



# 기상감정 사례집



도로살얼음편



기상청



한국기상산업기술원  
Korea Meteorological Institute





# CONTENTS

<b>사례집 이용안내</b>	00
<b>기상감정 가상사례 1</b>	03
0 사건 개요	04
1 의뢰내용	06
2 조사내용	07
3 기상감정 결과 및 의견	08
4 별첨자료	11
<b>기상감정 가상사례 2</b>	29
0 사건 개요	30
1 의뢰내용	32
2 조사내용	33
3 기상감정 결과 및 의견	37
4 별첨자료	41





# 사례집 이용안내



- 01 이 사례집은 도로살얼음과 관련된 기상감정의 가상 사례를 소개하였음
- 02 본 사례는 가상이며, 특정 지명 및 인물과 관련이 없음
- 03 본 사례의 내용은 사례 예시 및 소개를 위해 실제와 일부 다를 수 있음
- 04 본 사례는 「기상감정 표준매뉴얼」(2017년)의 양식을 기반으로 작성하였으며, 기상감정사의 감정서를 최대한 반영하였음
- 05 본 사례집은 도로살얼음(블랙아이스)에 의한 유사 사례에 대해 차별화된 두 가지 감정 기법을 소개하고 있으며, 자료분석 방식 차이는 아래와 같음  
 ※ 기상감정사에 따라 분석내용에 일부 차이가 있을 수 있음

분석 순서	가상사례 1		가상사례 2	
	분석자료	분석목적	분석자료	분석목적
1	사고 당일 인근지역 사진	어는 비 현상 분석	지상 및 상층일기도	사고 시각 어는 비에 의한 도로살 얼음 발생여부 분석을 위한 종관 분석
2	인근(창원) 단열선도	대기 구조에 따른 어는 비 발생가능성 분석	인근(소보) AWS지점 KLAPS 예상대기선도(단열선도)	어는비 발생여부 분석
3	강수량 분포도	사고지점 강수현상 유무 확인	인근 AWS 관측자료 및 KLAPS 기온-온도 분포도	강수형태 분석
4	경찰 조사 기록	현장 조사기록 확인	레이더영상	강수 및 수상체 분석
5	지형도	지형적 특성에 따른 기상 현상(강수) 발생가능성 분석	기상청 예보자료(단기예보, 위험기상정보, 동네예보)	사고지점 강수 및 위험기상 예측 분석
6	인근(상주, 군위) AWS	강수현상 확인	어는비 발생조건과 인근(소보) AWS 지점 KLAPS 예상 대기선도 비교	사고와 어는 비의 인과 관계 분석
7	레이더영상	사고현장 기상현상(눈/비) 분석	저기압 시스템 어는비 발생 모식도 및 레이더 수상체 관측 영상 비교	어는 비에 의한 도로살얼음 발생 규명
8	인근 AWS 시계열자료	사건 전날 인근 지역 최고 기온, 상대습도 확인	사고 당일 유사 사고 기사	어는 비에 의한 교통사고 사례 분석
9	사고지점 노면온도 추정	교각 특성 반영 노면온도 및 포화수증기량 추정		
10	관련 세미나 자료	도로살얼음 관련 사례분석 자료 참고		

- 06 사례집에 관한 문의 및 누리집
  - 한국기상산업기술원 산업성장본부 기상산업정책연구실(070-5003-5215)
  - 한국기상산업기술원 누리집(www.kmiti.or.kr)





# 01

## 기상감정 가상사례

한국기상감정사협회 기상감정사 | 김동호

- 0 사건 개요
- 1 의뢰 내용
- 2 조사 내용
- 3 기상감정 결과 및 의견
- 4 별첨 자료





## 경북 영천 민자 고속도로 다중 추돌 사건 개요

의뢰인(이○○)은 경북 영천 민자 고속도로 영천지역 담당 관리자로 근무했었다. 의뢰인이 근무했던 2019년 12월 14일에 의뢰인이 담당하는 구역 도로에서 10중 추돌 사건이 발생했다.

사고는 경상북도 영천시 신녕면 ○○리 000 영천 민자 고속도로 영천방향 26.2km 지점에서 발생하였다. 원인은 도로살얼음으로인한 미끄러짐으로 추정되며, 인명 피해는 없었지만 차량끼리 연쇄추돌하여 차량 10대가 파손되는 교통사고였다.

교통사고에서 최종 가해자 박□□씨는 주행 중 전면에서 차량들이 서로 추돌하는 것을 보고 속도를 감속하고 현장을 우회하려고 했으나, 도로가 미끄러워 차량의 조향 능력을 상실하고 앞차를 추돌했다고 진술했다. 박□□씨는 분명히 안전거리 미확보이지만 천재지변이므로 쌍방과실이라 주장하고 있다.

그러나 박□□의 차량보험 상태는 자차 200만 원, 대물배상 5,000만 원뿐이고, 사고 차량 중에는 영업용 택시와 고급 외제 승용차가 포함되어 있어 쌍방과실로 과실상계해도 배상금, 영업손실, 휴차료 등 본인이 감당하기 어려울 정도의 많은 금액을 보상해야만 한다.

그러자 박□□은 전날 기상청에서 도로살얼음을 예보했고(첨부 8), 고속도로 관리주체는 교통안전을 위해 고속도로를 수시로 점검하고 보수할 의무가 있다면서, 경북 영천 민자 고속도로를 상대로 손해배상 청구소송을 제기하여 현재 법원에 계류 중에 있다.

소송을 당한 경북 영천 민자 고속도로에서는 당일 근무자인 의뢰인을 근무태만의 이유로 창고관리 부서로 인사조치를 하여, 의뢰인은 현재 대기발령 중에 있다. 의뢰인은 영천 관리사무소 한자리에서 7년 동안을 성실히 근무했는데 근무태만에 의한 인사조치는 불합리하다고 생각했다. 그러나 당시 경찰의 수사 기록(첨부 16)은 업무상 주의 의무 태만으로 의뢰인에게 불리했다.

그러나 의뢰인은 근무당시 근무수칙(첨부 17)에 따라, 당일 02:00에 의뢰인이 근무하는 사무실로부터 약 12km 떨어진 사고현장을 순찰하는 등 성실히 근무했으며, 사고 시점인 04:00~07:00에는 의뢰인이 근무하는 사무실 부근에는 강수현상이 전혀 없었고, 고속도로 양방향 모두 정상적으로 차량이 소통(첨부 15)하고 있었다고 주장하며, 본인의 명예를 회복하기 위하여, 사고 당시에 도로살얼음 발생에 관한 기상감정을 의뢰했다.

# 기 상 감 정 서

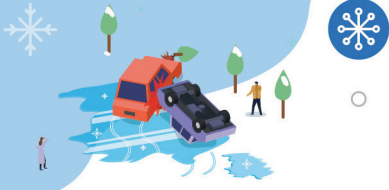
1. 업체명: 한국기상감정사협회
2. 대표자: : ○ ○ ○
3. 기상감정사: 김 동 호
4. 계약명: 경북 영천 고속도로살얼음 감정

위 계약에 따라 기상감정서를 발급합니다.

2020년 4 월 20 일

한국기상감정사협회

직인



## 1 의뢰내용

1) 감정대상 일시 : 2019년 12월 14일, 04:00 ~ 06:00

2) 감정대상 장소 : 경상북도 영천시 신녕면 연정리 987 영천 민자 고속도로 ○○방향 ○○ 교각 도로

### 3) 기상감정 목적

- 의뢰인 이○○씨는 경북 영천 민자 고속도로 영천지역 담당 관리자로 근무 중인 2019년 12월 14일에 의뢰인이 담당하는 구역 도로인 경상북도 영천시 신녕면 ○○리 000 영천 민자 고속도로 영천방향 26.2 km 지점에서 도로살얼음으로 추정되는 미끄럼 사고로 차량이 연쇄 충돌해 인명 피해는 없었지만 차량 10대가 파손되는 교통사고가 발생했다.
- 사고의 최종 가해자 박○○은 전날 기상청 예보에 도로살얼음을 예보했고, 고속도로 관리 주체는 교통안전을 위해 고속도로를 수시로 점검하고 보수할 의무가 있다면서, 경북 영천 민자 고속도로를 상대로 손해보상 청구소송을 제기하여 현재 법원에 계류 중에 있다.
- 소송을 당한 경북 영천 민자 고속도로에서는 당일 근무자인 의뢰인을 근무태만의 이유로 창고관리 부서로 인사조치를 했다. 그러나 의뢰인은 근무당시 근무수칙에 따라, 당일 02:00에 사무실로부터 약 12km 떨어진 사고현장을 순찰하는 등 성실히 근무했으며, 사고 시점인 04:00~07:00에는 의뢰인이 근무하는 사무실 부근에는 강수현상이 전혀 없었고, 고속도로 양방향 모두 정상적으로 차량이 소통하고 있었다고 주장하고 있다.
- 따라서 의뢰인은 2019년 12월 14일 04시~06시 경에 경상북도 영천시 신녕면 ○○리 000 영천 민자 고속도로 영천방향 ○○ 교각 도로에 발생한 도로살얼음(첨부 1 참조)에 관한 기상감정을 의뢰하였다.

4) 의뢰인 주소 : 경상북도 군위군 □□읍 ○○리

5) 의뢰인 성명 : 이○○

## 2 조사 내용

### 1) 조사기간

- 2020년 04월 22일 ~ 04월 25일

### 2) 사전조사 : 감정 대상지역의 환경

- 감정대상 지점은 경상북도 영천시 신녕면 ○○리 000 영천 민자 고속도로 ○○교각으로 영천 방향 26.2 km 지점에 위치한 곳이다(첨부 2).
- 사건 장소인 ○○교각은 첨부1의 교통지도에서 보는바와 같이 계곡에 위치하고 있어 동절기에는 평지보다 기온이 낮은 분포를 보이게 된다(첨부 3, 첨부 11).

### 3) 현장조사

- 2020년 04월 23일

### 4) 자료 분석

- 2019년 12월 14일의 지상일기도에 의하면 전일(13일) 서울 경기 지방을 중심으로 약간 강수를 내렸던 전선을 동반한 저기압이 동쪽으로 이동해, 우리나라는 전국이 대체로 맑을 것으로 보인다(첨부 4).
- 다만 한랭전선 끝자락에서 13일 밤부터 14일 사이에 경상 동해안을 중심으로 구름이 많고 산발적인 강수가 있을 것으로 예상할 수 있다.
- 기상청 2019년 12월 13일 새벽 5시에 통보한 단기예보에서도 경상북도 군위군이 위치한 경상내륙에 아침까지 산발적으로 빗방울이 날리거나 눈 날림 예보가 있었으나, 강수량은 예보 되어 있지 않고, 다만 유의사항에서 도로살얼음에 의한 교통안전 유의 할 것을 예보했다.
- 그러나 사고 지역인 경상북도 상주 지역은 맑고(강수확률 0), 아침 최저 기온은 -3℃를 예측했다(첨부 8).



## 5) 참고자료 및 출처

- 첨부 1. 도로살얼음 발생 기작
- 첨부 2. 감정대상지역의 교통지도
- 첨부 3. 사고 현장 사진
- 첨부 4. 감정대상 시점의 지상 일기도
- 첨부 5. 사고 당시 상주시내 거리의 풍경
- 첨부 6. 감정대상 시점의 포항 단열선도
- 첨부 7. 감정대상 시점의 강수량분포
- 첨부 8. 당시 예보문
- 첨부 9. 사고 지점 부근 기상청 AWS, 레이더 강수량 자료
- 첨부 10. 기상청 군위 AWS, 13~14일 AWS 자료
- 첨부 11. 계곡을 통과하는 교각과 노면의 온도 관계
- 첨부 12. 기온과 포화수증기량과의 관계
- 첨부 13. 도로살얼음 사례연구
- 첨부 14. 사고 후의 도로 상태
- 첨부 15. 사고 당시의 고속도로 교통상황 CCTV영상
- 첨부 16. 당시 경찰 수사 기록
- 첨부 17. 영천 관리소 근무 수칙

## 3 기상감정 결과 및 의견

### 1) 기상감정 결과 및 의견

- 첨부 5는 사고 당일인 14일 아침 상주시내의 거리 풍경이다. 사진만 보면 겨울철 새벽에 단순히 비오는 풍경으로 보일 수 있다. 그리고 하단 사진을 보면 눈이 쌓인 길로 착각할 수 있으나, 전에 온 눈들이 인도에서 모두 흘러 내려가 차도에 쌓여 있는 상태로 정작 인도는 눈이 아닌 비가 내리면서 영하의 날씨에 얼어붙어 마치 노면이 얼음으로 코팅한 것처럼 보이는 어는 비 현상이란 것을 알 수 있다.



- 첨부 6은 사고현장에서 가까운 포항의 단열선도로 대기기온 구조에 따른 강수형태의 비교 그림에서 어느 비의 출현을 모식하는 3번과 일치하는 것을 볼 수 있다.
- 그러나 사고 당일인 14일 감정대상 지점인 영천 부근에는 강수현상이 없었다. 사고 전일인 13일 경상북도에는 기상청 관측지점 상주, 군위, 영천을 기준으로 강수현상이 없었다(첨부 7), 그리고 당일인 14일 경상북도 전역에 대한 예보는 맑음이고, 포항(10%)과 경상남도의 강수확률만 20%로 강수 가능성은 적어 경찰의 조사와는 약간의 차이를 보인다(첨부 8).
- 경북 영천 고속도로는 첨부 2의 교통지도를 보면 북쪽으로부터 상주, 중간에 군위 그리고 남쪽에 영천이 위치하고 있다. 기상청 AWS 관측자료에 의하면 가장 북쪽에 있는 상주관측소만 03:00~04:00에만 1mm의 강수가 있었고, 중간 지점인 군위에서는 강수 흔적(trace)만 있는 강수량 0.0mm였다. 도로살얼음 사고가 난 시간대인 3시 40분~4시 40분까지의 레이더 영상과 눈/비 영역을 보면, 군위군에 약한 진눈깨비가 있었다. 그러므로 이 사고는 어느 비에 의한 도로살얼음이라고 보기에는 다소 무리가 있다(첨부 9).

