부와 어린이, 만 65세 이상 고령자는 무료로 백신을 맞을 수 있다. 독감백신 항체가 형성되기까지는 약 2주가 소요되기 때문에 독감시즌이 오기전인 가을에 맞는 것이 추천된다. 독감은 일반적인 감기 및 폐렴과는 별개의 질환이다. 따라서 독감 예방접종이 감기 및 폐렴을 예방하지는 못한다. 독감백신은 해마다 유행할 바이러스를 세계보건기구가 예측하여 준

“ 겨울철  
적정 실내온도는  
18~21°C, 습도 40% ”

비되는데, 유행할 바이러스를 정확히 예측하는 것은 불가능하며, 백신을 맞더라도 독감에 걸릴 수 있다는 점을 인지하고 마스크착용, 손 씻기, 기침예절 등 철저한 개인위생관리 및 적절한 영양 섭취, 규칙적인 운동과 충분한 휴식 등 면역력 증대를 위한 노력을 기울여야 할 것이다.

앞서 언급했듯이 건조한 실내공기를 개선하는 것도 겨울철 호흡기 질환을 예방하는 방법이다. 겨울철 적정 실내온도는 18~21°C 이고 적정 실내습도는 40%이다. 습도가 과도하게 높을 때는 실내 존재하는 생물유기체 번식을 촉진하므로 50%를 넘지 않도록 주의해야한다. 실내습도를 높이기 위해서는 가습기사용, 실내 녹색식물 키우기, 미니수족관 및 분수대 배치, 젖은 빨래 널기 등이 도움이 된다. 이중 가습기는 적정 실내습도를 쉽게 유지하는데 도움을 주어 널리 사용되지만, 잘못 사용하면 건강에 해로울 수 있어 주의가 필요하다. 2011년 출산 전, 후 산모와 영유아들의 목숨을 앗아갔던 ‘원인 미상 폐손상’의 주요 원인이 가습기 살균제로 밝혀졌고, 또한 주로 여름철 냉방기에 서식하는 것으로 알려진 레지오넬라균도 가습기의 고여 있는 물에 흔히 서식한다. 가습기는 하루에 한 번 이상 물을 갈아주고 남은 물은 무조건 버려야 하며, 최소 2~3일에 한번 가습기를 청소하고, 사용하지 않을 때에는 물통과 진동자 부분의 물기를 제거한 뒤 건조한 상태로 보관한다.

## 마. 한파관련 질환

### ① 저체온증

저체온증이란 체온이 35°C 아래로 떨어졌을 때, 우리 몸에 일어날 수 있는 증상들을 일컫는데, 몸에서 생기는 열보다 몸 밖으로 빠져나가는 열이 더 많을 때 일어난다. 습하고 바람이 부는 추운 날씨에 오랫동안 노출되어 있을 때 자주 발생하며, 바람이 불 때 저체온증에 빠질 확률이 더 높다.

저체온증에 걸리면 체내를 순환하는 혈액의 양이 줄고, 말초혈관 저항이 높아지며 혈액의 점도도 높아져 혈액순환이 어려워진다. 이때 심장 기능이 급격하게 떨어져 심박동수와 심박출량이 줄어들어 부정맥 상태를 만들기 때문에 심할 경우 심

“ 체온이 32°C 이하로 내려가면 어지럼증과 현기증 발생 가능 ”

장마비를 일으키기도 한다.

저체온증의 초기 증상으로 심한 오한이 생기는데, 이것은 스스로가 체온을 높이기 위한 몸부림으로 볼 수 있다. 그러다 체온이 32°C 아래로 내려가게 되면 불안과 초조를 겪고 어지럼증과 현기증이 일어날 수 있다. 결국 몸을 가누기 어려워지고 판단력과 시력이 급격하게 떨어진다. 증상이 점점 심해지면 기억력도 떨어지고, 헛소리를 하는 등 의식이 희미해지며 사지마비가 올 가능성도 있다. 그러다 맥박과 호흡이 느리고 약해지며 정신착란이나 혼수상태, 호흡 중단과 같이 몸의 상태가 악화되면 결국 사망에 이르게 된다.

저체온증이 발생한 경우 몸 안의 열을 더 이상 빼앗기지 않도록 하고 바깥에서 열을 불어넣어 주는 것이 급선무다. 옷이 젖었다면 빠르게 마른 옷으로 갈아입히고 따뜻한 장소로 이동해 체온을 올릴 수 있는 조치를 취해야 한다. 따뜻한 음료를 계속적으로 섭취하게 하며, 사지를 주무르거나 여러 사람이 감싸주면서 체온이 오를 수 있도록 도와야 한다. 하지만 갑자기 몸을 뜨겁게 하면 오히려 급격한 온도변화에 신체가 적응하지 못할 수도 있으므로 몸을 천천히 온건하게 녹여야 하고, 상태가 악화되기 전에 가까운 응급 의료 센터로 후송하여 적절한 처치를 받아야 한다.

야외활동 시에는 보온이 중요하므로 저체온증을 예방하기 위해서는 따뜻하게 옷을 입어야 한다. 옷을 여러 벌 겹쳐 입어 공기층을 만들어 보온효과를 높이고, 내복을 입어 체온을 따뜻하게 유지해야 한다. 특히 어린이나 노약자는 반드시 모자, 장갑, 목도리, 마스크를 착용하는 것이 권고된다. 몸에 꼭 끼는 옷 등은 혈액순환을 방해해 저체온증을 유발할 수 있으니 적당히 넉넉한 사이즈의 옷을 입는다.

신체에 오한이 들 경우 양 팔꿈치를 서로 잡아 겨드랑이를 감싸는 등으로 체온을 뺏기지 않도록 해야 한다. 겨드랑이, 머리와 목은 심장에서 가장 가깝고 큰 혈관이 지나고 있어 신체부위 중 가장 빨리 열이 빠져나가는 곳이므로 더욱 보온이 중요하다.

음주를 하게 되면 뇌 인지기능 저하 및 중추신경계 둔화 등으로 체온조절 능력이 떨어져 추위를 느끼지 못하게 되고, 저체온증에 걸리기 쉬워지므로 춥다고 술을 마시는 행동은 피하는 것이 좋다.

“ 동상 발생시  
38~42℃ 온수에  
20~40분간 담그기 ”

## ② 동창 및 동상

동상은 추위에 신체 부위가 얼게 되어서 발생하는 증상이다. 주로 코, 귀, 뺨, 턱 등 외부에 노출이 일어나는 얼굴부위와 손가락, 발가락등 말초부위에 잘 생기며 동상이 심한 경우 손상을 초래되고, 최악의 경우 절단이 필요할 수도 있는 겨울철 대표 질환이다.

동상은 증상초기에는 거의 통증을 느끼지 못하나 따뜻한 곳에 가면 피부가 가렵고 차가운 느낌이 들며, 콧속 찌르는 듯한 통증과 함께 피부가 빨갛게 부풀기도 한다. 동상이 심한 경우 피부가 푸른색이나 검은색으로 괴사하고, 괴사상태인 채로 지속적으로 저온환경에 노출 될 경우 5~6시간 내 피부가 썩을 수 있다. 피부색이 흰색이나 누런 회색으로 변하거나 피부의 촉감이 비정상적으로 단단한 경우, 그리고 피부감각이 저하된 경우 동상의 가능성이 높다.

동상이 의심되는 경우 가능한 한 빨리 따뜻한 장소로 이동하되 동상 부위는 절대 디디거나 걸으면 안된다. 젖은 의복을 벗기고, 따뜻한 담요로 몸 전체를 감싸주며 동상부위를 즉시 38~42℃ 정도의 따뜻한 물에 20~40분간 담근다. 따뜻한 물이 없는 경우 신체온도를 이용(겨드랑이에 사이에 넣기)하여 따뜻하게 한다. 소독된 마른 거즈를 발가락과 손가락 사이에 끼워 습기를 제거하고, 서로 달라붙지 않도록 한다. 동상 부위를 약간 높게 해서 통증과 부종을 줄여 줄 수 있다. 동상 부위는 문지르거나 비벼서는 안된다. 그리고 온열패드나 램프, 난로열을 쬐어 직접적으로 열에 노출하는 보온행위는 감각이 떨어진 손상부위에 화상을 입힐 수 있으므로 금기사항이다.

동창은 영상의 온도인 가벼운 추위에서 혈관 손상으로 염증이 발생하는 것이다. 동상처럼 피부가 얼지는 않지만, 손상부위에 세균침범 시 심한 경우 궤양이 발생할 수 있다. 주로 영상의 온도에서도 꽉 끼는 신발을 신어 발의 혈액순환을 떨어뜨리거나 과도하게 양말을 두껍게 신고 신발을 신는 행위, 장시간 서있거나 움직임이 많지 않은 상태로 앉아 있는 행위 등이 동창을 유발할 수 있으므로 지양해야 한다.

“ 기후변화,  
고령화사회에  
취약계층 동절기  
지원 위해 정확한  
기상예보가 필수 ”

### III. 결론

기후변화가 진행됨에 따라 우리나라는 오히려 추워져서 아프리카만큼 더운 대구 날씨를 비유하는 '대프리카'에 이어 서울의 혹독한 겨울날씨를 비유하는 '서베리아'라는 말이 생길만큼 다른 북방에 위치한 나라들 못지않게 추운 겨울을 겪고 있다. 예전 '삼한사온' 같이 우리나라 겨울날씨를 대변하는 사자성어도 현재 잘 맞지 않는 등 기상 상황도 변화무쌍해졌다. 앞으로 기후변화 및 지구온난화로 인해 이와 같은 양상은 더욱 두드러질 것으로 보인다. 또한 고령사회로 접어든 현재, 그리고 가까운 시일 내 초고령 사회를 맞이하여 겨울철 질환들의 취약 계층들이 점점 늘어날 것이다. 정부 및 사회적 차원의 취약계층에 대한 동절기 나기에 대한 지원이 절실한 상황이다. 이를 위해 한파 및 겨울철 기상이변에 대비해 기상청에서도 정확한 기상 예측 및 예보가 필수 불가결하다.

