

기상기술정책



METEOROLOGICAL TECHNOLOGY & POLICY



2015.

12

특집

겨울철 위험기상의 영향과 대응

칼럼 | 겨울철 위험기상 예보의 중요성 |

정책초점 | 겨울철 위험기상을 위한 에너지 정책 |

| 한국의 동절기 도로제설 현황 |

| 한파가 농업에 미치는 영향 |

| 겨울철 한파 대비 건강 관리 |

논단 | 겨울철 위험기상의 예측능력 향상 |

| 미래 겨울철 위험기상의 변화 |



기상청

Korea
Meteorological
Administration

『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: 고윤화

편집기획: 국립기상과학원 연구기획운영과

편집위원장: 조천호

편집위원: 박철홍, 김금란, 장동연, 전영신,
배덕효, 이우성, 박중훈, 반기성

편집간사: 김정윤, 최재원, 김인겸

발행처

주소: (63568) 제주특별자치도 서귀포시 서호북로 33

국립기상과학원

전화: 064-780-6533 팩스: 064-738-9071

E-mail: yjk@kma.go.kr

인쇄: 미래미디어

CONTENTS

특집 : 겨울철 위험기상의 영향과 대응

칼럼 03 _ 겨울철 위험기상 예보의 중요성 / 고윤화

정책초점 06 _ 겨울철 위험기상을 위한 에너지 정책 / 김두천

18 _ 한국의 동절기 도로제설 현황 / 양충헌

30 _ 한파가 농업에 미치는 영향 / 심교문

42 _ 겨울철 한파 대비 건강관리 / 송경준

논단 57 _ 겨울철 위험기상의 예측능력 향상 / 김주홍

69 _ 미래 겨울철 위험기상의 변화 / 차동현

겨울철 위험기상 예보의 중요성



고윤화
기상청장

지난 11월 30일부터 12월 11일까지 프랑스 파리에서 개최된 제21차 UN기후변화 회의는 ‘2100년까지 지구 온도 상승을 2°C 이내로 제한’하는 것을 목표로 기존의 선진국뿐만 아니라 모든 나라들이 온실가스 감축에 동참하는 합의를 도출하였다. 특히 이번 회의는 최근 수도 파리에서의 테러로 전세계가 공포분위기에 휩싸인 가운데서도 개최되어 기후변화 완화를 위한 합의가 얼마나 시급한 문제인지를 보여주는 상징이 되기도 하였다.

실제로 기후변화는 재해성 기상의 발생위험을 높이게 되는데, 최근 발표된 UN보고서에 따르면 기상관련 재해로 인해 1995년 이후 무려 60만 명이 넘는 사람들이 목숨을 잃었다고 밝히고 있다. 기후변화로 인한 이상기상 발생빈도의 증가가 생명을 위협하고 있는 현 시점에서 위험기상 예보의 중요성은 더 이상 말할 나위가 없을 것이다. 특히 겨울철은 폭설, 한파 등으로 인한 피해가 예상되므로 위험기상에 따른 부문별 영향을 파악하고, 손실을 줄이기 위한 노력이 요구된다.

최근 겨울철 레저인구가 늘어나면서 추운날씨에 대비하는 건강지식이 필수적인데, 야외에서의 동상예방과 낙상방지 등 개개인의 주의가 요구된다. 겨울철에는 등

산, 스키, 캠핑 등 레저를 즐기기에 전에 기상예보정보를 반드시 확인하여 안전한 여가활동이 될 수 있도록 해야 할 것이다.

개인의 건강에 더해 산업측면에서는 전력산업의 경우 전력의 안정적인 공급을 위해 소비를 정확히 예측해야 하고, 가장 저렴한 가격으로 전력을 공급할 수 있어야 하는데, 우리나라는 겨울철 전력소비가 가장 많으므로, 대규모 기상현상의 계절별 영향을 정확히 예측하는 것이 중요하다. 왜냐하면 전력도매시장에서 민감하게 반응하는 가스의 가격 변동성을 최소화시키는데 겨울철 계절예측 정보가 활용될 수 있기 때문이다. 전력의 원활한 수급을 위한 단기예보뿐만 아니라 대규모의 자원을 구매/비축/공급해야 하는 정부 및 관련기관들에게 매우 중요한 정보로서 기상정보가 활용될 수 있다.

보험개발원에 따르면, 2010~2014년 교통사고가 연평균 433만 건이 발생했는데, 인적·물적사고 발생률이 높은 계절이 겨울로 나타났다. 겨울철은 폭설, 결빙, 적은 일조시간 등의 원인으로 사고 치사율이 가장 높은 계절이기도 하다. 국토해양부와 국민안전처 등의 유관기관에서는 노면의 적설에 따른 일반국도와 고속도로의 통행제한 방법 기준에 적설량을 사용하고 있는데, 이미 도로에 쌓인 적설량뿐만 아니라 강설예보정보를 활용하여 통행제한 예상지역을 가늠함으로써 운전자의 불편 및 사고를 방지할 수 있을 것이다.

상기와 같이 겨울철 위험기상예보는 개인과 사회의 대처능력을 제고하여 인명과 재산손실을 줄이는데 이바지 할 수 있으므로 향후 예측성 향상을 위한 지속적인 노력이 요구된다. 그를 위해 기상청을 비롯한 정부기관과 학계 및 산업계는 기초연구·개발과 같은 직접적인 투자의 지속, 우리나라에 맞는 수치예보모델 개발 및 활용, 예보경험의 객관화를 통한 노하우 전수, 장기적으로 이음새 없는 예측체계 개발을 통해 예보의 활용성을 높이기 위해 노력해야 할 것이다.

선진국 수준인 국내 기상기술력을 바탕으로 기상청은 앞으로도 정확한 예측을 통한 국가전략 마련에 이바지하며, 기상분야의 경쟁력을 높이고, 국민의 수요를 만족시켜 나갈 것이다.

정책 초점

겨울철 위험기상을 위한 에너지 정책

| 김두천

한국의 동절기 도로제설 현황

| 양충헌

한파가 농업에 미치는 영향

| 심교문

겨울철 한파 대비 건강관리

| 송경준

겨울철 위험기상을 위한 에너지 정책

김두천 한국전력거래소 smartenergy@kpx.or.kr

- I. 서론
- II. 엘니뇨의 경제적 영향
- III. 엘니뇨와 원자재 가격
- IV. 엘니뇨와 전력과의 관계
- V. 결론

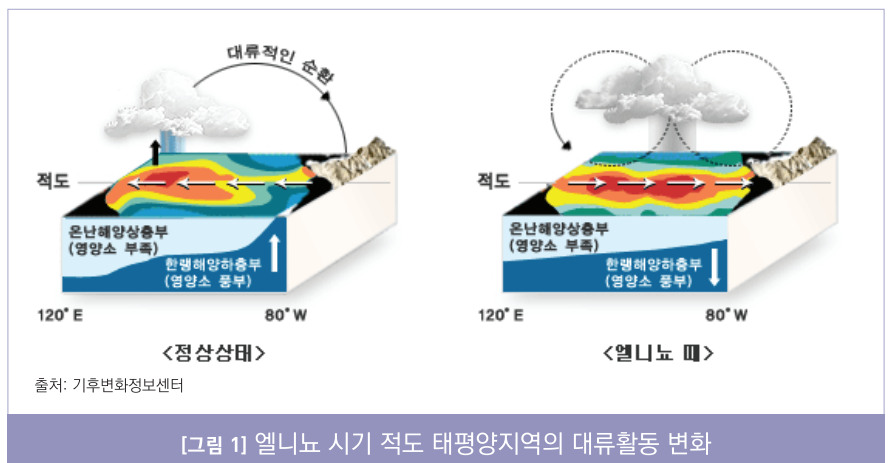
강력한 엘니뇨는 지난 1978, 1997년 천연가스가격을 20~25% 하락시키는 원인이 되었다. 엘니뇨에 따라 경제성장률에 마이너스 효과를 보이는 대부분의 국가들은 1차 산업부문 특히 농업부문에서 크게 피해를 보는 국가들이다. 엘니뇨는 천연가스처럼 원자재인 니켈, 커피, 고무, 팜 오일 등의 가격 변화도 매우 크게 나타난다. 특히 전력부문에서는 총 전력소비량과의 상관성은 낮은 것으로 사료되지만, 최대전력의 변화에는 영향을 준다. 최대전력이 순간적인 전력수요라는 점을 감안해 보면 엘니뇨 기간 동안은 최대전력이 다른 해에 비해 많이 상승되지 않을 것으로 전망할 수 있다. 향후 엘니뇨/라니뇨에 대한 한국의 각 사회 분야별 분석이 수행되어 기후변화에 대처하는 중요한 자료로서 활용될 수 있어야 할 것이다. ■

I. 서론

“강력한 엘니뇨는 1978, 1997년 북미 천연가스가격을 20~25% 하락시켰다.”

기상청에 따르면 최근 열대 태평양의 엘니뇨 감시구역인 Nino3.4의 해수면온도가 평년보다 2.5℃ 높은 상태를 보이고 있다고 밝혔다. 이에 따라 현재 진행 중인 강한 강도의 엘니뇨가 올 겨울철에도 유지될 것으로 전망했다. 기후변화정보센터의 정의에 따르면 엘니뇨란 남아메리카 대륙 서쪽 해안으로부터 중앙 태평양에 이르는 동태평양 적도 지역의 넓은 범위에서 해수면 온도가 지속적으로 높아지는 현상을 말하며, 엘니뇨를 정의하는 구체적인 기준은 국가마다 조금씩 다르다. 한국의 경우 $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 하는 반면 미국은 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 한다. 이는 엘니뇨가 미치는 영향이 상대적으로 다르기 때문이다.

강력한 엘니뇨가 발생했던 1978년과 1997년에 엘니뇨는 가스시장에 엄청난 영향을 미쳤고, 특히 북미 시장의 천연가스 공급과잉으로 인해 천연가스가격이 20~25% 하락하였다. 천연가스는 시장에서 공급과 수요의 가격탄력성이 매우 높아 재고수준 및 기후 등에 대단히 민감하게 반응한다. 한편, 전력은 저장과 보관이 불가능하며 생산과 동시에 소비가 발생하는 동시성을 가지고 있다. 이와 같은 제약 조건하에서 전력공급은 두 가지 목적을 달성해야 한다. 첫 번째로 안정적인 전력 공급 즉 전력의 공급에 있어서 소비를 정확히 예측하여 공급이 부족하지 않도록 해야 한다.¹⁾ 두 번째는 가장 저렴한 가격으로 전력을 공급해야 한다. 한국의 경우 겨울철에 최대 전력소비가 발생²⁾하므로, 엘니뇨가 전력부문에 미치는



1 전력공급이 부족하면 Black-Out이 발생

2 유럽도 동계 최대전력이 발생 (Yearly Statistics/Entso-e)

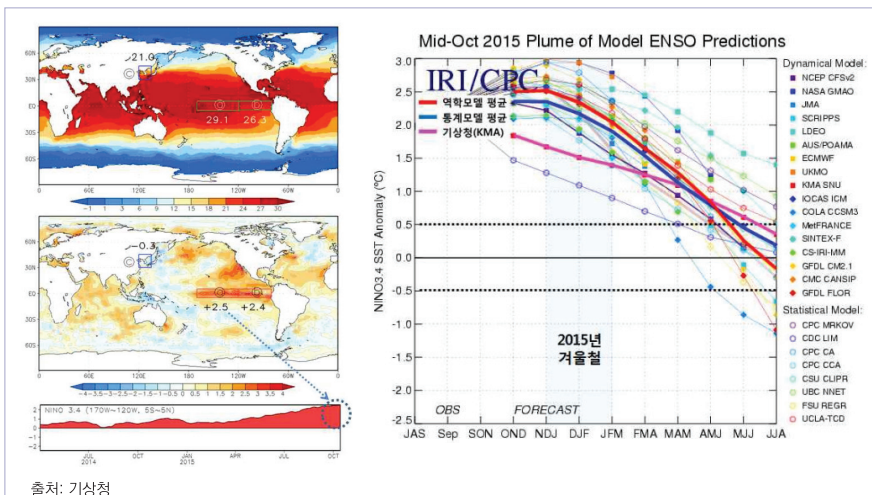
“엘니뇨 감시구역의
해수면 온도가
2.5℃ 높아
1960년대 이후
최대 엘니뇨가
될 것”

영향을 정확히 예측하여 안정적으로 전력공급을 해야 한다. 또한 전력을 생산하기 위한 주 발전연료인 원자력, 석탄, 가스 중 가스로 인해 전력도매시장 가격이 민감하게 반응한다. 따라서 엘니뇨는 전력의 수요와 가격에 동시에 영향을 미치는 중요한 기후요인이다. 일반적으로 엘니뇨가 발생하면 대체로 여름은 평년보다 낮은 기온을, 겨울은 평년보다 기온이 높아진다. 다만, 기후에는 여러 가지 요인들이 반영되기 때문에 항상 적용되는 것은 아니다.

II. 엘니뇨의 경제적 영향

앞서 언급했듯이 올해 겨울철 엘니뇨가 한반도에 영향을 줄 것으로 예상된다. [그림 2]에서 볼 수 있듯이 현재 엘니뇨/라니냐 감시 구역의 해수면 온도가 편차범위인 $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ (6개월 지속)를 넘어서 2.5°C 의 높은 수준을 보이고 있다. 언론보도에 따르면 1960년 이후 최대 엘니뇨가 될 것이라는 전망도 나오고 있다. 엘니뇨는 사회·경제적으로 미치는 영향이 다양하다. 이에 대한 분석을 통해 향후 엘니뇨 발생 시 적절하게 대응할 수 있는 방안들을 모색해 보고자 한다.

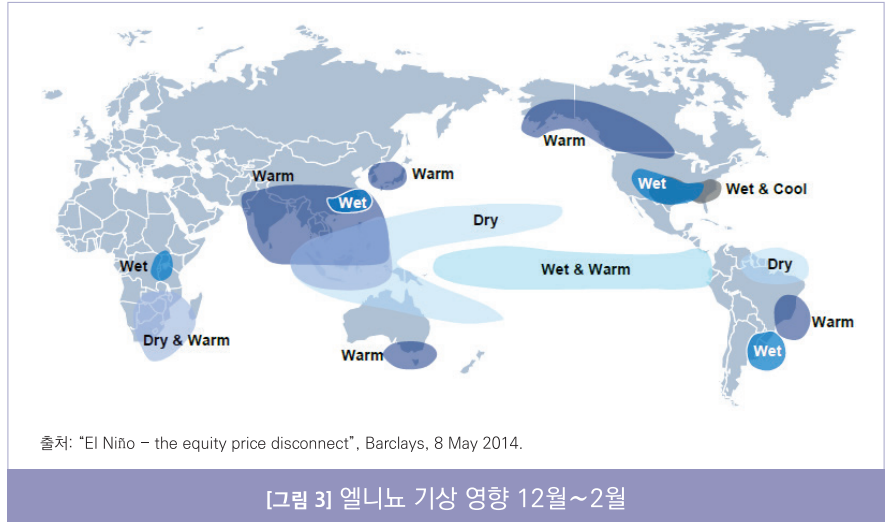
과거 데이터를 기초로 엘니뇨가 경제성장에 미치는 요인들은 IMF의 Fair Weather or Foul? The Macroeconomic Effects of El Niño (Paul Cashin, Kamiar Mohaddes and Mehdi Raissi, IMF Working Paper 2015)를 기초로 하여 21개국을 대상으로 작성되었다.



[그림 2] 10월 해수면온도 현황(좌), Nino3.4 지역의 해수면 온도 현황(우)

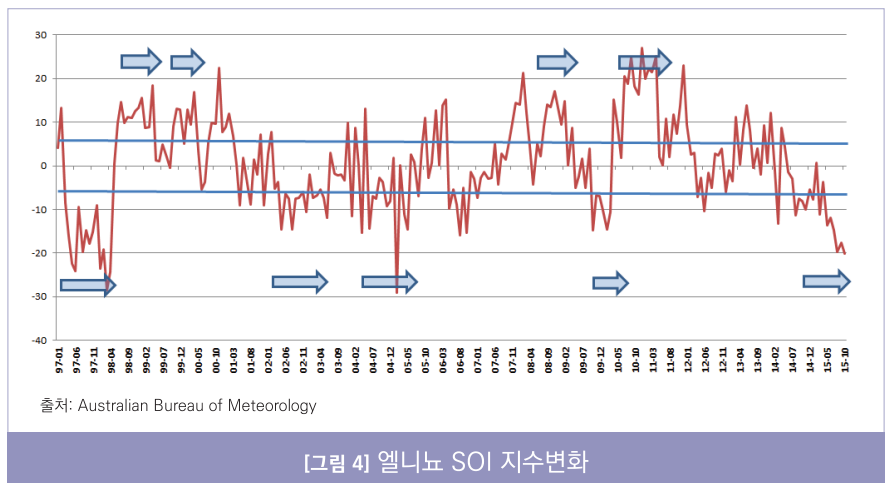
“엘니뇨에 따른 피해를 많이 입는 국가들은 농업중심의 산업구조”

[그림 3]에서 볼 수 있듯이 엘니뇨에 따른 전 지구적인 효과는 각각 다르게 적용된다. 특히 중국의 경우 각 지역별로 고온, 건조, 다습한 형태로 나타나며, 이는 중국경제에 다양한 형태로 영향을 미치게 된다. 분석 방법은 Pesaran(2004)와 Dees et al.(2007)가 제시한 Global VAR 모형을 통해서 분석되었다. 엘니뇨의 경제적 효과를 보기 위한 방법으로는 대표적으로



SOUTHERN OSCILLATION INDEX(SOI)를 활용하는 방법이 있다. 현재 SOI는 호주 기상청(Australian Bureau of Meteorology)에서 제공하고 있다. [그림 4]는 SOI지수의 시계열 변화를 나타낸다.

GVAR 모형을 통해 분석해 본 결과 엘니뇨 발생시점과 비 발생시점의 비교를 통해 가뭄과 약한 몬순 등으로 인한 농업 부문의 피해가 발생하는 것으로 나타났다. [그림 5]에서 알 수 있듯이 엘니뇨에 따라 경제



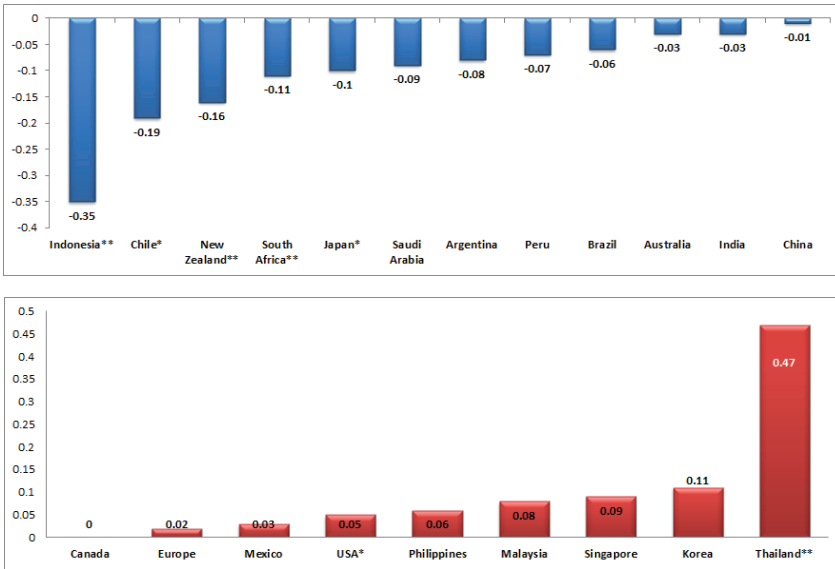
성장률에 마이너스 효과를 보이는 대부분의 국가가 이상기후로 인한 1차 산업부문 특히 농업부문에서 크게 피해를 보는 국가들이다. 농산물 수출 감소와 국내 가격

“엘니뇨에 대한
파급은 후진국에서
크게 나타남”

상승으로 인해 동시적인 피해를 보는 것이다.

인도네시아가 가장 큰 경제적 타격을 받는데 그 이유는 1차 산업 비중이 가장

높으며, 또한 커피, 코코아, 팜오일 및 다른 원자재 부분이 동시다발적으로 영향을 받기 때문이다. 추가적으로 광산업의 경우 가뭄이 지속될수록 전력공급³⁾ 및 채굴에 소요되는 물 조달 문제로 어려움을 겪게 된다. 필리핀, 말레이시아, 태국의 경제성장이 엘니뇨 기간 동안 나타났지만, 반사이익 및 기타 다른 부분의 효과에 기인한 것으로 보인다.



출처: IMF, ** 유의수준 5-95%, * 16-84% bootstrapped error bounds

[그림 5] 엘니뇨 실질 경제 성장률 하락(상) 및 상승(하) 국가

미국의 경우 따뜻한 기후로 인한 난방에너지 사용량 감소가 경제성장을 증가로 이어졌다고 생각할 수 있다. 좀 더 자세한 분석을 위해 각 국가별 1차 산업 평균 비중을 살펴보면 다음과 같다.

〈표 1〉에서 볼 수 있듯이 1차 산업 비중이 높은 국가 중에서도 인도네시아와 태국의 변화가 가장 크다. 엘니뇨에 대한 파급이 선진국보다 후진국에 크게 나타나며, 이로 인해 국가별 손익이 다르기 때문에 한국의 경우에도 사회 각 부분별 분석이 향후 필요하다고 할 수 있다.

3 개발도상국의 경우 수력발전 의존도가 상당히 높다

“엘니뇨는 전통적으로
원자재 가격상승을
주도 ”

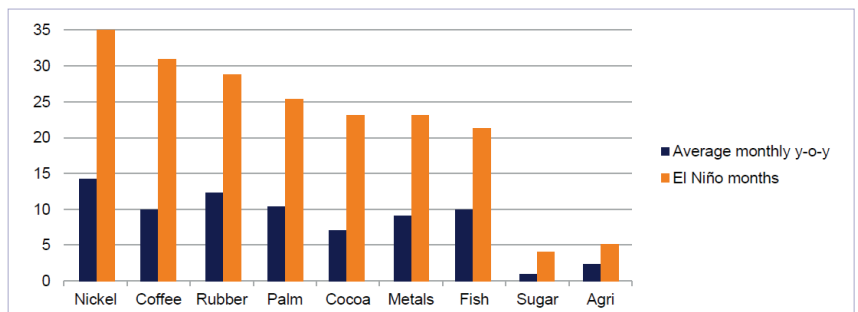
<표 1> 국가별 1차 산업 비중 (2004-2013)

국가	GDP 비중(%)	GDP 증감율
Indonesia	25	-0.35
Malaysia	22	0.08
India	21	-0.03
Peru	20	-0.07
Chile	18	-0.19
Thailand	15	0.47
Philippines	14	0.06
Mexico	12	0.03
China	11	-0.01
Argentina	11	-0.08
Australia	10	-0.03
South Africa	10	-0.11
Canada	10	0
Brazil	7	-0.06
New Zealand	6	-0.16
Korea	3	0.11
United States	3	0.05
Japan	1	-0.1
Singapore	0	0.09

출처: IMF

III. 엘니뇨와 원자재 가격

엘니뇨는 원자재 가격의 선제적 지표로서 전통적으로 원자재 가격상승을 주도해 왔다. 엘니뇨가 발생하면 원자재 가격의 변동성이 커진다. 하지만 최근 원자재 가격이 각국의 경제상황에 따라 운영된다는 점에서 살펴보면 1997/98과 같은 가격 상승을 보이기는 어려울 전망이다. [그림 6]에서 알 수 있듯이 니



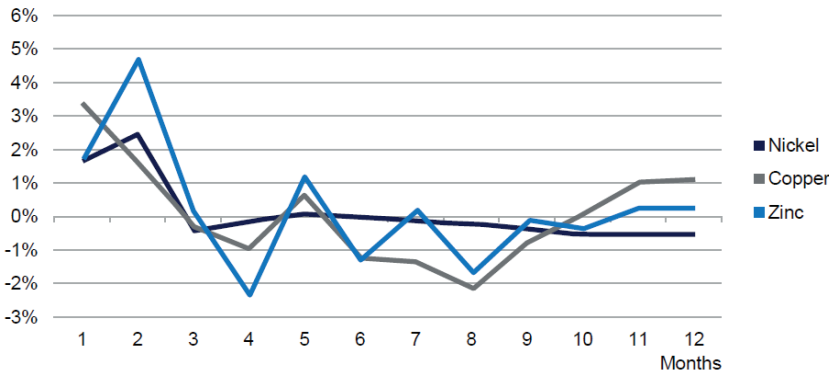
출처: "He's back...what will be the impact of El Niño on Asia in 2015?" HSBC Global Research, 20 May 2015

[그림 6] 엘니뇨에 따른 주요 원자재 가격 변화 (1995-2015)

“전력과 기온간의 상관관계에 대한 연구들은 이미 많이 수행되었음”

켈, 커피, 고무, 팜 오일 등 앞서 설명된 인도네시아 관련 수출 품목에서 원자재 가격 변화가 매우 큰 것을 알 수 있다.