## 2) 기상요소와 발생사고와의 인과 관계

- 첨부 10의 기상청 AWS 자료에서 사건 전날인 13일, 군위 지역 기상상태는 비교적 맑은 날씨에 최고기온은 7.7℃였고. 대기가 안정되기 시작하는 19시에는 기온 2.9℃에 상대습도는 60%였다.
- 사고지점의 온도는 사고 지점이 계곡을 지나는 교각임을 고려하여 첨부 11에 따라 감정대상 지점인 제1교각의 노면온도를 -7.0℃라 추정할 수 있다.
- 그러면, 제1교각 주변 공기의 수증기량은 첨부 12의 기온과 포화수증기량의 관계에 따라 포화수증기량의 60%로 공기 1m<sup>3</sup>당 3.5g이 들어 있다고 볼 수 있다. 그런데 다음날 14일 새벽에는 교각의 노면 온도가 -7.0℃ 가 되면서, 포화수증기량은 2.9g로 줄어들게 된다. 결국 공기 1m<sup>3</sup>당 0.6g의 응결이 일어날 수 있다. 응결된 물은 교각의 온도가 -7.0℃이므로 차가운 표면에 서서히 결빙하여 투명한 살얼음으로 변하게 된다. 이렇게 강수 없이 도로살얼음이 발생하는 것은, 전날 기온이 높고, 당일 아침 최저기온이 낮을수록 잘 발생하게 된다.
- 이 결과는 2020년 도로살얼음 예측 및 대응 포럼에서 세종대학교 박OO 교수가 사례 분석한 결과와도 잘 일치하는 것을 볼 수 있다(첨부 13).



### 3) 의견

- 첨부 2의 교통지도를 보면 영천 관리사무소는 사고현장에서 약 12km정도 떨어져 있고, 평지 도로면이고, 당시의 기온이 영상 1.1℃ 정도로 기온 냉각에 의한 수증기 응결은 기대할 수 있는 상황이 아니다. 그리고 도로살얼음은 노면온도에 종속되는 아주 국지적인 기상현상이다.
- 도로 살얼음은 얇고 투명해서 해가 뜨면, 태양열에 검은색 아스팔트가 쉽게 가열되어 살얼음은 빠르게 사라진다. 그래서 첨부 14의 사고현장을 보면 눈이 쌓여있거나, 비온 흔적을 찾을 수 없다.
- 현장에 비나 눈이 오고 있지 않고, 고속도로 양방향 모두 소통이 원활하며(첨부 15 참조), 불과 2시간 전에 근무 수칙에 따라 현장을 순찰했는데, 기상예보에 도로살얼음이 예보됐다고, 국지현상인 도로살얼음을 대비하기는 현실적으로 매우 어려운 실정이다. 도로살얼음을 미리 예측하지 못해서, 제설작업을 하지 않았다고 관리태만으로 도로관리 업체 직원인 의뢰인에게 책임을 묻는다는 것은 너무 가혹한 처사라 사료된다.

### 4) 관련 전문가 자문(해당사항 있을 경우 작성)

- 해당 없음

## 4 별첨자료

### 첨부 1 도로살얼음 발생 기작

#### 도로살얼음

도로살얼음이란 겨울철 도로 위에 낮 동안 내린 눈이나 비가 아스팔트 도로의 틈새에 스며들었다가, 밤사이에 도로의 먼지 등과 섞여 도로 위에 얇게 얼어붙은 것을 말한다.

‘도로결빙 현상’이라고도 하며, 얼음이 워낙 얇고 투명하므로 도로의 검은 아스팔트 색이 그대로 비쳐 보여서, 검은색 얼음이란 뜻의 ‘블랙아이스’란 이름이 붙여졌다.

보통 터널의 입구나 측구, 그늘진 도로, 교각 위, 호숫가 주변처럼 습도가 높은 지역에 많이 발생한다.

#### ※ 도로살얼음을 발생시키는 원인

- 쌓인 눈이 녹았다가 다시 언 경우
- 약한 비 또는 수도관 누수 등의 원인으로 물이 고여 있는 상태에서 기온이 급격히 내려가는 경우
- 지표부근의 기온이 낮은 상태에서 과냉각 상태의 비(어는 비)가 내리는 경우
- 기온이 떨어지고 습도가 증가하는 경우



## 첨부 2

## 감정대상지역의 교통지도



사고 현장은 경북 영천 민자 고속도로 상이며, 영천에서 군위 방향으로 26.2km 떨어진 곳이다. 사고현장에서 영천방향을 약 12km 떨어진 곳에 영천 도로관리 사무소가 있다.

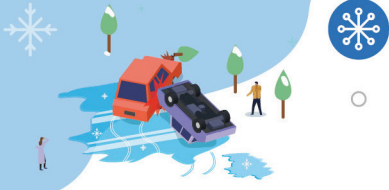
첨부 3 사고 현장 사진



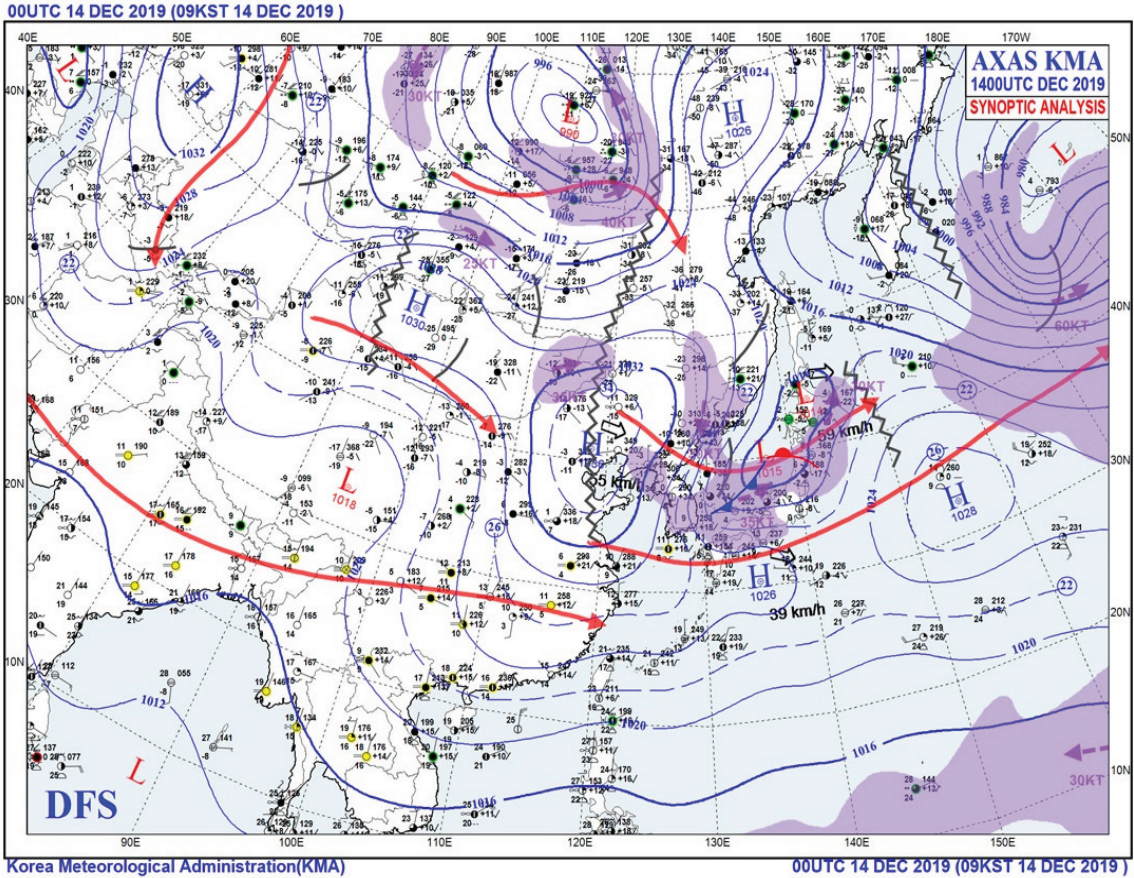
(이해를 돕기 위한 참고 사진입니다.)

사고현장인 ○○교각은 좌우가 산인 계곡에 위치하며, 높이가 지상 약50m 정도이다.





## 첨부 4    감정대상 시점의 지상 일기도



2019년 12월 14일의 지상일기도에 의하면 전일(13일) 서울 경기 지방을 중심으로 약간 강수를 내렸던 전선을 동반한 저기압이 동쪽으로 이동하고, 우리나라는 전국이 대체로 맑을 것으로 예상된다. 다만 한랭전선 끝자락에서 13일 밤부터 14일 새벽 사이에 동해안을 중심으로 구름이 많고 산발적인 강수가 예상된다.

첨부 5 사고 당시 상주시내 거리의 풍경



(이해를 돕기 위한 참고 사진입니다.)

사고 당시의 상주 시내거리 풍경이다. 사진만 보면, 겨울철에 단순히 비오는 풍경으로 보일 수 있다. 그러나 사진에는 보이지 않으나 인도 곳곳이 얼음으로 얼어 붙어 있었다. 이때 내린 비는 단순히 겨울비가 아니고 어는 비(凍雨)였다. 영하의 빗방울(과냉각 수적)이 차가운 도로 노면에 내리면서 얼어붙은 소위 블랙아이스 현상이다.



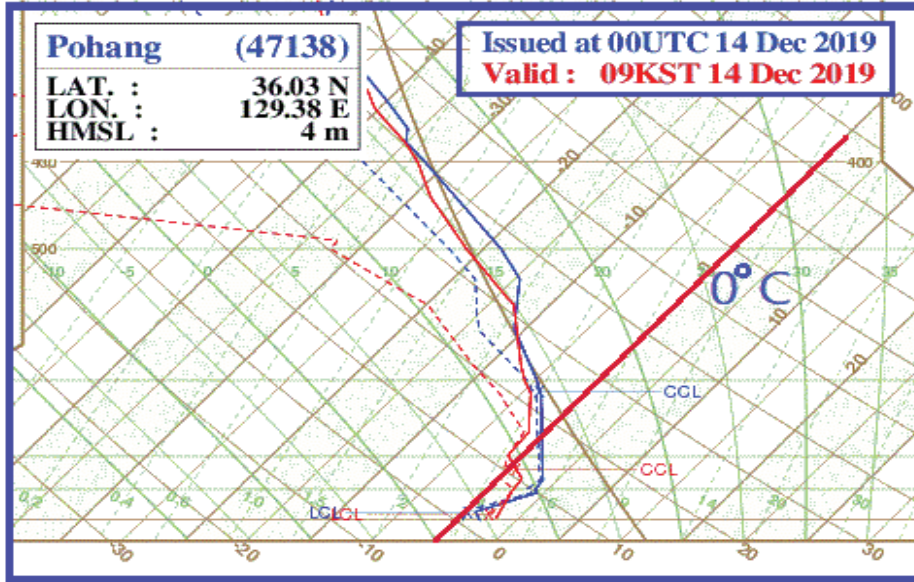
(이해를 돕기 위한 참고 사진입니다.)

사진을 보면 눈이 쌓인 길로 착각할 수도 있으나, 전에 온 눈들이 차도에서 모두 쓸려가 인도 주변에 쌓여 있는 상태로, 정작 차도는 눈이 아닌 비가 내리면서 영하의 날씨에 얼어붙어 마치 노면을 얼음으로 코팅한 것처럼 유리알처럼 반짝이고 있다.

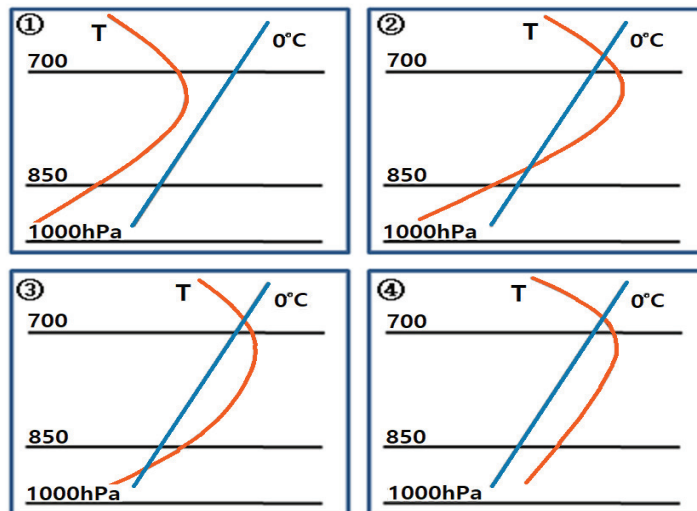


첨부 6

감정대상 시점의 포항 단열선도



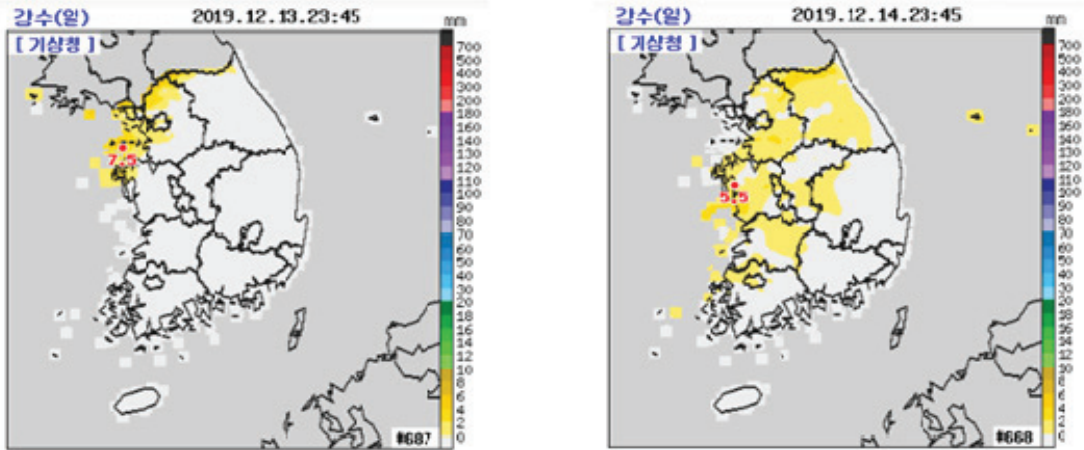
사고현장에서 가까운 포항의 단열선도로 사고 당시 지상 노면의 온도가 영하 4.4도라면, 대기기온 구조에 따른 강수형태의 비교 그림에서 어느 비의 출현을 모식하는 3번과 잘 일치하는 것을 볼 수 있다(파란색 환경곡선).