# 서울시 미세먼지 저감정책의 효과: 차량 배출량 관점

허창희 서울대학교 지구환경과학부 교수 hoch@cpl.snu.ac.kr

- I. 서울시 대기질의 악화
- II. 미세먼지 저감정책의 효과
- III. 미세먼지의 시간변화
- IV. 미세먼지 저감정책의 효과 추정
- V. 요약 및 제언

정부는 대기질 개선을 위하여 여러 미세먼지 저감정책을 시행하고 있는데, 서울의 경우에는 주로 차량에서 배출되는 미세먼지 저감에 초점을 맞추고 있다. 서울시 미세먼지 농도는 2000년 이후 크게 감소하였지만, 중국 등 외부에서 유입되는 오염물질의 변화도 포함되어 있어서 온전한 정책효과로는 보기 어렵다. 미세먼지의 하루 동안 시간별 변화는 출·퇴근시간의 교통량과 직접 연관이 있고, 외부에서 유입되는 영향은 상대적으로 작다. 시간별 미세먼지 변화에서 오전 출근 차량의 영향으로 나타나는 최댓값의 크기는 연중 혹은 계절평균 미세먼지가 줄어드는 정도보다 훨씬 크게 감소하였다. 이를 통해 서울시와 정부에서 시행하는 정책, 특히 교통 관련 미세먼지 저감 정책이 큰 효과를 거두고 있다고 여겨진다. ■



## 1. 서울시 대기질의 악화

한국전쟁이 끝난 직후인 1953년 서울시 인구는 백만 명에 불과했지만, 1960년대 이후 국가의 고도 경제성장과 더불어 도시화가 급격하게 진행되면서 인구가 크게 증가하였다. 1988년 서울시 인구는 천만 명을 돌파했고, 현재까지 인구 규모는 크게 변하지 않고 있다. 서울시에 등록된 자동차 대수는 1990년 100만 대를 넘었고, 지속적으로 증가하여 현재 300만 대가 넘는다. 서울의 면적은 남한 전체 면적의 0.6%에 불과하지만, 전 국민의 20% 정도가 살고 있고, 자동차 등록 대수도 10%가 훨씬 넘는다. 게다가 서울시 인구보다 더 많은 사람이 주변 지역에 거주하고 있다. 서울과 주변 지역에 많은 사람이 살고 있는 만큼 이들 지역에는 다양한 형태의 거주지와 사회기반시설이 만들어졌다. 하지만 이에 대한 부작용으로 대기, 수질오염 등의 환경 문제가 발생했다. 특히, 최근에는 여러 환경 문제 중에서도 대기오염에 연관된 문제가 전 국민의 관심사로 떠올랐다.

대기오염의 지표로 활용되는 미세먼지는 편의를 위해서 입자의 직경에 따라 대기 중에 부유하는 공기역학적 직경이  $10\mu\text{m}$  이하인  $\text{PM}_{10}$ (particulate matters of diameters below  $10\mu\text{m}$ )과  $2.5\mu\text{m}$  이하인  $\text{PM}_{2.5}$ 로 나뉜다. 미세먼지는 사람의 호흡기를 통해서 폐나 심지어 혈관까지 침투해 건강에 악영향을 끼치는데, 크기가 작을수록 그 피해가 크다고 알려져 있다. 세계보건기구(WHO, World Health Organization)는 1987년 인체의 건강에 유해한  $\text{PM}_{10}$ 과  $\text{PM}_{2.5}$  가이드라인을 정했고, 산하 기관인 국제암센터에서는 2013년 10월 미세먼지를 1군 발암물질로 분류하였다.

도시에서 대기오염 문제를 일으키는 요인은 크게 내부적 요인과 외부적 요인으로 나눌 수 있다. 내부적으로는 공장과 난방에 사용되는 연료의 사용이나 차량에서 배출되는 오염물질 등이 가장 주요한 요인이다. 서울이 급격한 도시화를 겪으면서 경제·사회적인 발전에 주력할 당시에는 대기오염 배출원을 효과적으로 처리할 수 있는 규제와 정책이 매우 부족했다. 1990년에 이르러서야 「환경정책기본법」과 「대기환경보전법」이 제정되었고, 1993년 대기오염 관리 대상 물질에  $\text{PM}_{10}$ 이 추가되었다. 그러나 2000년대 초까지도 중앙정부나 서울시 차원에서도 환경 문제에 대해 심각하게 논의한 바가 없다고 여겨진다. 예를 들어, 가정이나 공공기관에서도 겨울철 난방을 위해 화석 연료가 사용되었고, 결과적으로 이에 포함된 황이 황산화물 형

태로 대기 중에 배출되었다. 이렇게 배출된 유해물질들은 대기 중에서 화학반응을 통해 최종적으로 미세먼지 농도를 높였고, 결국 도시 대기질 악화에 기여하였다. 널리 알려진 영국 산업혁명 당시에 발생한 스모그도 이와 같은 형태로 발생하였다. 또한, 기하급수적으로 증가하는 자동차 수에 비례해서 서울의 대기질은 더욱 악화되었다. 자동차에서 배출되는 배기가스에는 질소산화물이 포함되어 있어 오존 등의 건강에 유해한 물질의 전구물질이 될 뿐만 아니라, 미세먼지의 전구물질로서 대기질 악화를 가속화시켰다. 실제로 도시 지역에서는 황산화물, 질소산화물의 2차 생성으로 인한 기여가 PM<sub>2.5</sub> 전체 생성의 60% 이상을 차지하고 있다.

한편, 산업화 및 도시화로 인한 국지적 오염배출원의 기여도 중요하지만, 우리나라처럼 대륙의 동안에 위치한 나라는 외부로부터의 유입을 무시할 수 없다. 역사적으로 황사는 북서쪽의 고비 사막, 타클라마칸 사막에서 발원하여 편서풍을 타고 유입되는데, 관측 기록에 따르면 황사가 심한 날에는 서울의 미세먼지 농도가 m<sup>3</sup>당 1000 $\mu$ g 이상으로 높아지기도 하였다. 그러나 황사 먼지는 큰 고농도값을 보이는 것은 하지만, 입자의 크기도 상대적으로 커서 대부분 호흡기에서 효과적으로 걸러지는 것으로 알려져 있다. 따라서 인체에 끼치는 위해성은 상대적으로 적다. 아울러 황사로 인한 고농도 현상 발생 시기는 연중 2~3개월(대부분 3~5월)로 국한되어 있다. 그런데 이렇게 자연적으로 발생하는 황사와는 다르게 근래 서울과 우리나라에서 발생하고 있는 고농도의 미세먼지 문제는 인위적으로 발생한 외부 미세먼지의 유입 때문이다. 중국은 1980년 즈음 국가 경제를 개방한 이후 급격하게 경제발전을 이룩했다. 이와 함께 현재 중국 주요 도시의 대기질은 세계보건기구의 미세먼지 가이드라인의 3배가 넘는 것으로 보고된다. 중위도를 휘감고 있는 편서풍의 영향을 받아서 중국에서 배출된 미세먼지가 우리나라로 유입되고, 미세먼지 고농도 발생에 호조건이 되는 대기 상태가 형성되면 서울을 포함한 우리나라 전체에서 미세먼지 농도가 급격하게 상승한다.

이처럼 서울의 미세먼지 문제는 내부적 요인과 외부적 요인이 동시에 영향을 끼치고 있어서 우리가 독자적으로 해결하기에는 한계가 있다. 이 문제를 효과적으로 풀기 위한 방안으로 오래 전부터 「동북아 장거리이동 대기오염물질 국제공동연구」와 같은 동아시아 국가 간 공동연구가 이루어지고 있다. 아울러 내부적 발생 요인을 줄이는 방책으로 정부와 서울시는 다양한 미세먼지 저감대책을 세우고 그 정책을 시행하고 있다.



## II. 미세먼지 저감정책의 효과

경제발전과 더불어 대기오염 문제가 서울시뿐만 아니라 국가적으로도 심각한 문제가 되면서 정부는 1990년대에 들어 대기질 관리를 시작하였다. 1990년 제정된 「환경정책기본법」과 「대기환경보전법」을 근간으로 2000년대 들어 「수도권 대기환경개선에 관한 특별법」이 제정되었고, 2018년 8월 제정되어 2019년 2월부터 시행되고 있는 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」이 대표적인 미세먼지 관련 법령이다. 특히 2005년부터 시행한 「수도권 대기환경개선에 관한 제1차 특별법」은 수도권을 대기관리권역으로 지정하여 상대적으로 오염도가 높은 수도권의 대기질 개선을 목표로 해서 2014년까지 PM<sub>10</sub> 농도를 m<sup>3</sup> 당 40 $\mu$ g, 이산화질소 농도를 22ppb로 제한하는 등의 목표를 갖는 정책이었다[표 1]. 2015년 이후 2024년까지 시행되고 있는 제2차 특별대책에서는 미세먼지 저감 목표가 더 강화되었으며, PM<sub>2.5</sub>, 오존 등이 추가되었다. 이처럼 정부 주도 하에 수도권에서 가장 큰 미세먼지 배출원 역할을 하는 도로 이동 오염원에서 나오는 대기오염 물질을 줄이는데 큰 예산이 투입되고 있다.

〈표 1〉 제 1, 2차 수도권 대기환경개선에 관한 특별법의 주요 내용.