기초 금속의 경우 주요 광산들이 남아메리카 서부 해안가에 몰려 있기 때문에 구리, 아연, 니켈의 경우 엘니뇨 발생시점에 따라 채굴량에 영향을 받아 가격에 차이가 나타난다.



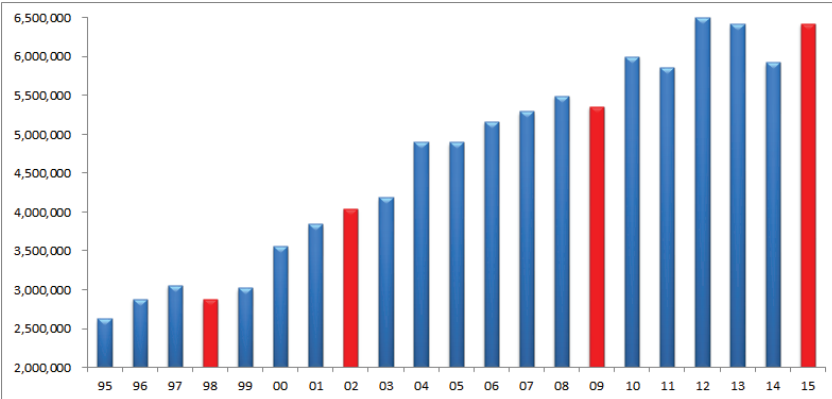
출처: "When Commos meets FX - Prepare portfolios for El Niño", Societe Generale, May 2014.

[그림 7] 엘니뇨에 따른 구리, 니켈, 아연 가격 변화

IV. 엘니뇨와 전력과의 관계

한국의 경우 1997/1998, 2002/2003, 2009, 2014/2015 엘니뇨 발생 기간동안 특수하게도 IMF, World Cup 등 대형 이슈가 발생하면서 전력소비량 중 엘니뇨에 의한 명확한 효과보다는 엘니뇨가 발생하지 않은 연도와의 비교를 하고자 한다.

전력과 기온간의 상관관계에 대해서는 다양한 연구가 진행되어 왔다. 기상 및 사회적 이벤트를 고려한 전력수요예측이 더욱 정확하다고 밝혀졌으며(박정도 등 2007), 전력수요예측에서 기온에 대한 의사결정에 있어서 엘니뇨 등의 요소를 고려하는 경우 예측력이 더



출처: 한국전력통계속보

[그림 8] 여름철(8월) 가정용 연도별 전력소비량 비교 (1995-2015)

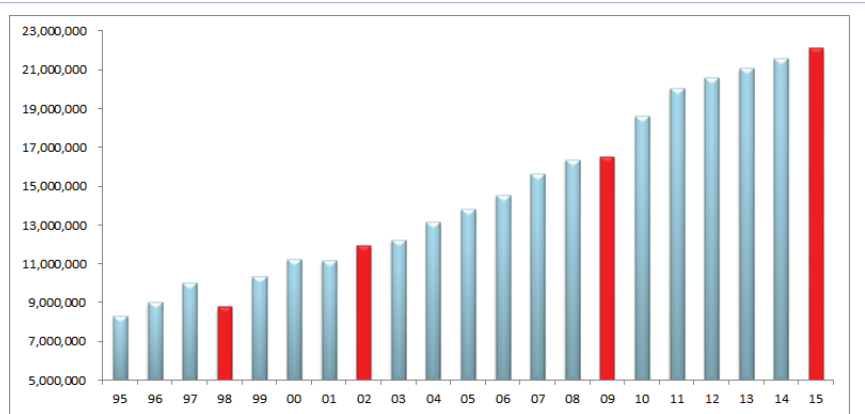
“ 우리나라의
전력소비량은
엘니뇨가 아닌
정책효과에 좌우 ”

욱 향상된다(한창희 등 2009). 우선 엘니뇨가 평년보다 낮은 여름철 기온과 평년보다 높은 겨울철 기온의 특성을 가지고 있기 때문에 이를 바탕으로 여름철과 겨울철 전력소비량을 비교해 보았다.

붉은 색으로 표시된 해가 엘니뇨가 발생한 여름철이다. [그림 8]에서 볼 수 있듯이 엘니뇨 기간 동안 기후에 가장 민감한 가정용 전력소비량 수치가 전년도에 비해 낮거나 비슷한 수치를 보이고 있다. 2013/2014년의 경우 전력공급 부족으로 인해 가장 강력한 절전정책이 시행되었던 해이기 때문에 정책적인 효과에 의한 사용량 감소 측면이 더욱 크다고 할 수 있다. 즉 엘니뇨에 의한 효과가 명확히 나타나지는 않고 있다.

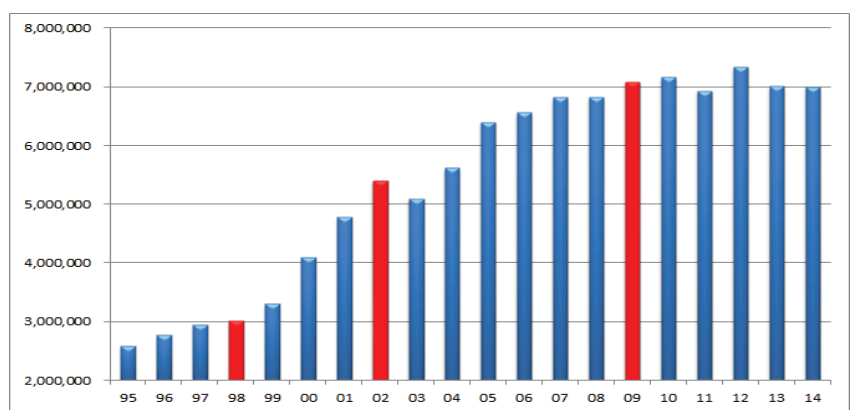
1998년 IMF의 특수성과 비교해 보기 위해 상대적으로 기후 영향이 적은 산업용과 비교해 봐도 계절적인 측면보다는 외부적인 환경 효과가 더욱 커 보인다. 겨울철 전력소비량 또한 엘니뇨의 특성이 크게 드러나지는 않는다.

겨울철 가정용 전력사용량을 살펴보면 오히려 여름철과 달리 엘니뇨 발생 시기에 증가하는 것으로 나



출처: 한국전력통계속보

[그림 9] 여름철(8월) 산업용 연도별 전력소비량 비교(1995-2015)



출처: 한국전력통계속보

[그림 10] 겨울철(12월) 가정용 연도별 전력소비량 비교(1995-2014)

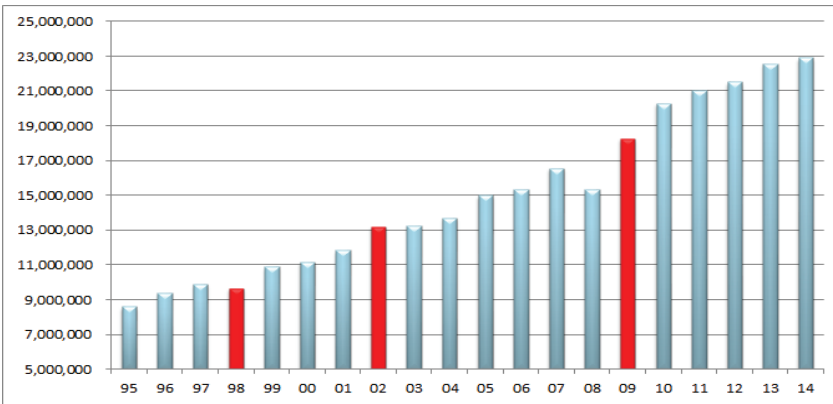
“ 최대전력은
기온, 습도 등
단기적 요인에
많은 영향을
받는다 ”

타나고 있다. 한국의 전력소비가 지속적으로 증가하고 있는 추세임을 감안하더라도 기온 효과가 보이지 않는다.

[그림 11]에서 산업용 전력사용도 가정용과 동일하게 나타나고 있기 때문에 가정용과 산업용 모두 외부 요인에 의해 전력소비량이 결정되었다고 볼 수 있다. 이와 같

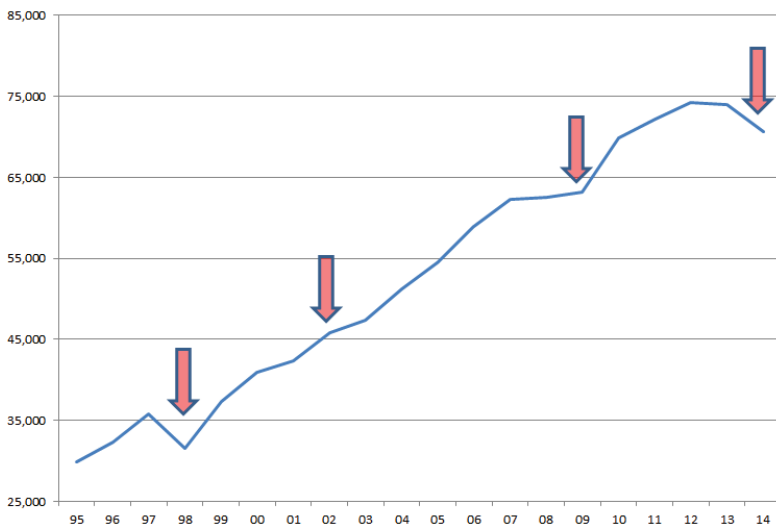
은 현상이 발생하는 것은 여름과 겨울철 전력소비의 가장 큰 변수인 기후가 전력소비량이 아닌 최대전력의 형태로 나타나기 때문이다(박정도, 2007). 특정 기간의 전력소비는 사회, 경제적인 요소들이 모두 반영되어 나타나는 반면에 최대전력은 당일의 기온, 습도 등 단기적인 요인에 많은 영향을 받게 된다. 따라서 기후에 의한 전력소비량의 영향을 살펴볼 때와 사회적 이벤트를 살펴보는 접근 방식의 차이가 필요한 이유이다.

[그림 12]에서 볼 수 있듯이 엘니뇨 기간의 여름철 최대전력이 다른 연도에 비해 낮은 것을 확인할 수 있다. 4기간 모두에 걸쳐 최대



출처: 한국전력통계속보

[그림 11] 겨울철(12월) 산업용 연도별 전력소비량 비교(1995-2014)



출처: 전력거래소 통계시스템

[그림 12] 여름철(8월) 최대전력 비교 (1995-2014)

“ 평년보다 낮은
겨울철 전력소비량은
엘니뇨 효과로 추정 ”

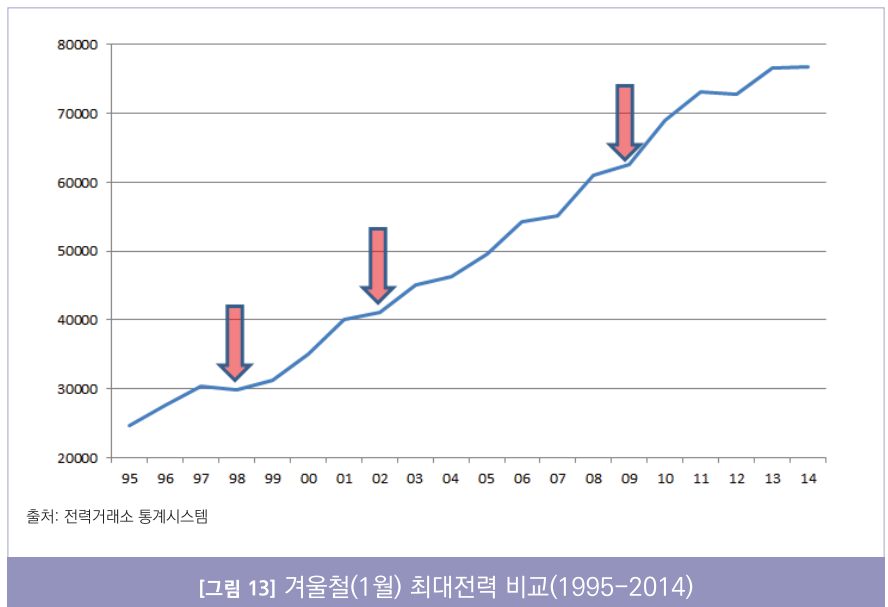
전력이 낮아지는 모습을 일정하게 보이고 있으며, 이는 엘니뇨 효과가 반영되었다고 추정할 수 있다. 특히 여름철의 경우 냉방이 전력소비에 미치는 영향이 크기 때문에 엘니뇨가 최대전력의 증가추세를 감소시키는 효과가 있는 것으로 보인다.

한편 최근 사용의 편리성 및 안전성으로 인해 전기난방이 증가하고 있는 추세에 있다. 가전기기보급률 조사에 따르면 전기장판 보급이 가구당 1997년 0.22대에서 2013년 0.86대로 크게 증

가하였다. 일반적으로 동계 최대전력은 1월에 발생하므로 연도별 최대전력을 비교하여 엘니뇨 효과를 볼 수 있다. 즉 평년보다 높은 겨울철 전력소비량이 낮은 경우 엘니뇨 효과가 있다고 추정할 수 있는 것이다.

[그림 13]에서 볼 수 있듯이 겨울철도 여름철과 유사한 패턴을 보이고 있다. 즉 엘니뇨 발생시기의 최대

전력 증가율이 낮거나 오히려 하락하였으며, 이는 엘니뇨에 의한 효과라고 볼 수 있다.



V. 결론

앞서 이야기한 기상청 전망에 따라 올해 엘니뇨가 지속될 경우 올 겨울은 평년보다 따뜻한 겨울철을 보내게 될 것으로 전망된다. 엘니뇨가 전력부문에 미치는 영향을 살펴보면 총 전력소비량과의 상관성은 낮은 것으로 사료되지만, 최대전력의 변

“기온만을 고려한
전력소비량 분석은
부정확성이 큼”

화에는 영향을 주는 것을 알 수 있다. 최대전력이 순간적인 전력수요라는 점을 감안해 보면 엘니뇨 기간 동안은 최대전력이 다른 해에 비해 많이 상승되지 않을 것으로 전망할 수 있다. 다만 이번 분석에서 기온 효과를 직접적으로 고려하여 전력소비량 및 최대전력과 비교하지 않은 이유는 강설, 한파기간 등 복합적인 요인들이 모두 고려되지 않은 상태에서 기온만을 고려하여 전력과의 관계를 분석할 경우 부정확성이 커지기 때문이다. 정확한 엘니뇨의 영향을 파악하기 위해서는 더욱 정밀한 방법론 및 다수의 요인들이 고려되어야 할 것이다.

향후 엘니뇨/라니뇨에 대한 한국의 각 사회분야별 분석이 확대되어 진행된다면 기후변화에 대한 중요한 자료로서 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 박정도, 송경빈, 2005: 기상 및 사회적 이벤트를 고려한 전력수요예측, 산업통상자원부.
- 한창희, 이종우, 이기광 2009: 전력 수요 예측 관련 의사결정에 있어서 기온예보의 정보 가치 분석, 경영과학 26-1호.
- Dell, M., B. F. Jones, and B. A. Olken, 2014: What Do We Learn from the Weather? The New Climate-Economy Literature, *Journal of Economic Literature*, 52(3), 740-98.
- Pesaran, M. H., 2004: General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels, *IZA Discussion Paper*, No. 1240.
- Paul Cashin, Kamiam Mohaddes and Mehdi Raissi, 2015: *Weather or Foul? The Macroeconomic Effects of El Niño*, IMF Working Paper.
- Rick Stathers El Niño's economic impact: What the brokers say - Schroders Taking Point, 2015.8.
- El Niño - the equity price disconnect, Barclays, 8 May 2014.
- El Niño - the equity price disconnect, Barclays, 2014.
- Asia Palm Oil Sector: The El Niño wild card, Credit Suisse, 08 June 2015.
- China materials: Weak construction demand due to El Niño; Mixed impact from new commodity price estimates, Morgan Stanley, 2015.
- He's back...what will be the impact of El Niño on Asia in 2015?, HSBC Global Research, 2015.
- When Commos meets FX - Prepare portfolios for El Niño, Societe Generale, 2014.
- El Niño: More than just hot air? Bank of America Merrill Lynch, 2015.
- When commos meet FX - Prepare portfolios for El Niño, Societe Generale, 2014.
- 기후변화정보센터: http://www.climate.go.kr/home/05_prediction/02.html#img04
- 전력거래소 통계시스템: <http://epsis.kpx.or.kr>
- 호주기상청: http://www.climate.go.kr/home/05_prediction/02.html#img04
- 한국일보 이번엔 엘니노 리스크... 세계경제 설상가상 (2015.05.25.): <http://www.hankookilbo.com/v/daa38d1819fd4881a782dfceee570bf6>

한국의 동절기 도로제설 현황

양충헌 한국건설기술연구원 도로연구소 chyang@kict.re.kr

- I. 도로제설 대응체계
- II. 도로제설 규정
- III. 도로제설 시설 및 제설제
- IV. 도로제설 기법
- V. 도로제설 관리 및 방재시스템

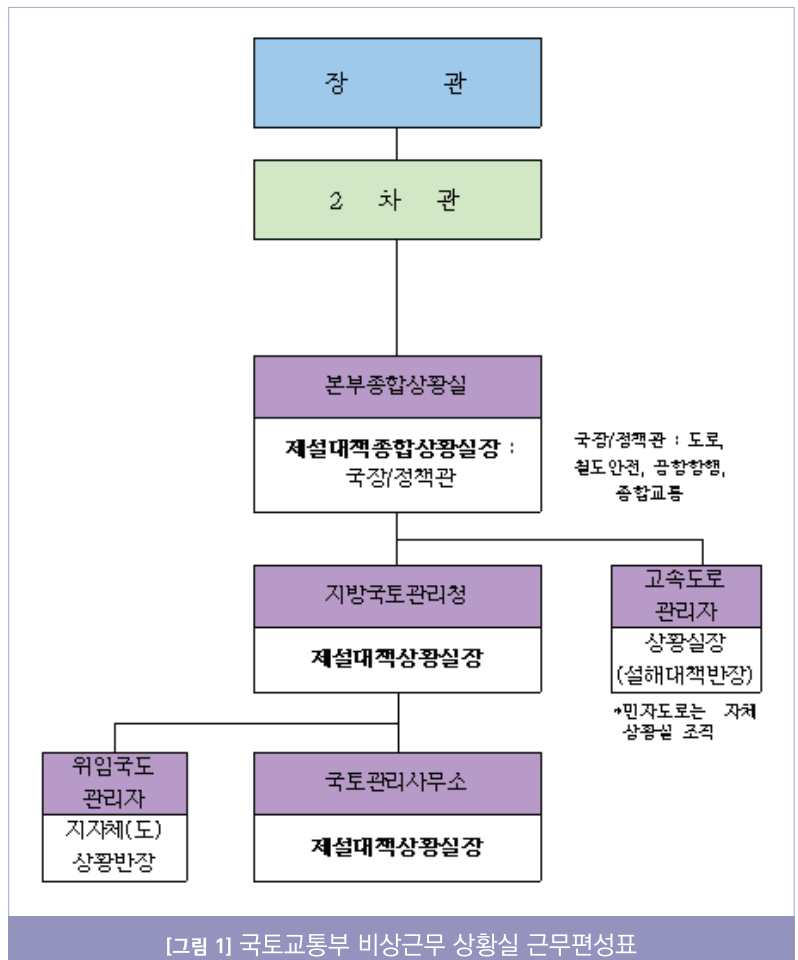
국내의 도로제설 대응체계는 국무총리를 본부장으로 하고 국민안전처 장관을 차장으로 하는 중앙재난안전대책본부를 중심으로 중앙긴급구조통제단, 중앙구조본부, 중앙사고수습본부, 유관부처·기관이 서로 긴밀하게 협력하는 체계로 구성된다. 특히 국토교통부에서는 일반국도 및 민자고속도로 제설업무에 필수적인 기상정보의 통합적인 제공, 국도변 기상정보 수집 및 표출, 가공, 처리, 예측, 제공을 위한 기초 인프라 구축 및 제설업무 보고의 선진화를 위해 도로제설관리시스템을 구축하여 운영하고 있다. 본고에서는 우리나라의 도로제설 대응체계와 제설작업 기법 및 방재시스템에 대해 살펴본다. ■

“ 강설은
강우와 달리
도로 상에 구체적인
처리를 요함 ”

I. 도로제설 대응체계

짧았던 가을도 이제 한발 비껴가고 어느덧 겨울 문턱에 서있다. 겨울철이 다가오면 가장 바빠지는 기관이 아마 도로관리기관일 듯싶다. 각 도로관리기관은 동절기 제설작업을 위한 제설자재, 인력, 장비 등의 확보 및 배치계획을 본격적으로 시작하고 있다. 이들 계획은 매우 중요한데, 강설은 강우와 달리 도로 상에 구체적인 처리가 이루어져야 되기 때문이다. 현재 국내의 도로제설 대응체계는 국무총리를 본부장으로 하고 국민안전처 장관을 차장으로 하는 중앙재난안전대책본부를 중심으로 중앙긴급구조통제단, 중앙구조본부, 중앙사고수습본부, 유관부처·기관이 서로 긴밀하게 협력하는 체계로 구성된다.

위기관리단계는 총 4단계(관심, 주의, 경계, 심각)로 구성되어 있으며, 기상청을 통해 기상정보 및 특보정보를 수집하고, 위성영상 및 각종 수치자료 등을 바탕으로 예상 강설량 또는 적설량을 분석·파악한다. 국민안전처는 대설위기경보 접수 시 내부보고 및 소속기관, 산하 기관, 민간사업자 등에 발령사항과 위기 수준별 조치사항을 신속히 전파한다. 국가 주요간선도로망의 제설업무를 총괄하는 국토교통부는 기상 및 강설 상황에 따라 제설대책상황실을 3단계(준비, 경계, 비상)체제로 운영하고 있다. 도로제설 대책조직은 [그림 1]과 같다.