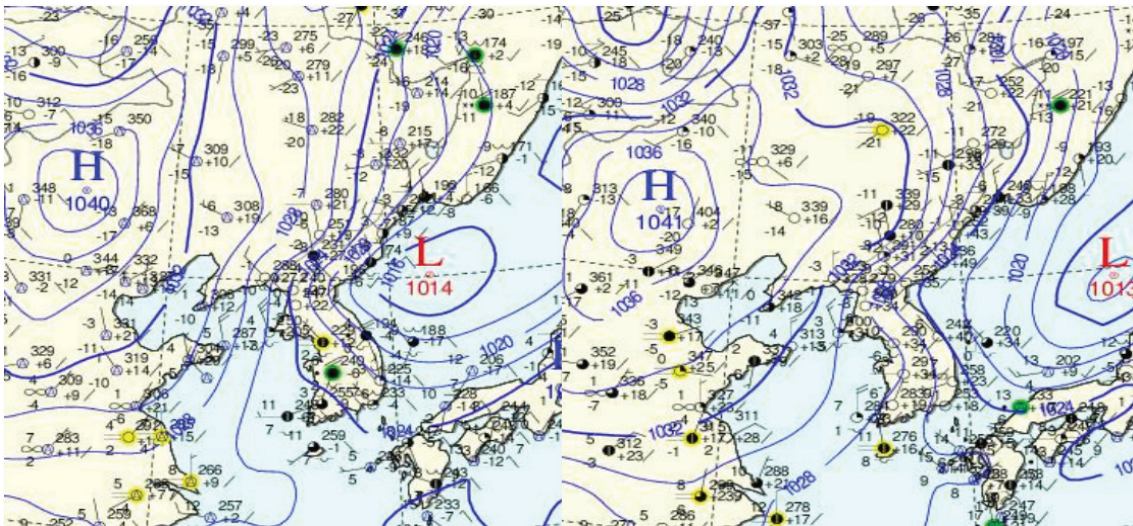
3번에서 강수는 대기 중하층에서 녹아 비로 오다가 지상 부근이 영하이므로 지표부근에서 비가 얼어, 어느 비(동우, 凍雨)가 될 가능성이 가장 높다.



첨부 7 감정대상 시점의 강수량분포



[ AWS 통계:일극값(강수) ] 2019년 12월 13일						[ AWS 통계:일극값(강수) ] 2019년 12월 14일									
시군	ID	AWS		강수감지(분)		일강수		시군	ID	AWS		강수감지(분)		일강수	
		지점명	고도	있음	전체	mm	시각			지점명	고도	있음	전체	mm	시각
경북군위	823	군위	81m	1440	0	00:00	경북군위	823	군위	81m	44	1440	0	00:00	
경북군위	847	소보	70m	1440	0	00:00	경북군위	847	소보	70m	74	1440	0	00:00	
경북군위	807	익화	114m	1440	0	00:00	경북군위	807	익화	114m	71	1440	0	00:00	




저기압이 동쪽으로 이동하면서, 저기압 후면으로부터 약한 비가 내렸으며, 비가 내리는 시점이 13일 밤부터 14일 사이이다.

경상북도지역은 지역에 따라 15일 새벽까지 약간의 산발적으로 강수가 있었다.

첨부 8

당시 예보문



### 단기예보

[오늘(12월 13일) ~ 모레(12월 15일)]

쪽수(1/6)  
기상청 총괄예보관: 조남산  
2019년 12월 13일 17시 00분 발표  
다음 통보문은 12월 15일 05시 00분에 제공됩니다.

---

날씨종합

(종합) 내일과 모레 낮과 밤의 기온차 큼  
 (오늘) 전국 맑음, 오늘 밤부터 내일 새벽 사이 경상동해안 구름많고 산발적 빗방울  
 (내일) 전국 맑다가 오후부터 가끔 구름많음  
 (모레) 전국 구름많다가 오후부터 흐려짐

유의사항  
 (건조) 동해안, 강원산지, 일부 경북내륙 대기 매우 건조, 산불 등 각종 화재예방 각별히 유의  
 (기온) 내일과 모레 내륙지역 낮과 밤의 기온차 큼, 건강관리에 유의  
 (안개) 오늘 밤부터 내일 아침 사이 중부내륙 안개 곳, 교통안전에 유의  
 (결빙) 경북내륙, 어제 내린 눈으로 인해 도로 결빙, 교통안전에 유의  
 (해상) 내일 아침까지 동해면바다 매우 강한 바람, 매우 높은 물결, 항해나 조업 선박 각별히 유의  
 (너울) 오늘과 내일 동해안 너울에 의한 높은 물결, 방파제나 해안도로 넘는 곳, 해안가 안전사고에 유의  
 (조고) 내일까지 남해안 천문조에 의해 바닷물의 높이가 높은 기간, 만조 시 해안가 저지대 침수 피해 유의

		평년(오늘)	어제(13일)	오늘(14일)	내일(15일)	모레(16일)	전문정보				
기온 (°C)	최저	-8.2 ~ -1.7	-8.4 ~ -2.5	-2.8 ~ 7.6	-6 ~ 7	-2 ~ 8	서울 (내일)	일출	07시 39분	일몰	17시 15분
	최고	2.7 ~ 10.6	4.0 ~ 11.5	3.4 ~ 13.4	8 ~ 15	8 ~ 16		월출	20시 16분	월몰	10시 15분
파고 (m)	서해안바다 / 먼바다	0.5-2.0 / 1.0-2.5		0.5-1.0 / 0.5-1.5		0.5-1.0 / 0.5-1.5		인천 (내일)	만조	06시 34분 757 cm	19시 04분 861 cm
	남해안바다 / 먼바다	0.5-2.0 / 0.5-2.0		0.5-2.5 / 1.0-2.5		0.5-1.0 / 0.5-1.5			간조	00시 52분 110 cm	12시 51분 23 cm

\* 기온범위 정의  
 (11시 발표 오늘) 최저는 관측된 아침최저기온이며, 최고는 예보된 낮최고기온입니다.  
 (17시 발표 오늘) 최저/최고는 통보시까지 관측된 오늘 아침최저/낮최고기온입니다.  
 평년과 어제의 최저/최고기온은 일최저기온/일최고기온입니다.  
\* 통보문은 하루 3회(05시, 11시, 17시) 제공됩니다. 날씨가 급격하게 변할 때는 긴급통보문을 제공합니다.  
\* 발표중인 특별현황 및 상세한 예보는 기상청 홈페이지(http://www.weather.go.kr), 방재기상정보시스템(http://afso.kma.go.kr)을 참고하시고 예보 수신기관의 연락처 변경 시 기상청(02-2181-0504)으로 알려 주시기 바랍니다.

		단기예보 [육상]												쪽수(4/6)	
		오늘[13일(토)]				내일[14일(일)]				모레[15일(월)]				2019년 12월 13일 17시 00분 발표	
구역		오늘(18~24시)		오전(00~12시)		오후(12~24시)		오전(00~12시)		오후(12~24시)					
		날씨	강수확률	날씨	최저기온	강수확률	날씨	최고기온	강수확률	날씨	최저기온	강수확률	날씨	최고기온	강수확률
경상북도	대구	북서~북 맑음	0	북서~북 맑음	-1	0	북서~북 맑음	13	0	북서~북 맑음	1	20	남서~남 맑음	13	30
	구미	서~북서 맑음	0	동~남동 맑음	-2	0	동~남동 맑음	11	0	남동~남 구름많음	0	20	남서~남 맑음	12	30
	포항	북동~동 약간 강	10	북동~동 약간 강	5	10	북동~동 약간 강	12	0	서~북서 맑음	4	10	남서~서 약간 강	15	30
	안동	북서~북 맑음	0	북~북동 맑음	-3	0	남동~남 맑음	11	0	서~북서 구름많음	-2	20	남~남서 맑음	11	30
	상주	서~북서 맑음	0	동~남동 맑음	-3	0	동~남동 맑음	10	0	동~남동 흐림	-1	30	동~남동 맑음	11	30
경상남도	울진	북동~동 약간 강	0	북동~동 맑음	2	0	남서~서 맑음	11	0	남서~서 맑음	3	0	남서~서 약간 강	14	30
	부산	북~북동 구름많음	30	북동~동 구름많음	7	20	북동~동 구름많음	15	20	북~북동 구름많음	8	20	남동~남 맑음	16	30
	울산	북~북동 구름많음	30	북동~동 구름많음	4	20	북동~동 구름많음	12	0	북서~북 구름많음	4	20	남서~남서 흐림	15	30
	통영	북~북동 약간 강	0	북~북동 구름많음	4	20	북동~동 구름많음	14	20	북동~동 구름많음	6	20	남동~남 맑음	15	30
	창원	북~북동 맑음	0	북~북동 구름많음	2	20	북동~동 구름많음	12	10	북동~동 구름많음	4	20	남동~남 맑음	13	30
제주도	진주	북~북동 맑음	0	북~북동 구름많음	-3	20	북동~동 구름많음	13	10	북~북동 구름많음	0	20	남동~남 맑음	14	30
	거창	북서~북 맑음	0	북~북동 맑음	-5	0	동~남동 구름많음	12	20	북서~북 구름많음	-2	20	남동~남 맑음	13	30
	제주	북~북동 구름많음	20	북동~동 구름많음	8	20	동~남동 구름많음	16	20	북~남동 구름많음	10	20	남동~남 맑음	18	30
	서귀포	북~북동 구름많음	20	북동~동 구름많음	8	20	동~남동 구름많음	16	20	북~남동 구름많음	11	20	남동~남 맑음	18	30
	이여도	북동~동 약간 강	10	북동~동 구름많음	12	20	동~남동 구름많음	16	20	남동~남 맑음	15	30	남동~남 맑음	17	30

\* 날씨는 풍향, 풍속, 하늘상태, 강수량, 강수형태 순입니다. [단위: 최고/최저기온(°C), 강수확률(%), 풍속(m/s), 파고(m)]

감정대상 인근 지역인 경상북도 상주 지역의 감정대상 시점의 기상청 예보는 맑고(강수확률 0), 아침최저 기온 -3°C를 예측했다.

경상북도 전역에 대한 날씨예보는 맑음이고, 강수확률은 포항 10%, 경상남도 전역을 20%로 예상했다.



첨부 9

사고 지점 부근 기상청 AWS, 레이더 강수량 자료

그래픽 시계열 집계표 **문숫자** 정렬1 정렬2 수신감시 지점정보

AWS 문숫자 일통계(극값):강수 NOW 2019.12.14 -7D -3D -1D +1D +3D +7D 다운로드 5

[ AWS 통계:일극값(강수) ] 2019년 12월 14일

시군	AWS			강수감지(분)		일강수			최대 60분강수			최대 15분강수			위치
	ID	지점명	고도	있음	전체	mm	시각	mm	시각	갯수	mm	시각	갯수		
영북-상주	821	공성	91m	140	1440	1.0	00:00	0.5	04:03	1440	0.5	08:01	1440	경상북도 상주시 공성면 장동리	
영북-상주	137	상주	96m	109	1439	1.0	00:00	0.7	03:52	1439	0.4	03:49	1439	경상북도 상주시 낙양동	
영북-상주	833	은력	174m	131	1440	0.5	00:00	0.5	04:01	1440	0.5	04:01	1440	경상북도 상주시 은력면 남곡리	
영북-상주	834	화서	286m	166	1440	0.5	00:00	0.5	04:18	1440	0.5	04:18	1440	경상북도 상주시 화서면 달천리	

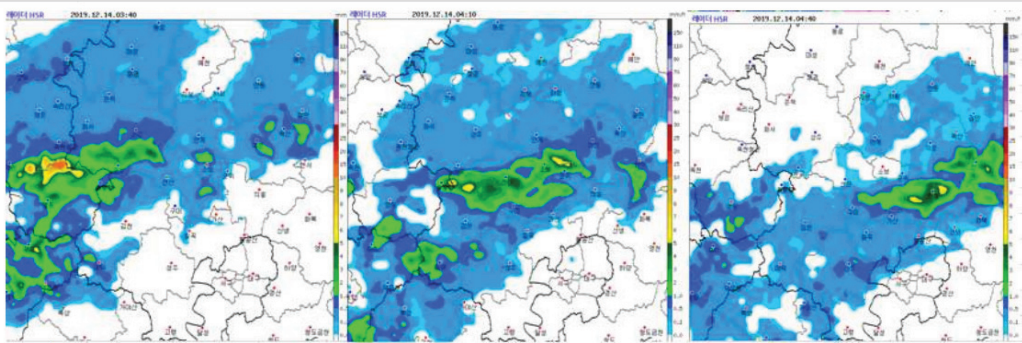
  

시군	AWS			강수감지(분)		일강수			최대 60분강수			최대 15분강수			위치
	ID	지점명	고도	있음	전체	mm	시각	mm	시각	갯수	mm	시각	갯수		
영북-군위	823	군위	81m	44	1440	0	00:00	0	11:01	1440	0	11:01	1440	경상북도 군위군 군위를 내량리	
영북-군위	847	소보	70m	74	1440	0	00:00	0	21:01	1440	0	21:01	1440	경상북도 군위군 소보면 외성리	
영북-군위	807	의흥	114m	71	1440	0	00:00	0	00:01	1440	0	00:01	1440	경상북도 군위군 의흥면 수서리	

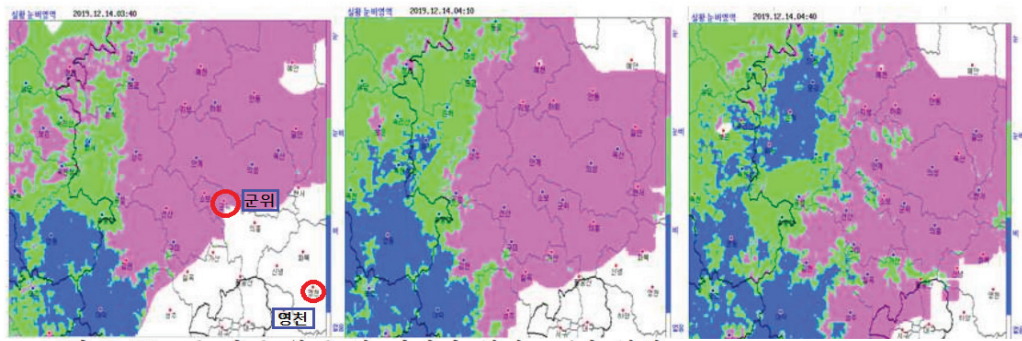
  

시군	AWS			강수감지(분)		일강수			최대 60분강수			최대 15분강수			위치	
	ID	지점명	고도	있음	전체	mm	시각	mm	시각	갯수	mm	시각	갯수			
영북-영천	281	영천	96m	1440	0	00:00	0	00:01	1440	0	00:01	1440	0	00:01	1440	경상북도 영천시 망정동
영북-영천	826	신녕	130m	9	1440	0	00:00	0	11:01	1440	0	11:01	1440	경상북도 영천시 신녕면 화성리		
영북-영천	841	화북	138m	30	1440	0	00:00	0	21:01	1440	0	21:01	1440	경상북도 영천시 화북면 오산리		

조회시각 : 2020.09.04 00:48



2019년 12월 14일 레이더 영상



2019년 12월 14일 레이더 영상 눈/비 영역

도로살얼음 사고가 난 시간대인 3시 40분~4시 40분까지의 레이더 영상과 눈/비 영역을 보면, 군위군에 약한 진눈깨비가 내리고 있고, 감정대상지점에는 강수현상이 없는 것을 볼 수 있다.