구분	1차 특별대책(2005~2014)	2차 특별대책(2015~2024)	
목표	- PM <sub>10</sub> 40 $\mu$ g/m <sup>3</sup> - NO <sub>2</sub> 22ppb	- (강화) PM <sub>10</sub> 35 $\mu$ g/m <sup>3</sup> , NO <sub>2</sub> 21ppb - (신설) PM <sub>2.5</sub> 25 $\mu$ g/m <sup>3</sup> , O <sub>3</sub> 60/15ppb	
관리대상 오염물질	- PM <sub>10</sub> , NOx, SOx, VOCs	- PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NOx, SOx, VOC	
관리권역	- 서울시, 인천시, 경기도 24개 시	- 수도권 전역(경기 7개 시·군 추가)	
분야별 추진 대책	사업장	- NOx, SOx 총량관리제 도입	- 사업장 총량관리제 실효성 강화
	자동차	- DPF, 조기폐차 등 경유차 배출 가스 저감 - 전기차 등 보급기반 마련	- 경유차 중심에서 휘발유차, 가솔린으로 확대 - 건설기계 등 비도로 저감대책 확대 - 전기차 등 친환경자동차 대중화 - 교통수요관리(VKT 감축) 강화
	생활(면) 오염원	- 도로 함유기준 설정 - 주유소 유증기 회수시설 설치	- 숯가마시설, 직화구이 음식점 방지 시설 설치 - 도로재비산먼지 체계적 관리강화 - 비산먼지 발생사업장 관리강화 - 생활 배출원(세탁소, 인쇄소 등) 관리 강화 - 생활소비재 VOCs 관리강화

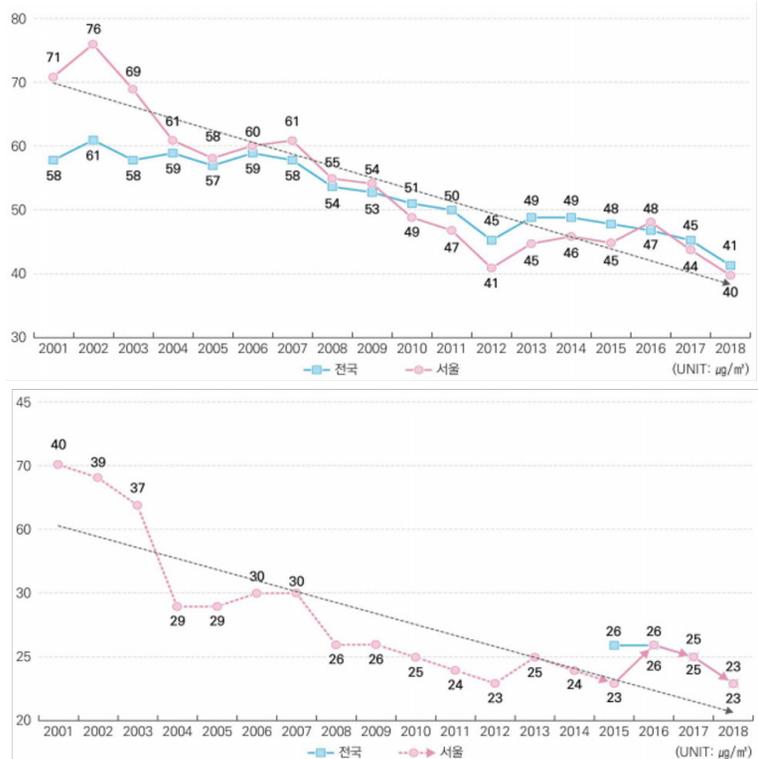
자료: 환경부(2013), 2차 수도권 대기환경관리 기본계획(안)

잘 알려져 있듯이 가솔린과 디젤 자동차는 화석 연료를 연소시키는 과정에서 발생하는 폭발의 힘을 이용하는 데, 화석 연료가 연소되면서 부수적으로 만들어지는 대기오염물질이 대기 중으로 배출된다. 이 대기오염물질은 주로 질소산화물, 불완전 연소에 의한 일산화탄소, 탄화수소와 기타 미세먼지로 구성된다. 특히 디젤 자동차에서 더 많은 대기오염물질이 배출되어서 인체에 대한 위험성이 더 높다. 이 때문에 디젤 자동차의 배기가스 규제가 가솔린 자동차보다 더 빨리 시작되었고, 그 기준도 더 강하다. 정부는 제1차 기

본계획과 더불어 일련의 정책을 통해 디젤 자동차에서 배출되는 미세먼지의 배출량 저감에 노력을 기울였다. 그때까지 운행되고 있던 디젤버스를 CNG(천연압축가스) 버스로 교체하고, 디젤 미세먼지 필터(DPF) 등의 미세먼지 사후처리 장치를 장착하게 하고, 노후 디젤 자동차 검사 강화 등의 정책을 시행하였다. 추가적으로 미세먼지를 발생시키는 사업장에서의 저감 대책도 시행했다. 이런 노력의 결과로 서울의 PM<sub>10</sub> 배출량과 농도 모두가 크게 감소했다. 연간 PM<sub>10</sub> 배출량은 2000년 초반 4,000톤 이상이었으나, 2009년 이후 2,000톤 이하를 유지하고 있다. 이와 더불어 PM<sub>10</sub> 농도는 m<sup>3</sup> 당 2001년 71 $\mu$ g에서 2018년 41 $\mu$ g으로 감소하였고, PM<sub>2.5</sub> 농도는 m<sup>3</sup> 당 2001년 40 $\mu$ g에서 2018년 23 $\mu$ g으로 감소하였다[그림 1].

그림 1에서 보는 바와 같이 미세먼지 배출량이 줄어들면서 서울의 대기 질이 좋아지는 것은 당연한 결과로 보인다. 하지만 중국에서 발생한 미세먼지가 편서풍을 따라 우리나라로 유입되어서 서울의 미세먼지 농도 변화에 기여할 수 있음을 주시해야 한다. 2019년 11월 정부는 한·중·일 3개국이 공동으로 진행한 「동북아 장거리이동 대기오염물질 국제공동연구(LTP, Long-range Transboundary air Pollutants research project)」에서 얻은 결과를

[그림 1] 전국, 서울시 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> 연평균 농도 변화



출처: 미세먼지 관리 종합계획(2019. 11)



토대로 우리나라 미세먼지의 32%가 중국의 영향이라고 발표했다. 이 결과는 한·중·일 연구진이 각국의 최신 초미세먼지 배출량 자료를 통해 2017년을 대상으로 대기질 모델을 이용하여 PM<sub>2.5</sub>를 발생시키는 국내와 국외 영향을 비교한 결과이다. 우리나라 자체적으로 배출되는 미세먼지 발생 기여율은 51%이고, 일본의 기여율은 2%, 나머지는 몽골이나 북한에서 넘어온 것으로 추정된다. 실제로 우리나라 PM<sub>2.5</sub> 농도의 절반 정도는 외적인 요인에 의해 영향을 받는 것이다. 이러한 이유로 계절평균 또는 연평균 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 농도 변화만으로 우리나라에서 시행하고 있는 미세먼지 저감정책의 효용성을 판단하기는 어렵다.

### III. 미세먼지의 시간변화

정부는 2017년 수립된 미세먼지 종합대책에서 2022년까지 국내 대기오염물질 배출량을 30% 감축시켜서 PM<sub>2.5</sub> 농도를 2022년에 m<sup>3</sup> 당 18 $\mu$ g까지 저감하겠다는 목표를 설정하였다. 이를 위해 보다 강력하고 체계적인 대기오염물질 감축 정책을 지속적으로 추진하고 있지만, 정부의 기대와는 다르게 2012년 이후 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 농도 감소 경향이 미미한 것으로 나타나고 있다. 지난 10여 년 동안 대기오염 배출을 크게 줄인 중국에서도 우리나라와 비슷하게 2012년 이후 미세먼지 농도값이 크게 줄지 않는 경향이 나타나는 것을 감안하면, 미세먼지 농도가 배출량 이외에도 대기순환장, 장거리 수송 오염물질 등 여러 다른 인자들의 영향을 크게 받고 있다고 여겨진다. 이처럼 연중 혹은 계절평균 미세먼지 농도가 배출량 이외의 요인에 영향을 받고 있으며, 이들의 영향을 명확하게 분리하기 쉽지 않기 때문에 연구 접근방법 자체를 다르게 할 필요가 있다고 생각한다. 다른 외적인 요인에 가장 영향을 적게 받으면서 정부 정책의 영향을 가장 크게 받을 수 있는 인자는 무엇일까?

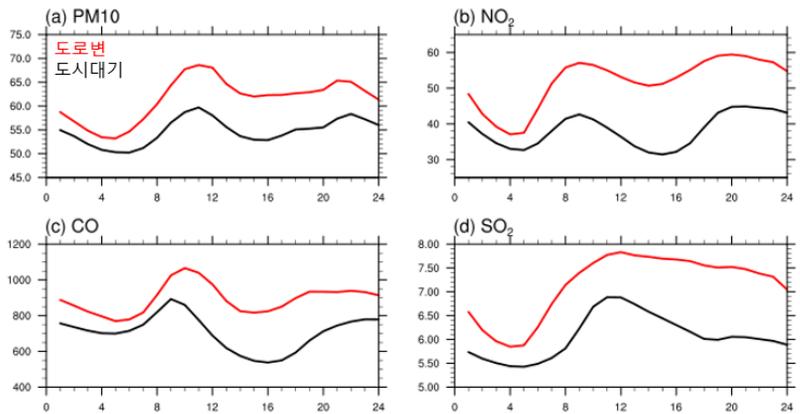
지구 대기는 오전에 뜨고 저녁에 지는 태양 변동의 영향을 받아서 많은 기상변수가 하루 중에서도 상당한 시간별 변화를 겪고 있다. 예를 들어, 해가 뜨면서 지표면이 가열되고 이에 따라서 지표면 부근 대기층에서 혼합고가 높아진다. 높아진 혼합고에 따라 오염물질이 연직방향으로 활발하게 확산할 수 있어서 지표면 부근에서는 오염물질의 농도가 감소할 수 있다. 그런데 실제로 도시지역에서 관측된 미세먼지 자료를 분석해보면 이런 특성이 전혀 나타나지

않고 있다. 예상과는 반대로 오전 시간대에 오염물질 농도가 크게 증가하는 것으로 나타난다. 가장 설득력 있는 이유로서 사람들의 인위적 활동으로 인해 생기는 일단위의 변동을 들 수 있다. 출근 시간에 자동차의 운행이 증가하고 이로 인해 대기오염물질 배출량이 크게 증가할 수 있다. 결과적으로 앞서 언급한 대기의 일변화에 따른 혼합고의 증가와 차량 운행 등에 의한 대기오염물질 배출의 일변화가 합쳐져서 하루 동안에도 미세먼지 농도의 시간 변동이 발생한다. 출근 시간대에 미세먼지 농도가 증가하는 것과 비슷한 모양은 퇴근 시간대에도 나타나고 있다.