“ 11월 15일부터
다음 해 3월 15일
까지는 동절기
제설대책기간 ”

1단계 사전준비단계는 11월 15일부터 다음 해 3월 15일까지 4개월을 동절기 제설대책기간으로 설정하는데, 통상적으로 9월부터 제설대책을 사전에 준비·점검하게 된다. 사전준비 및 점검 항목 중 중요한 사항은 소금, 모래 등의 제설자재, 제설차량, 덤프트럭 등 제설장비를 충분히 확보하고, 제설작업 인원동원계획 등을 마련하는 것과 경찰서, 소방서, 지자체, 군부대 등과 협조체계를 구축하고 실시간 교통상황 제공을 위해 교통방송 등 언론매체와도 협력하는 것이다. 또한, 폭설대비 자체 모의훈련을 실시하여 신속한 상황전파, 유관기관과의 협조체계, 고립차량의 대피계획 등을 점검하게 된다.

<표 1> 도로등급에 따른 제설수준표

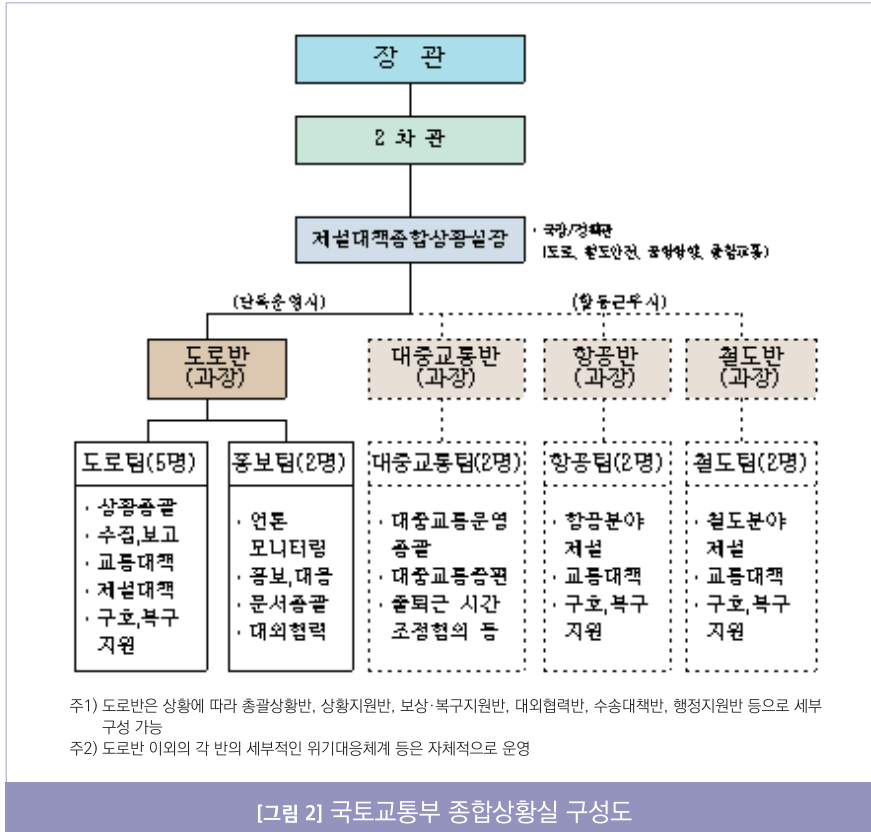
제설 수준	목표 도달시간	지방부	도시부	적용 수준
A	2시간	- 고속도로 4차로 이상 일반도로 (20,000대/일 이상)	- 도시 고속도로 - 주간선도로	평시 운행 수준의 50~60%
B	3시간	4차로 이상 일반도로 (20,000대/일 미만) 2차로 일반도로 (5,000대/일 이상)	- 보조간선도로 - 집산 도로	평시 운행 수준의 40~50%
C	5시간	2차로 일반도로 (5,000대/일 미만)	- 집산 도로 - 국지 도로	통행로 확보
D	-	2차로 일반도로 (500대/일 미만)	국지 도로	추후 제설

- 1) 제설작업이 어려울 정도로 시야 확보가 안 되거나, 폭설정도와 시간이 매우 길 때 제설 수준을 하향 조정하여 적용할 수 있음
- 2) 고속도로 : 고속국도, 자동차전용도로
지방부 일반도로 : 일반국도, (국가지원)지방도, 군도
- 3) 평시 운행 수준은 도로교통법 시행규칙 제19조에 근거하여 각 도로등급별로 다음과 같이 규정된 (최고)속도임
- 일반도로(고속도로 및 자동차전용도로 외의 모든 도로)
: 매시 60킬로미터. 다만, 편도 2차로 이상일 경우 매시 80킬로미터
- 자동차전용도로 : 매시 90킬로미터
- 고속도로
· 편도 1차로 : 매시 80킬로미터
· 편도 2차로 : 매시 100킬로미터 (편도 2차로 이상의 고속도로 중 경찰청장이 고속도로의 원활한 소통을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 지정·고시한 노선 또는 구간의 경우 매시 120킬로미터)
※ 제설작업 우선순위는 각 도로관리청의 도로 및 교통 조건 관리연장과 정비여건 등에 맞게 조절가능

일단 강설이 시작되면(2단계), 제설제 살포 및 도로적설을 신속히 밀어내는 작업을 수행하게 된다. 이때는 제설업무 담당자가 관내도로의 교통량과 등급에 따라 다음 <표 1>과 같은 제설수준표에 따라 제설작업을 진행한다.

3단계에서는 [그림 2]와 같이 도로정책관을 상황실장으로 도로반, 철도반, 항공반으로 구분하여 운영하고 있다.

“도로제설은
유관기관의 협조와
중앙정부의 지원이
중요하게 요구됨”



II. 도로제설 규정

도로제설 방안 중 중요한 것은 유관기관간의 협조체계와 중앙정부의 지원기능을 강화하는 것이다. 국토교통부는 일반국도, 고속국도 교통통제 및 제설대책을 총괄·조정한다. 따라서 국토교통부가 교통통제를 적절히 시행하고, 교통흐름을 원활히 유지시켜 주는 것이 중요하다. 2014년에 개정된 도로법 제76조 제6항 및 같은 법 시행령 제78조에 따르면, 차량의 도로진입이나 도로상에 진행 중인 차량의 통행을 일시적으로 금지 또는 제한할 수 있는 기준은 다음과 같이 제시하고 있다.

1. 해당 구간에 노면 적설량이 10cm 이상인 경우
2. 해당 구간에 시간당 평균 적설량이 3cm 이상인 상태가 6시간 이상 지속되는 경우

“ 도로법 제76조 제6항에 의거 긴급통행제한을 실시 ”

3. 교량에서의 10분간 평균 풍속이 25m/s 이상인 경우(복층형 교량의 경우에는 상부교량에서의 10분간 평균 풍속이 20m/s 이상인 경우를 포함)
4. 그 밖에 천재지변 또는 차량의 다중추돌, 위험물 누출을 동반한 대형교통사고 등으로 인하여 특정 지점의 교통이 마비되어 교통의 혼잡이나 정체가 현저하게 증가하거나 차량 통행위험이 증가하는 경우

또한, 도로관리청, 한국도로공사 또는 민자도로 관리자가 도로법 제76조 제6항에 따라 긴급 통행제한을 실시하는 경우에는 지체없이 다음 각 호의 사항을 적은 표지를 통행이 금지되거나 제한되는 구간의 양측과 그 밖에 필요한 장소에 설치해야 한다.

1. 해당 도로의 종류·노선번호 및 노선명
2. 긴급 통행제한 구간 및 기간
3. 긴급 통행제한의 대상
4. 긴급 통행제한의 사유
5. 그 밖에 긴급 통행제한에 필요한 사항

도로제설작업 체계에 따른 교통통제 계획을 수립할 때는 과거 초설·중설 시기, 빙점 아래로 기온이 저하되는 시기를 고려해야하지만, 초겨울 강설시, 동결시에는 대처가 늦어지는 경향이 있으므로 충분히 주의하여 결정할 필요가 있다.

<표 2> 일반국도(자동차전용도로 외) 통행제한 또는 금지 방법

통행제한 사유	통행제한 방법
노면 적설 5cm 미만	평상시 제한 속도의 20~50% 감속유도
노면 적설 5~10cm 기타 통제가 필요하다고 판단될 때	월동장구 미 장착차량 및 대형 화물차량 통행금지
노면 적설 10cm 이상 지속적인 강설 기타 통제가 필요하다고 판단될 때	모든 차량 통행금지

※ 현지상황에 따라 경찰관서 등 관련 기관과 협의하여 운용
노면적설은 해당구간의 노면에 쌓여있는 적설량으로 강설량과는 다름

“유관기관의
도로분야 위기대응
실무매뉴얼”

<표 3> 고속도로 및 일반국도(자동차전용도로) 통행제한 또는 금지 방법

통행제한 사유	통행제한 방법
적설량 2cm 미만	운행속도의 20% 감속 유도
경남, 수도권 : 적설량 2~5cm 기타지역 : 적설량 2~10cm	운행속도의 50% 감속 유도
경남, 수도권 : 적설량 5~10cm	필요시 부분통제 시행 - 통제대상 : 월동장구미장착차량 연결화물차량 - 통제절차 : 경찰청 협의 후
적설량 10cm 이상 적설량 3cm/h 이상이 6시간이상 지속 강설 등으로 시거장에 10m 미만	부분 통제 본선 및 진출입 전면통제

다음 <표 4>는 유관기관과의 협의내용에 따라 도로분야 위기대응 실무매뉴얼에 제시된 사항이다.

<표 4> 유관기관 조치사항

구 분	조 치 사 항
공통사항	• 비상근무태세 유지 • 설해대비 소관시설물 사전점검·확인 • 소속 산하기관 및 유관기관 대응체계 구축 • 시·도 등 자치단체와 유기적인 협조체계 구축 • 소관 피해시설 조사 및 응급복구대책 수립·시행 • 관계공무원 파견 등 중앙재난안전대책본부 운영 협조
국 방 부	• 제설 및 응급복구 군부대 인력·장비 동원 준비·지원 • 군부대 주변 도로 제설 실시 • 교통두절 및 고립 시 헬기 등을 활용한 구조 지원
미래창조과학부 및 방송통신위원회	• 통신두절에 따른 소통대책 강구 • 재난대책본부 미래창조과학부·방송통신위원회 방송시간 사전 협조 체계 구축
보건복지부	• 긴급 의료지원 및 방역·위생대책 추진
경 찰 청	• 설해피해 예상지역 교통통제 및 교통흐름 조정
기 상 청	• 기상특보 및 예측정보 신속 전파 • 지역별기상정보 수시제공
지방자치단체 (도지사)	• 관내 도로(위임국도 포함)의 제설대책 수립·실시
철도운영기관 (한국철도공사등)	• 철도차량 증편운행 및 운행간격 조정 등 교통대책 수립·실시 • 철도 두절상황 파악 및 응급복구 실시

“ 제설제비축창고는
전국의 5개 권역에서
총 18개소를 운영 ”

Ⅲ. 도로제설 시설 및 제설제

지난 수년 동안 강원도 동해 및 포항 지역에 발생했던 폭설 등을 계기로 유관기관 합동 모의훈련을 실시하고, 현재의 비상연락망을 보다 강화하는 한편, 필요한 경우 상호 제설장비 지원을 지속적으로 실시해야 할 것이다. 중앙정부 차원에서는 지방자치단체 등에 제설제 부족시 긴급지원을 위한 제설제 중앙비축창고를 전국적으로 건설·운영하고 있다. 다음 [그림 3]은 국토교통부에서 설치·운영하고 있는 제설제비축창고이다.



[그림 3] 제설제비축창고

5개 권역에서 총 18개소(수도권 3개소, 강원권 6개소, 충청권 3개소, 호남권 4개소, 영남권 2개소)를 운영하고 있으며, 비축 제설 자재는 1개소 당 염화칼슘 500톤, 소금 1,500톤이다. 도로제설작업에 사용되는

<표 5> 제설제의 일반적 특성

제설제	사용형태	공용점 ¹⁾	순도
염화나트륨 (NaCl)	고체, 액체	-21.2℃	20%
염화칼슘(CaCl ₂)	고체, 액체	-54℃	30%
염화마그네슘(MgCl ₂)	고체, 액체	-33℃	21.6%
염화혼합물	고체, 액체	제품마다 다양함	
칼슘마그네슘초산 (CaMgAc)	액체	-27.5℃	32.5%
초산칼륨(KAc)	액체	-60	49%

제설제는 현재 염화나트륨으로 대표되는 염화물체가 가장 일반적으로 사용되고 있다. 제설제의 일반적인 특성은 다음 <표 5>와 같다.

제설제 살포방식의 경우, 고속도로에서는 전 구간에서 제설효과가 높고 환경에 영향을 적게 미치는 습염살포²⁾(염

화칼슘용액+소금) 방식을 도입하고 있다. 일반국도 및 지방도는 염화칼슘, 소금, 모래 등을 직접 살포하는 방식을 주로 사용하지만 일부지역(서울, 강원, 대전 등)에서

1 액체상태가 존재하는 최저온도로 공용점 이하 온도에서는 모두 얼음상태임

2 염화칼슘용액(30%)+고체소금(70%) 혼합살포

“염화칼슘과 소금을 함께 살포함으로써 제설효과 극대화”

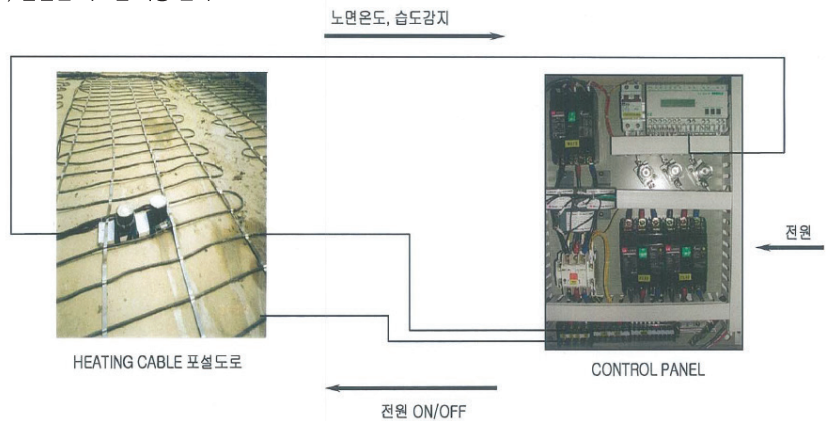
는 습염살포 방식과 직접 살포하는 방식을 병행하여 사용하고 있다. 특히, 습염살포 방식은 염화칼슘과 물을 혼합하는 『교반기』가 필요하다. 고체상태의 염화칼슘을 직접 살포하는 방식에 비해 염화칼슘 수용액과 고체소금을 혼합·살포함으로써 제설효과를 극대화할 수 있다. 제설제 살포 초기에는 염화칼슘 수용액이 눈과 반응하여 눈을 녹이고, 시간이 지나면서 지속성이 좋은 소금이 노면결빙을 방지하게 된다. 눈이 많이 올 때 습염살포 1회 실시는 소금 직접살포 3회와 동일한 효과를 낸다고 알려져 있다.

IV. 도로제설 기법

최신기법으로는 발열선(Heating Cable)을 도로 포장면에 매설하여 발열선에서 발생한 열을 노면에 전달하여 제설하는 방식으로 건물 진·출입로와 같이 시공 구간이 짧은 곳에 설치되어 운영된다. 도로의 경우 일부구간에 시험 시공되었으나 현재는 유지·관리상의 문제 등으로 설치를 기피하고 있는 실정이다(1.2km 설치 시공비 약 3억 원과 1년 전기료 3천만 원 소요).

또한, 지열을 이용한 도

(a) 발열선 시스템 작동 원리



(b) 역사 내 진입램프



(c) 터널 진출입로



[그림 4] 발열선 시스템 개념

“국도교통부는
도로제설관리시스템을
구축하여 운영 중”

로결빙 방지시설은 땅속 지하수를 가열 후 도로포장 하부에 매설한 파이프에 온수를 공급하여 도로의 눈을 녹이는 기술로 아직은 경제성에 대한 검증이 미흡한 것으로 알려져 있다.

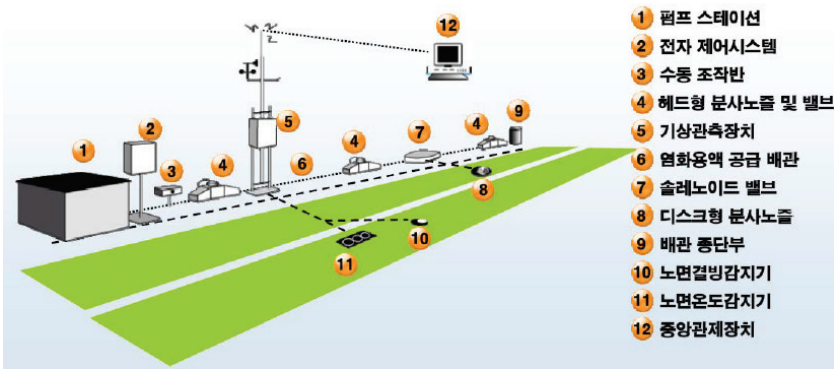


[그림 5] 지열이용 융설 시스템

염수분사장치는 염수를 도로에 분사하는 장치로써 신속한 초기 제설효과를 기대할 수 있으며, 본선 위주의 제설작업으로 인한 연결로(IC, JCT 등) 구간 및 고갯길 등 제설취약구간이나, 초기 융설이 반드시 필요한 구간에 적합하다.

V. 도로제설 관리 및 방재시스템

염수분사장치 시스템 개요도



내부장치



현장분사노즐



[그림 6] 자동염수분사장비 개념

국도교통부에서는 일반 국도 및 민자고속도로 제설업무에 필수적인 기상정보의 통합 제공, 국도변 기상정보 수집 및 표출, 가공, 처리, 예측, 제공을 위한 기초 인프라 구축 및 제설업무 보고의 선진화를 위해 도로제설관리시스템을 구축하여 운영하고 있다[그림 7].

동 시스템은 도로 및 기상정보를 기반으로 담당자에게 다양한 기상정보 제공, 제설업무 관련 정보 검색·표출·현황·통계, 제설차

“ 한국도로공사는
실시간첨단방재
시스템을 도입하여
선진 제설기법을
현장에 적용 ”

량 모니터링, CCTV 모니터링, 제설시설물 현행관리 기능 등을 가지고 있으므로 제설업무에 적극 활용토록 하고, 제설시설, 자재 및 장비 등 현황자료를 제설대책기간 이전에 현행화(이후 변동 사항 수시 현행화)하도록 되어 있다.

또한, 한국도로공사에서는 실시간 첨단방재시스템(제설관제)을 도입하여 실시간 선진 제설기법을 현장에 적용하고 있으며, 노면온도 예측시스템을 활용하여 제설작업 개시시기 판단 및 어는 비 대응에 활용하고 있다(그림 8).





[그림 8] 한국도로공사의 첨단방재시스템 개념

참고문헌

- 국토해양부, 2004: 해외 제설 관련 자료.
- 국토해양부, 2012: 도로 제설업무 수행요령.
- 국토해양부, 2012: 도로제설핸드북.
- 국토해양부, 2013: 선진 도로제설시스템 구축방안 연구(중간보고서).
- 녹색제품정보 시스템 (<http://www.greenproduct.go.kr>)
- 도로교통연구원, 2010: 효과적인 제설제 사용방안 연구.
- 도로교통연구원, 2012: 친환경 제설제 및 신제설제 방식의 실용화 적용방안 연구.
- 도영수 외, 2008: 동절기의 용빙제들의 용빙 성능 및 영향 평가, 한국도로학회.
- 도종남 외, 2012: 도로 제설제의 효과적 사용방안에 관한 실험적 연구, 한국지반환경공학회.
- 소방방재청, 2010: 제설장비 시스템 선진화 및 맞춤형 제설 방안.
- 윤덕근 외, 2006: 도로 용설제 성능 평가와 적정 사용량 산정, 한국도로학회.
- 친환경성 액상유기산 제설제 개발 및 실용화 연구 보고서, 2007
- 한국환경산업기술원: <http://www.keiti.re.kr>
- 한국도로공사, 2010: 고속도로 재난관리 매뉴얼.
- 한국도로공사, 2011: 노면온도 시스템 구축방안.
- 한국도로공사, 2012: 2012(하)~2013(상) 겨울철 고속도로 제설대책.

한파가 농업에 미치는 영향

심교문 국립농업과학원 농업기상연구실 kmshim@korea.kr

- I. 기상이변
- II. 농업에 영향을 주는 기상이변
- III. 겨울철 재배작물에 대한 기상이변의
영향 및 대책

기상이변이 농사를 위협하는 경우는 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 농작물의 적정재배시기를 놓치게 하는 기상이변이고, 둘째는 생육중인 농작물에 장애를 주는 기상이변이며, 셋째는 농작물에 병 발생을 유도하거나 해충의 피해를 가져오는 날씨이다. 특히 겨울철에는 혹한뿐만 아니라 따뜻한 기온도 일조시간이 줄어드는 우리나라의 기상 특성으로 인해 생육을 저하시키는 원인이 된다. 또한 일기 상황에 따라 상해, 한해의 발생위험이 높아지므로 작물별 이상기상으로 인한 난방대책(연소법, 송풍법, 동결법)을 숙지함과 동시에 기상현상에 대한 이해를 높여야 할 것이다. ■

“ 이상기상은
30년간의 기후값에
대해 뚜렷한 편차를
보이는 날씨 ”

I. 기상이변

이상기상 또는 기상이변이라고 함은 30년간(1981~2010년)의 기후값에 대하여 뚜렷한 편차를 나타내는 날씨라고 정의하기도 하고, 25년에 한 번 나타날 수 있는 아주 드문 기상현상으로 정의하기도 한다(WMO; 세계기상기구). 현재 통용되는 이상기상 또는 기상이변에 대한 정의를 정리하면; 첫째, 짧은 기간에 사회나 인명에 중대한 영향을 끼친 태풍, 홍수, 한파, 열파 등의 기상현상, 둘째, 지난 30년 동안 관측된 바가 없는 날씨 또는 한 달 이상 두 달 가까이 평년 날씨와 차이가 나게 한 쪽으로 치우쳐 피해가 생긴 날씨로 이상저온 또는 이상고온인 경우에는 약 2℃ 차이가 나는 것과 우리나라의 봄이나 가을에 비오는 날이 많고, 강수량이 많은 날씨를 예로 들 수 있다. 셋째, 날씨가 몇 달 동안 평년값에서 어느 한쪽으로 치우쳐 피해가 생긴 날씨로 장기간의 가뭄과 같은 경우가 있다.