## 첨부 10 기상청 군위 AWS, 13~14일 AWS 자료

**[ AWS 시간통계:강수 ] 2019년 12월 13일 19시**

시군	AWS		강수감지		시간강수량		일강수량	시간내 60분강수			시간내 15분강수			
	ID	지점명	고도	횟수	갯수	mm		기간	최대	시각	갯수	최대	시각	갯수
경북.군위	823	군위	81m	0	60	0	18:00-19:00	0	0	18:01	60	0	18:01	60
경북.군위	847	소보	70m	0	60	0	18:00-19:00	0	0	18:01	60	0	18:01	60
경북.군위	807	익홀	114m	0	60	0	18:00-19:00	0	0	18:01	60	0	18:01	60

**[ AWS 통계:일극값(기온) ] 2019년 12월 13일**

시군	AWS		마침최저기온		일최저기온		일최고기온		낮최고기온		위치	
	ID	지점명	고도	기온	시각	기온	시각	기온	시각	기온		시각
경북.군위	823	군위	81m	-9.3	07:37	-9.3	07:37	7.7	15:38	7.7	15:38	경상북도 군위군 군위를 내량리
경북.군위	847	소보	70m	-10.4	04:49	-10.4	04:49	7.6	14:38	7.6	14:38	경상북도 군위군 소보면 위성리
경북.군위	807	익홀	114m	-9.4	07:24	-9.4	07:24	8.1	14:25	8.1	14:25	경상북도 군위군 익홀면 수서리

**[ AWS 통계:일극값(습도) ] 2019년 12월 13일**

시군	AWS		일최소		일최고		일평균			
	ID	지점명	고도	습도	시각	습도	시각	습도	갯수	율
경북.군위	823	군위	81m	26	13:49	90	07:19	64	1440	100.0
경북.군위	807	익홀	114m	18	14:27	94	09:06	66	1440	100.0

**[ AWS 시간통계:기온 ] 2019년 12월 13일 19시**

시군	AWS		정시		시간내 평균		시간내 최고		시간내 최저		위치	
	ID	지점명	고도	기온	시각	기온	갯수	기온	시각	기온		시각
경북.군위	823	군위	81m	0.7	19:00	1.5	60	2.9	18:02	0.4	18:36	경상북도 군위군 군위를 내량리
경북.군위	847	소보	70m	-1.7	19:00	-0.9	60	0.5	18:01	-2.0	18:34	경상북도 군위군 소보면 위성리
경북.군위	807	익홀	114m	1.1	19:00	1.6	60	2.3	18:02	0.8	18:57	경상북도 군위군 익홀면 수서리

**[ AWS 시간통계:습도 ] 2019년 12월 13일 19시**

시군	AWS		정시		시간내 평균		시간내 최고		시간내 최소		위치	
	ID	지점명	고도	습도	시각	습도	갯수	습도	시각	습도		시각
경북.군위	823	군위	81m	53	19:00	50	60	60	18:36	42	18:03	경상북도 군위군 군위를 내량리
경북.군위	807	익홀	114m	52	19:00	51	60	55	18:44	47	18:10	경상북도 군위군 익홀면 수서리

**[ AWS 통계:일극값(기온) ] 2019년 12월 14일**

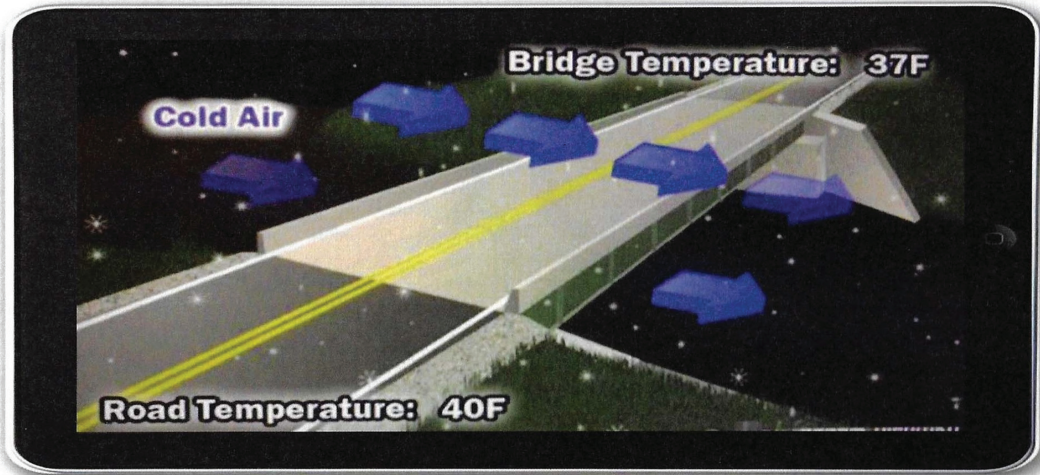
시군	AWS		마침최저기온		일최저기온		일최고기온		낮최고기온		위치	
	ID	지점명	고도	기온	시각	기온	시각	기온	시각	기온		시각
경북.군위	823	군위	81m	-2.8	07:21	-4.4	01:52	10.0	14:32	10.0	14:32	경상북도 군위군 군위를 내량리
경북.군위	847	소보	70m	-4.8	03:28	-6.7	00:07	9.4	13:25	9.4	13:25	경상북도 군위군 소보면 위성리
경북.군위	807	익홀	114m	-2.8	03:01	-4.4	00:47	9.3	14:52	9.3	14:52	경상북도 군위군 익홀면 수서리

군위군 AWS 자료를 보면 전일인 13일에는 강수가 전혀 없었고(첨부 7), 낮 최고기온이 7.7℃ 였다. 주변에 강수가 있어 일평균 64%의 습도를 유지했으며, 대기가 안정되는 19시에는 기온 2.9℃, 습도 60%였다.

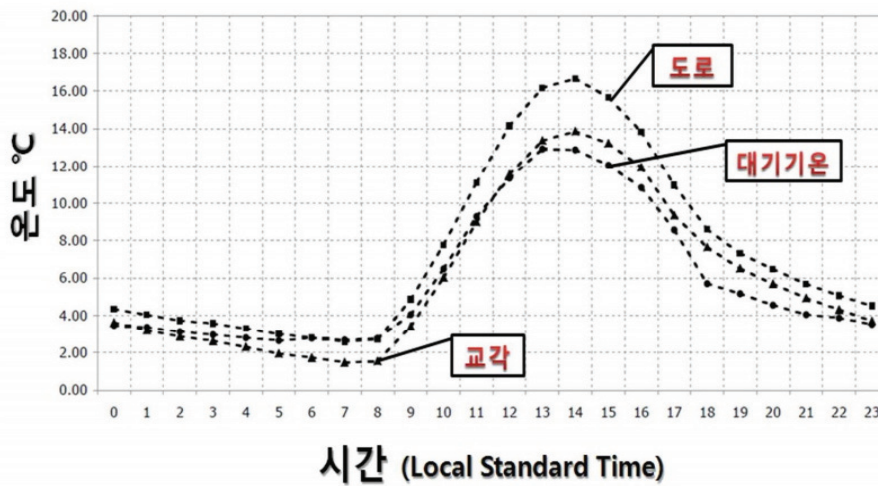
14일은 비교적 날씨가 맑아 14일 일최저기온은 -4.4℃로 전날 최고기온과의 기온차가 무려 12.1℃ 이었다.

첨부 11 계곡을 통과하는 교각과 노면의 온도 관계

계곡을 통과하는 교량의 온도는 바람 등 기후변화에 따라 지표면과 최대 3.4℃ 온도차이 발생



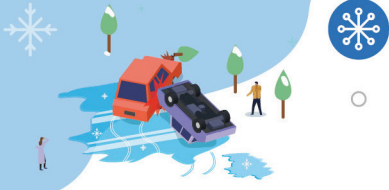
도로살얼음 대응 노면온도 관측 및 활용(2020, 도로살얼음 예측 및 대응 포럼)



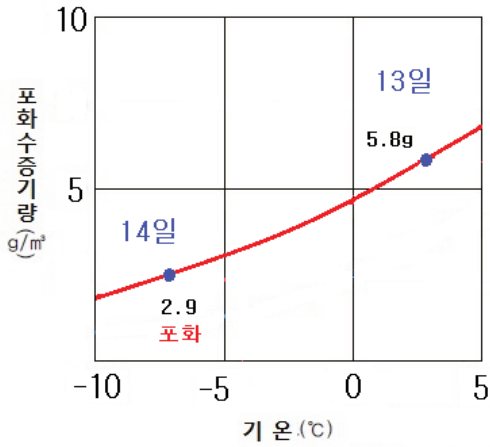
기온, 도로표면과 교각의 시간별 온도 분포(2007, Rathke and McPherson)

Rathke and McPherson(2007) 연구에 의하면, 교각의 노면온도는 아침 최저기온이 나타나는 7~8시에 대기온도와 약 2℃ 정도의 차이가 난다. 그러나 계곡을 통과하는 교각의 경우에는 최대 3.4℃의 차이가 날 수 있다(장진환, 2020). 겨울철 계곡의 경우에는 Cold pool이 형성이 되므로, 이 경우에는 2.5℃ 이상 차이가 날 수 있다. 그러므로 아침 교각의 노면 최저기온은 -7.0℃로 보는 것이 타당하다.





## 첨부 12 기온과 포화수증기량과의 관계



기온 (°C)	포화수증기량 (g/m <sup>3</sup> )	포화수증기압 (hPa)
100	594.5	1022.31
95	501.9	851.51
90	421.5	705.29
85	351.9	580.78
80	292.1	475.33
75	240.9	386.5
70	197.4	312.2
65	160.7	250.4
60	129.9	199.4
55	104.2	157.5
50	82.7	123.4
45	65.4	95.85
40	51.1	73.8
35	39.6	56.24
30	30.4	42.44
25	23.1	31.69
20	17.3	23.39
15	12.9	17.06
10	9.4	12.28
5	6.8	8.73
0	4.9	6.11
-5	3.4	4.21
-10	2.3	2.86
-20	1.1	1.25
-30	0.45	0.5
-40	0.17	0.18
-50	0.06	0.06

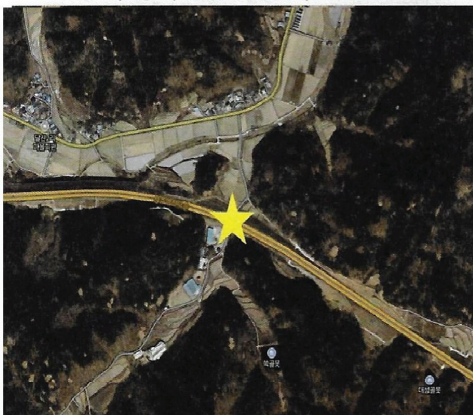
표와 도표를 이용하여 당시의 도로상에 얼음이 얼 수 있는 수증기의 응결량을 구할 수 있다.

대기가 안정된 19시 당시의 기온이 2.9°C이고, 상대습도가 60%이므로, 공기 1m<sup>3</sup>당 3.5g(5.8 × 0.6)의 수증기가 들어 있다고 볼 수 있다. 그런데 다음날 14일 새벽 02:00 경에는 교각의 노면온도가 -7.0°C가 되면서, 포화수증기량은 2.9g으로 줄어들게 된다. 그러면 결국 공기 1m<sup>3</sup>당 0.6g(3.5 - 2.9)의 수증기가 응결하게 된다. 공기 1m<sup>3</sup> 당 0.6g은 도로 상에 살얼음을 얼게 하는데 충분한 양으로 볼 수 있다.