그림 2에서 서울시 25개 구와 6개 주요도로 관측소에서 측정한 2001/02년부터 2017/18년까지 늦가을과 겨울철(10~2월) 동안의 대기오염물질 일변화를 살펴보았다. 도시대기 관측소(빨간색)는 서울 25개 구 관측소에서, 도로변 관측소(검은색)는 서울 시내 6개 관측소에서 관측한 대기오염물질 농도의 평균값을 나타낸다. 서울시에서 발표하는 교통량 측정에 따르면 새벽 4시부터 증가하기 시작해서 오전 7~9시가 되면 최대에 도달한다. 그런데 자동차 배기가스에서 직접 방출되는 오염물질과 미세먼지로 대표되는 PM<sub>10</sub>의 농도가 최댓값을 갖는 시점이 다르게 나타난다. 이산화질소와 일산화탄소 농도는 교통량 증가와 더불어 오전 8~9시경에 최대에 도달하지만, PM<sub>10</sub>과 이산화황은 이보다는 1~2시간가량 늦은 오전 10~11시에 도달한다. 이는 전반적인 미세먼지 농도는 직접적인 오염물질 배출뿐만 아니라 2차적으로 생성되는 물질까지 포함되기 때문에 시간 지연이 나타나는 것으로 여겨진다.

한편, PM<sub>10</sub> 농도는 정오(12시) 이후에 감소해서 오후 2시경~8시까지 일정한 값을 유지한다. 기후적으

[그림 2] 2001~2018년 늦가을과 겨울철(10~2월) 동안 서울시 도로변과 도시대기 관측소의 (a)미세먼지( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), (b)이산화질소(ppb), (c)일산화탄소(ppb), (d)이산화황(ppb)의 24시간 내 변화.

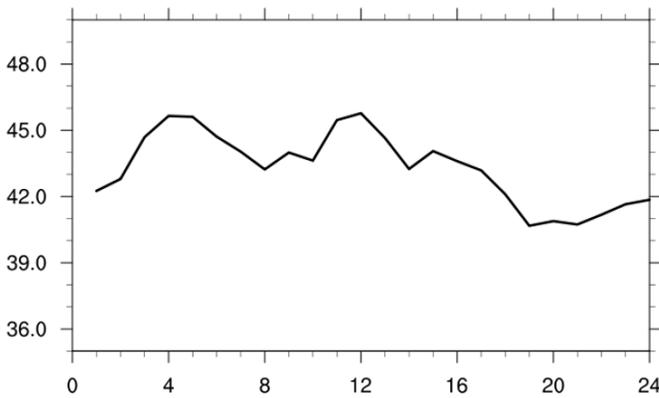




로 고려할 때, 혼합고는 해가 뜬 이후 꾸준히 증가하는데, 특히 정오 무렵 이후 오후엔 급속도로 증가한다. 이와 더불어 지상 바람도 강해져서 미세먼지를 환기시키는 효과가 강해진다. 혼합고가 증가하면 지표면 부근에 있던 대기오염물질이 연직으로 확산하여 미세먼지 농도가 줄어들고, 지상 바람이 강해지면 수평 이류가 생겨 환기 효과로 미세먼지 농도가 감소한다. 이러한 과정 중에 오후 시간대의 교통량 감소가 더해져 출근시간대에 만들어진 미세먼지 최댓값이 다소 줄어드는 것으로 여겨진다. 늦은 오후가 되면 혼합고는 낮아지고 지표면 부근에 풍속이 감소하며 퇴근시간대에 교통량이 증가하면서 미세먼지가 다시 증가한다. 그림에서 보듯이 퇴근 시간 최댓값은 PM<sub>10</sub>, 이산화질소, 일산화탄소, 이산화황 등에서 공통적으로 오후 8시 이후에 나타나고 있다. 그리고 도로변과 도시대기 관측소의 결과를 비교해 보면 도로변 지역에서 나타나는 최댓값이 도시대기 지역에서 나타난 최댓값보다 더 크다는 것을 알 수 있다. 이는 일변화를 유도하는 주요 원인은 자동차에서 나오는 대기오염물질이라는 것을 의미한다.

[그림 3] 2012~2018년 백령도에서 관측된 PM10 농도의 24시간 내 변화.

**PM10 (백령도 관측소)**



우리나라 연평균 미세먼지 기여도에 약 절반의 비중을 차지하는 장거리 수송 오염물질의 경우, 서울 PM<sub>10</sub> 농도의 일변화에 확실하게 영향을 끼치고 있는 것일까? 이를 확인하기 위해 중국과 가까운 백령도 관측소에서 나타나는 일변화를 살펴보았다(그림 3). 백령도 관측소의 PM<sub>10</sub> 농도 일변화를 보면 오전과 오후의 뚜렷한 정점이 나타나지 않은 것

으로 보아 일변화 관점에서 중국의 영향은 거의 없는 것으로 여겨진다. 즉, 우리나라에서 미세먼지의 일변화는 관측소 외부의 영향보다 내부 영향을 더 많이 받는다는 것을 알 수 있다. 앞서 언급한 것처럼 2000년대 중반 정부가 수도권 미세먼지 저감을 위해 시행한 정책은 교통

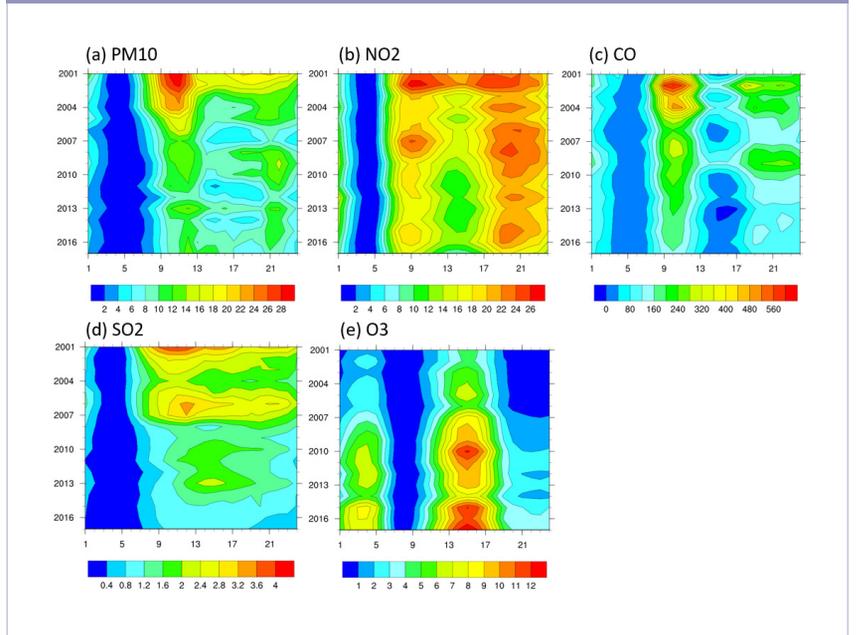
에 초점이 맞춰져 있다는 점을 고려해볼 때, 장기적인 관점에서 미세먼지의 하루 동안 시간변화를 분석하면 서울시에서 시행한 정책의 효과를 확인할 수 있을 것으로 기대한다.

#### IV. 미세먼지 저감정책의 효과 추정

미세먼지의 하루 동안 시간변화에서 첫 번째로 나타나는 최댓값은 출근하는 교통에 의해 발생하는 것이다. 이는 주로 내부적인 요인으로 발생하는 것이어서 외부 유입보다 내부의 미세먼지 배출과 더 연관이 깊다. 그러므로 첫 번째 최댓값의 장기변화를 살펴봄으로써, 우리나라 미세먼지 저감대책, 특히 교통과 관련된 미세먼지 대책이 얼마나 실효성이 있었는지 판단해 볼 수 있다. 일변화에서 나타나는 첫 번째 최댓값의 변화를 확인하기 위해 미세먼지 농도가 높은 10~2월까지 2001/02년부터 2017/18년 각 년도의 미세먼지 및 다른 대기오염물질의 일변화를 도로변 관측소[그림 4]와 도시대기 관측소[그림 5]에서 분석하였다. 중국의 영향을 최대한 배제하고자 앞,

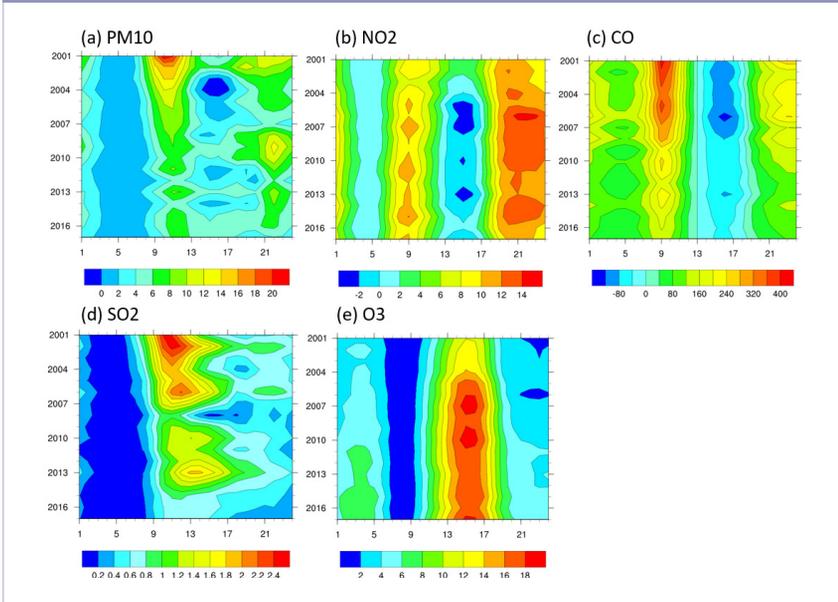
뒤 12시간 평균값을 제거하였다. 추가해서 첫 번째 최댓값의 크기를 쉽게 알아볼 수 있도록 각 연도에서 새벽 시간대의 최솟값을 제거하였다. 결과적으로 그림 4, 5에서 각 연도 별로 오전에 나타나는 최댓값은 첫 번째 최대의 크기가 된다. 먼저 자동차 배기가스가 주로 배출되는 장소인 도로변 관측소의 결과를 살펴본다[그림 4]. 미세먼지 첫 번째 최대의 크기는 2000년대에는  $m^3$

[그림 4] 서울시 6개 도로변 관측소 평균 (a)미세먼지( $\mu g/m^3$ ), (b)이산화질소(ppb), (c)일산화탄소(ppb), (d)이산화황(ppb), (e)오존(ppb)의 연도별 시간 변화 (각 년도의 새벽 최솟값을 0으로 맞춤).