이상기상의 발생은 대기 대순환의 동향에서 그 원인을 찾을 수 있다. 우리나라는 북반구의 중위도에 위치하여 편서풍이 지배하며 이것을 동서환류(東西還流)라고 하는데, 동서환류에서 편서풍이 강해지면 남북의 온도 기울기가 급해지는 경향을 보인다. 이렇게 되면 중위도에서 온난의 차가 극에 달하여 한기류가 크게 발달하고 한동안 한파가 몰아친다. 이와는 달리 동서환류에서 남북환류로 대기 대순환이 바뀌면 기류가 불안정하여 편서풍이 사행(蛇行)을 하게 된다. 사행하는 이유는 정체성 고기압이 버티고 있기 때문이며, 이에 따라 주기적인 날씨의 변화가 사라지고 장기간 같은 날씨가 계속되어 이상기상을 가져온다. 이러한 경우에 나타난 이상기상 현상은 1980년, 1993년의 여름철 저온과 일조부족, 1994년 여름철 고온과 건조 같은 날씨이다.

그밖의 이상기상의 원인으로는 엘니뇨 현상을 꼽는다. 엘니뇨는 평년과 다른 이상기상을 가져오는 여러 원인 가운데 하나로서 전체 지구의 기후시스템을 바꿔놓는 매우 강력한 자연현상이다. 엘니뇨와 함께 나타나는 중위도의 대기대순환의 변화는 상층 아열대의 제트류 변화와 태평양/북미 순환형태 변화이다. 이러한 대기대순환의 변화에 따라서 이상기상이 나타나게 된다. 엘니뇨는 태평양 연안국가에 직

“기상이변은
농작물의 재배시기,
생육 방해,
병충해 발생을
유도하여 피해를
준다”

접적이고 확실한 이상기상을 예측할 수 있으나 우리나라에는 이상기상의 발생 가능성을 짐작할 뿐, 구체적으로 어떤 현상이 나타나는지는 알려지지 않았다. 다만, ‘따뜻한 겨울철’과 아울러 ‘겨울 일조시간 단축’, ‘활발하지 않은 장마활동’, 이듬해의 장마 끝난 뒤 8월 한 달의 ‘화창하고 더운 여름날의 실종’ 같은 이상기상 현상은 인정할 수 있을 것 같다.

II. 농업에 영향을 주는 기상이변

기상이변이 농사를 위협하는 경우는 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 농작물의 적정재배시기를 놓치게 하고, 둘째는 생육중인 농작물에 장애를 주며, 셋째는 농작물에 병 발생을 유도하는 날씨와 해충의 피해를 가져오는 경우이다.

1. 농작물의 재배시기를 놓치게 하는 기상이변

우리나라와 같이 중위도에 위치한 나라는 농작물의 재배기간이 온도, 강수 등 기후요소의 계절분포에 따라 제한된다. 따라서 적시적작(適時適作)을 강조하지 않을 수 없다. 제때 비가 오지 않아 물 부족으로 모내기를 못한다든지, 파종을 해도 소용이 없게 될 때 그 해는 어쩔 수 없이 원래 계획하였던 농작물 재배를 할 수 없게 된다. 그 한 예로 1982년에 경상북도 북부지역과 전남 해남 일대에 봄가뭄이 연장되고 장맛비조차 없어 습답(濕畓)을 제외한 보통논에는 거의 모내기를 하지 못하였다.

2. 농작물의 생육장애를 가져오는 기상이변

농작물을 심어서 가꾸는 가운데 갑자기 기상이변이 왔을 때는 어쩔 수 없이 생육장애를 입는데, 겨울철에는 2가지로 살펴볼 수 있다.

“ 겨울철 온도가 높으면
일조시간이 줄어들어
겨울농사에 해롭다 ”

1) 겨울철 혹한

겨울철 혹한은 과수, 뿌나무와 같은 영년생작물과 보리, 밀, 마늘, 유채, 배추 등 노지에서 재배하는 월동작물을 얼어죽게 하는 피해를 준다[그림 1]. 1977년 1월과 2월의 혹한은 중부지방의 보리와 밀을 얼어죽게 하였고, 1980년 12월의 혹한은 중부지방의 감나무 등 과수의 가지를 얼어죽게 하였다.



[그림 1] 겨울철 혹한과 폭설로 인한 농작물과 과수의 피해 현상

2) 따뜻한 겨울

따뜻한 겨울은 햇볕이 좋으면 겨울농사에 더없이 좋겠지만, 우리나라는 겨울철 온도가 평년보다 높으면 일조시간이 줄어드는 특징을 가진 기후를 보이기 때문에 난동(暖冬)이 겨울농사에 좋다고만 할 수 없다. 겨울농사라고 하면 겨울철에도 싱싱한 채소를 생산하는 비닐하우스 또는 온실과 같은 시설에서 재배하는 농사를 말한다. 시설재배는 우리나라와 같이 중위도에 위치한 나라에서 1970년대 이후에 활발해진 농업의 한 형태이다. 시설재배는 전천후농업이라고 하여 시설 내의 온도만 작물생육에 지장이 없도록 보온 조치만 해주면 된다고 생각하기 쉽지만, 알고 보면 작물생산의 에너지원인 햇볕이 모자라면 산업으로서는 실패하게 되어있다[그림 2]. 그리고 난동이 노지에서 재배하는 월동 농작물에 피해를 주는 것은 일평균 기온이 영상 4℃ 이상



[그림 2] 겨울철 저온과 일조부족으로 인한 시설작물의 피해현상

“ 병충해에 의한
농작물 피해는
주로 여름철에
발생 ”

으로 1주일 이상 경과하여 작물의 생육이 시작되다가, 그 뒤에 다시 겨울날씨로 돌아오면 장해를 받는 것이다.

3. 농작물에 병충해를 불러오는 기상조건

농작물에 병충해를 야기하는 기상조건을 기상이변이라고 하기에는 무리가 있을 수 있지만, 농업분야에서는 그 것도 기상이변이라고 할 수 있을 것이다. 1993년에

여름철 저온이 왔을 때 처음에는 일조시간이 적지는 않았지만 차츰 흐리고 비오는 날이 많아 벼에 치명적인 병인 도열병이 만연하였고, 냉해와 병해가 겹쳐서 더욱 큰 피해를 입었다[그림 3].



[그림 3] 기상조건에 의한 농작물의 병 발생 및 피해 현상

이렇게 병의 발생과 전파를 유도하는 기상조건은 농작물의 정상 생육이 가능한 날씨에서는 드문 경우이다. 그러나 벼멸구와 같이 풍년 날씨에도 극성을 부리는 해충이 있다. 벼멸구는 우리나라에서는 겨울에 얼어죽고, 해마다 중국 남부에서 초여름부터 여름에 걸쳐 남서하층제트류를 타고 우리나라에 날아오기 때문에 비래해충(飛來害蟲)이라고 한다. 알려진 바로는 중국남부에 저기압이 형성되면 그때 상승기류를 타고 멸구가 비상하여 우리나라로 날아온다고 한다. 상승기류를 타고 날아온 멸구는 강우 또는 하강기류를 타고 우리나라의 벼논에 앉으면 그때부터 번식하기 시작하여 피해를 준다. 날아와 앉은 멸구는 온도가 높으면 그 번식 속도가 빨라진다.

“ 봄, 가을철
급격한 온도저하는 상해
겨울철 이상저온은 한해
피해를 유발 ”

Ⅲ. 겨울철 재배작물에 대한 기상이변의 영향 및 대책

1. 상해(霜害), 한해(寒害)의 실태

상해는 봄, 가을의 야간과 이른 아침에 걸쳐 급히 온도가 하강함에 따라 생기는 농작물의 피해로 저온에 의해서 세포가 동사하는데, 생리적으로는 동해의 일종으로 봄에 나타나는 만상해(끝서리해)와 가을에 나타나는 초상해(첫서리해)가 있다. 한해는 겨울철의 이상저온에 의해 일어나는 농작물의 피해로 형태상으로 동해와 한풍해로 나눈다. 동해는 겨울철에 저온 저항력을 갖추어 월동 중인 작물에 발생하고, 한풍해는 건조하고 차가운 강풍에 의해 생기는 피해로서 주로 감귤류 등 상록 과실의 낙엽 피해를 초래한다.

1) 상해, 한해를 가져오는 기상

상해를 가져오는 전형적인 기상형은 대륙에서 차가운 고기압이 남하하고, 이동성고기압이 되어 한반도 전체를 넓게 덮을 경우이다. 이와 같은 기압배치는 봄과 가을에 주기적으로 나타나는 것이 많으나 전날 기온이 낮고 야간에 청천무풍 상태의 기상일 때 상해가 일어나기 쉽다 <표 1>. 한해를 유발하는 기상형은 대륙의 한랭고기압 세력이 크고 서고동저의 기압배치가 길게 지속되는 경우이다. 이런 경우에 북서계절풍이 탁월하여 기온이 크게 떨어진다.

<표 1> 서리 발생과 기상조건

- 서리가 내리기 쉬운 기상조건
 - 2~3일전에 비가 오고, 최고기온이 18℃ 이하이면서, 바람이 불지 않을 때
- 서리가 내리기 어려운 기상조건
 - 최고기온이 20℃ 이상 되거나 바람의 세기가 2% 이상일 때
- 전날 기상조건으로 서리예측
 - 1단계 : 전날 최고기온이 20℃ 미만
 - 2단계 : 전날 구름량이 5 미만
 - 3단계 : 자정(24시) 기온이 5.5℃ 미만

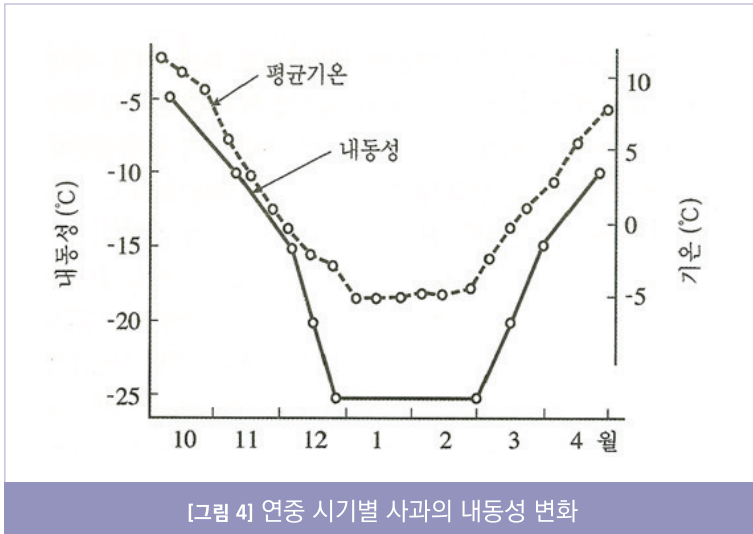
2) 상해, 한해의 발생 양상

농작물 체온이 그 작물의 동결온도 이하가 되면 조직이 동결되기 시작하는데, 동결이 어디까지 진행하는가는 저온의 정도, 바람의 강약, 수증기 장력의 대소, 작물의 내동성이 관계한다. 피해가 발생하는 온도는 작물의 종류에 따라 다를 뿐 아니

“사과는
겨울철에는 -25°C
저온에도 견디지만,
봄철에는 -2°C 에도
피해를 입음”

라 생육시기에 의해서도 변한다. 이는 작물의 저온저항력(내동성)이 계절이나 생육
시기에 따라 변화하기 때문이다. 작물간의 내동성의 차이는 주로 동결에 대한 세포

의 생리적 반응에 근거한다. 같은 작물
이라도 내동성은 계절에 따라 두드러
지게 변한다. 사과의 경우에는 내동성
이 기온의 저하와 함께 증대하며 혹한
기에 최대로 되고, 3월 이후 기온의 상
승과 함께 내동성이 소실된다[그림 4].
즉, 겨울철에는 최대 -25°C 의 저온에도
견디는 사과라도 봄철에는 -2°C 정도
에서 신엽이나 꽃이 피해를 입는 것은
내동성이 소실되기 때문이다. 감귤류
등 상록과수는 겨울의 계절풍이 탁월



할 때에 한풍해를 입을 수 있다. 한풍해는 건조한 저온 강풍에 의해서 지온이 내려
가고 뿌리로부터 토양수분의 흡수량이 감소하는 한편, 강풍(강한 일사, 낮은 습도)
에 의해 증산량이 증대한 결과, 체내수분의 불균형에 의해 발생한다.

2. 상해, 한해의 영향

1) 맥류(보리, 밀 등)

우리나라 맥류의 동해 피해기간은 12월 상순부터 이듬해 3월 상순까지이다. 보

리는 월동중에 유묘기(幼苗期)의 고엽
율(枯葉率)이 50~90%일 때 생산량은
10~30% 줄어든다. 월동후 봄철에 저
온으로 동상해를 받을 경우에는 동사
비율이 높으며, 이때 어린 이삭이 지면
에서 어느 정도 신장되었는가에 따라

<표 2> 맥종에 따른 생육단계별 동사온도

맥 종	12월	1월	2월	3월	4월
	생육 정지기($^{\circ}\text{C}$)			생육 재생기($^{\circ}\text{C}$)	
겉 보리	-17	-17	-15~-17	-5~-15	-4
쌀 보리	-14	-14	-12~-14	-4~-12	-3
맥주보리	-12	-12	-10~-12	-3~-10	-2

“ 3~4월의
생육재생기에
혹한이 찾아오면
맥류에 큰 피해를
유발 ”

유수동사에 크게 영향을 준다. 맥류의 경우 월동후의 동상해에 의한 감수율(減收率)이 월동중의 동해보다 크다. 맥종별 동사온도는 겉보리<쌀보리<맥주보리 순으로 낮으며<표 2>, 생육정지기(12~2월)보다는 생육재생기(3~4월)에 높아 이 시기의 극심한 저온(혹한)은 맥류에 큰 피해를 입힐 수 있다.

2) 마늘

마늘은 겨울철 월동기간 동안에 온도가 너무 낮거나 토양이 건조하면 동해를 받기 쉽다. 그러므로 기온이 급강하는 11월 하순경부터 이듬해 해빙기까지 짚이나 왕겨 등으로 덮어야 안전한 월동을 할 수 있으며 해빙과 동시에 짚을 제거하여야만 지온의 상승으로 초기 생육이 촉진된다.

3) 양파

양파는 저온에 강하여 -8℃까지는 동해를 입지 않는다. 양파가 월동에 필요한 뿌리의 갯수는 3~4개가 되어야 하며 각각 10cm 이상이면 동해와 서릿발의 피해를 견딜 수 있다. 그러나 월동중에 수분이 부족한 상태에서는 동해나 건조의 해를 받기 쉽다. 겨울동안 토양수분이 적으면 토양입자 사이에 공간이 커져서 차가운 공기가 뿌리까지 닿아 동사하므로 겨울 월동기간 동안에도 건조하지 않도록 오전 중에 관수하고 오후에 배수하여 건조에 의한 피해와 동사 피해를 막아야 한다.

4) 감자

감자에 발생하는 동해는 겨울철 시설재배가 늘어나면서 갑작스런 기온하강과 강한 바람에 의한 비닐하우스의 파손으로 발생된다. 상해는 봄재배시 감자썩이 출현되어 생육도중에 끝서리(만상)에 의해서 지상부의 경엽(莖葉)이 말라 죽는 경우에 빈번히 발생된다. 특히, 생육이 빠른 남부지방의 경우는 감자가 10~20cm 자랐을 때 만상피해로 생육이 크게 늦어지는 경우가 빈번히 발생된다. 겨울재배에 있어서 동해를 방지하려면 비닐하우스의 비닐이 바람에 날리지 않도록 팽팽하게 씌워 튼튼하게 고정시키며 바람이 심한 곳에는 방풍벽을 설치하여 바람을 막아준다. 봄

“ 겨울철의 저온은 사과재배의 북쪽 한계를 결정하는 요인으로 -10.5°C 등온선 범위 ”

철의 만상이나 가을철의 첫서리(초상) 피해를 경감하기 위해서는 서리가 내리는 것을 미리 예측하여 감자밭 주위에 연기를 피운다든가 대형 팬을 돌려 바람을 일으키는 방법도 있다.

5) 사과

사과는 연평균기온이 $8\sim 11^{\circ}\text{C}$ 인 비교적 서늘한 기후에 적당한 온대북부지방의 과수이고, 낙엽수림대의 대표적인 과수이다. 겨울철의 저온은 사과재배의 북쪽 한계를 결정하는 요인으로 12~2월에 평균기온이 -10.5°C 등온선이 사과재배의 북쪽 한계이다. 그러나 평균기온의 높고 낮음보다 오히려 최저 극기온이 문제가 되는데, 현재 우리나라에서 재배되고 있는 사과품종의 내한성은 -30°C 내외이다. 하지만 나무의 영양상태, 휴면정도, 온도변화의 완급 등에 따라서 내한성이 달라지므로 결실과다, 조기낙엽 등으로 인해 나무의 저장양분이 적어지면 -15°C 에서도 한해를 입을 수 있다. 특히, 발아기 전후의 생육초기에는 쉽게 저온 피해를 받는다. 사과의 생육초기 꽃눈이 피해를 입는 한계온도는 <표 3>과 같다.

<표 3> 사과 생육초기의 발육단계별 꽃눈피해 한계온도

구분	꽃눈 발육 단계						
							
10% 동사 평균온도($^{\circ}\text{C}$)	-9.4	-7.8	-5.0	-2.8	-2.2	-2.2	-2.2
90% 동사 평균온도($^{\circ}\text{C}$)	-12.0	-9.4	-9.4	-6.1	-3.9	-3.9	-3.9

“ 감귤의 동해, 상해
피해는 -5℃이하로
기온이 떨어질 때 ”

6) 배

우리나라는 대륙성 기후의 영향을 받고있기 때문에 겨울 휴면기간 중 저온에 의한 동해를 간혹 받고 있다. 배나무는 -25~-30℃에서 5시간 정도만 지속되어도 동해를 받기 때문에, 그 이하로 내려가지 않는 지역에서 재배하여야 한다. 특히, 양평, 춘천, 원주 등 강원도 내륙지역에서는 10년 간격으로 -25~-30℃에 이르는 저온 출현이 예상되기 때문에 이러한 지역에서는 재배를 피해하거나 동해에 대한 대책이 반드시 필요하다. 또한 주위가 산으로 싸여 있어 찬 공기가 흐르지 못하는 곳, 물이 흐르는 강변, 산기슭의 평지 또는 산기슭의 낮은 곳이 동해를 받기 쉽다. 1981년 1월 양평의 최저기온이 -32.6℃를 기록할 때, 동해를 심하게 받은 곳은 팔당 저수지 안쪽 양평군 강산면의 평지, 양평군 용문면의 낮은 곳, 여주시와 이천시의 강변, 화성시 정남면의 낮은 곳이었다.

7) 포도

동해의 피해가 적으면 봄에 발아가 불균일해지는 휴면병이 발생되며, 피해가 크면 가지와 눈이 죽고 주간이 세로로 갈라지기도 하는데 지하 60cm 이하에서 많이 나타난다. 포도나무의 내한성은 부위별로 다른데, 결과모지가 가장 강하고 눈, 뿌리가 약하다. 가지부위는 사부가 가장 강하고 목질부, 형성층은 내한성이 약하다. 주간의 동해는 결실과다나 질소과다 사용으로 가지의 경화가 늦어지고 불충실할 때 늦가을이나 초겨울의 갑작스런 한파에 잘 나타난다. 주간의 목질부는 수분이동 통로로써 수분함량이 많고 다른 부위에 비해 저장양분의 축적도 많아 한파에 쉽게 동결하게 된다.

8) 감귤

겨울철 -5℃ 이하로 떨어지는 과원에서는 동해와 상해 피해가 나타나는데, 피해 증상은 [그림 5]와 같이 잎이 말리면서 갈색으로 변하고, 지속적으로 피해가 나타나는 과원은 나무 밑동의 껍질이 파손된다. 즉, 체관(잎에서 만들어진 양분이 뿌

“상해, 한해의 대책은
연소법, 송풍법,
동결법이 있다”

리로 이동되는 통로) 부위가 손상되어 그 부근에 해당되는 뿌리가 약해지며, 이러한 가지에 열매가 많이 달리면 잎이 노랗게 변하는 증상이 나타난다. 심하면 잎 끝 부분이 갈색으로 변하고, 과실 자람도 불량해진다. 또한 4월 상순경 늦서리 피해가 나타나는데, 지역과 연도별 새순이 발아하는 시기가 일정하지 않지만 일반적으로 4월 10일 전후가 된다. 3월 기온이 따뜻하고, 충분한 강우량과 이전 해의 착과량(과실생산량)이 적은 과원은 발아가 빨리된다. 또한 최근 봄철 온도가 빨리 오르면서 점차 앞당겨지고 있는 추세이다. 이런 해에 4월의 꽃샘추위가 올 경우 서리피해가

발생하는 경우가 종종 발생한다. 4월 초순 온주밀감은 맹아기(萌芽期; 싹이 틀 무렵)에 해당되는데 -2°C 이하의 저온이 2시간 이상 경과하면 어린 싹이 검갈색으로 변하면서 고사하는 상태가 발생 한다.

겨울철 한해 증상



동상해 상습지의 증상



봄철 상해 증상



[그림 5] 감귤나무의 한해 및 상해 피해 현상

3. 상해, 한해의 대책

재배 대책의 기본은 피해의 위험시기, 위험지를 피하는 것과 저항력이 있는 품종이나 작물을 선택하여 건전한 생육을 유도하는 것이다. 시비관리가 매우 중요한데, 과수에서 다비에 의해 수체의 생육이 늦게까지 이어질 경우에는 내동성의 획득이 늦어 한해를 조장한다. 따라서 결과량(結果量)의 조절, 전정(剪定, 가지자르기), 병해충 방제 등 수세를 지킬 관리도 중요하다.

기상학적 이론에 근거한 대책으로는 작물체 부근의 기온이나 작물 체온의 저하를 막아 피해를 경감하는 방법과 피복물(거적, 합성섬유물)에 의한 복사나 현열 방출을 방지함으로써 작물체의 냉각을 막는 방법이 있다. 1) 연소법은 연료와 흰 타이어나 건초 등을 태워 기온의 저하와 접지기층의 복사냉각을 막는다. 2) 송풍법은 방

“ 기상, 지형, 토지
조건에 따른
위험도 구분을 통해
토지이용의 합리화
추진이 필요 ”

상용 팬을 이용하여 역전층 내 상하의 공기를 혼합한다. 3) 동결법은 작물체에 스프링클러로 물을 뿌려 결빙을 지속하면 물이 동결할 때의 잠열로 작물체온을 0℃ 부근에 유지할 수 있다[그림 6].

항구적인 대책으로 기상, 지형, 토지 조건에서 상해, 한해의 위험도를 구분하고 재배작물의 선정이나 토지이용의 합리화를 추진한다. 방풍림 혹은 냉기의 흐름이나 체류로부터 포장을 지치는 방상림 등을 설치하는 것과 국지기상 개량을 고려한 포장의 기반정비를 한다.