첨부 13 도로살얼음 사례연구

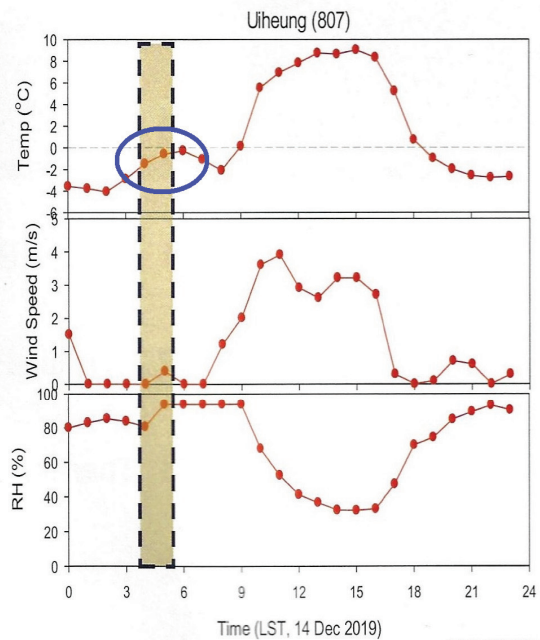
## 도로살얼음(블랙아이스) 사고 사례 1

2019년 12월 14일 4시 40분  
경북 상주-영천 고속도로 (교량 위)



<http://www.megaconomy.co.kr/news/articleView.html?idxno=92452>

**군위 의흥 (2019.12.14)**  
기온: 평균 1.1°C, 최고 9.3°C, 최저 -4.4°C  
풍속 1.2 m/s 최대순간 9.1m/s 풍향: W  
강수량: 0.0mm



Thermal Mapping을 이용한 도로살얼음 예측시스템(2020, 도로살얼음 예측 및 대응 포럼)

2020년 도로살얼음 예측 및 대응 포럼에서 세종대학교 박OO 교수가 사례분석한 결과와도 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 강수량이 0.0mm인데 도로살얼음(블랙아이스)이 발생했다. 오른쪽 상단 그래프는 도로 주위의 기온으로 사고 시점에 도로 위에 있는 수증기가 물방울로 응결할 때 방출하는 잠열로 인하여 기온이 높아지는 것을 볼 수 있다(파란 원으로 표시).



## 첨부 14 사고 후의 도로 상태



(이해를 돕기 위한 참고 사진입니다.)

2019년 12월 14일, 08:00경 경상북도 영천시 신녕면 ○○리 000 영천 민자 고속도로 영천방향 ○○ 교각 출구 부근

도로살얼음(블랙아이스)은 도로에 얇게 얼은 살얼음으로 해가 뜨면, 지면 가열에 의해 얼음이 녹고 증발하여 사라진다. 사고현장을 보면 눈이 쌓여있거나, 비가 온 흔적 등을 찾을 수 없다.



첨부 15 사고 당시의 고속도로 교통상황 CCTV 영상



(이해를 돕기 위한 참고 사진입니다.)

2019년 12월 14일, 04:50경 경북 영천 고속도로 영천 사무소 부근 CCTV영상

사고 추정시간 2019년 12월 14일 04:50 경, 영천 관리 사무소 부근 CCTV영상으로  
감정 대상 시점에는 고속도로 상하행선 모두 교통이 원활한 것을 볼 수 있다.



## 첨부 16 당시 경찰 수사 기록

지난 2019년 12월 14일 04시 38분경 경북 영천 민자 고속도로 영천방면 26.2km 지점에서 도로살얼음으로 인한 미끄럼 사고로 차량이 연쇄 충돌해 차량 10대가 파손된 교통사고가 있었다.

사고발생 전날부터 위 고속도로 전구간에 30~60%의 비 예보가 있었고, 새벽시간대에 기온도 영하로 내려간다는 기상청 예보가 있었음에도 불구하고, 도로관리 업체 직원 A씨 등은 기상예보상황을 제대로 확인하지도 않고, 제설제 살포 작업도 사고 발생 이후에 개시한 것으로 확인되는 등 업무상 주의 의무를 다하지 않았다.

사고원인으로는 사고현장 CCTV, 차량블랙박스, 운전자의 진술, 도로교통공단의 사고 분석서 등을 토대로 종합적으로 검토한 결과, 사고 당일 기온이 영하로 내려가면서 도로에 내린 비가 얼어 결빙에 의한 미끄럼 사고로 추정되며, 일부 차량 운전자들의 과속운전 등 안전운전 의무 위반행위가 복합적으로 작용하여 발생한 것으로 추정된다.

첨부 17 영천 관리소 근무 수칙(일부 발췌)

## 근무 수칙

### 2.3.3 시간대별 제설 작업

- 새벽 시간대(목표 : 통행로 확보)
  - 출근 시간 이전에 통행로를 확보하기 위하여 밀어내기 작업 후 제설제 살포
  - 본격적인 출근 2시간 전(일반적으로 새벽 4~5시 정도)부터 집중적인 제설 작업 수행
- 낮 시간대(목표 : 통행로 확보 및 노측 눈 제거)
  - 도로상의 눈을 제거하기 위해 밀어내기 작업을 반복 시행 후 제설제 살포
  - 노측에 쌓여 있는 눈을 제거
- 오후 시간대(약 오후 3시 이후, 목표 : 재결빙 방지)
  - 야간 재결빙 방지를 위한 작업 수행
  - 유연화(slush)된 눈을 제거하여 야간 재결빙 방지
  - 음지, 교량 구간 등 상습 결빙 지역에 마찰제 혼합 살포

### 2.3.4 제설작업 완료 후 조치사항

- 강설이 그치면 기온의 급강하가 예상되므로 동결전에 융설제를 살포하여 결빙 방지
- 노면의 잔설이나 적설은 사전에 제거하여 노면 결빙에 의한 사고를 미연에 방지
  - 노면의 잔설이나, 중앙분리대, 길어깨, 방호울타리 등의 적설이 낮에 녹아 노면에 흘러들고 밤에 기온 하강시 재 결빙
- 제설작업완료 후 모든 장비는 세차 및 일제 정비 시행
- 긴급제설 작업 후 제설자재 보관함에 제설제 등 보충





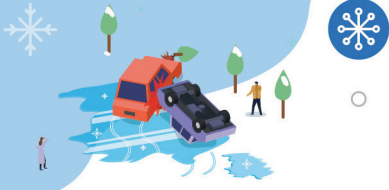
# 02

## 기상감정 가상사례

한국기상감정사협회 기상감정사 | 권태순

- 0 사건 개요
- 1 의뢰 내용
- 2 조사 내용
- 3 기상감정 결과 및 의견
- 4 별첨 자료





## 경북 상주~영천간 고속도로 블랙아이스 현상 교통사고 사건개요

기상감정 의뢰인 ○○금속 이사 이○○씨(60세)는 2019년 12월 14일 새벽 4시 40분경 상주~영천간 고속도로를 영천방향(하행선)으로 차량을 운행 중 '경북 군위군 소보면 ○○교' 서군위 나들목 2km 전방부근에서 자신이 운전 중인 차량이 미끄러지면서 먼저 사고로 우측 전방에 멈춰서 있던 소형 트럭을 추돌하여 본인 소유의 ○○○ 차량 앞부분 전파로 폐차와 본인이 6주 이상의 치료를 요하는 중상을 당하는 큰 사고가 발생했다.

2019년 12월 14일 새벽 4시 40분경 사고지점은 전날(13일) 19시경부터 기온이 영하로 하강하여 사고 시점인 새벽 4시를 전후하여 군위군 소보면 일대는 기온은 영하 3.5℃~영하 1.5℃이었고, 약한 비가 단속적으로 내리고 있었다. 또한 이날 의뢰인의 사고지점과 4.6km 떨어진 △△교 부근 상주~영천간 고속도로 상행선에서 비슷한 시각에 사고가 발생했다. 이들 2곳의 교통사고로 7명이 사망하고, 32명이 부상했으며, 차량 8대에 화재 등 총 44대의 차량이 파손하는 등 대형사고가 발생했다. 이 사고뉴스를 각 TV, 신문 등에서 14일 아침부터 도로위의 블랙아이스로 인한 대형 참사가 발생했다고 상세히 보도했다.

다행히도 의뢰인은 ○○화재에 자동차종합보험 및 운전자보험에 가입하고 있어 사고 후 보험사에 야간 고속도로 상에서 블랙아이스로 인한 불가항력적인 사고로 보험금을 청구하였다.

그러나 현장조사 등을 거친 보험사는 피보험자가 주장하는 도로상의 블랙아이스로 인한 불가항력적인 사고일 것으로 추정은 하고 있으나 명확한 블랙아이스 현상이 있었다는 것을 증명하기 어렵고, 운전자가 전방주시 태만 및 앞차와의 안전거리 확보 미흡 등을 주장하면서 보험금을 50%만 지급하겠다고 통보해 왔다.

이에 의뢰인은 사건 발생 전부터 운전 중 본인의 차량 차창에 빗방울이 부딪치는 것을 인지했고, 기온이 영하로 고속도로 노면이 미끄러울 것을 인지하여 감속하여 운행했다고 주장하면서 사고전후의 블랙박스 촬영 영상을 증거자료로 보험사에 제출했으나, 보험회사는 이를 인정하지 않았다.

이에 피보험자는 사고시각 전부터 사고지점 지역에 내린 강수로 노면이 결빙하여 발생하는 블랙아이스 현상에 의해, 피보험자인 차량 운전자가 자동차를 통제할 수 없는 상황에 빠진 불가항력적인 사고임을 증명하는 증거를 마련하기 위해 기상감정을 의뢰하였다.

# 기 상 감 정 서

1. 업체명 : 한국기상감정사협회
2. 대표자 : ○ ○ ○
3. 기상감정사 : 권 태 순
4. 계약명 : 경북 상주~영천간 고속도로 블랙아이스 현상 교통사고 감정

위 계약에 따라 기상감정서를 발급합니다.

2020 년 1 월 25 일

한국기상감정사협회

직인



## 1 의뢰내용

1) 감정대상 일시 : 2019년 12월 14일(토). 04:00~05:00

2) 감정대상 장소 : 경북 군위군 소보면 ○○리 ○○교  
〈상주~영천간 고속도로 하행선〉

### 3) 기상감정 목적

- 도로 등을 운행하는 차량 운전자는 자동차종합보험에 의무적으로 가입토록 규정되어 있고, 운전자보험은 임의적으로 가입하고 있으며 보험차량이 운행 중 사고 시에는 보험약관에 의거 보험금을 지급토록 되어 있음
- 의뢰인은 고속도로 상 사고지점을 운행 중 도로의 블랙아이스 현상에 의한 불가항력적인 교통사고로 ○○화재에 보험금 지급을 신청하였으나, 보험사는 블랙아이스 현상 발생의 증거가 어렵고, 운전자의 전방주시 태만 및 앞차와의 안전거리 확보 미흡 등으로 보험금 50% 지급을 통보해옴
- 그러나 의뢰인은 당시 자동차 운행 시 단속적인 강수현상을 감지했고 기온이 영하라는 사실은 인지하여 60km/h로 감속 운행 중 노면의 블랙아이스 현상에 의한 불가항력적 사고이므로 100% 보험금 지급을 주장함
- 이에 의뢰인은 2019년 12월 14일 '경북 군위군 소보면 ○○리 상주~영천 간 고속도로 하행선 ○○교'부근의 블랙아이스 현상 발생과 그에 따른 불가항력적인 교통사고임을 감정하여 줄 것을 의뢰함

4) 의뢰인 주소 : 서울특별시 동작구 ○○동 ○○로 ○

5) 의뢰인 성명 : 이○○



## 2 조사 내용

1) 조사기간 : 2020년 1월 10일 ~ 2020년 1월 25일

### 2) 사전조사

#### ○ 감정의회 사고 개요

- 일시 : 2019년 12월 14일(토). 04시 40분
- 장소: 경북 군위군 소보면 ○○리 ○○교(상주~영천간 고속도로 하행선)
- 개요: ○○교 사고지점과 4.6km 떨어진 △△교 부근 상주~영천간 고속도로 상행선에서 비슷한 시각에 사고가 발생으로 7명이 사망하고, 32명이 부상했으며, 차량 8대에 화재 등 총 44대의 차량이 파손되는 등 대형사고가 발생

#### ○ 감정대상 지점 환경

- 감정대상 사고지점(1차)은 상주~영천간 4차선 고속도로 하행선 영천방향 서군위 나들목 2km 전방, ○○교 지점으로 고속도로 남쪽에 위치한 냉산 줄기의 터널을 통과 후 경사진 직선도로를 지나 완만하게 오른쪽으로 회전이 끝나는 ○○교 진입부근이다.
- 사고지점으로부터 가장 가까운 기상청의 관측은 경북 군위군 소보AWS 관측지점으로 사고지점으로부터 북북동쪽 3.1km지점에 위치해 있다.
- 2차 사고지점은 상주~영천간 고속도로 상행선 서군위 나들목 2.6km 전방, △△교 교량위로 고속도로 남쪽으로 물부리산 줄기를 지나 영천방향으로 완만한 오르막 도로로 1차사고 지점으로부터 남동쪽으로 4.6km 떨어진 △△교 상부 도로상이다 [사고지점 현장사진 참조].



### 3) 현장조사 : 2020년 1월 15일 ~ 2020년 1월 16일



[사고지점 현장 사진] 사고 1지점(좌), 사고 2지점(우) 2019.1.15.15~16시 촬영

### 4) 자료분석

- 본 감정은 감정대상 지점에서 사고 시각에 어는 비에 의한 블랙아이스 현상의 발생여부를 분석하기 위해 기상청의 지상 및 상층 분석 일기도를 활용하여 어는 비 발생에 대한 종관기상 분석을 실시하였다.
- 사고지점인 경상북도 군위군 소보면 ○○리 어는 비 발생 여부를 파악하기 위해 소보 AWS 지점에 대한 KLAPS 예상대기선도를 소보AWS관측자료와 비교하여 상층대기 상태를 분석하고, 아울러 상층대기 상태에 따른 강수형태를 분석했다.
- 사고지점에 어는 비 발생과 강수여부 및 강수 형태를 분석하기 위해 사고지점과 가장 가까운 기상청 공식 관측지점인 소보AWS 관측자료, KLAPS 기온 및 온도 분포도, 기상레이더 관측영상(강수 및 수상체)을 분석 하였다.
- 사고지점에 강수와 위험기상 예측을 분석하기 위해 대구지방기상지청의 단기예보, 위험기상, 동네예보를 분석하였다.
- 사고와 어는 비의 인과 관계를 분석하기 위해 어는 비 발생 필요조건을 소보AWS지점의 KLAPS예상 대기선도와 비교 분석하고, 어는 비에 의한 블랙아이스 발생을 규명하기 위해 저기압시스템에서 어는 비 발생 모식도와 기상레이더 수상체 관측 영상을 비교분석했다.
  - ⇒ [첨부 1] 감정의뢰 상세 배경(사고개요, 사고지점 환경, 블랙아이스 등)
  - [첨부 2] 자료분석(지상 및 상층 일기도, 대기선도, 강수형태 관측 및 예보 자료)
- 어는 비에 의한 교통사고를 분석하기 위해 사고 당일 다른 지역에서 발생한 블랙아이스 사고 기사와 교량 위 도로상의 블랙아이스 발생 메커니즘과 사고 시 차량운행 제동거리

및 과거 이번과 비슷한 사례를 분석하였다.