[그림 5] 서울시 25개 도시대기 관측소 평균 (a)미세먼지( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), (b)이산화질소(ppb), (c)일산화탄소(ppb), (d)이산화황(ppb), (e)오존(ppb)의 연도별 시간 변화 (각 년도의 새벽 최솟값을 0으로 맞춤).

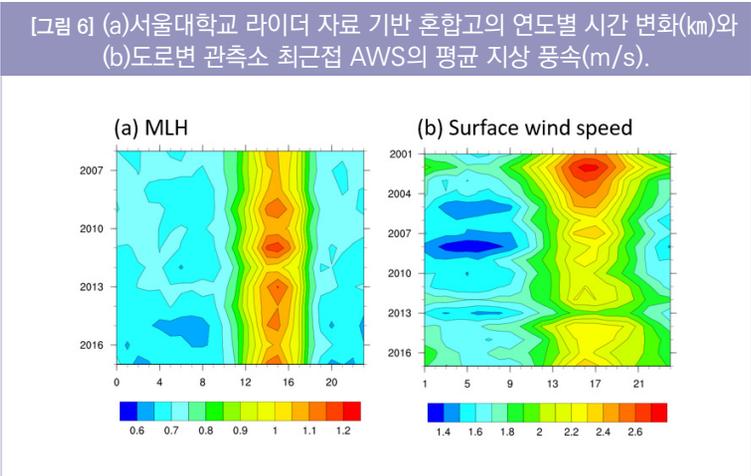


당  $20\mu\text{g}$  정도였다가 2010년대는 그 절반인  $10\mu\text{g}$  정도로 감소하였다. 마찬가지로 자동차 배기가스인 이산화질소, 일산화탄소에 나타나는 최댓값도 2000년대보다 2010년대에 그 크기가 절반 정도로 감소했다.

도시대기 관측소의 경우, 미세먼지, 일산화탄소의 첫 번째 최댓값은 도로변 관측소와 마찬가지로 크게 감소하였지만, 이산화질소에서는 큰 변화가 나타나지 않는다[그림 5]. 이는 이산화질소, 오존과 관련

된 화학반응이 작용하였기 때문에 도시대기의 이산화질소 최댓값이 크게 감소하지 않은 것으로 여겨진다. 잘 알려져 있듯이 도로변에서 주로 배출된 배기가스는 이산화질소보다 일산화질소를 많이 포함하고, 시간이 지나면서 일산화질소는 이산화질소로 산화된다. 도로변에서 배출된 배기가스가 도시대기 관측소로 이루어지는 시간 동안 일산화질소는 이산화질소가 되고 오존의 생성으로 이어진다. 또한, 배경대기의 휘발성 유기 화합물(VOC, Volatile Organic Compounds)과 질소산화물의 비율에 따라 반응이 비선형적으로 일어나기 때문에 자동차 대기오염물질 배출이 줄어도 도시대기 관측소에서는 이산화질소의 양이 줄어들지 않을 수도 있다. 한편, 자동차 배기가스가 이산화황의 주요 배출원은 아니지만, 이산화황의 최댓값도 2010년대에 들어 크게 감소했다. 그런데 그림 5에서 보듯이 첫 번째 최댓값의 크기가 최근에 뚜렷하게 감소하였다고 해서 배출 저감의 효과라고 단정 짓기는 어렵다. 왜냐하면 혼합도가 증가하거나 환기효과가 커지면 배출이 줄지 않아도 최댓값이 줄어들 수 있기 때문이다.

혼합고와 바람에 의한 환기효과가 미세먼지 일변화에 영향을 줄 수 있어서 혼합고와 환기효과의 일변화를 각 연도 별로 살펴보았다(그림 6). 혼합고는 서울대학교에서 관측하는 라이더 소산계수 자료를 이용해 산출한 값이다(그림 6a). 혼합고 관측자료를 2007년부터 확보할 수 있어서 상대적으로 기간이 짧지만, 분석기간 동안 뚜렷한 장기변화 경향은 나타나지 않는다. 특



히, 미세먼지의 첫 번째 최대가 오전 10시부터 정오 사이에 나타나는데, 이 시간대의 혼합고에는 뚜렷한 변화가 나타나지 않았다. 한편, 이 연구에서는 환기효과를 알아보는 방법으로 도로변 관측소에서 가장 가까운 5개 AWS(Automatic Weather System) 관측소에서 측정된 지상 바람 자료를 분석하였다. 2001년 이후 2017년까지 지상에서 바람은 오후 시간대에 뚜렷하게 약해지는 경향을 보이고 있다(그림 6b). 일반적으로 지상에서 바람 세기가 감소하면 환기효과가 약해지기 때문에 미세먼지 농도가 증가할 수 있다. 하지만 그림 6에서 보듯이 관측된 오후 시간대의 도로변 미세먼지 농도는 전반적으로 감소하고 있다. 더욱이 오전시간에 바람 세기가 큰 변화를 보이지 않아서 혼합고와 환기효과가 서울시 미세먼지의 장기변화에 큰 영향을 끼치지 않은 것으로 판단된다. 결과적으로 정부와 서울시에서 추진하고 있는 차량 배기가스 배출량 감축 정책이 미세먼지 저감에 효과적으로 작동하고 있음을 알 수 있다.

## V. 요약 및 제언

정부의 「제1차 수도권 대기환경관리 기본계획」은 2014년에 종료되었고, 2015년부터 「제2차 수도권 대기환경관리 기본계획」이 시행되고 있다. 이러한 정책적 노력의 결과로서 서울에서 연평균 미세먼지 농도가 뚜렷하게 감소했고, 일변화에서도 출근시간에 나타나는 최댓값



이 크게 감소했다. 하지만 이산화질소와 오존 등 가스 농도의 감소로 이어지지는 않았다. 오존의 경우, 최근에 오히려 증가하고 있는데 이는 대기오염물질이 배출된 후 일어나는 화학반응의 비선형적 반응 때문으로 생각된다. 따라서 미세먼지의 2차생성과 관련한 연구와 그에 기반한 실효성 있는 정책 수립 및 이행이 필요하다.

한편, 국민이 체감하는 미세먼지 오염도가 갈수록 악화되어서 2016년에 「미세먼지 관리 특별대책」, 2017년에 「제2차 수도권 대기환경관리 기본계획」 변경과 「미세먼지 관리 종합대책」, 2018년에 「비상·상시 미세먼지 관리 강화대책」, 2019년에 「미세먼지 관리 종합계획」을 통해 다각적인 측면에서 배출량 규제와 대기오염물질 감축 정책 등이 시행되고 있다. 여기서 눈여겨볼 점은 2017년 발표된 「미세먼지 관리 종합대책」까지는 농도 기준으로 설정되었던 미세먼지 저감 목표가 그 이후부터는 배출량 기준으로 바뀌었다는 점이다. 지속적인 차량 배출량 감소에도 불구하고, 기상요인 악화 및 기후변화가 빈번한 미세먼지 고농도 현상 발생과 평균농도 감소 경향성 둔화에 영향을 주었을 가능성이 제기되기 때문이다. 향후 대기질 향상을 위해서는 기상 및 기후 여건이 대기질에 미치는 영향에 대한 종합적인 연구가 필요하고, 더 나아가서는 이를 정책적으로 활용하기 위한 노력이 필요하다고 생각한다.