참고문헌

- 농촌진흥청, 2015: 예구 허리야, 비가 오려나?, 인테러뱅크 160호.
 농촌진흥청, 2013: 이상기상대응, 농촌진흥공무원교육교재.
 농촌진흥청, 2013: 농업기상, 농업기술보급 기본서.
 농촌진흥청, 1998: 주요농작물 기상재해 경감기술.
 농촌진흥청: <http://www.nongsaro.go.kr>

겨울철 한파 대비 건강관리

송경준 서울대학교병원 skciva@gmail.com

- I. 겨울철 건강관리를 위한 기본 지식
- II. 겨울철 건강관리를 고려한 외부 활동 준비
- III. 한파관련 손상
- IV. 겨울철 건강 취약층을 위한 한파대비

심부체온이 35℃ 이하로 내려가면 저체온증에 걸려 심각한 상태에 이를 수도 있다. 특히 겨울철 레저활동 인구가 증가하면서 저체온증, 국소한랭손상, 낙상 등의 발생위험이 높아지고 있는데, 상황별 인지법이나 응급조치 사항을 숙지하여 개인 건강에 더욱 주의를 기울여야 할 것이다. 이에 올바른 체온 측정방법을 알고, 실내 및 바깥활동 시 보온성이 탁월한 정지공기층을 보유하기 위한 의복 착용에 대해 알아본다. 또한 겨울 스포츠 활동에서의 체온유지를 위한 유의사항과 사고를 당했을 시의 안전사항에 대해서도 숙지할 필요가 있다. 이러한 겨울철 건강관리 수칙들은 노약자나 만성질환자, 취약계층에게 더욱 요구된다. ■

“저체온증 또는 감기 등의 감염으로 인한 고열을 진단하기 위해 체온측정이 중요”

I. 겨울철 건강관리를 위한 기본 지식

1. 체온 측정법

한파 속에서 저체온증 또는 감기 등의 감염으로 인한 고열을 진단하기 위하여 체온 측정은 중요하다. 하지만 주요 장기의 온도를 반영하는 중심 체온은 직장이나 기타 의학적 방법으로 측정하기 때문에 측정이 어렵다. 따라서 대부분의 경우 겨드랑이, 고막(귀), 또는 구강에서 말초체온을 측정한다.

건강한 사람이 안정 상태에 있을 때의 구강온도는 직장온도보다 0.6℃ 낮고, 겨드랑이온도는 구강온도보다 0.2℃ 낮고 정상 체온은 겨드랑이온도로 36.9℃정도로 알려져 있다.

말초 체온은 중심체온에 비하여 오차가 있을 수 있으나 측정하는 부위에 맞게 적절히 측정한다면 중심체온을 반영하는 정확한 결과를 얻을 수 있다.

》체온 측정 위치에 따른 측정방법

겨드랑이 : 겨드랑이에서 땀과 같은 물기를 제거 후에 측정하여야 오류를 줄일 수 있다. 체온계의 측정부위가 겨드랑이 중앙에 위치한 것을 확인한후 팔을 몸에 밀착하고 4~5분후 체온을 확인한다,

고막 : 고막체온계의 경우 적외선을 통하여 고막온도를 측정하기 때문에 귓볼을 약간 뒤로 잡아당겨 이도의 방향이 온도계와 일치가 되어야 한다. 만약에 귀지나 기타 이유로 인하여 적절하게 고막이 적외선에 노출되지 않는 상황에서는 체온이 정확히 측정되지 않을 수 있다.

구강 : 혀 밑으로 체온계를 넣고 입술을 다물어 고정시킨 후 코로 숨을 쉬게 한다. 2~3분정도 기다린 후 체온을 확인한다. 소아의 경우 체온계를 이빨로 깨물지 않게 유의한다.

“ 내복을 입는 것만으로
약 2.4℃의
보온효과가 발생 ”

2. 실내 의복 수칙

내복을 입는 것만으로도 약 2.4℃의 보온효과가 발생하므로 그만큼 실내난방온도를 낮출 수 있다. 내복이나 속옷은 피부의 분비물을 흡수하고 몸의 열을 외부로 빼앗기는 것을 차단하기 때문에 반드시 착용하는 것이 좋으며, 내복이 아니라면 얇은 옷이라도 속에 받쳐 입는 것이 좋다.

옷감은 부피의 60~90%가 공기로 되어 있으며, 옷과 옷 사이의 공기까지 포함하면 더욱 많은 공기가 옷 속에 존재하게 된다. 이렇게 정지해있는 공기층을 ‘정지공기층’이라고 하는데 ‘옷을 입는다’는 것은 바로 이 정지상태의 ‘공기를 입는 것’과 같다. 지구상에서 가장 보온성이 우수한 재료가 바로 이 정지상태의 공기다. 정지공기가 얼마나 많은 옷이나에 따라 보온효과가 달라지며, 두꺼운 옷 한 벌 보다는 여러 겹의 옷을 겹쳐 입는 것이 보온 측면에서 효과적이다.

오리털이나 솜 같이 공기를 많이 함유하는 충전재로 만들어진 옷이 따뜻한 이유도 그 속에 정지 공기가 많기 때문이다. 따라서, 겨울철에는 내복 착용을 기본으로 보온성이 우수한 폴라 플리스, 양모, 패딩류, 니트류 및 인조모피 등을 착용하는 것이 좋다. 추울 때는 머리와 몸통부위를 집중적으로 보온해 주는 것이 효과적인데, 대표적인 아이템이 조끼이다. 특히 솜이나 패딩을 넣은 소재로 어깨를 덮고 넥라인은 목까지 올라오는 형태의 조끼가 더욱 따뜻하다.

실내에서는 두께가 있는 카디건이나 스웨터를 입는 것이 보온 측면에서 효과적인데, 의복 내 정지공기층을 유지시켜 주는 너무 조이지 않는 형태가 좋으며, 소매나 밑단 등의 개구부는 가능한 좁게 하여 체열이 외부로 방출되는 것을 막아주어야 한다.

의복의 소재뿐만 아니라 착용 방법에 따라서도 보온성이 달라지는데, 피부와 직접적으로 접촉되는 최내층에는 촉감이 부드럽고 흡수성이 우수한 소재를 사용하여 피부에서 발생하는 땀이나 피지를 흡수해야 한다. 중간층에는 동작이 편안하고 보온성 및 신축성이 우수한 소재를 착용하는 것이 좋다. 최외층에는 외부로부터의 비, 눈, 바람 등을 차단할 수 있는 방풍, 투습, 방수 소재를 선택하는 것이 바람직하

며, 조금 넉넉한 크기를 선택함으로써 정지공기층이 눌리지 않게 하는 것이 좋다.
팔, 다리 등의 사지부위 보다는 머리와 몸통부위를 집중적으로 보호해주는 것이
보온에 효과적이다

“ 실외에서
보온을 위해
다양한 의류를
겹쳐입어 정지공기층을
많이 형성해야함 ”

II. 겨울철 건강관리를 고려한 외부 활동 준비

1. 실외 의복 수칙

실외에서 재킷이나 점퍼는 가볍고 조금 큰 것으로 선택하고, 안에 얇은 카디건, 스웨터를 겹쳐 입음으로써 더 많은 정지공기층을 형성하여 보온하도록 한다.

목도리를 이용해 목을 감싸 체열에 의해 따뜻하게 가열된 공기가 목 부위를 통해 방출되는 것을 막도록 한다, 또한 어깨부위도 솔로 감싸준다면 큰 보온효과를 얻을 수 있다. 남성 정장에 양말을 착용할 경우 두께가 있는 긴 양말을 착용하는 것이 좋으며, 여성이 스타킹을 신어야 한다면 안쪽에 모 혼방의 기모가 있는 스타킹을 착용하는 것이 바람직하다.

바지의 경우 밑단으로 갈수록 통이 좁아지는 것을 선택하고, 바지 안에 타이즈를 착용한다면 보온성을 높일 수 있다. 그리고 실내에서 손발이 시릴 때가 종종 있는데 이는 찬 공기와 닿는 표면적이 커서 열 손실이 많기 때문이다. 이때 손등을 덮는 워머 장갑이나 손가락의 절반까지 덮은 라이더 장갑을 착용하는 것이 좋으며, 발을 따뜻하게 감싸주는 덧신이나 안쪽에 기모가 있는 부츠, 방한화를 신는 것도 효과적인 방법이다.

2. 실외 레저 활동 수칙

1) 스키 및 스노우보드

스키 및 스노우보드가 최근 급속하게 대중화되면서 겨울철 레저활동의 대표주자로 자리 잡았다. 수도권 인근에 쉽게 접근할 수 있는 스키장도 많이 건설되어 있

“ 스키장에서는
적절한 장비류 착용과
피부노출 최소화가
중요 ”

고, 대중교통수단도 잘 갖추어진 곳이 많아 더 많은 사람들이 스키장을 찾고 있다. 스키장은 평균 영하 2~10℃ 정도의 온도를 유지하게 되는데, 이런 온도에서 장시간 활동하게 되면 여러 가지의 한랭 손상이 발생할 수 있으므로 주의를 요하게 된다.

》 체온 보호를 위한 적절한 장비류 착용

두껍고 따뜻한 겨울옷을 스키복으로 사용하는 사람이 있는데, 방수기능이 없는 옷을 입고 스키를 타다 넘어져서 옷이 젖게 되면 급격하게 체온이 떨어지게 되므로 절대 금물이다. 방수가 잘 되고 너무 둔하지 않은 기능성의 스키복을 반드시 사용해야 한다. 장갑 또한 일반장갑을 이용하면 손가락에 동상이 발생할 수 있으므로 방수기능이 좋은 전용장갑을 사용해야 한다.

》 피부 노출 최소화

외기에 노출되는 체표면이 넓을수록 체온이 떨어지기 쉬우므로 마스크, 장갑, 목도리 등을 잘 착용하도록 한다.

장시간 노출된 귀, 코, 뺨, 손가락, 발가락 등은 동상에 걸릴 수 있다. 특히, 신발이나 장갑이 젖게 되면 동상이 발생할 수 있으므로, 따뜻한 곳으로 가서 양말, 장갑과 신발을 말린 후에 스키를 즐기도록 한다.

스키장은 눈에서 반사된 자외선의 양이 상당하므로 피부에 많은 자극을 주어 피부노화를 촉진한다. 자외선 차단 로션을 잘 바르도록 하고, 피부노출을 줄여서 손상을 예방한다.

2) 캠핑

최근 캠핑을 즐기는 인구가 급속히 늘어났고, 전국 곳곳에 캠핑을 즐길 수 있는 시설이 많이 만들어 지고 있다. 겨울철 캠핑의 문제점은 바로 추위와의 싸움이다. 수습 시간 이상을 야외에서 지내야하기 때문에 한랭 손상의 예방수칙을 잘 준수하여야 한다.

“운동으로 생산되는 체열이 체온소실량보다 적으면 체온저하 현상이 발생”

침낭, 매트 등 보온장비를 잘 갖추도록 한다. 지면에서 올라오는 한기를 예방하기 위해 여러 겹의 매트 및 침구를 잘 깔도록 하고, 전기 담요 등을 사용하는 것이 좋다.

여벌의 옷, 신발, 양말 등을 충분히 준비해가서 젖었을 경우 바로 준비해온 다른 것으로 갈아입는 것이 저체온증 및 동상 예방에 필수적이다.

캠프파이어나 바비큐 요리에 켜던 화로를 텐트 안에 놓고 자지 않도록 한다. 일산화탄소 중독이나 화재로 이어져 자칫 생명이 위협받을 수 있다.

3) 등산

겨울철 산행은 생각보다 훨씬 위험한 상황이 많으므로 초보자들끼리만 산행을 하는 것은 금한다. 길을 잃어서 조난당하지 않도록 무리한 산행은 금하고, 항상 자신의 위치를 동료에게 잘 알리도록 한다.

난방장비를 잘 갖추어서 만약의 경우에 체온을 잃지 않도록 조심해야 한다. 모자 장갑 등을 잘 착용하여 체온유지에 각별히 주의해야 한다.

여분의 옷, 양말, 신발, 장갑 등이 젖지 않도록 잘 싸서 가지고 가야 되며, 젖었을 경우 바로 갈아입을 수 있도록 한다.

과도한 음주나 고카페인 음료 섭취를 피해야 한다.

4) 마라톤

운동으로 생산되는 체열이 체온소실의 양을 따라가지 못하면 체온저하 현상이 발생할 수 있다. 마라톤 경기 후반부에 체내 글리코겐의 저장이 저하되면 체열생산이 저하 될 수 있으므로 더 위험에 빠질 수 있다.

체온을 유지할 정도로 옷을 충분히 입어야하지만 땀을 흘릴 정도로 입는다면 옷이 젖어서 경기 후반부에 저체온증을 유발시킬수 있으므로 주의한다.

머리나 손으로 인해 방출되는 체열량이 많으므로 모자와 장갑을 착용하여 반드시 체열손실을 예방하여야 한다.

얇은 나일론 소재의 달리기 신발은 동상의 위험성에 취약하므로 주의한다. 신발

“저체온증은 신체의
심부체온이 35℃
이하일 때로 정의”

이 너무 작아 발가락에 자극이 가면 더 손상 받기가 쉬우므로 약간 넉넉한 신발을 신도록 한다.

3. 고립

담요나 두꺼운 옷, 신문지 등을 활용해 최대한 체온을 유지하고 가볍게 몸을 움직여야 한다.

가까운 임시대피소로 이동해야 한다.

휴대폰을 이용 구조요청을 한 후 가족 및 친지에게 상황을 알려야 한다.

구조요청 시에는 스마트폰 등의 GPS기능 또는 국가지점번호판을 활용하여 최대한 정확한 위치를 알려야 한다.

동행자가 있으면 체온을 이용하여 추위를 막아야 한다.

구조요원이나 항공기의 식별이 쉽도록 색깔 있는 옷을 고립장소 위에 펼쳐 두는 것이 도움이 된다.

III. 한파관련 손상

1. 저체온증 관련 인지법 및 응급처치

》저체온증

저체온증은 신체의 심부체온이 35℃ 이하일 때로 정의한다. 한파 등에서 차가운 온도에 노출되었을 때 우리 몸이 열을 잃어버리는 속도가 열을 만드는 속도보다 빠를 때 저체온증이 발생하게 되며 결국 우리 몸의 에너지원의 고갈을 초래하게 한다.

열손실은 물에서 공기보다 30배 정도 빠르기 때문에 눈, 비 또는 침수와 같은 상황에서는 심한 한파가 아닌 온도에서도 저체온증이 발생할 수 있다. 그리고 바람 부는 환경에서 대류에 의한 열손실 역시 증가하여 저체온증에 위험요인이 될 수 있다.

“ 체온이 34℃ 미만으로
떨어지면 기억력과
판단력이 흐려지고
말이 어눌해진다 ”

낮은 체온은 두뇌에 영향을 끼쳐 명확한 의사 결정 및 움직임에 악영향을 끼친다. 이러한 이유 때문에 저체온증에 걸린 사람은 저체온에 대한 인지 및 대응이 어려워지게 된다. 이는 약물이나 음주를 하였을 때 더욱 악화된다.

1) 저체온증의 증상 및 인지법

우리몸이 저체온증에 빠지게 되면 가장 먼저 온몸 특히 팔다리의 심한 떨림 증상이 발생한다. 34℃ 미만으로 체온이 떨어지면 기억력과 판단력이 흐려지고 말이 어눌해진다. 저체온이 지속되게 되면 점점 의식이 흐려지며 결국 의식을 잃게 된다. 저체온증의 악화단계를 인지할 수 있어야 한다.

2) 저체온증의 응급조치

저체온증이 의심되는 증상이 보이면 빠르게 119 신고 및 의학적인 치료를 받을 수 있도록 한다.

응급조치로는 추가적인 열손실을 막으며 우리 몸이 가온 될 수 있도록 하는 것이 중요하다. 열손실을 막기 위하여 젖은 옷을 제거하여 추가적인 열손실을 막고 추운 환경으로부터 환자를 보호해야 한다. 환자의 재가온을 위하여 사지보다는 머리부 위나 몸의 중심부가 따뜻해 질수 있도록 담요나 외투 또는 가능하면 전기담요로 환자를 덮어주는 것이 필요하다. 환자가 의식이 있는 경우 따뜻한 음료가 도움이 될 수 있으나 의식이 없는 환자에게는 흡인을 일으킬 수 있으니 주의한다.

2. 국소한랭손상(동창, 동상) 인지법 및 응급처치

1) 동상

동상은 추위에 신체 부위가 얼게 되어서 발생하는 증상이다. 주로 코, 귀, 뺨, 턱, 손가락, 발가락에 걸리게 되며 동상이 심한 경우 손상을 초래할 수 있어 최악의 경우 절단이 필요할 수도 있는 겨울철 대표 질환이다.

“ 동상에 걸려
괴사상태로 5~6시간
지속적으로 노출시
해당 부위가
썩을 수 있다 ”

동상은 증상초기에는 거의 통증을 느끼지 못하나 따뜻한 곳에 가면 피부가 가렵고 차가운 느낌이 들며, 콧코 찌르는 듯한 통증과 함께 피부가 빨갛게 부풀기도 한다.

동상이 심한 경우 피부가 푸른색이나 검은색으로 괴사하고, 괴사상태로 지속적으로 노출 될 경우 5~6시간 내 발가락이 썩을 수 있다.

》자가로 동상을 인지하는 법(다음과 같은 증상 중 1개라도 있다면 동상임)

피부색이 흰색이나 누런 회색으로 변한 경우

피부의 촉감이 비정상적으로 단단한 경우

피부 감각이 저하된 경우

2) 동창

동창은 영상의 온도인 가벼운 추위에서 혈관 손상으로 염증이 발생하는 것이다. 동상처럼 피부가 얼지는 않지만 손상부위에 세균침범 시 심한 경우 궤양이 발생할 수 있다.

동창은 영상의 온도에서도 발생할 수 있으므로 주의한다.

영상의 온도에서도 꽉 끼는 신발에 땀이 많이 날 경우에는 발생 가능하다.

3) 동상 및 동창을 악화시키는 행동

》꽉 끼는 신발을 신어 발의 혈액순환을 떨어뜨리는 것

종아리까지 덮는 부츠, 운동화에 키높이 깔창을 넣는 것은 발을 조이게 하므로 발 건강에 매우 해롭다.

꽉 끼는 신발을 신은 채 1시간이상 노출 시 동상의 위험은 더욱 높아진다.

》과도하게 양말을 두껍게 신고 신발을 신는 것

너무 두꺼운 양말을 신어 꽉 끼는 신발에 땀까지 나면 신발 속 습도를 높여 동상 위험이 더욱 높아지게 된다.

“ 동상부위를
38~42℃정도 물에
20~40분간 담근다 ”

》 장시간 서있거나 움직임이 많지 않은 상태로 앉아 있는 것
하지가 울혈되어 동창이나 동상을 악화시킬 수 있다.

4) 동상 및 동창 예방요령

땀 흡수가 잘되는 적당한 두께의 양말을 착용하고 편한 신발을 신어야 한다.

신발이 젖게 되면 빨리 발을 빼서 말려야 한다.

추운 곳에서는 가급적 수시로 몸을 움직여 혈액순환이 잘 되도록 한다.

아이들은 두꺼운 양말보다 얇아도 보온성이 좋고 땀 흡수가 잘되는 양말을 신기
고 손을 더 따뜻하게 해주는 병어리장갑을 착용한다.

5) 동상 및 동창 응급조치

동상이 의심되는 경우 원칙적으로 신속히 병원으로 이송하는 것이 최우선이다.

가능한 한 빨리 따뜻한 방으로 옮긴다. 이때 동상 부위는 절대 디디거나 걸으면
안된다.

젖은 의복을 벗기고, 따뜻한 담요로 몸 전체를 감싸준다.

동상부위를 즉시 38~42℃ 정도의 따뜻한 물에 20~40분간 담근다.

따뜻한 물이 없는 경우 신체온도를 이용(겨드랑이에 사이에 넣기)하여 따뜻하
게 한다.

소독된 마른 가제(거즈)를 발가락과 손가락 사이에 끼워 습기를 제거하고, 서로
달라붙지 않도록 한다.

동상 부위를 약간 높게 해서 통증과 부종을 줄여 줄수 있다.

동상 부위는 눈(snow)으로 문지르거나 비벼서는 안된다.

온열패드나 램프, 난로열을 쬌어 직접적인 열에 의한 보온행위는 감각이 떨어진
손상부위의 화상을 입힐 수 있으므로 금기이다.

“ 겨울철에는
관절주변의 인대와
힘줄들이
뻣뻣해지면서
작은 충격에도
쉽게 손상을 받음 ”

3. 기타 손상의 인지법 및 응급처치

1) 겨울철 낙상에 의한 손상

겨울철 기온이 내려가면 관절 주변의 인대와 힘줄들이 뻣뻣해지면서 작은 충격에도 쉽게 손상을 받게 된다. 빙판으로 인한 미끄러짐, 넘어짐, 떨어짐 등에 의한 탈구, 골절, 타박상 등이 발생할 수 있다.

2) 위험군

노인: 골다공증이 있거나, 주변 근력이 약하기 때문에 낙상으로 인한 골절 위험이 높다.

영유아: 성인에 비해 주의력 및 균형 감각이 떨어져 낙상 위험이 높다.

만성 질환자: 퇴행성관절염 환자의 경우 평소 관절 운동에 장애가 있고 균형 감각 역시 떨어지므로 위험도가 높다.

3) 증상

젊은 사람들은 대부분 넘어질 때 체중이 앞으로 쏠리게 되고 이때 손목으로 바닥을 짚게 되어 손목이나 팔꿈치가 잘 부러진다. 노인들의 경우 체중이 뒤로 쏠리면서 엉덩방아를 찧으며 넘어지는 경우가 많아 척추나 엉덩이 관절의 뼈가 부러지게 된다.

골절이나 탈구가 발생하면 심한 통증이 나타나는데 이는 그 부위를 움직이거나 누를 때 더 심해진다. 손상 부위가 비정상적으로 흔들리고 통증 때문에 움직이지 못해 정상적인 기능을 상실할 수 있으며 체액이나 혈액이 손상 부위로 스며들어 붓게 되고 팔다리 모양의 변형이 올 수 있다. 그 외에 감각손상, 근육경련, 마비 등이 올 수 있다.

“부목은 비상시
신문지 뭉치,
잡지, 담요 등의
물건을 사용할 수 있다”

4) 겨울철 낙상 손상 예방요령

낙상으로 인한 골절을 예방하기 위해서는 다리 근육을 강화해야 한다. 근육 강화에는 천천히 걷기가 가장 좋으며 빙판길이 많아 위험한 날에는 실내에서 할 수 있는 스트레칭으로 대체한다.

65세 이상이 되면 주기적으로 골다공증 검사를 시행하고 골밀도가 정상인에 비해 부족하다는 진단을 받으면 적극적인 치료를 하도록 한다.

5) 겨울철 낙상 손상 응급조치

손상이 심하여 홀로 거동이 어려울 경우 119구급대에 도움을 요청한다.

응급 처치를 할 경우에는 환자가 편안해 하는 자세 그대로 움직이지 않게 고정하고 도움을 청하도록 한다

다친 부위가 더 이상 움직이지 않도록 하는 것이 중요하다. 부목 등을 이용하여 묶어서 움직이지 않도록 한다.

부목은 환자의 전신 또는 신체 일부분을 움직이지 않게 하기 위하여 사용하며 대개 부목으로는 나무판을 쓰나 비상시에는 신문지 뭉치, 잡지, 담요나 베개와 같은 물건을 사용할 수 있다.

부목은 다친 부위의 뼈보다 길어야 하고 부드러운 천으로 감싸 피부에 직접 닿아 손상을 주지 않도록 해야 한다.