⇒ [첨부 3] 사고와 인과관계 분석(어는 비 발생 조건, 블랙아이스 발생 메커니즘, 어느 비에 의한 교통사고)

#### 5) 기상감정 관련 손해사정(예시)

○ 기상감정 의뢰사고에 대한 피해규모를 산정하기 위해 피해규모 산정 전문가인 손해사정사에게 인적·물적 피해규모 산정을 의뢰 함

⇒ [첨부 4] 기상감정 관련 손해사정(손해사정 요구서 및 요구 내용, 손해사정 피해액)



## 6) 참고자료 및 출처

- 그림 1-1, 감정대상 지점 및 사고 위치도
- 그림 1-2, 포장도로 표면온도 센서 및 매립 형태(Rathke and McPherson, 2007)
- 그림 1-3, 2005년 1월 도로표면과 교각의 온도 분포, 시간별 3개 지점의 온도 분포
- 그림 2-1, 지상일기도(2019.12.13. 21시/ 14일 03시/ 14일 09시)
- 그림 2-2, 925hPa 일기도(2019.12.13. 21시/ 14일 09시)
- 그림 2-3, 850hPa 일기도(2019.12.13. 21시/ 14일 09시)
- 그림 2-4, 700hPa 일기도(2019.12.13. 21시/ 14일 09시)
- 그림 2-5, 소보AWS지점 KLAPS예상 대기선도(2019.12.14. 03시/ 06시)
- 그림 2-6, 대기기온 구조에 따른 강수형태
- 그림 2-7, 소보AWS 기온, 강수 관측자료(2019.12.13.~2019.12.14.)
- 그림 2-8, KLAPS 기온, 지면온도 분포도, 소보AWS 강우감지(2019.12.14.04:40)
- 그림 2-9, 기상레이더 강수 관측(2019.12.14.04:40)
- 그림 2-10, 기상레이더 지면 강수형태(2019.12.14.04:20~04:40)
- 그림 2-11, 경북내륙 6시간 누적 강수량 분포도
- 그림 2-12, 대구기상기상청 발표 예보문(2019.12.13.17:00)
- 그림 2-13, 대구기상기상청 발표 위험기상 기상정보(2019.12.13.16:10)
- 그림 2-14, 대구기상기상청 발표 시간별 동네예보(2019.12.14.00:30)
- 그림 3-1, 어느 비 발생 대기조건
- 그림 3-2, 소보AWS지점 KLAPS 예상 대기선도(2019.12.14. 03시)
- 그림 3-3, 저기압시스템에서 어느 비 발생 지역 모식도
- 그림 3-4, 사고시각(04:40) 전후 기상레이더 지상 수상체 관측 영상
- 그림 3-5, 2019.12.14. 뉴스 기사
- 그림 3-6, 교량 위 도로면 블랙아이스 발생 및 사고

### 3 기상감정 결과 및 의견

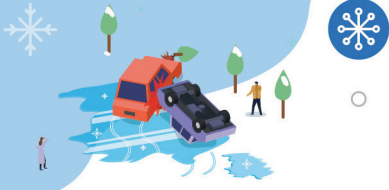
#### 1) 기상감정 결과

##### ○ 지상일기도 분석 (그림 2-1)

- 2019년 12월 13일 21시 러시아 블라디보스톡 부근에 1017hPa 저기압이 중심을 두고 한랭전선을 서해북부 해상까지 동반하고 동남동진하고 있다. 또한 하층 제트기류는 발해만을 거쳐 우리나라 중북부지방을 거쳐 일본 홋카이도 부근으로 불고 있고, 상층 기압골 만주에서 동남동진하고 있어 동해북부 해상의 저기압을 발달시키고 있다.
- 2019년 12월 14일 03시 블라디보스톡 부근에 중심을 둔 저기압은 일본 동쪽해상에 중심을 둔 고기압이 발달하면서 저기압의 이동을 저지하여 중심의 위치는 정체하고 회전하면서 발달하고 2차 한랭전선이 원산만-발해만 쪽으로 발달하고 있으며, 1차 한랭전선 통과 시 대전을 비롯한 내륙지방에는 눈과 비가 오고 있다.
- 2019년 12월 14일 09시 우리나라 서해안을 따라 남부지방을 거쳐 일본 중부 서해안에 중심을 둔 저기압에서 발생한 바람이 한랭전선을 따라 불고 있으며, 동해북부 해상에 중심을 둔 저기압은 발달하면서 59km/h 속도로 빠르게 동진하고, 발달한 한랭전선이 중부지방에서 남부내륙지방을 거쳐 동해남부해상으로 이동하면서 내륙지방에 눈과 비를 내렸다. 아울러 상층의 한랭 기압능이 몽골 북부에서 상해북부까지 남북 직선형으로 크게 발달하고 있다.

##### ○ 상층일기도 분석

- **925hPa일기도** : 블라디보스톡 부근으로 발달한 기압골이 중심이 동해북부 해상으로 물러가고 우리나라는 서쪽 고기압의 영향을 받고 있다. 찬 공기는 크게 남하하여 0℃선이 산둥반도 남쪽-서해남부-전남북경계-경북내륙을 연결하는 선까지 남하하여 전남, 경남을 제외한 내륙지방은 영하권에 들었다. (그림 2-2)
- **850hPa일기도** : 우리나라 서해는 서쪽 고기압의 영향을 받고 있다. 찬 공기는 북서풍을 타고 크게 남하하여 0℃선이 남해상에 위치하여 우리나라 내륙지방 전체가 영하권에 들었다. 우리나라 부근에는 습윤구역이 없다. (그림 2-3)
- **700hPa일기도** : 기압계가 동쪽으로 10도 빠르게 동진하고 전시간에 서해상에 있던 약한 습윤역도 사라졌으며, 서해상은 북서풍이 약해지면서 온난한 온도능이 다가오고 있다. (그림 2-4)



### ○ 단열선도 분석

- 2019년 12월 14일 03시 소보AWS 지점은 지상기온이 영하 3.5℃로 1000~850hPa 대기하층은 영상의 기온이고 850hPa 이상의 중상층은 영하의 기온을 나타내고, 지면부터 925hPa까지는 남남동~남서풍이 약하게 불고 있으나 그 이상의 상층에는 서풍의 하층 제트이상의 바람이 상층으로 갈수록 강해지고 있으며, 대기 중의 습기는 하층에는 약하고 700hPa 이하 부근 층에서만 포화에 이르러 습도가 높다. (그림 2-5)
- 겨울철의 대형 교통사고를 일으키는 블랙아이스(Black Ice)현상은 중하층이 영상으로 비가 되어 내리다가 지면부근에서 영하 기온일 때 도로면이 결빙으로 주로 발생한다.
- 사고지점에서 2019년 12월 14일 04:40경 사고시각 전후(03:00~06:00)의 대기상태는 어는 비 ⇒ 얼음싸라기 ⇒ 눈 형태로 대기상태가 변했을 것으로 추정되고, 특히 14일 03:40부터 04:30까지 강수 시간에는 어는 비 형태의 대기구조가 되어 고속도로 노면에서는 블랙아이스가 발생했을 것으로 추정된다. (그림 2-6)

### ○ 관측자료 분석

- 사고지점에서 북북동쪽 3.1km 지점의 기상청 소보AWS는 14일 00시 07분경에 영하 6.7℃ 최저기온을 기록하고 상승하여 04시 40분경에는 영하 1.4℃로 상승했고 강수 관측기록은 14일 03시 45분 시작하여 04시 30분에 끝났으나 강수량은 기록되지 않았고 바람은 정온 상태이다. (그림 2-7)
- 사고시각인 14일 04시 40분 국지기상예측모델(KLAPS)의 한반도 지상기온과 바람 분석 일기도에서는 경북내륙지방의 태백산맥을 따라 북쪽 좌우로 기온이 영하 2℃~0℃의 분포이며 사고지점은 영하 1℃내외를 나타내고 있다. 사고 당시 사고지점을 포함한 경북내륙지방 지면온도 기온과 비슷한 영하 2℃~0℃의 분포이며 사고지점은 0℃내외를 나타내고 있어 사고시각 전까지 내린 어는 비 형태의 강수는 감지만 되는 약한 강수였고, 기온은 영하 3.4℃~ 영하 1.3℃로 내리는 강수는 지면에 얼어붙는 현상, 즉 블랙아이스가 발생한 것으로 예상된다. (그림 2-8)
- 사고시각 기상레이더 지상 강수관측은 한랭전선에 동반된 강수역이 전남북 경계-대구북쪽 경북내륙까지 남서방향으로 0.1mm/h 이하 강도로 매우 약한 비가 내리고, 사고시각 20분전(04:20) 사고지점 지상의 강수형태는 비로 내렸고, 사고시각(04:40)에는 지상에 눈과 비가 함께 내렸다. (그림 2-9, 2-10, 2-11)
- 특히, 기온과 지면온도가 영하로 눈과 비는 지면에 얼어붙었을 것으로 추측이 되고, 1차, 2차 사고지점은 고속도로 시멘트 노면 또는 교각 위 도로면으로 지면보다는

온도가 낮아 결빙(블랙아이스) 현상이 발생했었을 것으로 예상된다.

### ○ 예보자료 분석

- 대구지방기상청이 2019.12.13.17:00에 발표한 대구·경북지방의 내일(14일)예보 종합은 ‘흐리다가 아침부터 맑아지고, 경북북부내륙, 남서내륙(사고지점 포함), 경북북동산지는 새벽에 비 또는 눈, 예상강수량은 경북내륙 5mm 내외, 경북북동산지는 1cm 내외 적설’을 예보했고, 유의사항으로 ‘경북북동산지와 북부내륙 일부 눈 또는 비, 내린 비나 눈이 얼어 도로 미끄러운 곳, 교통안전에 각별히 유의’하라고 예보했다. (그림 2-12)
- 대구지방기상청은 2019.12.13.16:10에 중부지방과 남부 내륙지방에 내일(14일) 05시 까지 비 또는 눈이 오는 곳이 있고, 14일 00~09시 사이에 도로나 교량 등에서 결빙으로 교통안전에 유의할 것 등을 담은 ‘위험기상 및 유의사항 기상정보’를 발표했다. (그림 2-13)
- 2019.12.14.00:30 발표 사고지역 동네예보에 05시까지 눈이나 비를 예보하고 강수량은 1mm/h 미만으로, 기온은 영하 5.9℃~영상 1℃를 예측하여 기온이 상승하고 바람은 없을 것으로 예보를 했다. (그림 2-14)

## 2) 사고와 인과관계

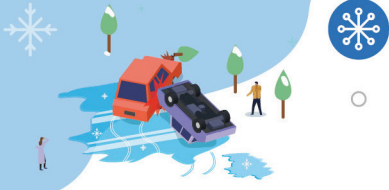
### ○ 어는 비 발생 기상조건 (그림 3-1, 3-2)

- 소보AWS지점에 14일 03:28에 강수가 감지되기 직전인 03:00의 KLAPS가 예측한 대기 선도 모형은 어는 비 발생에 필요한 기상조건을 영상 기온층이 얇은 것을 제외하면 거의 만족하고 있어 약한 어는 비가 내린 것으로 판단된다.

### ○ 어는 비에 의한 도로살얼음(블랙아이스) 현상 발생 메커니즘 (그림 3-3, 3-4)

- 사고 시각을 전후로 사고지역 지상에 내린 강수 형태는 03시에는 충청 내륙에서 주로 비의 형태로 남동진하고, 04시에는 경북북부내륙 중심으로 눈과 비의 형태로 남동진하고, 사고시각인 04:40에는 사고지점을 포함한 경북 남서 및 북부내륙지역에 약한 비로 강수형태로 내리고 있으나, 사고지점은 약한 한랭전선이 통과하면서 기온이 영하인 상태에서 어는 비가 발생하는 대기상태로 기온 및 지면의 기온이 영하인 상태에서 내리는 어는 비는 지면보다 기온이 더 내려간 교량 상부 고속도로면에 얼어붙는 블랙아이스 현상이 발생했을 것으로 판단된다.





○ 어는 비에 의한 교통사고 (그림 3-5, 3-6, 3-7)

- 교량 위 도로는 지열을 받을 수 없기 때문에 영하의 차가운 공기가 빠르게 지날 경우 바로 냉각되어 영하로 떨어지기 때문에 주변 도로는 얼지 않아도 충분히 얼어붙을 수 있다. 블랙아이스 현상이 발생한 도로를 시속 50km로 주행 시 버스는 마른 도로 운전 시 보다 제동거리가 7.7배, 화물자동차는 7.4배, 승용차는 4.4배의 제동거리가 필요해, 사고 발생 시 대형 추돌 교통사고가 예상되므로 자동차 운전자들은 블랙아이스 현상이 예상이 되면 서행은 물론 충분한 차간거리 확보가 꼭 필요하다.
- 블랙아이스 현상으로 인한 교통사고는 당일 사고지점에 4.6km 떨어진 상주방면 상행선에도 비슷한 시간에 발생했고, 당일 아침에 충북지역에서도 발생했으며, 2012년 12월 14일에는 전국적으로 사고가 동시 다발로 발생한 사례가 있다.