## 기상기술정책지 발간 목록

창간호, 제1권 제1호(통권 창간호), 2008년 3월

칼 럼	• 기후변화 대응을 위한 기상청의 역할	권원태	3-11
정책초점	• 기후변화감시 발전 방향	김진석	12-18
	• 미국의 기상위성 개발현황과 향후전망	안명환	19-38
	• 기상산업의 위상과 성장가능성	김준모	39-45
	• 최적 일사 관측망 구축방안	이규태	46-57
	• 국가기상기술로드맵 수립의 배경과 의의	김백조, 김경립	58-61
논 단	• A New Generation of Heat Health Warning Systems for Seoul and Other Major Korean Cities	L.S. Kalkstein, S.C. Sheridan, Y.C.Au	62-68
해외기술동향	• 프랑스의 에어로솔 기후효과 관측 기술	김상우	69-79
	• 일본의 우주기상 기술	김지영, 신승숙	80-84

기상산업의 현황과 전략, 제1권 제2호(통권 제2호), 2008년 6월

칼 럼	• 기후변화시대, 기상산업 발전상	봉종헌	1-3
정책초점	• 기상산업의 중요성과 전략적 위치	이종우	5-13
	• 기후변화가 산업에 미치는 경제적 영향과 적응대책	한기주	14-22
	• 기후경제학의 대두와 대응 전략	임상수	23-33
	• 기후변화와 신재생에너지 산업	구영덕	34-45
	• 기상산업 육성을 위한 정책대안 모색	김준모, 이기식	46-54
	• 미국 남동부의 응용기상산업 현황	임영권	55-64
	• 최근 황사의 특성 및 산업에 미치는 영향	김지영	65-70
	논 단	• A brief introduction to the European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (COST)	Radan Huth
	• 우주환경의 현황과 전망	안병호	82-92
해외기술동향	• 유럽의 기후변화 시나리오 불확실성 평가 : EU(유럽연합) 기후변화 프로젝트를 중심으로	임은순	93-103
	• 미국 NOAA의 지구 감시 현황	전영신	104-107

항공기 관측과 활용, 제1권 제3호(통권 제3호), 2008년 9월

칼 럼	• 기상 관측·연구용 항공기 도입과 활용	정순갑	1-4
정책초점	• 무인항공기 개발 현황 및 응용 방안	오수훈, 구삼욱	6-18
	• 해외 기상관측용 항공기 운영 및 활용 실태	김금란, 장기호	19-34
	• 항공기를 이용한 대기물리 관측 체계 수립 방안	오성남	35-45
	• 효과적인 항공기 유지 관리 방안	김영철	46-56
	• 공군에서의 항공관측 현황과 전망	김종석	57-66
	• 항공기를 이용한 대기환경 감시	김정수	67-74
	• 항공/위성 정보를 활용한 재해 피해 조사	최우정, 심재현	75-84
	논 단	• 유/무인항공기를 이용한 기후변화 감시	윤순창, 김지영
해외기술동향	• 미국의 첨단 기상관측 항공기(HIAPER) 운영 현황	김지영, 박소연	94-99
	• 미국의 탄소 추적자 시스템 개발 현황 및 전략	조천호	100-108
	• 미국의 우주기상 예보와 발전 방향	곽영실	109-117
뉴스 포커스	• 한국, IPCC 부의장국에 진출	허은	118-119

## 기상기술정책지 발간 목록

### 전자구관측시스템 구축과 활용, 제1권 제4호(통권 제4호), 2008년 12월

칼 럼	• 전자구관측시스템(GEOSS) 구축과 이행의 중요성	정순갑	1-4
정책초점	• GEO/GEOSS 현황과 추진 계획	엄원근	6-21
	• GEOSS 구축을 위한 전략적 접근 방안	김병수	22-31
	• GEO 집행위원회에서의 리더십 강화 방안	허 은	32-39
	• 국내의 분야별 GEOSS 구축과 발전 방안	신동철	40-41
	- 재해 분야	박덕근	42-44
	- 보건 분야	이희일	45-47
	- 에너지자원 분야	황재홍, 이사로	48-50
	- 기상 및 기후 분야	이병렬	51-53
	- 수문 및 수자원 분야	조효섭	54-56
	- 생태계와 생물다양성 분야	장임석	57-58
- 농업 분야	이정택	59-62	
- 해양 분야	김태동	63-67	
- 우주 분야	김용승, 박종욱	68-71	
논 단	• Taking GEOSS to the next level	José Achache	72-75
해외기술동향	• GEOSS 공동 인프라(GCI) 구축 동향	강용성	76-83
	• 최근 주요 선진국의 GEO 구축 현황	이경미	84-95
뉴스 포커스	• 한국, GEO 집행 이사국 진출	이용섭	96-97

### 기상장비의 녹색산업화 전략, 제2권 제1호(통권 제5호), 2009년 3월

칼 럼	• 녹색산업으로서의 기상장비 산업 육성 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	• 기상장비의 산업여건과 국산화 전략	김상조	4-13
	• 기상장비 수출 산업화를 위한 성공전략	이종국	14-21
	• 기상레이더 국산화 추진 방안	장기호, 석미경, 김정희	22-29
	• 기상레이더의 상용화 현황과 육성 방안	조성주	30-41
	• 기상장비의 시장성 확보 전략 및 방향	이부용	42-51
논 단	• 외국의 기상레이더 개발 동향과 제언	이규원	52-72
해외기술동향	• 유럽의 기상장비 산업 현황: 핀란드 바이살라를 중심으로	방기석	73-80
	• 세계의 기상장비 및 신기술 동향	김지영, 박소연	81-89

### 기후변화와 수문기상, 제2권 제2호(통권 제6호), 2009년 6월

칼 럼	• 기후변화에 따른 수문기상 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	• 기후변화와 물환경정책	김영훈	4-15
	• 기후변화에 따른 물 관리 정책 방향	노재화	16-27
	• 기후변화에 따른 하천 설계빈도의 적정성 고찰	김문모, 정창삼, 여운광, 심재현	28-37
	• 수문기상정보를 활용한 확률강우량 산정 방안	문영일, 오태석	38-50
	• 수문기상학적 기후변화 추세	강부식	51-64
	• 기상정보 활용을 통한 미래의 물관리 정책	배덕호	65-77
	• 이상기름에 대응한 댐 운영 방안	차기욱	78-89
논 단	• 기후변화의 불확실성 해소를 위한 대응방안	양용석	90-110
해외기술동향	• 미국의 기상-수자원 연계기술 동향	정창삼	111-121
	• NOAA의 수문기상 서비스 및 연구개발 현황	김지영·박소연	122-131
	• 제5차 세계 물포럼(World Water Forum) 참관기	김용상	132-140

## 기상기술정책지 발간 목록

### 기상·기후변화와 경제, 제2권 제3호(통권 제7호), 2009년 9월

칼 럼	• 기상정보의 경제적 가치 제고를 위한 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	• 기후변화에 따른 에너지정책	박현종	4-18
	• 기후변화 대응이 경제에 미치는 영향	박종현	19-29
	• 기후변화가 농업경제에 미치는 영향	김창길	30-42
	• 기상 재난에 따른 경제적 비용 손실 추정	김정인	43-52
	• 기상산업 활성화와 과제	이만기	53-59
	• 날씨 경영과 기상산업 활성화를 위한 정책 제언	김동식	60-69
논 단	• 기후변화와 새로운 시장	이명균	70-78
해외기술동향	• 기상정보의 사회·경제적 가치와 편익 추정	김지영	79-85
	• 강수의 경제적 가치 평가 방법론	유승훈	86-96
뉴스 포커스	• 기상정보의 경제적 가치 평가 워크숍 개최 후기	이영곤	97-103

### 날씨·기후 공감, 제2권 제4호(통권 제8호), 2009년 12월

칼 럼	• 날씨공감포럼의 의의와 발전방향	전병성	1-2
정책초점	• [건강] 지구온난화가 건강에 미치는 영향	고상백	4-19
	• [해양] 기후변화에 있어서 해양의 중요성과 정책방향	이재학	20-29
	• [산림] 기후변화에 따른 산림의 영향과 정책방안	차두송	30-41
	• [관광] 기후변화 시대의 관광 활성화 정책방향	김익근	42-50
	• [도시기후] 대구의 도시 기후 및 열 환경 특성	조명희, 조유원, 김성재	51-60
	• [에너지] 태양에너지 소개와 보급의 필요성	김정배	61-72
	• [디자인] 생활디자인과 기후·기상과의 연계방안	김명주	73-88
논 단	• 국민과의 '소통' - 어떻게 할 것인가?	김연중	89-97
뉴스 포커스	• 날씨공감포럼 발전을 위한 정책 워크숍 개최 후기	김정윤	98-101

### 기후변화와 산업, 제3권 제1호(통권 제9호), 2010년 3월

칼 럼	• 기후변화에 따른 기상산업의 성장가능성과 육성정책	박광준	1-2
정책초점	• 기상이변의 경제학	이지훈	4-11
	• 기후변화 영향의 경제적 평가에 관한 소고	한기주	12-21
	• 기후변화 정책에 따른 산업계 영향 및 제언	이종인	22-32
	• 기후변화예측 관련 기술 동향 및 정책 방향	이상현, 정상기, 이상훈	33-45
	• 기후변화와 건설 산업	강운산	46-56
	• 코펜하겐 어코드와 탄소시장	노종환	57-66
	• 기후변화, 환경산업 그리고 환경경영	이서원	67-77
	• 이산화탄소(CO <sub>2</sub> ) 저감기술 개발동향: DME 제조기술	조원준	78-84
논 단	• 기후변화와 정보통신 산업의 상관관계: 그린 IT를 중심으로	양용석	85-99
	• 기후변화 대응을 위한 산업계 및 소비자의 책임	김창섭	100-109
뉴스 포커스	• 기후변화미래포럼 개최 후기	김정윤	110-115

## 기상기술정책지 발간 목록

### 국가 기후정보 제공 및 활용 방안, 제3권 제2호(통권 제10호), 2010년 6월

칼 럼	주요 내용	저자	페이지
	• 국가기후자료 관리의 중요성	켄 크로포드	1-2
정책초점	• 기후변화통합영향평가에대한 국가기후정보의 역할	전성우	4-11
	• 친환경 도시 관리를 위한 기후 정보 구축 방안	권영아	12-22
	• 기상정보의 농업적 활용과 전망	심교문	23-32
	• 기상자료 활용에 의한 산불위험예보 실시간 웹서비스	원명수	33-45
	• 경기도의 기상·기후정보 활용	김동영	46-57
	• 국가기본풍속지도의 필요성	권순덕	58-62
	• 국가기후자료센터 구축과 기상산업 활성화	김병선	63-74
	• 국가기후자료센터 설립과 민간의 역할 분담	나성준	75-83
	• 가치있는 기후정보	김윤태, 정도준	84-99
논 단	• 기상청 기후자료 활용 증대 방안에 관한 제언	최영은	100-110
뉴스 포커스	• 국가기후자료센터의 역할	임용한	111-119