Ⅳ. 겨울철 건강 취약층을 위한 한파대비

1. 노인 및 소아

1) 노인

노인의 경우에는 한파에 노출될 경우 체온을 유지하기 위한 정상적인 보상 반응이 취약하여 특히 주의를 요한다.

“노인들은
추위노출에 대한
보상 반응이
상대적으로 취약”

추위에 노출되면 우리 몸은 추위를 피하기 위한 행동을 하고, 말초 혈관이 수축되고 신체를 떠는 등으로 체온을 올리기 위한 활동을 하게 되나, 노인의 경우에는 이러한 보상 반응이 상대적으로 취약하다.

노인의 경우, 동절기 이른 아침에 무리한 신체 활동을 할 경우에는 혈압 상승이나 심뇌혈관 질환을 악화시킬 가능성이 있다. 따라서 동절기에 추위에 노출된 이후에는 담요나 난방설비 등으로 신체를 따뜻하게 하고, 이른 아침에 무리한 활동은 삼가야 한다.

동절기에는 도로에 눈이나 얼음으로 인해서 노인의 경우 낙상사고의 위험이 크며, 젊은 성인에 비해서 골밀도가 낮고, 골절을 방지하기 위한 근육이나 지방 조직이 부족하며, 낙상을 막기 위한 신체 반응이 저하되어 골절 등의 외상이 발생하기 쉽다. 흔히 손목골절이 발생하며, 고관절 골절 발생 시에는 폐렴 등의 합병증으로 사망에 이를 수 있다.

이를 예방하기 위해서 눈이 내리거나 도로에 얼음이 있어서 외상의 위험이 큰 시기에는 가급적 외출을 자제하고, 외출 시에는 보폭을 좁게 하고, 장갑을 끼고, 보행 시에 필요하면 보조기구를 이용하는 것이 도움이 된다.

단, 동절기에 신체활동이 매우 제한되면 노인이 가지고 있는 고혈압, 관상동맥질환 등이 악화될 수 있어서 주치의와의 상담 하에 적절한 실내운동을 하는 것이 추천된다.

내분비계 질환이나 뇌신경계 질환, 약물 복용, 감염, 피부질환 등은 저체온증의 위험요소로서 이러한 질병을 가지고 있는 경우에는 주치의와 상의하여 동절기 기간에 적절한 예방과 치료를 받아야 한다. 노인층에서는 동절기가 오기 전에 독감예방주사를 접종하는 것이 추천된다.

동절기 건강 피해를 예방하기 위해서 특히 노인층은 날씨 상황에 대한 정보에 주의를 기울이고, 겨울철 건강 관리를 위한 수칙을 잘 인지하고 있어야 한다.

음주나 약물복용에 주의하고, 충분한 영양섭취와 수분공급을 유지하는 것이 중요하다.

“소아는
반응행동 제약,
체표면적이 크고,
피하지방이 적고,
보상 반응이 취약”

노인층의 가족·친지나 정부 및 관계 기관에서는 노령 인구에게 동절기 날씨 상황에 대한 정보의 전파와 관련 교육을 수행해야 한다. 한파를 대비한 방한복이나 난방 장비의 점검이 특히 중요하다.

2) 소아

소아의 경우에는 한파에 노출될 경우에 추위를 피하고 체온을 유지하기 위한 반응 행동에 제약이 있다. 또한 체표면적이 크고 피하 지방이 적어서 체온의 유지가 어렵고, 몸을 떨어서 체온을 상승시키는 데에 제한이 있다. 결론적으로 소아는 추위에 노출 시에 상대적으로 체온유지를 못해서 저체온증에 이를 위험이 크다.

소아가 야외 활동 등으로 추위에 노출된 후에는 젖은 옷을 벗기고 따뜻한 담요나 난방설비, 따뜻한 음료로 체온을 유지하는 것이 중요하다. 야외 활동은 장시간 지속하지 말고, 주기적으로 따뜻한 곳에서 휴식을 취해야 한다.

동절기에 충분한 영양 섭취와 수분공급을 유지하고 따뜻한 의복을 입혀야 한다. 단, 지나치게 두꺼운 방한복은 소아의 체온을 상승시킬 수 있어서 주의가 필요하다.

선천성 질환이나 만성질환 등을 가지고 있는 소아의 경우에는 주치의와 상의하여 동절기 기간에 적절한 예방과 치료를 받아야 한다.

동절기가 오기 전에 독감예방주사를 접종하는 것이 추천된다.

2. 만성질환자

만성질환은 한파 기간 동안 발생할 수 있는 동상이나 저체온증의 위험 인자로서 잘 알려져 있으며, 일부 만성질환은 한파 기간에 악화될 수 있어서 주의를 요한다.

동절기에 동상의 위험인자로 잘 알려진 만성질환의 종류는 <표 1>과 같다. 이와 같은 질환이나 증상을 가진 환자의 경우에는 동상이 발생할 위험 인자로서 특히 주의를 요한다.

<표 1> 동상 발생에 영향을 미칠 수 있는 만성질환

1. 레이노드 현상 (Raynaud Phenomenon) 및 기타 말초혈관질환
2. 당뇨
3. 말초신경질환
4. 약물 복용(예. 혈관수축작용 약물)
5. 이전 동상 과거력
6. 정신과적 질환
7. 의식장애

“ 내분비계 질환,
중추신경계질환,
약물 중독 등은
저체온증의
위험인자 ”

〈표 2〉 저체온증 발생에 영향을 미칠 수 있는 만성질환

1. 내분비계 질환
 - 저혈당증
 - 갑상성기능저하증
 - 부신피질기능저하증
 - 뇌하수체기능저하증
2. 시상하부 및 중추신경계 질환
 - 두부외상
 - 뇌종양
 - 뇌중풍
 - 워니케 뇌병증 (Wernicke encephalopathy)
3. 약물 중독
 - 알콜
 - 수면제
4. 패혈증
5. 피부 질환
 - 화상
 - 벗음피부염

동절기에 저체온증의 위험인자로 잘 알려진 만성질환의 종류는 〈표 2〉와 같다. 이와 같은 질환이나 증상을 가진 환자의 경우에는 저체온증의 발생위험이 크며 이는 부정맥이나 심정지 등 치명적인 결과에 이를 수 있어 특히 주의를 요한다.

동절기에는 심뇌혈관 질환이 악화될 수 있으며, 이는 한파에 노출된 스트레스 자체에 의해서도 급성심근경색, 급성심정지 등이 직접적으로 발생할 수 있고, 간접적으로는 한파시기 의료서비스 접근성 저하로 만성질환의 악화를 유발할 수 있다.

따라서 이와 같은 피해를 줄이기 위해서 만성질환자는 한파 기간에 추위에 노출되는 것을 최소화하고, 주치의와의 예방 및 치료 상담 하에 적절한 수분과 영양 섭취, 실내운동으로 건강을 유지해야 한다. 또한 주치 의와의 상담 하에 독감예방주사를 접종하는 것을 추천한다.

또한 한파 기간 동안 폭설 등으로 인한 교통마비로 의료서비스 접근에 제약이 발생할 수 있어서 사전에 필요한 약품이나 의료장비를 점검하고 보관하고 있어야 한다.

겨울철 위험기상의 예측능력 향상

김주홍 극지연구소 극지기후변화연구부 joo-hong.kim@kopri.re.kr

- I. 서론
- II. 겨울철의 위험기상 요소
- III. 예측성 향상을 위한 노력
- IV. 예측성의 추가적 향상을 위한 제언
- V. 맺음말

I. 서론

기후변화로 인한 전 지구적 기온상승에 따라 최근 한파, 열파, 호우, 가뭄 등의 이상기후 발생 양상에 변화가 나타나고 있다. 우리나라도 이러한 변화에 예외 지역은 아니어서 혹한이나 혹서현상의 변화로 인해 계절별 전력 사용량 변화와 극한강수현상에 의한 자연재해의 강도 증가로 인한 인명 및 사회경제적 피해 규모의 증가 등이 보고되었다(유희동 등, 2014). 겨울철을 예로 들면, 90년대 후반까지는 우리나라에도 겨울철 기온상승(Ryoo et al., 2004)과 기온변동성 감소가 나타났으나 최근 10여 년간은 오히려 한파 발생빈도가 증가하였고 변동성도 커졌다(표 1; Woo et al., 2012). 최근 실제 경험을 떠올려보면 우리는 지난 2009년부터 2012년까지 거의 매해 극심한 한파의 내습으로 평년 이하의 추운 겨울을 경험하였고, 2014년에는 12월이 시작되자마자 기온이 급락하고 서해 안에 폭설이 내리기 시작하여 겨울의 시작이 강렬하였던 것을 기억할 것이다. 온난화에 따라 나타난 이러한 극한 저온현상에 비추어 겨울철 이상기후의 발생 양상에는 예측성을 위협하는 비선형적 요소가 있음을 시사한다. 그



<표 1> 시장기반조치 유형별 장단점 비교

	한파일	한파일의 기온변동성(°C)	총 기온변동성(°C)
1980년대	384일	5.75	12.30
1990년대	350일	4.67	8.56
2000년대	415일	6.33	12.18

출처: Woo et al., 2012

런데 여기서 “예측성 위협의 요소가 존재하는 것이 꼭 예측성을 낮추는 위협 요소일까?”라는 의문이 생긴다. 무엇이 예측성에 저해가 되었는지 분명히 안다면 오히려 예측성을 높일 수 있는 기회가 될 것이다.

이 글에서는 겨울철 이상기후로 인해 나타날 수 있는 위험기상에 대해 그 정의와 발생 원인을 살펴보고, 지금까지의 예측성 향상을 위한 연구 및 개발 동향을 고찰한 후, 지속적인 예측성 향상을 위한 방향성에 대하여 제언해보고자 한다.

II. 겨울철의 위험기상 요소

우리나라는 통상 11월 하순~12월 초순에 접어들면서 시베리아기단의 영향으로 기온이 하강하고 강수량이 감소하는 겨울에 접어든다. 겨울철의 대기는 대륙기단의 영향으로 대체로 차고 건조하며, 가끔 찬 기단이 따뜻한 해양의 수증기를 머금고 유입되어 눈이 내린다. 이러한 계절적 특성에 비추어 겨울철의 위험기상 요소는 급격한 기온하강에 의한 강추위(한파)와 많은 눈내림(대설)으로 요약될 수 있다.

1. 한파

한파의 발생은 겨울철 유라시아 대륙에 정체되어 있는 시베리아 고기압의 변화와 직접적인 관련이 있으나 동아시아 지역의 한파내습은 시베리아 고기압에서 분리된 이동성 고기압에 의한 독자적 특성이 있는 것으로 알려져 있다(Zhang et al., 1997). 기상청은 24시간 이내에 10°C(15°C) 이상 하강하여 평년값보다 3°C 이상 낮을 것으로 예상될 때 또는 아침 최저기온이 영하 12°C(15°C) 이하가 2일 이상 지속될 것이 예상될 때 한파주의보(경보)를 발령한다. 한편, 한파가 지속된 날의 기온이 특정 값 또는 특정 분위수 값 이하(예: 1% 백분위수 이하)로 떨어졌을 때를 혹한일로 규정하기도 한다(류상범과 권원태, 2002; 유영은 등, 2015). 한파는 건강

이상, 동상, 저체온증 등의 발생 가능성을 높이고, 동결로 인한 계량기, 보일러 및 차량 고장, 빙판길 사고, 농·수산물의 피해를 야기한다. 특히, 한파로 인한 기온이 급감한 후 사망률이 증가하는 경향이 있어 한파의 위험은 생명과도 직결되어 있다(이대근 등, 2013).

2. 대설

대설 또는 폭설은 24시간에 5~20cm 이상의 많은 눈이 내리는 현상으로 기상청은 24시간 신적설이 5cm 이상 예상될 때 대설주의보를 발표하고, 20cm 이상(단, 산지는 30cm 이상) 예상될 때 대설경보를 발표한다. 대설 현상은 육지와 바다의 온도차가 심한 곳, 기단의 변질이 잘 일어나는 따뜻한 바다가 접해 있는 곳, 다습한 공기가 산악효과에 의해 상승이 잘 되는 곳에서 자주 발생하는데(전종갑 등, 1994), 우리나라에서 이러한 조건을 만족하는 다설지로 분류되는 지역은 영동지역, 울릉도, 서해안이다. 지난 30년 간의 대설 빈도가 점점 증가하였는데, 80년대에 동해안과 충청 및 전북 지역에 국한되었던 대설 피해는 2000년대 들어 전국적으로 확산되었다(김현욱 등, 2015). 대설로 인해 비닐하우스와 축사붕괴 등의 농업부문의 피해가 가장 크고, 빙판길 사고의 증가로 인해 재산 및 인명손실도 발생한다. 특히, 인구가 밀집한 도시에서는 눈 예보가 빗나가 적절한 대비가 이루어지지 않으면 도시기능이 마비되는 상황이 올 수 있어 파생되는 피해규모는 급증할 수 있다.

III. 예측성 향상을 위한 노력

지금까지 한파와 대설 같은 겨울철 위험기상 요소들의 발생 메커니즘을 이해하고 예측성을 향상시키기 위한 노력들이 다양하게 이루어졌다. 여기서는 국내 연구진의 과거 및 최근 연구 동향들을 살펴보고, 어떤 예측기술 개발이 이루어졌는지 살펴보기로 한다.

1. 한파

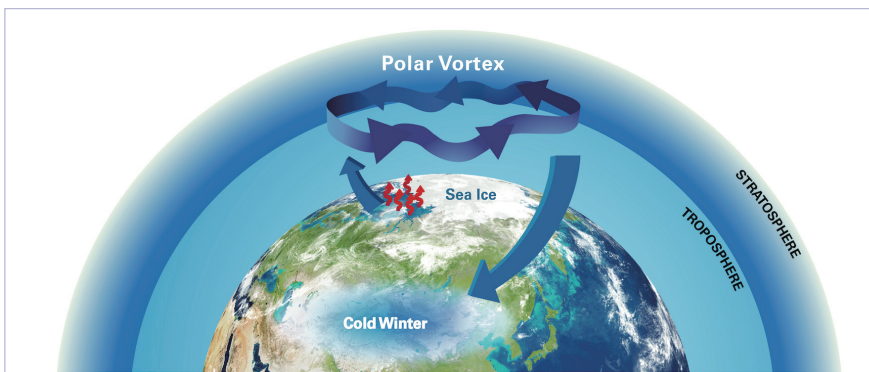
우리나라를 포함하는 동아시아 지역 한파 내습 및 혹한일과 관련된 종관적 특징과 영향을 주는 광역 기후인자들에 대해 국내 연구자들에 의한 많은 선행 연구들이 이루어져 발생원인



및 내습확률이 높아지는 조건에 대한 상당한 과학적 근거가 축적되었다. 80~90년대에 이미 한파 내습의 사례에 대해 북반구 행성규모 순환의 관점과 상층제트류 변동과 연관되어 주요한 종관역학적 메커니즘이 이해되기 시작하였고(Joung and Hitchman, 1982; 정창희와 변희룡, 1987; 임규호, 1995), 전구수치모델을 통해 한파 사례에 대한 예보 연구가 시작되어 한파의 단기수치예보 능력이 검증되었다(이동규와 안영인, 1995). 2000년대 들어서서는 기후적 관점에서 많은 사례의 조합을 통해 한파 내습 과정(Ryoo et al., 2005)과 혹한일의 특징(류상범과 권원태, 2002)들이 정리되었다. 또한, 엘니뇨-남방진동(Chen et al., 2004), 북극진동(Jeong and Ho, 2005), 열대 매든-줄리안 진동(Jeong et al., 2005), 극 성층권 순환(Jeong et al., 2006; Kim et al., 2009)의 기후 인자들이 동아시아 한파와 역학적으로 연관되어 있음이 밝혀졌다. 이전 시기에는 이러한 기후 인자들과의 관계가 잘 정립되지 않아 예측성 저해의 요소였다면, 이러한 인자들의 발굴로 인해 예측성 향상의 근거가 마련된 시점이라 볼 수 있다.

최근에도 대규모 기후변동성과 연관된 한파 메커니즘에 대한 이해 연구는 활발히 진행되고 있다. 역학적인 한파 유형 분류를 통해 기후적 관점에서의 한파개념모델을 정립할 수 있는 근거가 마련되었고(Park et al., 2015), 한파의 지속일로 정의되는 혹한일에 대해 별도로 종관장 특성과 많은 원격기후 인자들의 영향이 분석되어 혹한일의 예측성 향상 요소가 분석되었다(유영은 등, 2015). 지난 수년간 수행된 기상청 기후변화감시 예측 및 국가정책 지원 강화사업을 통해 빙권의 한반도 겨울철 기온예측성 향상 요소의 연구가 이루어졌다. 특히 최

근 온난화에 따른 늦가을-초겨울의 북극해빙이 급격히 감소한 바렌츠해-카라해 해역 해상열속의 급격한 증가를 성층권 극와도 약화와 로스비 파열 형태의 동아시아로의 한파 유입을 만들어내는 지표 강제력으로 밝힌 새로운 관점의 연

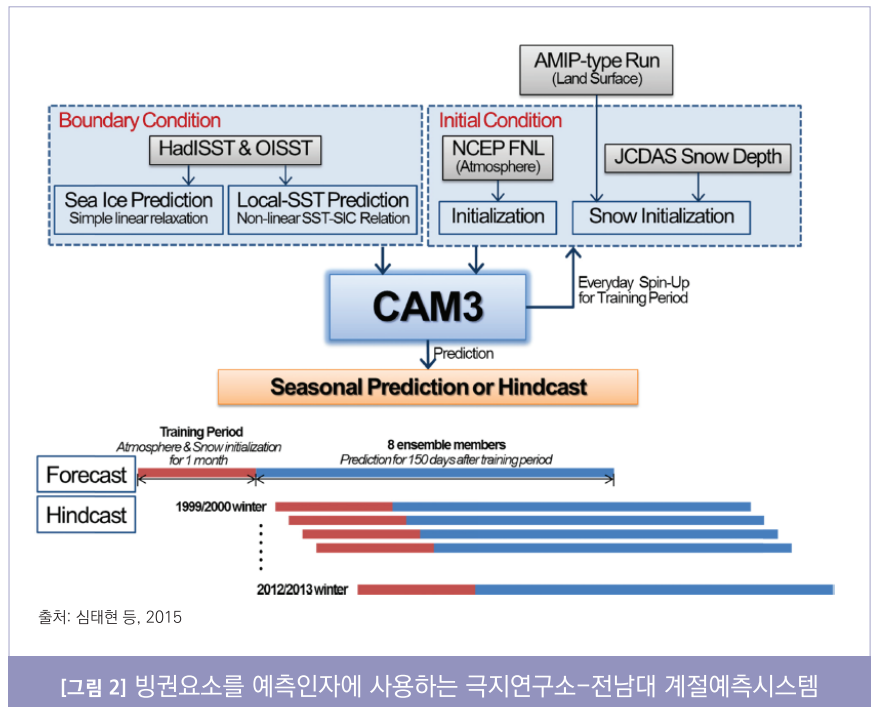


출처: <https://usclivar.org/>

[그림 1] 바렌츠해-카라해 해빙 감소가 성층권 극와도 약화를 통해 한파를 유발하는 메커니즘에 대한 모식도

구는 극심한 한파의 원인이 온난화에 있다는 역설적 시각을 제시하고, 북극해빙이 새로운 예측성 향상의 요소로 부각되는 계기를 만들었다[그림 1; Kim et al., 2014].

한파의 단기에측성을 결정하는 일차적 요소는 수치예보모델을 통한 종관규모 기압계 이동의 예측정확성이 결정하는데 현재 기상청의 한파 단기에보는 상당히 정확한 편이다. 이는 한파 내습은 큰 규모로 일어나므로 우리나라 주변의 국지적 특성에 의해 좌우될 가능성이 약해 중규모 현상에 비해 상대적으로 모델 예측이 안정적인 측면이 크겠지만, 우리나라 한파 유입의 메커니즘에 대해 다양한 규모에서 활발히 연구되어 개념적으로 정립된 것이 예보에 충분히 활용할 수 있었던 면도 꽤 클 것이다. 한편, 중장기에측 측면에서는 앞서 언급한 기상청 기후변화감시 예측 및 국가정책 지원 강화사업을 통해 빙권요소(적설, 해빙)를 예측인자에 사용하는 계절예측시스템이 개발되면서 한파 내습확률을 통한 겨울철 기온의 계절예측성 향상의 새로운 전기를 마련하였다[그림 2; 심태현 등, 2015]. 특히 세계의 많은 계절예측모델들에 여전히 빙권요소 중 해빙 변동을 예측인자로 고려하지 않는 것과 비교할 때 국내 연구진이 구축한 시스템은 선도적인 부분이 있다고 할 수 있다. 현재 국제적으로 해빙의 겨울철 기온 계절예측성 향상



영향에 대해 세계기상기구(WMO: World Meteorological Organization)의 세계기후연구프로그램(WCRP: World Climate Research Programme)의 해빙과거예측프로젝트(Ice-HFP: Sea Ice Historical Forecast Project)를 통해 시작되고 있는 단계이다.

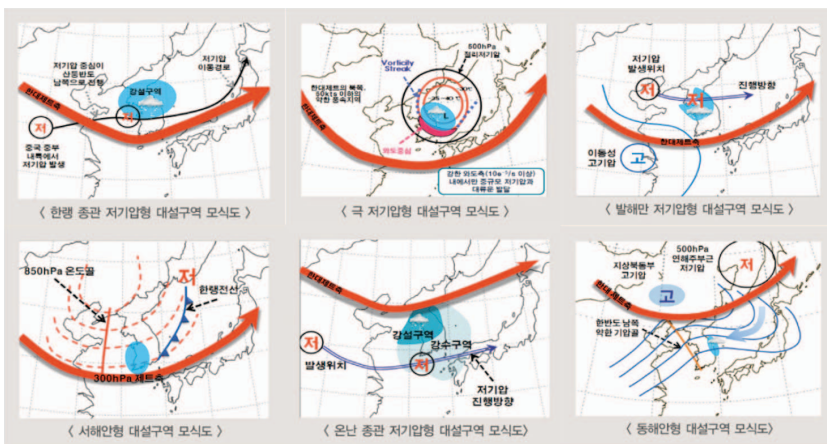


2. 대설

대설은 중규모 강수 현상으로 지역에 편중되어 나타나는 경우가 대부분이다. 따라서 과거부터 최근까지 대부분의 국내 연구진들은 대설 사례에 대한 사후 분석(정창희 등, 1984; 서은경과 전종갑, 1991; 허기영 등 2005; 류찬수 등, 2007; 이진화 등, 2012; 권태영 등, 2014)과 중규모 수치모델을 이용한 사례 모의(홍성유와 이동규, 1987; 이훈과 이태영, 1994; 안중배 등, 1998; 정병주 등, 2005; 이재규와 김유진, 2008)를 통해 사례에 대한 종관역학적 이해를 높이는데 집중하였다. 이보다 수는 적지만 다양한 사례를 통해 지역별 발생 메커니즘을 파악(전종갑 등, 1994; 정영근, 1999)하려는 기후적 관점의 유형 분류 노력과 한반도 전체에 대해 발생 메커니즘 별로 구분하여 일반화하는 연구(정성훈 등, 2006; 최광용과 김준수, 2010)도 수행되었는데, 이러한 일반화를 위한 노력 덕분에 한반도의 대설 발생 메커니즘을 개념적으로 정리할 수 있는 수준에 이르렀다고 볼 수 있다.