○ 블랙아이스 현상과 감정의뢰 교통사고와 인과관계

- 지상 및 상층 종관일기도, KLAPS예상 대기선도 등 분석으로 우리나라는 동해북부해상에 중심을 두고 발달하는 저기압에서 발생한 한랭전선이 우리나라를 북에서 남으로 사고지점을 포함하여 통과하고, 이어서 한랭전선 후면으로 찬 북서풍의 영향으로 약한 어는 비가 사고지점을 포함하여 내렸다.
- 사고지점 인근의 소보AWS 등 관측자료에 의하면 기온과 지면의 온도가 영하이었으며, 약하게 내리는 어는 비는 도로면 등에 얼어붙었을 것으로 판단된다. 특히 사고지점은 교량 위 시멘트 고속도로 노면으로 사고 전 찬 북서풍 영향으로 주변 지면이나 일반 고속도로 노면보다는 온도가 더 내려가, 약하게 내리는 어는 비로 인해 교량 위 상부 고속도로 노면에 얼어붙는 블랙아이스(Black Ice) 현상이 발생했을 것으로 판단된다.
- 사고차량은 운전 중 눈과 비를 감지하여 60km/h로 감속 운행하고 있었다. 그러나 사고지점에서 전방의 사고차량을 발견하고 급제동하려고 하였으나 차량이 불가항력으로 미끄러지면서, 먼저 사고로 멈춘 차량의 뒷부분을 추돌한 것으로 판단된다.



### 3) 사고 피해액 산정

#### ○ 피해액 사정

- ○○손해사정사사무소(손해사정사 ○○○)의뢰하여 산정

#### ○ 피해액 : 70,450,000원

- 인적피해 : 25,000,000원  
⇒ 치료비(6주), 휴업손해(2개월), 위자료 등 자동차 및 운전자 보험 보험사 산출 사정액 준용
- 물적피해 : 45,450,000원  
⇒ 본인 차량 폐차(자동차보험 기준단가), 대차비용(1개월), 전방차량 추돌보상(30%) 등 자동차 및 운전자 보험사 산출 사정액 준용

### 4) 관련 전문가 자문

- 해당사항 없음

## 4 별첨자료

### 첨부 1 기상감정의뢰 상세 배경

#### 1 감정의뢰 사고 개요

- 일시 : 2019년 12월 14일(토). 04시 40분
- 장소 : 경북 군위군 소보면 ○○리 ○○교(상주~영천간 고속도로 하행선)

## 2 감정대상 지점 환경



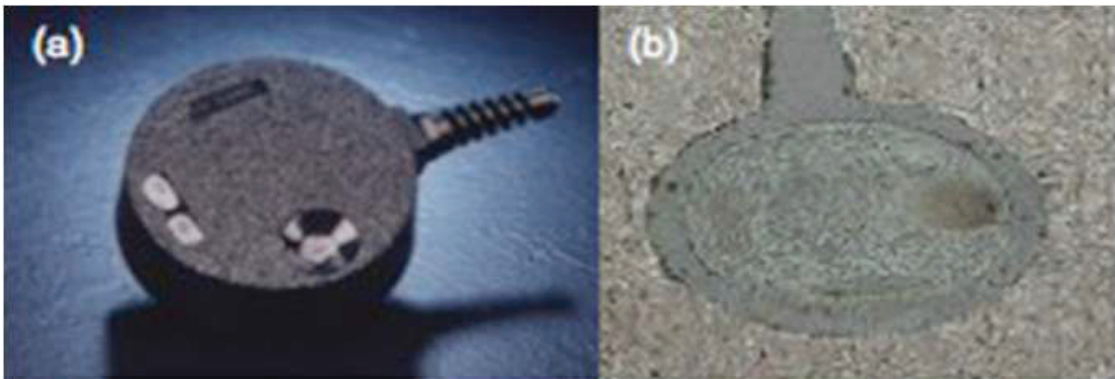
[그림 1-1] 감정대상 지점 및 사고 위치도

- 감정대상 사고지점(1차)은 상주~영천간 4차선 고속도로 하행선 영천방향 서군위 나들목 2km 전방, ○○교 지점으로 고속도로 남쪽에 위치한 냉산 줄기의 터널을 통과 후 완만하게 내리막 경사진 직선 도로를 지나 완만하게 오른쪽으로 회전이 끝나는 ○○교 진입부근이다. 사고지점으로부터 가장 가까운 기상청의 관측은 경북 군위군 소보AWS 관측지점으로 사고지점으로부터 북북동쪽 3.1km 지점에 위치해 있다[그림 1-1].
- 2차 사고지점은 상주~영천간 고속도로 상행선 서군위 나들목 2.6km 전방, 산호교 교량위로 고속도로 남쪽으로 물부리산 줄기를 지나 영천방향으로 완만한 오르막 도로로 1차사고 지점으로부터 남동쪽으로 4.6km 떨어진 산호교 상부 도로상이다.

## 3 블랙아이스(Black Ice)

- 정의
  - 블랙아이스란 검정색의 얼음이 아니라, 투명한 얼음이 아스팔트 위를 마치 코팅한 것처럼 뒤덮어 운전자의 눈에는 도로에 얼음이 없는 건조한 상태(검정색)로 보이는 현상이다. 비는 영상의 기온에서 내리지만 지상의 기온이 영하권이고 도로의 표면온도가 기온보다 더 낮은 영하 2~3도까지 떨어지면 비는 내리는 순간 바닥에 얼어버린다.

- 어는 비의 원리는 과냉각현상과 같다. 빗방울이 어는점 이하로 내려가서도 얼지 않는 과냉각 상태를 유지하다 지표에 떨어지면서 순식간에 얼어붙는다. 이는 영하의 기온에서 존재하는 과 포화된 물 입자가 지표라는 응결입자에 부딪치면서 얼어붙는 빙정성장 이론과도 비슷하다.
- 어는 비가 포장된 도로 위에 내려 블랙아이스가 생기는 경우 대형 자동차 사고의 위험이 높아진다. 항공기의 경우 블랙아이스와 같은 형태로 맑은 착빙에 의해 이착륙을 불가능하게 만들 수 있고, 전선에 얼어붙으면 무게를 지탱하지 못한 채 전선이 절단돼 정전이나 전화 불통 등의 피해를 일으킨다. 또한 표면이 매우 미끄럽고 투명하므로 거리의 보행자들이 낙상에 의한 인적 사고 발생 가능성이 매우 높다. 고속도로나 국도에서 블랙아이스에 의해 발생하는 사고는 인명피해가 동반된 대형 사고이므로 이에 대한 사전 예보와 사고 예방을 위한 절차와 제반시설 확충이 반드시 필요하다.
- 미국에서는 [그림 1-2과 같은 장비를 도로에 매설하여 도로 온도를 실시간으로 관측하며, 이 자료는 Road Weather Information Systems(RWIS)를 이용해 기온, 습도, 바람, 강수형태, 강수량 등을 실시간으로 생산하여 예보관이나 담당기관에서 상황인지 및 의사결정을 위한 자료로 활용하고 있다.



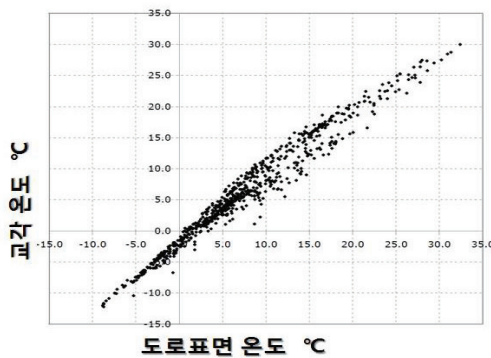
[그림 1-2] 포장도로 표면온도 센서 및 매립 형태

(a) 아이스하키 펙(PUCK) 형태의 포장도로 표면온도 센서, (b) 아스팔트에 매립된 모습  
(\*자료 : Rathke and McPherson, 2007)

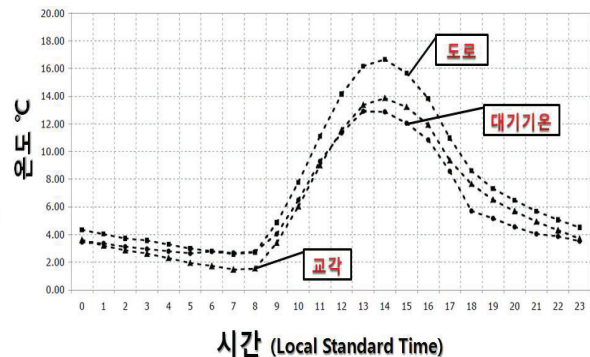


### ○ 발생조건

- 대기의 기온이 0℃ 부근이라도 도로표면의 온도가 영하라면, 빗방울은 쉽게 달라붙어 얼어버린다. 도로표면의 온도는 대기의 기온보다 이른 아침에는 낮고, 낮에는 높다. 따라서, 어는 비는 보통 새벽과 오전 사이에 많이 발생한다. 어는 비는 같은 도로에서도 교각에 많이 발생한다. 이 지역은 지표면에 열손실이 크기 때문인데, 낮에는 일사량이 작아 새벽에 기온이 많이 떨어진다. Rathke and McPherson (2007)는 [그림 1-2]과 같은 아스팔트 온도 관측장비를 이용해 평지와 교각이 위치한 다리의 기온을 조사하였다.
- [그림 1-3(a)]는 미국의 특정 관측지점에서 2005년 1개월간 관측된 도로와 교각의 온도 관계를 보여준다. 교각의 온도가 1~2℃ 정도 낮은 분포를 보였다. (b)는 대기기온, 도로온도, 교각온도와의 일 시간별(24시간) 기온분포를 보여준다. 아침 최저기온을 보이는 7~8시에 교각의 온도가 가장 낮고 대기의 기온과 약 2℃의 차이가 남을 알 수 있다. 지상의 대기 기온이 0℃ 부근이라도 교각은 어는 비가 내려 블랙아이스에 의한 빙판길이 형성될 수 있음을 의미한다.



[그림1-3] (a) 2005년 1월 도로표면과 교각의 온도 분포



(b) 시간별 3개 지점의 온도 분포

### ○ 발생 사례

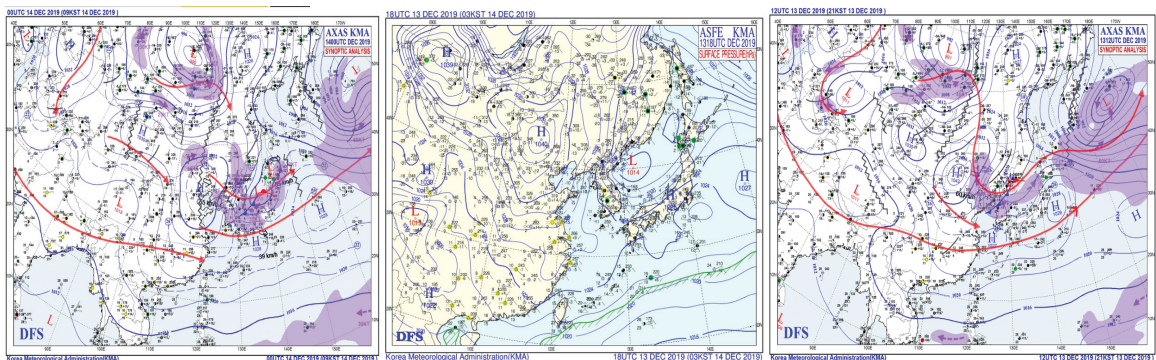
2008년 12월 8일 오전 6~7시에 청원~상주간 고속도로에 29중 추돌사고, 2009년 1월 18일 오전 7시에 청원~상주간 고속도로 및 중부내륙 고속도로에서 5~20중 추돌사고, 2012년 12월 14일 오전 8시에 김포시 고가도로에서 25중 추돌사고, 2012년 12월 21일 오전 8시쯤 구산 27번 국도에서 14중 추돌사고는 모두 어는 비로 추정되는 대형 추돌사고들로서, 겨울철 가장 기온이 낮은 시간대인 오전 6~8시에 교각과 터널부근 및 계곡부근의 도로에서 발생하였다.



첨부 2 자료분석

1 지상일기도

○ [그림 2-1(좌)] 2019.12.13. 21시 지상일기도는 중국 화북지방에 중심을 둔 찬 고기압이 60km/h 속도로 빠르게 동남동진하고, 일본 동쪽해상에 따뜻한 고기압이 정체하고 있으며, 제주도 남쪽해상에는 일본 동쪽해상에서 분리된 따뜻한 고기압이 위치하고 있으며, 러시아 블라디보스톡 부근에 1017hPa 저기압이 중심을 두고 한랭전선을 서해북부 해상까지 동반하고 동남동진하고 있다. 또한 하층 제트기류는 발해만을 거쳐 우리나라 중북부지방을 거쳐 일본 홋카이도 부근으로 불고 있고, 상층 기압골이 만주에서 동남동진하고 있어 동해북부 해상의 저기압을 발달시키고 있다.



[그림 2-1] 지상일기도 (좌) 2019.12.13. 21시, (중) 2019.12.14.03시, (우) 2019.12.14.09시

○ [그림 2-1(중)] 2019.12.14. 03시 지상일기도에서는 중국 화북지방에 중심을 둔 찬 대륙성 고기압은 몽골에 중심을 두고 뒤 따르는 더 찬 고기압과 합쳐지면서 강화되어 중심이 6시간 전과 비슷한 위치에 머물면서 우리나라로 찬 북서풍을 강화시키고 있으며, 러시아 블라디보스톡 부근에 중심을 둔 저기압은 일본 동쪽해상에 중심을 둔 고기압이 발달하면서 저기압의 이동을 저지하여 중심의 위치는 정체하고 회전하면서 발달하고 2차 한랭전선이 원산만-발해만 쪽으로 발달하고 있으며, 1차 한랭전선 통과 시 대전을 비롯한 내륙지방에는 눈과 비가 오고 있다.