### 장기예보 정보의 사회경제적 가치와 활용, 제3권 제3호(통권 제11호), 2010년 9월

칼 럼	주요 내용	저자	페이지
	• 장기예보 투자 확대해야	박정규	1-2
정책초점	• 전력계통 운영 분야의 기상정보 활용	정응수	4-15
	• 기상 장기예보에 대한 소고	박창선	16-23
	• 패션머천다이징과 패션마케팅에서 기상 예보 정보의 활용	손미영	24-33
	• 장기예보의 사회·경제적 가치와 서비스 활성화 방안	김동식	34-43
	• 기상 장기예보의 농업적 가치와 활용	한점화	44-53
	• 장기예보 정보의 물관리 이수(利水) 측면에서의 가치와 활용	우수민, 김태국	54-64
	• 기상예보와 재해관리	박종윤, 신영섭	65-81
	• 장기예보 업무의 과거, 현재, 그리고 미래	김지영, 이현수	82-89
해외기술동향	• 영국기상청(Met Office) 해들리센터(Hadley Centre)의 기후 및 기후 영향에 관한 서비스 현황	조경숙	90-101
	• WMO 장기예보 다중모델 앙상블 선도센터(WMO LC-LRFMME)	윤원태	102-106
뉴스 포커스	• 영국기상청과의 계절예측시스템 공동 운영 협정 체결	이예숙	107-109

### 사회가 요구하는 미래기상서비스의 모습, 제3권 제4호(통권 제12호), 2010년 12월

칼 럼	주요 내용	저자	페이지
	• 시대의 요구에 부응하는 기상·기후서비스	권원태	1-3
정책초점	• 기상학의 역사	윤일희	6-16
	• 지질학에서 본 기후변동의 과거, 현재, 그리고 미래	이용일	17-29
	• 예보기술의 성장 촉진을 위한 광각렌즈	변희룡	30-44
	• 전쟁과 기상	반기성	45-55
	• 날씨와 선거	유현종	56-64
	• 기후변화와 문학	신문수	65-74
	• 기후변화와 문화 I (문명의 시작과 유럽문명을 중심으로)	오성남	75-87
	• 비타민 D의 새로운 조명	김상완	88-96
	• G20서울정상회담과 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 역할	이선제	97-105
	논 단	• 기상정보의 축적과 유통 활성화를 통한 국부 창출	김영신
• 날씨의 심리학		최창호	116-122
해외기술동향	• 기상정보의 사회·경제적 평가에 관한 해외동향	김정윤, 김인겸	123-130

## 기상기술정책지 발간 목록

### 신규 시장 창출을 통한 기상산업 육성 방안, 제4권 제1호(통권 제13호), 2011년 6월

발간사	• G20 국가에 걸맞는 기상산업 발전 방향	조석준	1-3
칼럼	• 대학과 공공연구소의 기상기술 이전 활성화 및 사업화 촉진을 위한 기술이전센터(TLO) 발전 방안	박종복	4-13
	• 새로운 기상산업 시장창출과 연계된 금융시장 활성화에 대한 소고 - 보험산업의 입장에서	조재린, 황진태	14-23
정책초점	• 신규 기상시장 창출을 통한 기상산업 육성 방안 연구	국립기상연구소 정책연구과	26-63

### 도시기상관측 선진화방안, 제4권 제2호(통권 제14호), 2011년 12월

발간사	• 도시기상 선진화, 미래의 약속입니다.	조석준	1-3
칼럼	• 도시기후 연구의 과거, 현재, 미래	최광용	6-18
	• 기후변화로 인한 도시 재해기상의 특성 변화 및 기상관측 선진화 방안	박민규, 이석민	19-30
	• 도시열섬의 환경평가와 도시기상관측시스템 구축방안	김해동	31-42
	• 수치모델을 이용한 도시기상 연구의 현재와 한계	이순환	43-50
	• 도시 기상 관측 연구 현황	박영산	51-62
정책초점	• 도시기상 관측 선진화 방안 연구	이영곤	64-73

### 원격탐측기술(레이더, 위성, 고층) 융합정책 실용화 방안, 제5권 제1호(통권 제15호), 2012년 6월

칼럼	• 원격탐측의 융합정책과 기상자원 가치 확산	Kenneth Crawford	3-8
정책초점	• 레이더-위성 융합 강수정보 생산 기술	신동빈	10-18
	• 위성과 첨단기술 융합을 통한 미래 기상서비스 발전 방향	은종원	19-27
	• 라이더 관측기술 활용 방안	김덕현	28-41
	• 위성기술을 이용한 수문분야의 융합 정책	배덕호, 이병주	42-53
	• 위성자료의 해양 환경감시 활용	황재동	54-65
논단	• 우리나라의 융합기술발전 정책 방향	이상현	66-72
해외기술동향	• 일본의 원격탐사 활용 및 융합정책	윤보열, 장희욱, 임효숙	73-85
포커스	• 레이더 융합행정 포럼 : 레이더운영과	송원화	86-93

### 해양기상서비스의 현황 및 전망, 제5권 제2호(통권 제16호), 2012년 12월

칼럼	• 해양기상서비스의 의미 및 가치 확산	박관영	3-7
정책초점	• 해양기상 융합서비스의 필요성	김민수	10-20
	• 수자원 변동에 따른 해양기상서비스의 강화	김희용	21-29
	• 해양기상정보 관리의 선진화 방안	정일영	30-39
	• 해양기상·기후변화 대응을 위한 정책제언	양홍근	40-47
논단	• 해양기상서비스 현황과 정책 방향	김유근	48-57
해외기술동향	• 선진 해양기상기술 동향	우승범	58-67
포커스	• 제4차 WMO/IOC 해양학 및 해양기상 합동기술위원회(JCOMM) 총회	해양기상과	68-73

## 기상기술정책지 발간 목록

국민의 행복 증진을 위한 "기상기후서비스 3.0", 제6권 제1호(통권 제17호), 2013년 6월

칼 럼	• 국민이 원하는 기상기후서비스	이일수	3-4
정책초점	• 기상기후분야 과학과 서비스 발전 방향	전종갑	6-14
	• 지진조기경보 역량 강화를 위한 정책적 제언	최호선	15-30
	• 기상기후 서비스 혁신을 위한 기술경영 전략	박선영	31-47
	• 자연재해 대응 서비스 기술 및 정책변화	허종안, 손흥민	48-59
논 단	• 수요자 맞춤형 서비스를 위한 기상기술 고도화 방안	김영준	60-72
포 커 스	• 국민행복서비스 포럼 개최 후기	국립기상연구소 정책연구과	73-78

빅데이터 활용 기상융합서비스, 제6권 제2호(통권 제18호), 2013년 12월

칼 럼	• 정부3.0에 따른 기상기후 빅데이터 활용	고윤화	3-4
정책초점	• [정책] 정부3.0 지원을 위한 빅데이터 융합전략	안문석	6-13
	• [정보] 스마트국가 구현을 위한 빅데이터 활용방안	김현곤	14-31
	• [서비스] 빅데이터 분석 기반 기상예보의 신뢰도 향상 방안	이기광	32-46
	• [경영] 빅데이터 기반 날씨경영 성과 제고 방안 - 공항기상정보 활용사례 -	방기석	47-58
	• [농업] 기후변화시나리오 활용 농업 기상 과학 융합 전략	김창길, 정지훈	59-76
	• [재난] 재난관리의 새로운 해결방안, 빅데이터	최선화, 김진영, 이종국	77-87
논 단	• 기상기후데이터를 품은 빅데이터	이재원	88-97
	• 한국형 복지국가의 전략적 방향성안	안상훈	98-111

기상기후 빅데이터와 경제, 제7권 제1호(통권 제19호), 2014년 6월

칼 럼	• 기상기후 빅데이터를 활용한 날씨경영	고윤화	3-4
정책초점	• 기상기후정보의 사회경제적 역할	안중배	6-11
	• 미래 재난재해 해결을 위한 기상기후 서비스	김도우, 정재학	12-19
	• 빅데이터의 사회경제적 파급효과	김진화	20-30
	• 기상기후 빅데이터의 산업경영 활용과 전략	김정인	31-41
	• 기상기후 빅데이터 기반 기상산업육성	송근용	42-56
	논 단	• 빅데이터 기반의 미래 산업	황종성
• 기상기후정보 효율성 제고를 위한 융복합 연구		이성종	72-77
포 커 스	• 위험기상에 따른 기상기후 빅데이터 활용	국립기상연구소 정책연구과	78-93

위성 기술과 활용, 제7권 제2호(통권 제20호), 2014년 12월

칼 럼	• 위성을 활용한 전 지구적 관측 방안	고윤화	3-4
정책초점	• 기상위성 운영기술의 선진화 방안	김방업	6-15
	• 관측위성기술의 현황 및 전망	김병진	16-24
	• 연구개발용 위성의 현업 활용성 제고 방안	안명환	25-43
	• 위성을 이용한 국가재난감시 체계 구축	윤보열, 염종민, 한경수	44-56
	• 위성영상서비스 시장 빅뱅과 새로운 관점	조황희	57-67
	논 단	• 우주기상의 연구 현황 및 발전 방향	김용하
해외기술동향	• 기상위성 기술·정책 정보 동향	국가기상위성센터 위성기획과	82-92
	• 위성기반 작전기상 소개	안숙희, 김백조	93-100

## 기상기술정책지 발간 목록

### 장마의 사회경제적 영향, 제8권 제1호(통권 제21호), 2015년 6월

칼 럼	• 장마와 날씨경영	고윤화	3-5
정책초점	• 수자원 확보에 있어서 장마의 역할	박정수	8-16
	• 장마가 농업생산에 미치는 영향	최지현	17-24
	• 장마의 변동성과 예측성 향상	서경환	25-30
	• 장마기간 유통산업 영향 및 전략	김정윤	31-40
	• 장마철 유의해야할 건강 상식	이준석	41-51
논 단	• 장마-몬순 예측기술 향상 방안	하경자	52-59
해외기술동향	• 동아시아 여름강수 예측기술 현황	권민호	60-65