꾸준한 연구 결과 우리나라의 대설 발생 메커니즘에 대한 이해는 한층 높아지게 되었고, 이를 바탕으로 기상청은 6가지 대설개념모델(한랭 종관 저기압형, 극저기압형, 발해만 저기압형, 서해안형, 온난 종관 저기압형, 동해안형)을 정립하여 대설예보에 효과적으로 활용하기 시작하였다(그림 3; 예보기술팀, 2011). 대설개념모델이 정립되었지만 사실 대설 사례마다

개념모델을 만들어도 무방할 만큼 대설은 사례별로 특징적인 면이 있다. 최근 2014년 2월 7~10일의 영동대설은 동해안형 대설모형이 제시하는 조건으로 설명되어 개념모형을 예측도구로 활용하여 만족할만한 결과를 얻었지만, 상층제트의 위치 차이 등은 실제 예보 상황에서는 불확실성이



출처: 예보기술팀, 2011

[그림 3] 우리나라 6가지 대설 개념모델

발생할 수 있었을 것이다(김영철 등, 2015). 한편, 단기예측에 도움이 되는 개념모형의 개발과 더불어 중장기 예측과 결부되어 있는 북극진동이나 매든-줄리안 진동 같은 기후적 예측인자에 의한 대설의 영향 연구도 시작되어(Park et al., 2010), 앞으로 대설도 한파처럼 중장기예측 문제로 확장하여 겨울철 강수 예측성 향상으로 연결될 수 있을 것으로 생각된다.

Ⅳ. 예측성의 추가적 향상을 위한 제언

앞서 기술한 바와 같이 지금까지 국내 연구진에 의해 한파와 대설과 같은 겨울철 위험기상 요소의 예측성 향상을 위한 연구 및 기술개발 차원의 노력이 꾸준히 이루어져 온 덕분에 예측성은 과거에 비해 눈에 띄는 향상을 이룰 수 있었다. 물론 앞으로도 연구 및 기술개발은 겨울철 위험기상의 예측성 향상을 위해 크게 이상현상의 과학적 메커니즘 이해를 높이는 분석적인 노력과 신뢰도 높은 예측을 위한 예측인자의 탐지 및 수치모델링기술 고도화가 이루어져 겨울철 예측성 향상에 기여할 것으로 사료된다. 예측성의 추가적 향상 방안을 제언할 때 이러한 겨울철 예측성에 특화된 연구 및 기술개발의 방안들을 보다 상세히 제시하는 방향이 실용적이나 단기부터 중장기까지의 기술적인 면들이 광범위하여 짧은 지면에 모두 기술하기에는 어려움이 있다. 이에 필자는 최근 국내 동향과 세계적 추세를 고려하여 기상청이 정책적으로 주도할 수 있는 예측성의 향상을 위한 방향에 대해 제언하고자 한다. 물론 이 제언들은 기상청에서 이미 주요하게 진행되고 있는 일들이 대부분이나 예측성 향상을 위한 핵심 요소들이기 때문에 본 지면을 통해 강조할 필요가 있다. 기상청이 이러한 점을 염두에 두고 국내의 연구 및 기술개발을 유도한다면 당연히 겨울철 위험기상 예측성의 향상은 수반될 것이다.

앞 절에서 언급한 바와 같이 단기에보 측면에서 겨울철 한파가 올 때의 기온 하강 국면에 대한 예보는 현재 기술수준의 수치모델 예측결과와 한파 유입 개념모델 기반으로도 정확도가 높은 편이다. 하지만 대설과 같은 중규모 강수 현상의 경우는 일기시스템이 한반도 주변에서 시시각각 바껴 강설의 지역, 양, 시간 등 대한 단기에보에 여전히 사례별 편차가 큰 편이다. 겨울철 위험기상의 단기에보에 수치적 정확도를 더하기 위한 단기 처방으로는 여러 현업 기관이 수치모델 예측 자료들을 빠른 시간 안에 수집하고 분석하여 예측성이 좋은 모델의 결과에 더 가중치를 두어 예보를 생산하는 방식으로 강화할 수 있으나, 장기적으로는 최적의 역학·

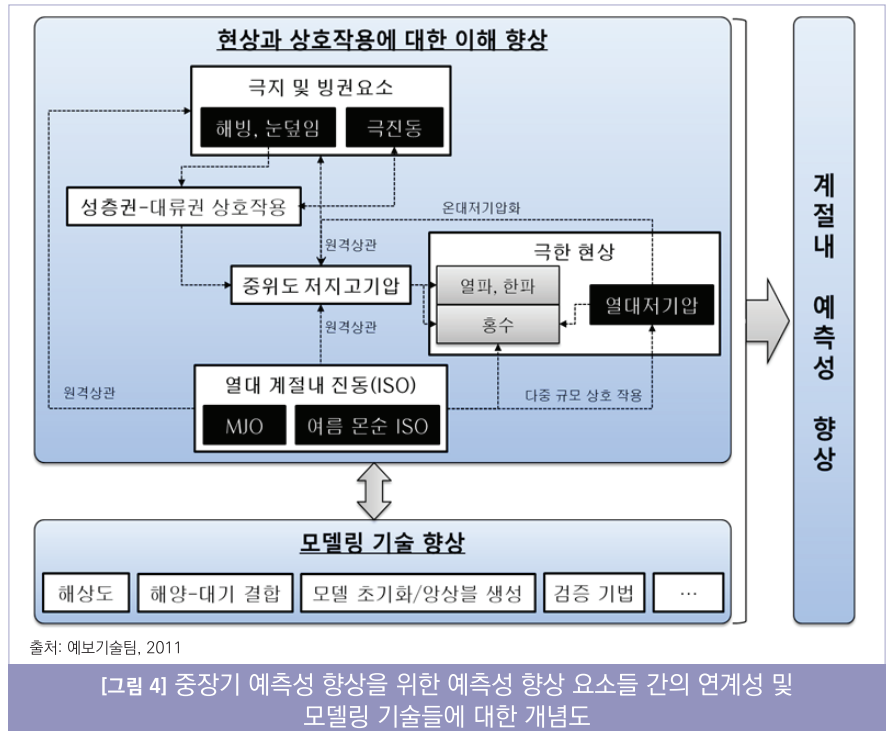


물리과정을 담은 전지구 수치예보모델과 이 모델에 최적화된 자료동화시스템을 개발하여 우리나라의 예측에 강점이 있는지 충분한 테스트를 거친 후에 현재 시스템을 대체해야 할 것이다. 보다 성능 좋은 전지구 수치예보모델 예측장과 이 예측결과를 활용한 고해상도 지역규모 수치모델 예측결과의 활용이 조화를 이룰 때 특히 중규모에서 발생하는 위험기상 예측성의 추가적 향상이 이루어질 것으로 사료된다. 또한, 국지성이 강한 단기예보에는 최종적으로 예보관의 판단이 개입되므로 예측성 향상에는 예보관의 역량 강화도 중요한 것이 특징이다. 경험 많은 예보관들의 예보 경험들이 사장되지 않고 객관적인 예보지침으로 통합 정리될 때, 젊은 예보관들이 그 경험을 습득하여 객관적인 예보를 낼 수 있는 능력을 빠르게 함양할 수 있을 것이다. 이에 더하여 예보지침을 일반에게 공개하여 예보에 관심 있는 학생과 일반인들도 학습할 수 있을 때 능력 있는 예보관이 될 수 있는 잠재적 인적자원도 풍부해질 것이다. 기상청 홈페이지에 예보기술 배움터를 마련하여 모든 사람이 열람할 수 있게 한 것은 이런 점에서 긍정적이며 이를 더욱 강화해야 할 것이다.

세계 각 기관의 현업 예측성 향상을 판단할 때 단기예보만이 기준이 되는 시기는 지났고, 중장기 시간 규모도 중요한 판단기준이 되고 있다. 특히 1주에서 2주 이내의 중기 예측 능력은 이미 현업 예보 기관이 있는 나라들의 기상기술 수준을 가늠하는 척도가 되었고, 현재 2주 이상부터 2개월 내의 장기예측성 향상에 세계적 역량이 모아지고 있는 추세에서 시간규모가 현업 예측성의 판단 기준에 포함될 날도 아주 먼 얘기는 아닌 것 같다. 사실 1~2주일 이상의 중장기 예측성 향상은 다중 앙상블이 가능한 충분한 슈퍼컴퓨팅 파워와 모델의 성능을 최대한 끌어올릴 수 있는 자료동화 초기화 기법뿐만 아니라 예측성의 핵심이 되는 선행 경계조건에 대한 과학적 이해나 실시간 탐지능력 등이 모두 결집되지 않으면 매우 어려운 특수성으로 인해 전통적으로 예측성의 장벽이었다. 하지만 이제는 실현가능성이 있는 얘기가 되었고, 실제 이미 세계적으로 점점 단기와 중장기 예측의 경계가 사라지는 ‘이음새 없는 예측(seamless forecast) 체계’의 개발이라는 큰 혁신적인 흐름이 진행되고 있다. 이러한 추세는 컴퓨팅 파워의 향상과 더불어 예측성 향상의 요소들에 대한 기초 연구와 실험적 예측기술 개발에 따른 과학적 확신(scientific confidence)이 큰 역할을 했다. 겨울철을 예로 들면 수 주 이내로 한 파나 대설 같은 겨울철 위험기상 내습 가능성을 미리 예견해 줄 수 있는 여러 선행 인자들(예: 북극의 해빙면적, 대륙의 눈덮임, 성층권 돌연승온, 매든-줄리안 진동, 열대 해수면 온도 등)

에 대한 수많은 연구 결과들이 그런 역할을 하였기 때문에 중장기 예측성 향상의 목표를 세울 수 있었다[그림 4].

WMO의 WCRP는 세계 기상 연구 프로그램(WWRP: World Weather Research Programme)과의 협조로 국제 S2S(Subseasonal-to-Seasonal) 프로젝트를 발주하였는데, 이 프로젝트는 기상예측과 기후예측이



이제 별도가 아니라 한 프레임에서 가능하다는 이음새 없는 예측으로의 혁신에 가교역할을 할 것으로 기대된다. 우리 기상청은 WMO와 양해각서 체결을 하여 국립기상과학원에 국제 조정사무소(ICO: International Coordination Office)를 설립하여 이 프로젝트에서 핵심적인 역할을 할 수 있는 발판을 마련하였고, S2S의 국내 연구역량의 결집을 위한 기획 연구도 수행하였다(김주홍 등, 2013). 국내 연구역량은 이미 많은 부분에서 세계적인 추세를 선도할 수 있는 단계에 이르렀지만 기상예측과 기후예측 분야 간에는 아직 간극이 큰 것이 현실이다. 물론 전통적 방식으로 각자 연구 및 기술개발이 추진되어 예측성 향상을 이룰 수 있지만 혁신을 이룰 수 있는 예측성 장벽의 시간 규모에서는 분야 간 협력이 필요하다. 이를 위해 국내에 기상과 기후예측의 역량을 결집하여 혁신적 방향으로 이끌 수 있는 매개체가 있어야 한다. 이는 기관간 협의체를 구축할 수도 있고, 사업단의 형태로 꾸려질 수도 있으며, 가장 조직화된 형태로 센터가 주도할 수도 있다. 현재 S2S 프로젝트는 기후예측 전문가의 주도로 진행되고 있는데, 관측기상과 수치예보 분야의 전문가들과 협력하여 이음새 없는 예측 방향으로 연구 및 기술개발 할 수 있는 체계가 마련되어야 한다. 기후예측 모델이 기상현상을 포함하려면



대기성분이 구름 분해 가능한 고해상도에서 비정역학 체계를 갖춰야 하고, 대기 이외의 모델 성분들도 적절한 초기화 과정을 포함해야 한다. 또한 기상예측에서 쓰이는 수준의 자료동화 개념을 활용, 모델 초기화와 앙상블 생성을 하여 장기모델적분이 이루어져야 한다. 국내 역량으로 이 목표를 이루기 위해서는 오랜 시간 노력이 필요하겠지만, 이 방향으로 예측성의 장벽이었던 시간규모에 대해 예측능력 향상을 도모하는 것이 기상과 기후예측을 포괄하는 예측성 향상을 위한 가장 혁신적인 방법일 것이다.

V. 맺음말

이 글에서는 한파와 대설 같은 겨울철 위험기상에 대해 그 정의와 발생 원인을 살펴보고, 지금까지의 예측성 향상을 위한 연구 및 개발 동향을 고찰한 후, 지속적인 예측성 향상을 위해 기상청이 정책적으로 주도할 수 있는 방향을 제언하였다. 한파와 폭설의 효과적인 예측은 사회적 대비 능력을 제고하여 재해로 인한 인명피해와 사회경제적 손실을 줄이는데 이바지 할 수 있으므로 예측성 향상을 위한 노력은 꾸준히 지속되어야 한다. 우선 과학적 이해를 목적으로 하는 기초연구와 프로토타입의 예측기술 개발과 같은 직접적인 겨울철 위험기상 예측성 향상을 목적으로 하는 연구·개발 투자를 지속해야 할 필요가 있다는 제언을 하였고, 포괄적인 측면에서 우리나라의 고유한 상황에 강점이 있는 수치예보모델을 현업에 활용하는 것, 예보 경험들을 객관적 예보지침으로 통합하고 정리하는 것, 장기적으로 단기와 중장기 예측의 경계를 허무는 이음새 없는 예측체계를 개발해야 하는 것을 제언하였는데, 후자는 겨울뿐만 아니라 모든 계절에 해당하는 제언이라 할 수 있겠다.

그 동안의 연구 및 기술개발과 기상 인프라 확충으로 이미 우리나라의 예보기술 수준은 선진국을 많이 따라잡은 상황이다. 최근 단기예보 정확도를 1% 끌어올리는 것은 과거 낙후되어 있을 때에 몇 % 끌어 올리는 것과 비교하여 무척 어려워진 것을 보면 우리나라의 예보기술 수준이 이미 상당히 높다는 것을 반증한다. 중장기 기후예측 분야도 선도적 기술들이 국내의 풍부한 기후연구 역량을 통해 개발되고 있고, 국내 연구진의 연구 결과들은 세계 수준과 견주어도 손색이 없다. 현업에서 독자적인 기술수준을 엄밀히 따져보면 아직 갈 길이 멀어 보이지만, 선진국에 비해 늦은 투자에도 빠른 발전을 하고 있는 것은 고무적이다. 앞으로 독자적

으로 개발된 수치예보모델의 현업화 후 이를 기반으로 하는 독자적인 기후예측모델 개발 노력을 통해 이음새 없는 예측체계로의 혁신을 위한 발판이 마련되기를 기대한다.

참고문헌

- 권태영 등, 2014: 영동 지역 극한 대설 사례와 관련된 종관 환경. 대기, 24(3), 343-364.
- 김영철 등, 2015: 예보관 훈련기술서(고급) - [대설사례2]2014.2.7.~2.10. 영동대설. 기상청 예보기술분석과, 109pp.
- 김주홍 등, 2013: 장기예측연구(S2S) 활성화를 위한 기획 연구. 기상청 국립기상과학원, 176pp.
- 김현욱 등, 2015: 최근 31년간 우리나라 지역별 대설 피해 특성 분석. 한국기상학회 학술대회 논문집, 2015.4, 171-172.
- 류상범, 권원태, 2002: 남한의 한랭 겨울과 혹한일의 기후학적 특성. 대기, 12(1), 288-291.
- 류찬수 등, 2007: 2005년 12월에 발생한 호남대설의 발달 환경에 관한 연구. 한국환경과학회지, 16(12), 1439-1449.
- 박순웅, 김성삼, 1987: 동계 (1985 년 12 월-1986 년 2 월) 한반도 한파 내습시의 동부 아시아 지역의 종관기상 상태. 한국기상학회지, 23(1), 56-90.
- 서은경, 전종갑, 1991: 1990년 1월 29일~2월 1일 한반도에서 발생한 대설에 관한 연구. 한국기상학회지, 27(2), 165-179.
- 심태현 등, 2015: 빙권요소를 활용한 겨울철 역학 계절예측시스템의 개발 및 검증. 대기, 25(1), 155-167.
- 예보기술팀, 2011: 예보관 핸드북시리즈1 - 한눈에 보는 대설개념모델. 기상청.
- 안중배 등, 1998: 중규모 대기/해양 접합 모형을 이용한 한반도 대설 사례 실험. 한국기상학회지, 34(4), 652-663.
- 유영은 등, 2015: 한반도 혹한 발생시 종관장 특성과 대규모 기후 변동성 간의 연관성. 대기, 25(3), 435-447.
- 유희동 등, 2014: 한국 기후변화 평가보고서 2014 - 기후변화 과학적 근거. 기상청, 305pp.
- 이대근 등, 2013: 한국 주요도시에서 겨울철 한파의 질환별 사망률 영향(1991-2010). 한국기상학회 학술대회 논문집, 2013.10, 240-241.
- 이동규, 안영인, 1995: 시간지연 앙상블 예보법을 이용한 한파 예보의 사례연구. 한국기상학회지, 31(1), 79-96.
- 이재규, 김유진, 2008: 북동 기류와 관련된 영동해안 지역의 대설 사례에 대한 WRF수치모의 연구. 대기, 18(4), 339-354.
- 이진화 등, 2012: 영동지역 대설 사례의 대기 하층 안정도 분석. 대기, 22(2), 209-219.
- 이훈, 이태영, 1994: 영동 지역의 폭설 요인. 한국기상학회지, 30(2), 197-218.
- 임규호, 1995, 동아시아 겨울철 한파 내습 기간중 대류권 상하층 바람장의 시공간적 전개. 한국기상학회지, 31(4), 373-392.
- 전종갑 등, 1994: 우리 나라에서 발생한 대설에 관한 연구. 한국기상학회지, 30(1), 97-117.



- 정병주 등, 2005: 2004년 3월 4-5일 한반도 대설 사례의 역학 열역학적 특성에 관한 수치 연구. *한국기상학회지*, 41(3), 387-399.
- 정성훈 등, 2006: 발생기구에 근거한 한반도 강설의 유형 분류. *대기*, 16(1), 33-48.
- 정영근, 1999: 호남지방 대설 발생의 종관환경. *한국지구과학회지*, 20(4), 398-410.
- 정창희 등, 1984: 동해에서의 저기압 발달에 관한 사례 연구. *한국기상학회지*, 20(2), 1-21.
- _____, 변희룡, 1987: 극동 아시아 지역에 한파를 초래하는 대기의 지구 순환에 관한 사례 연구. *한국기상학회지*, 23(2), 23-33.
- 최광용, 김준수, 2010: 우리나라 대설 시 지상 종관 기후 패턴. *대한지리학회지*, 45(3), 319-341.
- 허기영 등, 2005: 2005년 3월 5일에 나타난 부산지역 대설의 발달기구에 대한 연구. *한국기상학회지*, 41(4), 547-556.
- 홍성유, 이동규, 1987: 중간 규모 모델에서의 겨울철 저기압의 시뮬레이션. *한국기상학회지*, 23(1), 35-55.
- Chen, T.-C. et al., 2004: Interannual variation of the East Asian cold surge activity. *J. Clim.*, 17, 401-413.
- Jeong, J.-H., and C.-H. Ho, 2005: Changes in occurrence of cold surges over East Asia in association with Arctic Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L14704.
- _____, et al., 2005: Influence of the Madden-Julian Oscillation on wintertime surface air temperature and cold surges in East Asia. *J. Geophys. Res.*, 110, D11104.
- _____, et al., 2006: Stratospheric origin of cold surge occurrence in East Asia. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L14710.
- Joung, C. H., and M. H. Hitchman, 1982: On the role of successive down stream development in East Asia polar air outbreaks. *Mon. Wea. Rev.*, 110, 1224-1237.
- Kim, B.-M. et al., 2009: Investigation of stratospheric precursor for the cold surge event using potential vorticity inversion technique. *Asia-Pac. J. Atmos. Sci.*, 45, 513-522.
- _____, et al., 2014: Weakening of the stratospheric polar vortex by Arctic sea-ice loss. *Nat. Commun.*, 5, 4646.
- Park et al., 2010: Influence of arctic oscillation and Madden-Julian Oscillation on cold surges and heavy snowfalls over Korea: A case study for the winter of 2009-2010. *J. Geophys. Res.*, 115, D23122.
- _____, et al., 2015: A new dynamical index for classification of cold surge types over East Asia. *Clim. Dynam.*, 45, 2469-2484.
- Ryoo, S.-B. et al., 2004: Characteristic of wintertime daily and extreme minimum temperature over South Korea. *Int. J. Climatol.*, 24, 145-160.
- _____, et al., 2005: Surface and upper-level features associated with wintertime cold surge outbreaks in South Korea. *Adv. Atmos. Sci.*, 22, 509-524.
- Woo, S.-H. et al., 2012: Decadal changes in surface air temperature variability and cold surge characteristics over northeast Asia and their relation with the Arctic Oscillation for the past three decades (1979 - 2011). *J. Geophys. Res.*, 117(D18), D18117.
- Zhang, Y. et al., 1997: Climatology and interannual variation of the East Asian winter monsoon: results from the 1975-95 NCEP-NCAR reanalysis. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 2605-2619.

미래 겨울철 위험기상의 변화

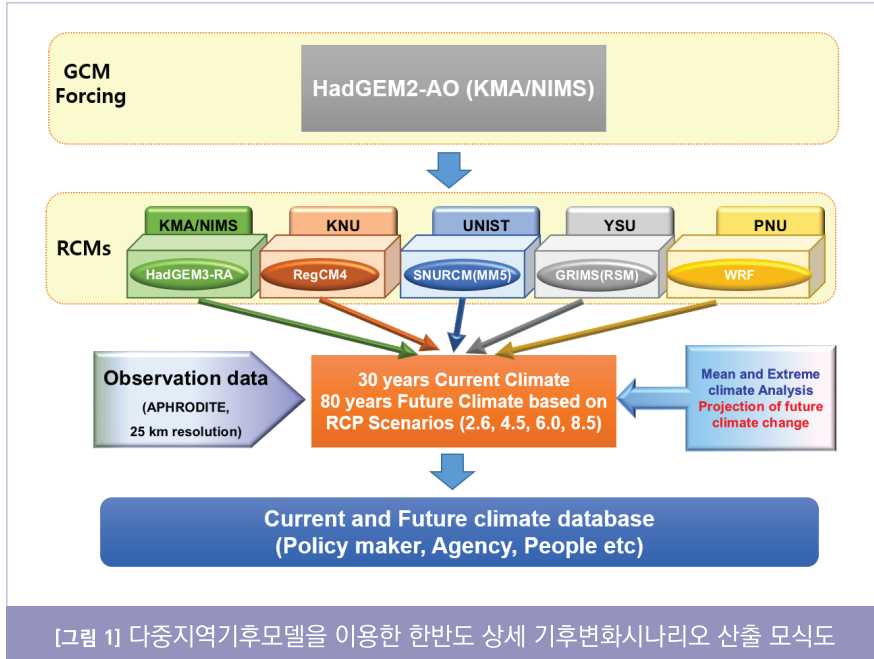
차동현 울산과학기술원 dhcha@unist.ac.kr

- I. 한반도 상세 기후변화시나리오
- II. 겨울철 기후 특성
- III. 겨울철 기후변화 전망
- IV. 결론

I. 한반도 상세 기후변화시나리오

최근 기후변화로 인해 태풍, 집중호우, 폭설, 폭염, 한파와 같은 재해성 기상현상의 발생과 강도가 증가하고 있어 (IPCC, 2013) 미래 기후변화에 대한 전망 정보가 더욱 중요해 지고 있다. 지구 규모의 기후변화와 더불어 나타나게 될 한반도 주변지역의 기후변화를 이해하고 예측하는 것은 향후 가까운 미래에 다가올 심각한 기후변화 적응 및 대처를 위한 정책수립에 필수적인 기술이라 할 수 있다. 지금까지 대부분의 기후변화 연구는 전구기후모델에 의존하였다. 하지만 복잡한 지형과 다양한 기후현상의 영향을 받는 한반도에서 저해상도의 전구기후모델을 이용하여 기후변화 정보를 산출하는 것은 한계가 있다. 지역기후모델은 전구기후모델에 비하여 상대적으로 높은 해상도와 상세한 물리과정을 갖기 때문에 동아시아 및 한반도의 상세 기후변화를 전망하는데 적합하다.

기상청에서는 RCP (Representative Concentration Pathways) 배출시나리오를 기반으로 하는 제5차 기후변화보고서를 대비하기 위하여 전구기후모델(HadGEM2-AO)과 지역기후모델(HadGEM3-RA)을 이용하여 2000



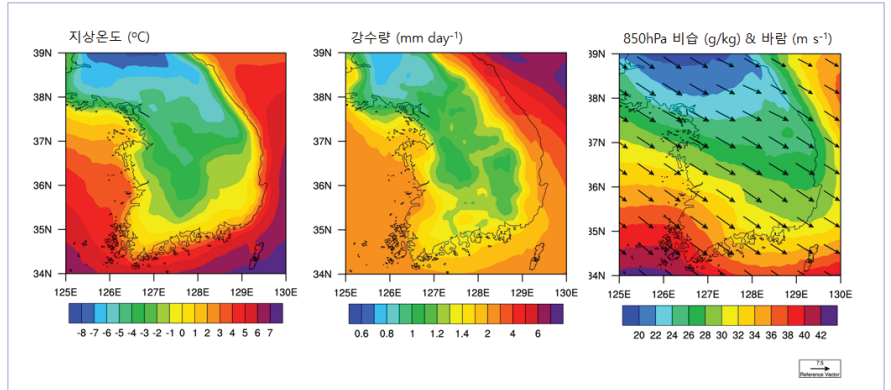
년대 후반부터 기후변화시나리오를 산출하였다. 또한 기후변화시나리오의 다양성 확보 및 불확실성 감소를 위하여 HadGEM2-AO 모델의 전구시나리오를 4개 지역기후모델(RegCM4, MM5, WRF, RSM)을 이용하여 역학적으로 상세화하는 연구를 국내대학과 기상청이 공동으로 수행해 오고 있다[그림 1]. 특히 2012년부터 3년동안 한반도 지

역에 대한 고해상도(12.5km) 기후변화 시나리오를 산출하였다. 본고에서는 5개 지역기후모델이 산출한 상세 기후변화 시나리오에서 나타나는 미래 겨울철 기후변화 전망에 대해 살펴본다.

II. 겨울철 기후 특성

겨울철 우리나라는 대륙성기단의 영향을 받아 상대적으로 차고 건조한 계절특성을 갖는다. 겨울철 상세 기후특성을 파악하기 위하여 5개 모델이 생산한 25년(1981년-2005년) 앙상블결과를 분석하였다[그림 2]. 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있기 때문에 겨울철에는 비열이 높은 해양이 육지보다 더 따뜻하다. 이로 인해 동일 위도상의 내륙보다 해안에서 지상온도가 높게 나타나는데, 특히 남해안 지역과 소백산맥 풍하측에 있는 동남권 지역의 온도가 다른 지역에 비하여 높다. 이외의 지역은 평균 지상온도가 0℃ 이하로 낮다. 강설량을 포함한 강수량의 경우 온도가 상대적으로 높은 해안지역은 200mm 내외의 계절평균 강수량을

갖는 반면 대부분의 내륙지역은 120mm 이내의 강수량을 보인다. 영동지역의 경우 타 지역에 비하여 강수량이 월등히 많은데, 이는 차고 습한 북동풍과 태백산맥의 지형효과로 1~2월 동안 강설이 발생하는 것과 관련이 있다. 겨울철 한반

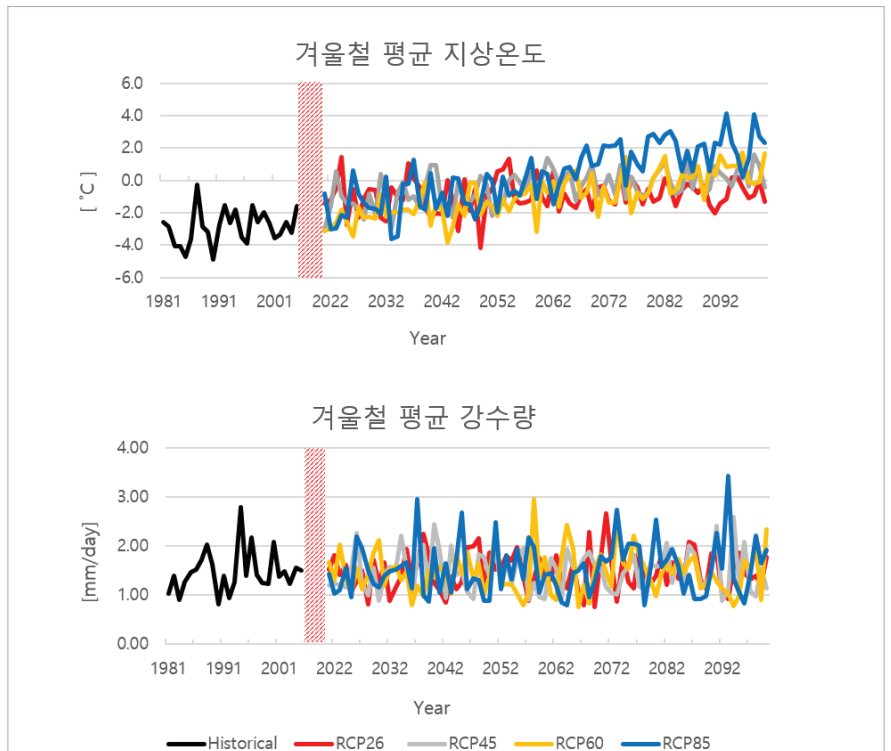


[그림 2] 현재 평균 겨울 기후값

도에는 평균적으로 차고 건조한 북서풍이 지배하여 하층 수증기가 다른 계절에 비하여 적다. 다만 황해에서 유입되는 수증기의 영향을 받는 호남지역은 다른 지역에 비하여 습한 편이다.

Ⅲ. 겨울철 기후변화 전망

우리나라의 기후변화 전망을 RCP 시나리오에 따라 분석해 보았다. 지상온도는 시간이 갈수록 확실한 증가 경향이 나타난다(그림 3). 특히 온실기체에 의한 복사강제력이 강한 시나리오일수록 지상온도의 증가 폭이 커지게 된다. 21세기 후반과 현재기후를 비교할 경우 겨울철 지상온도는 시



[그림 3] 겨울철 평균 지상온도와 강수량의 연변동성

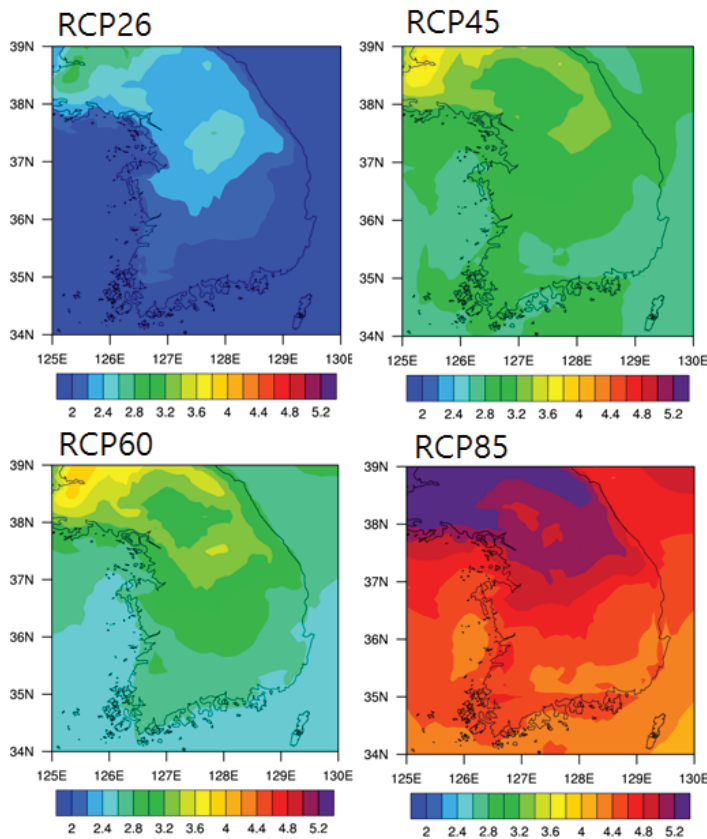


〈표 1〉 현재 25년과 미래 25년에 대한 지상온도와 평균 강수량의
경년변동성

시나리오	지상온도 (oC)		강수량 (mm day-1)	
	평균	표준편차	평균	표준편차
Historical	-2.89	1.05	1.48	0.42
RCP2.6	-0.76	0.62	1.48	0.39
RCP4.5	0.08	0.81	1.53	0.41
RCP6.0	0.25	0.98	1.47	0.43
RCP8.5	1.93	1.10	1.63	0.53

나리오에 따라 2.1~4.8℃ 분포 사이에서 증가할 수 있다(표 1). 이러한 겨울철 온난화 경향은 다른 계절에 비하여 상대적으로 큰 편이다. 미래 겨울철 최고온도의 증가폭과 최저온도의 증가폭은 각각 1.8~4.8℃와 2.5~5.2℃이기 때문에 지상온도의 증가는 최고온도보다는 최저온도 변화의 영향을 더 받는다는 것을 알 수 있다. 강수량의 경우 RCP8.5 시나리오에서 현재에 비하여 21세기 후반 강수량이 약 10% 증가하고 다른 시나리오에서는 뚜렷한 변화 경향이 나타나지 않는다. 주목할 것은 지상온도와 강수량 변화에서 공통적으로 21세기 후반의 지상온도와 강수량의 표준편차가 복사강제력이 클수록 증가한다는 것이다. 이는 미래 온난화가 강해질수록 기후 경년변동성이 커져 폭설, 가뭄, 한파 등 극한현상의 연변화가 더욱 커질 수 있다는 것을 의미한다.

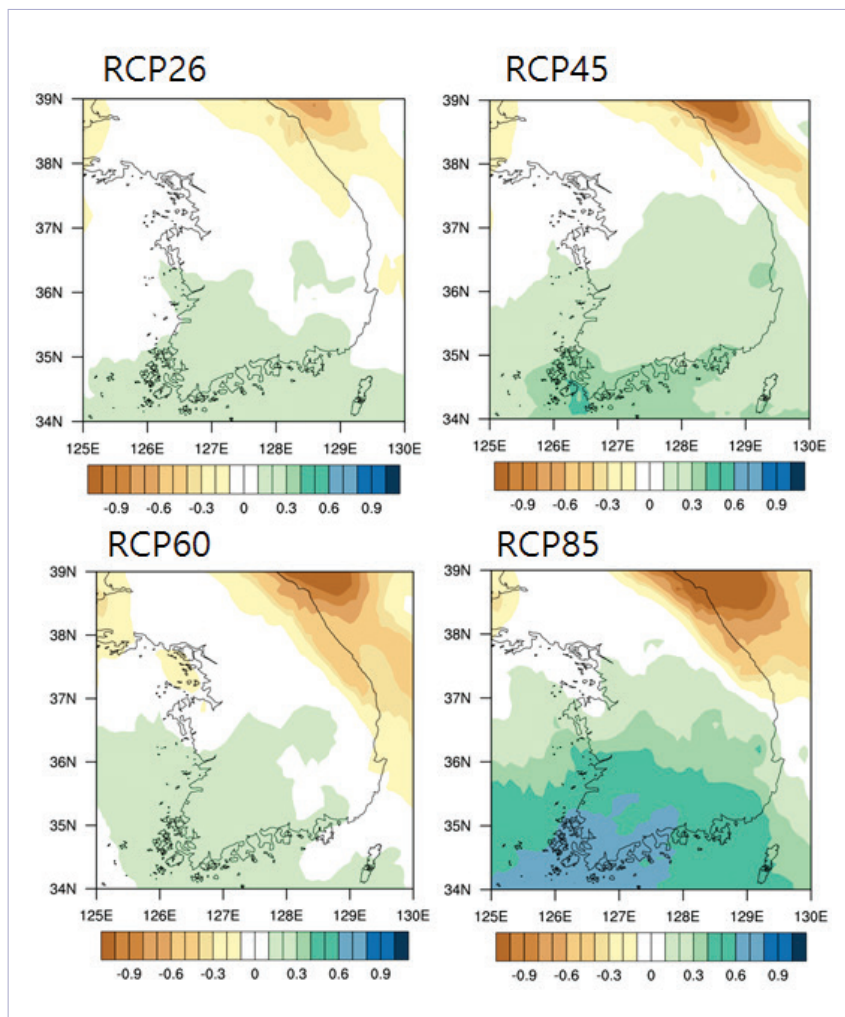
우리나라 겨울철 기후변화의 공간적 특성을 각 시나리오 별로 분석한 결과, 모든 시나리오에서 지상온도가 증가하고, 복사강제력이 클수록 온난화 경향은 커지게 된다(그림 4). 지역별로는 모



[그림 4] RCP 시나리오 별 겨울철 평균 지상온도(℃)의 미래와 현재 차이

든 시나리오에서 한반도 남부지역보다는 중부지역의 온도가 상대적으로 크게 증가한다. 남부 지역의 경우 시나리오에 따라 2~4℃의 증가폭이 나타나는 반면, 중부지역은 3~6℃의 증가 폭이 나타난다. 일반적으로 온난화 경향은 국지적 물리과정 피드백의 차이로 인해 해양보다 육지에서 더 크게 나타나고, 해빙과 적설량의 변화로 인해 여름철보다 겨울철에 더 크게 나타난다(IPCC 2013). 겨울철 우리나라의 온도는 찬 대륙성기단의 영향을 받는데 기후변화로 적설량이 감소하게 되면 알베도의 변화로 인하여 이 기단의 온도가 상대적으로 크게 증가하게 된다. 따라서 대륙성기단의 영향을 많이 받는 중부지역의 온도상승이 커지게 되는 반면, 온난화 경향이 작은 해양의 영향을 받는 남부지역은 온도 증가폭이 상대적으로 크지 않게 된다. 이러한 지상온도의 변화는 앞서 보였듯이 최고온도 상승보다는 최저온도 상승에 영향을 더 많이 받는다.

우리나라의 겨울철 미래 강수량 변화는 지역적으로 큰 차이가 나타난다(그림 5). 모든 시나리오에서 남부지역의 강수량 증가 경향이 나타나는 반면, 강원도 지역에서는 뚜렷한 감소 경향이 나타난다. 이는 최근 큰 사회적 문제가 되고 있는 가뭄 현상이 미래 기후변화로 인하여 남부지역에

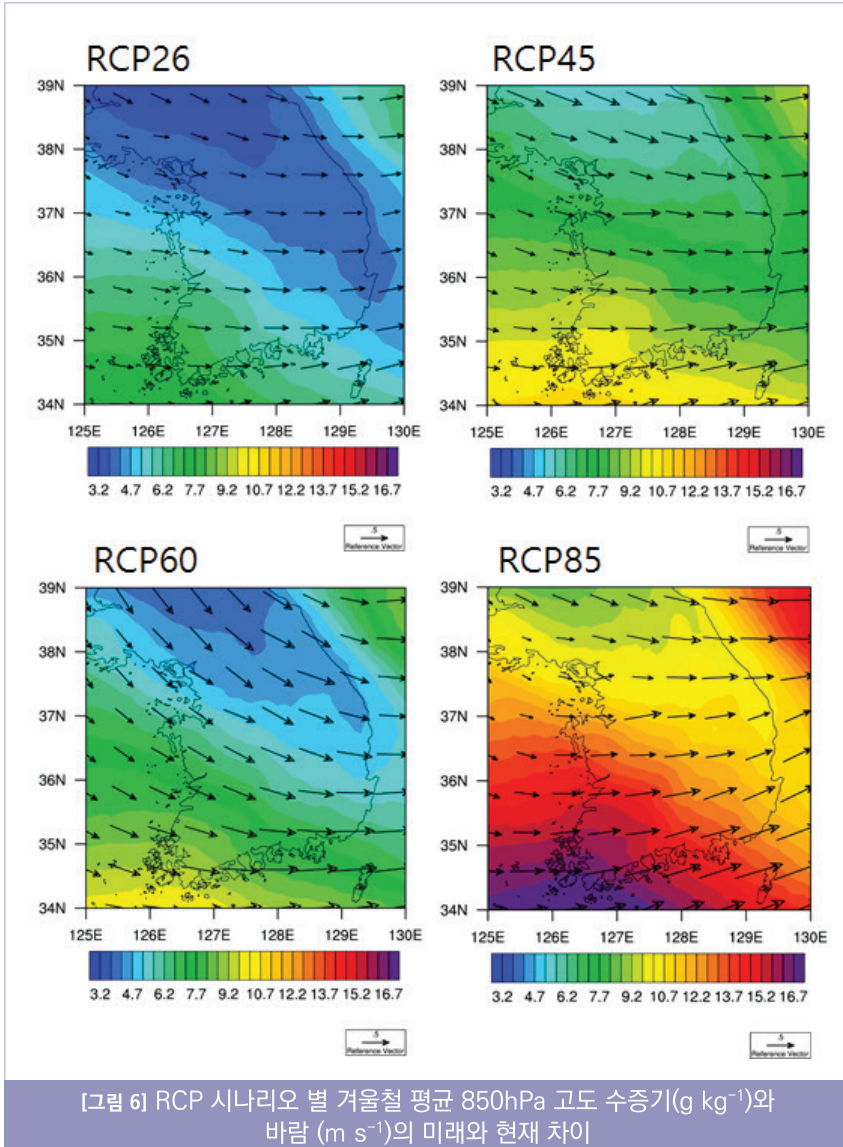


[그림 5] RCP 시나리오 별 겨울철 평균 강수량(mm day⁻¹)의 미래와 현재 차이



서는 줄어들 수 있지만, 강원도를 중심으로 한 중부지역에서는 더욱 심각해질 수 있다는 것을 의미한다.

미래 겨울철 강수량 변화의 원인은 한반도 주변의 수증기와 바람의 변화와 연관될 수 있다[그림 6]. Clausius-Clapeyron 관계에 의하여 미래 온도증가는 대기하층 수증기의 증가를 초래하게 된다. 특히 해양으로부터의 이류가 많은 남서부 지역의 수증기 증가가 뚜렷하다. 또한 미래 온난화로 인하여 한반도 고위도 지역의 기압은 감소하고 저위도 지역의 기압은 상승하여 한반도에서는 서풍 계열의 바람이 강화된다. 이러한 서풍의 증가는 남서부 지역의 수증기 유입을 증가시켜 강수량 증가를 야기하는 반면, 동풍과 산악효과로 형성되는 강원도 지



역의 강설량 감소를 초래하게 된다. 또한 겨울철 서풍의 증가는 중국으로부터 유입되는 미세먼지를 증가시킬 수 있어 이에 대한 대비가 필요할 수 있다.

IV. 결론

5개의 지역기후모델이 산출한 한반도 상세 기후변화시나리오 앙상블결과를 이용하여 미래 우리나라의 겨울철 기후변화 특성을 분석한 결과, 시나리오에 따라 강도의 차이는 있지만 시간적, 공간적으로 유사한 기후변화 특성이 나타났다. 온도는 지역에 따른 차이가 있지만 우리나라 전역에서 증가하고, 강수량은 수증기와 바람의 변화로 인하여 지역에 따라 증가 또는 감소하는 경향이 나타났다. 또한 온도와 강수량의 경년변화는 온난화 경향이 강할수록 증가하는 경향을 보여 폭설, 가뭄, 한파 등의 극한 현상의 연변화가 미래에 더욱 커질 수 있다. 겨울철 기후변화는 산업, 방재, 보건, 환경 등 다양한 분야에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 기후변화에 효율적이고 적절히 대처하기 위해서는 산출된 상세 기후변화 정보를 기반으로 대응전략을 수립하는 것이 반드시 필요하다.

참고문헌

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535pp.

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	봉종현	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
	·A brief introduction to the European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (COST)	Radan Huth	71-81
논 단	·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, 구삼옥	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
	·유/무인항공기를 이용한 기후변화 감시	윤순창, 김지영	85-93
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	허 은	118-119

기상기술정책지 발간 목록

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

칼 럼	· 전지구관측시스템(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 nest 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
	· 이상가뭄에 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	박현중	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	김의근	42-50
	· [도시기후] 대구의 도시 기후 및 열 환경 특성	조명희, 조윤원, 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 ₂) 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		케 크로포드	1-2
정책초점	· 국가기후자료 관리의 중요성		
	· 기후변화통합영향평가에 대한 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
	· 국가기초풍속지도의 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		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		권원태	1-3
정책초점	· 시대의 요구에 부응하는 기상 · 기후서비스		
	· 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	106-115
	· 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

발 간 사	· G20 국가에 걸맞는 기상산업 발전 방향	조석준	1-3
칼 럼	· 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

발 간 사	· 도시기상 선진화, 미래의 약속입니다.	조석준	1-3
칼 럼	· 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

칼 럼	· 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	배덕효, 이병주	42-53
	· 위성자료의 해양 환경감시 활용	황재동	54-65
논 단	· 우리나라의 융합기술발전 정책 방향	이상현	66-72
해외기술동향	· 일본의 원격탐사 활용 및 융합정책	윤보열, 장희욱, 임호숙	73-85
포 커 스	· 레이더 융합행정 포럼 : 레이더운영과	송원화	86-93

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

칼 럼	· 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
	· 해양기상서비스 현황과 정책 방향	김유근	48-57
해외기술동향	· 선진 해양기상기술 동향	우승범	58-67
포 커 스	· 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	허중완, 손홍민	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	57-71
	·기상기후정보 효율성 제고를 위한 융복합 연구	이성중	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	김방엽	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	68-81
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	양충헌	18-29
	· 한파가 농업에 미치는 영향	심교문	30-41
	· 겨울철 한파 대비 건강관리	송경준	42-56
	· 겨울철 위험기상의 예측능력 향상	김주홍	57-68
논 단	· 미래 겨울철 위험기상의 변화	차동현	69-75

「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

METEOROLOGICAL TECHNOLOGY & POLICY

The background of the cover features abstract, flowing wavy lines in shades of light blue and lavender, creating a sense of movement and depth.

Volume 8, Number 2

33, Seohobuk-ro, Seogwipo-si, Jeju-do, 63568, Korea
TEL. 064-780-6533 | FAX. 064-738-9071
<http://www.kma.go.kr>