### 겨울철 위험기상의 영향과 대응, 제8권 제2호(통권 제22호), 2015년 12월

칼 럼	• 겨울철 위험기상 예보의 중요성	고윤화	3-4
정책초점	• 겨울철 위험기상을 위한 에너지 정책	김두천	6-17
	• 한국의 동절기 도로제설 현황	양충현	18-29
	• 한파가 농업에 미치는 영향	심교문	30-41
	• 겨울철 한파 대비 건강관리	송경준	42-56
논 단	• 겨울철 위험기상의 예측능력 향상	김주홍	57-68
	• 미래 겨울철 위험기상의 변화	차동현	69-75

### 영향예보의 현황 및 응용, 제9권 제1호(통권 제23호), 2016년 6월

칼 럼	• 영향예보를 통한 기상재해 리스크 경감	고윤화	3-4
정책초점	• 영향예보 비전과 추진 방향	정관영	6-22
	• 재해기상 영향예보시스템 현황 소개	최병철	23-31
	• 영향예보 지원을 위한 수치예보 개발 방향	김동준	32-40
	• 영향예보를 위한 수문기상정보 지원	이은정	41-51
논 단	• 재해영향예보의 효과	손철, 김건후	52-63
포 커 스	• 확률 예보를 위한 앙상블예측 기술 소개 및 현황	강지순	64-74

### 인공지능을 접목한 기상 분야 활용, 제9권 제2호(통권 제24호), 2016년 12월

칼 럼	• 기상서비스를 변화시키는 인공지능	고윤화	3-4
정책초점	• 인공지능의 발달이 몰고 오는 변화상	진석용	6-20
	• 4차 산업혁명과 기상예보시스템의 혁신	최혜봉	21-30
	• 인공지능 시대를 살아가기 위한 인간 능력은?	구본권	31-50
	• 인공지능의 기상정책 개발 활용	국립기상과학원	51-63
논 단	• 인공지능 도입으로 정확도를 혁신하는 기상예보	고한석	64-77

## 기상기술정책지 발간 목록

### 영향예보 서비스 확대, 제10권 제1호(통권 제25호), 2017년 6월

칼 럼	• 영향예보 서비스 개발과 활성화	고윤화	3-4
정책초점	• 영향예보 서비스 확대를 위한 제언	예상욱	6-17
	• 교통안전관리를 위한 도로기상정보 활용	손영태	18-30
	• 태풍 재해 리스크 관리를 위한 영향예보	이은주	31-40
	• 기상, 기후 그리고 숲과 사람	박주원	41-55
	• KISTI 재난대응 의사결정지원시스템(K-DMSS) 소개	조민수	56-70
논 단	• 기상예측정보를 활용한 농경지 물사용 영향예보	최진용, 홍민기, 이성학, 이승재	71-81
	• 화재 기상예보 서비스	류정우, 권성필	82-92
포 커 스	• 오픈데이터와 일본기상비즈니스 컨소시엄	정효정	93-107

### 4차 산업혁명과 미래 기상기술, 제10권 제2호(통권 제26호), 2017년 12월

칼 럼	• 기후변화 저감을 위한 미래 기상기술	남재철	3-4
정책초점	• 4차 산업혁명과 미래 기후변화 대응기술	김형주	6-15
	• 4차 산업혁명 시대의 기후변화 대응	채여라	16-25
	• 인공지능 기술 발전을 위한 제도 및 정책	김윤정	26-43
	• 기후변화 대응을 위한 에너지 정책	전재완	44-54
논 단	• 기후변화에 대응하기 위한 농업과 과학기술의 융합	이현숙	55-65
포 커 스	• 4차 산업혁명과 미래 전문직	윤상후	66-73

### 여름철 위험기상의 영향과 대응, 제11권 제1호(통권 제27호), 2018년 6월

칼 럼	• 국민의 안전을 위협하는 여름철 폭염과 대응	남재철	3-4
정책초점	• 기후변화로 심화되는 폭염 대응을 위한 경보체계의 개발	이명인	6-18
	• 재난정보관리 표준화 기술 개발	김병식	19-34
	• 지표홍반자와선정보 제공 및 향후 대응	박상서	35-43
	• 스마트 폭염대응을 위한 기상 전문가의 역할	권용석	44-53
	• 인공지능을 활용한 재해기상 저감·예측 기술	김동훈	54-69
논 단	• 미래 여름철 기온변화에 의한 건강영향 예측	이재영, 김호	70-77
포 커 스	• 폭염 피해와 정책 동향	김도우	78-85

### 기상정보 활용 확대와 기상청의 역할, 제12권 제1호(통권 제28호), 2019년 6월

칼 럼	• 날씨, 국민 생활의 시작과 끝	김종석	3-4
정책초점	• 기상조건에 따른 이동수요의 변화	이재호, 전재영	6-14
	• 기상데이터로 알려주는 국민건강 알람서비스	한성욱, 전예슬	15-23
	• 신재생에너지 발전량 예측에서의 기상정보 활용	이영미, 박다빈	24-32
	• ICT수목원과 기상기술	이상용	33-43
	• 기후변화가 농작물 생산에 미치는 영향과 대응	문경환	44-57
	• 4차 산업혁명 기술을 활용한 친환경 건축/도시 설계 기술	이호영	58-69
	• 실시간 수(水)재해 예측을 위한 기상정보 활용 방안	이병주	70-80
포 커 스	• 복합재난대응 연구사례 중 도심지 침수 현상을 중심으로	백용, 이동섭, 김형준	81-87

## 기상기술정책지 발간 목록

겨울철 위험기상의 사회경제적 영향, 제12권 제2호(통권 제29호), 2019년 12월

칼 럼	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 겨울철 안심사회 건설과 기상청의 기여</li> </ul>	김종석	3-4
정책초점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로에서의 기상정보 활용 및 시스템 구축 사례</li> <li>• 정확한 산불위험 예보를 위한 노력</li> <li>• 태풍 재해 리스크 관리를 위한 영향예보</li> <li>• 미세먼지 개선을 위한 국가 정책 및 기술 방향</li> <li>• 2019년 겨울철 대설·한파 종합대책</li> <li>• 건강한 겨울나기, 겨울철 질환에 대한 예방 및 대응</li> </ul>	윤덕근 이병두 김경남 심창섭 최병진 임도선	6-16 17-24 25-39 40-48 49-59 60-68
논 단	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 서울시 미세먼지 저감정책의 효과: 차량 배출량 관점</li> </ul>	허창희	69-80

# 『기상기술정책』 투고 안내

## 투고방법

1. 본 정책지는 기상기술 분야와 관련된 정책적 이슈나 최신 기술정보 동향을 다룬 글을 게재하며, 투고된 원고는 다른 간행물이나 단행본에서 발표되지 않은 것이어야 한다.
2. 원고의 특성에 따라 다음과 같은 5종류로 분류된다.  
(1) 칼럼 (2) 정책초점 (3) 논단 (4) 해외기술동향 (5) 뉴스 포커스
3. 본 정책지는 연 2회(6월, 12월) 발간되며, 원고는 수시로 접수한다.
4. 원고를 투고할 때는 투고신청서, 인쇄된 원고 2부, 그림과 표를 포함한 원본의 내용이 담긴 파일(hwp 또는 doc)을 제출하며, 일단 제출된 원고는 반환하지 않는다. 원고접수는 E-mail을 통해서도 가능하다.

## 원고심사

1. 원고는 편집위원회의 검토를 통하여 게재여부를 결정한다.

## 원고작성 요령

1. 원고의 분량은 A4용지 10매 내외(단, 칼럼은 A4용지 3~5매 분량)로 다음의 양식에 따라 작성한다.
  - 1) 워드프로세서는 '아래한글' 또는 'MS Word' 사용
  - 2) 글꼴 : 신명조
  - 3) 글자크기 : 본문 11pt, 표:그림 10pt
  - 4) 줄간격 : 160%
2. 원고는 국문 또는 영문으로 작성하되, 인명, 지명, 잡지명과 같이 어의가 혼동되기 쉬운 명칭은 영문 또는 한자를 혼용할 수 있다. 학술용어 및 물질명은 가능한 한 국문으로 표기한 후, 영문 또는 한문으로 삽입하여 표기한다. 숫자 및 단위의 표기는 SI규정에 따르며, 복합단위의 경우는 윗 첨자로 표시한다.
3. 원고 첫 페이지에 제목, 저자명, 소속, 직위, E-mail 등을 명기하고, 저자가 다수일 경우 제1저자를 맨 위에 기입하고, 나머지 저자는 그 아래에 순서대로 표시한다.
4. 원고의 계층을 나타내는 단락의 기호체계는 I, 1, 1), (1), ①의 순서를 따른다.
5. 표와 그림은 본문의 삽입위치에 기재한다. 표와 그림의 제목은 각각 원고 전편을 통하여 일련번호를 매겨 그림은 아래쪽, 표는 위쪽에 표기하며, 자료의 출처는 아랫부분에 밝힌다.  
예) <표 1> <표 2> [그림 1] [그림 2]
6. 참고문헌(reference)
  - 1) 참고문헌 표기 양식
    - 참고문헌은 본문의 말미에 첨부하되 국내문헌(가나다 순), 외국문헌(알파벳 순)의 순서로 정리한다.
    - 저자가 3인 이상일 경우, '등' 또는 'et al.'을 사용한다.
    - 제1저자가 반복되는 경우 밑줄(\_)로 표시하여 작성한다.
  - 2) 참고문헌 작성 양식
    - 단행본 : 저자, 출판년도: 서명(영문은 이탤릭체), 출판사, 총 페이지 수.
    - 학술논문 : 저자, 출판년도: 논문명, 게재지(영문은 이탤릭체), 권(호), 수록면.
    - 학술회의(또는 세미나) 발표논문 : 저자, 발표년도: 논문명, 프로시딩명(영문은 이탤릭체), 수록면.
    - 인터넷자료 : 웹 페이지 주소