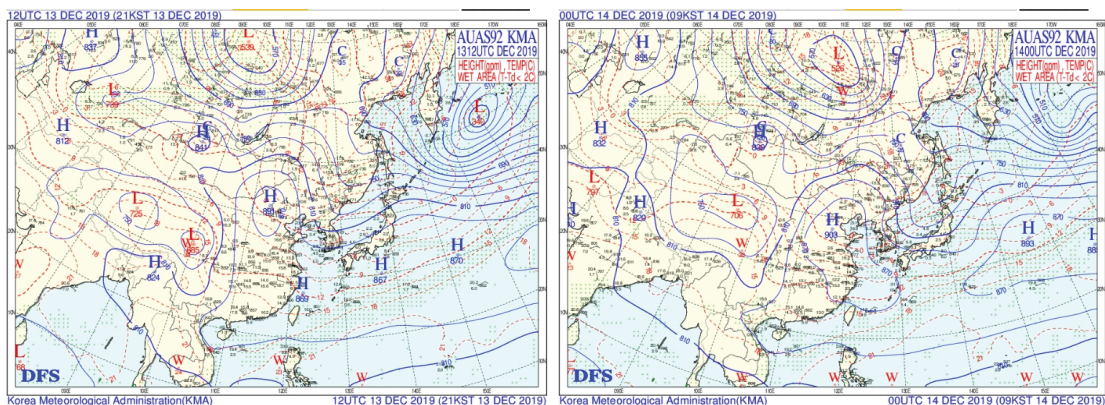


- [그림 2-1(우)] 2019.12.14. 09시 지상일기도는 중국 북부에 중심을 둔 찬 대륙성 고기압은 다소 약화되면서 55km/h 속도로 빠르게 동남동진하면서 찬 북서풍이 약해지고, 하층 제트의 중심은 블라디보스톡 부근으로 이동하면서 약해지고 일부가 우리나라 서해안을 따라 남부지방을 거쳐 일본 서해안에 중심을 둔 저기압에서 발생한 한랭전선을 따라 불고 있으며, 동해북부 해상에 중심을 둔 저기압은 발달하면서 59km/h 속도로 빠르게 동진하고, 발달한 한랭전선이 중부지방에서 남부내륙지방을 거쳐 동해남부해상으로 이동하면서 내륙지방에 눈과 비를 내렸다. 아울러 상층의 한랭 기압능이 몽골 북부에서 상해북부까지 남북 직선형으로 크게 발달하고 있다.

## 2 상층일기도

### ○ 925hPa일기도

- [그림 2-2(좌)]는 2019.12.13. 21시 925hPa 분석일기도로 화북지방에 찬고기압이 확장하고 있고, 러시아 사할린부터 블라디보스톡-중국 산둥반도에 이르는 크고 강한 기압골이 발달하고 있으며, 영하의 온도골이 만주에서 산둥반도에 이르는 찬공기가 강한 북풍기류를 타고 남하하고 있으며 우리나라는 황해도 이남은 영상의 기온이다.

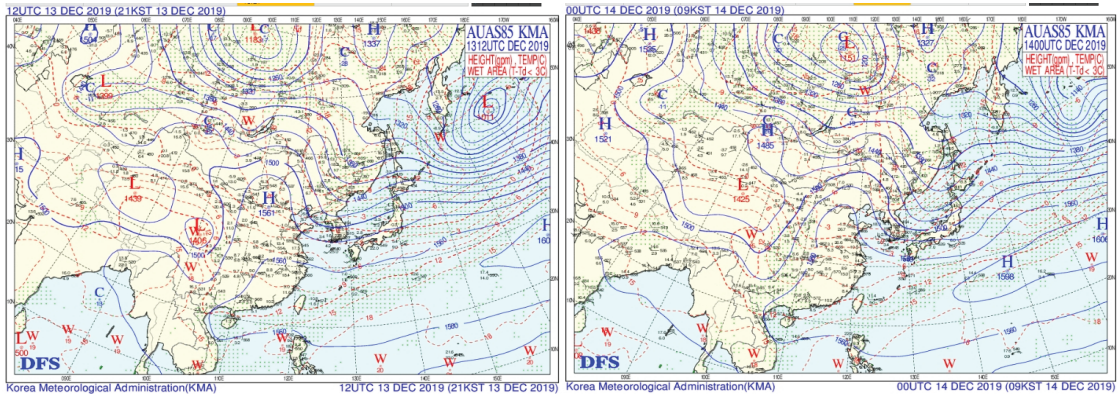


[그림 2-2] 925hPa일기도 (좌) 2019.12.13. 21시. (우) 2019.12.14. 09시

- [그림 2-2(우)]는 2019.12.14. 09시 925hPa 분석일기도로 화북지방에 찬고기압의 중심은 전시간과 비슷한 위치에 머물면서 중국 중부와 서해-대만북부 해상까지 고기압이 확장하여 전 시간에 블라디보스톡 부근으로 발달한 기압골이 중심이 동해북부 해상으로 물러가고 우리나라는 서쪽 고기압의 영향을 받고 있다. 찬 공기는

크게 남하하여 0℃선이 산둥반도 남쪽-서해남부-전남북경계-경북내륙을 연결하는 선까지 남하하여 전남, 경남을 제외한 내륙지방은 영하권에 들었다.

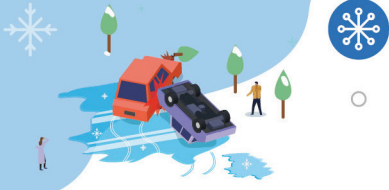
○ 850hPa일기도



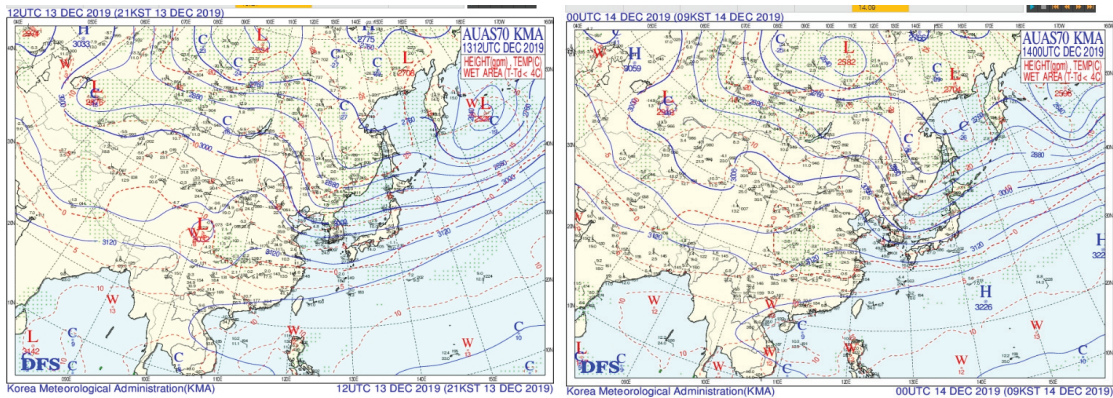
[그림 2-3] 850hPa일기도 (좌) 2019.12.13. 21시, (우) 2019.12.14. 09시

- [그림 2-3(좌)]는 2019.12.13. 21시 850hPa 분석일기로 중국 화북남부지방에 찬 고기압이 확장하고 있고, 러시아 사할린부터 블라디보스톡-중국 산둥반도에 이르는 크고 강한 기압골이 발달하고 있으며, 영하의 찬 공기 온도골은 기압골의 바로 후면을 따르고, 0℃선은 화중 북부에서 산둥반도 남쪽-우리나라 중부지방에 이르러 찬 공기가 강한 북서풍기류를 타고 남하하고 있으며 우리나라는 중부 이남은 영상의 기온이다. 한편 발해만 부근에는 약한 습윤구역이 나타난다.
- [그림 2-3(우)]는 2019.12.14. 09시 850hPa 분석일기로 화북지방-만주지방-사할린으로 찬 고기압능의 중심은 전시간보다 경도 5도 동진하고, 기압골은 사할린 동안-동해 북부-강원 동해안 방향으로 동진하였다. 우리나라 서해는 서쪽 고기압의 영향을 받고 있다. 찬 공기는 북서풍을 타고 크게 남하하여 0℃선이 남해상에 위치하여 우리나라 내륙지방 전체가 영하권에 들었다. 우리나라 부근에는 습윤구역이 없다.





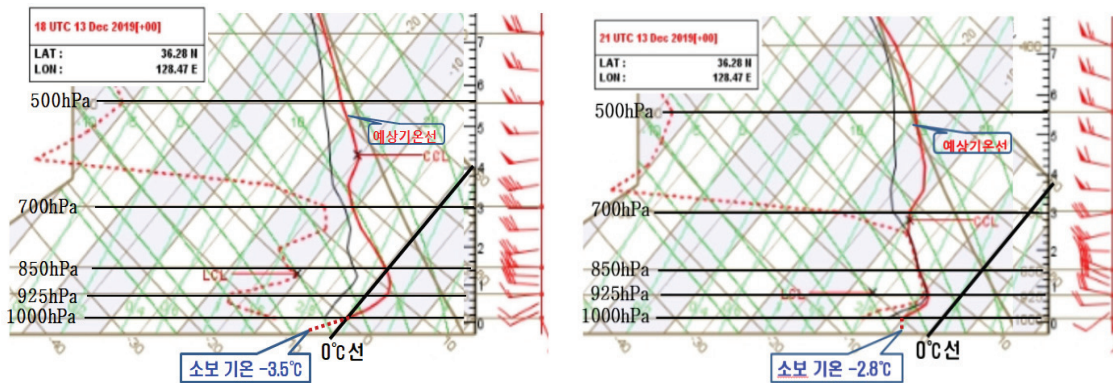
## ○ 700hPa일기도



[그림 2-4] 700hPa일기도 (좌) 2019.12.13. 21시. (우) 2019.12.14. 09시.

- [그림 2-4(좌)]는 2019.12.13.21시 700hPa 분석일기도로 중국 화중지방부터 동경 110도를 따라 북쪽으로 기압능이, 사할린-만주-발해만 방향으로 기압골이 위치하고 기압골과 같은 위치에 찬 온도골이 위치하며 서해상에는 약한 습윤구역이 저층 850hPa보다 넓게 위치하고 있다. 한기는 북서풍을 타고 강화되고 있다.
- [그림 2-4(우)]는 2019.12.14.09시 700hPa 분석일기도로 전시간(13일 21시) 보다 기압계가 동쪽으로 10도 빠르게 동진하고 서해상의 약한 습윤역도 사라졌으며, 서해상은 북서풍이 약해지면서 온난한 온도능이 다가오고 있다.

## 3 단열선도(소보AWS 지점)



[그림 2-5] 소보AWS지점 KLAPS예상 대기선도 (좌) 2019.12.14. 03시, (우) 2019.12.14. 06시

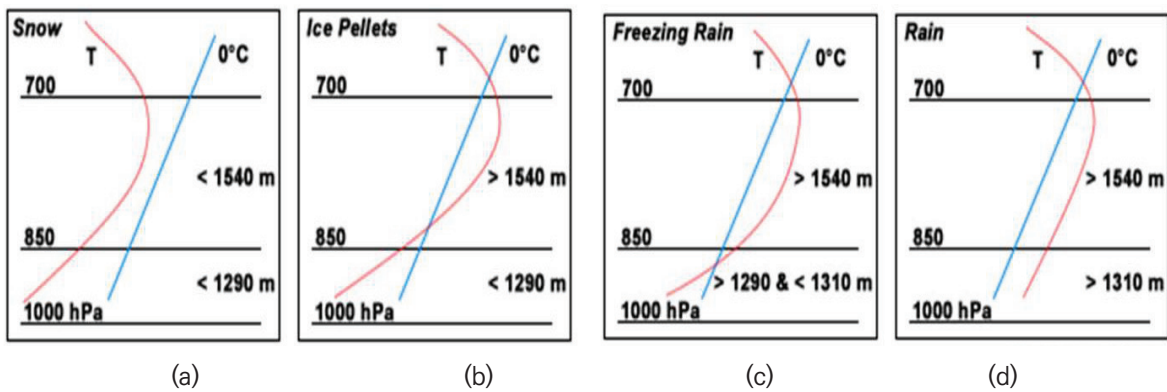
- [그림 2-5]는 감정의뢰(사고) 지점과 가장 가까운 기상청의 방재기상관측 지점인 소보AWS 지점의 2019.12.14. 03(좌)와 06시(우) 기상청의 국지기상예측모델



(KLAPS)이 예측한 대기선도(Skew T-Log P Diagram)이다.

- [그림 2-5(좌)]는 14일 03시 사고지역 부근인 경북 군위군 소보면 위성리(소보 AWS)는 지상기온이 영하 3.5℃로 1000~850hPa 대기하층은 영상의 기온이고 850hPa이상의 중상층은 영하의 기온을 나타내고, 지면부터 925hPa까지는 남남동~남서풍이 약하게 불고 있으나 그 이상의 상층에는 서풍의 하층 제트이상의 바람이 상층으로 갈수록 강해지고 있으며, 대기 중의 습기는 하층에는 약하고 700hPa이하 부근 층에서만 습도가 높다.
- [그림 2-5(우)]는 14일 06시 소보AWS는 지상기온이 영하 2.8℃로 지면부터 상층으로 영하의 기온이고, 지면부근(지면~1000hPa)만 남풍~서남서풍이 약하게 불고 있으나 그 이상의 상층에는 서풍 계열의 하층 제트 이상의 바람이 상층으로 갈수록 강해지고 있으며 3시간 전보다 중하층까지 찬 기류가 강하게 내려오고 있으며, 특히 925hPa 고도에서는 기온이 영상 2.5℃에서 영하 4.5℃로 7℃ 가량이나 급격히 하강하고 있으며, 대기 중의 습기는 하층에는 950~740hPa 층에서 포화되어 있다.

#### 4 상층대기 기온구조에 따른 강수형태



[그림 2-6] 대기기온 구조에 따른 강수형태(a/눈, b/얼음싸라기, c/어는 비, d/비) 구분으로서, 붉은색은 대기기온선, 파란색은 0℃선을 의미한다.(자료: COMET)

- [그림 2-6]은 대기기온 구조에 따른 강수형태(눈, 얼음싸라기, 어는 비, 비) 구분이다. [그림 2-6]의 (a) 그래프를 보면, 모든 대기층에서 기온선이 0℃선보다 왼쪽(영하 구역)에 위치해 있다. 중층대기에서 떨어지는 눈은 지면 도달까지 0℃보다 낮은 영하의 기온을 보이기 때문에 눈으로 내린다. 그림 (b) 그래프를

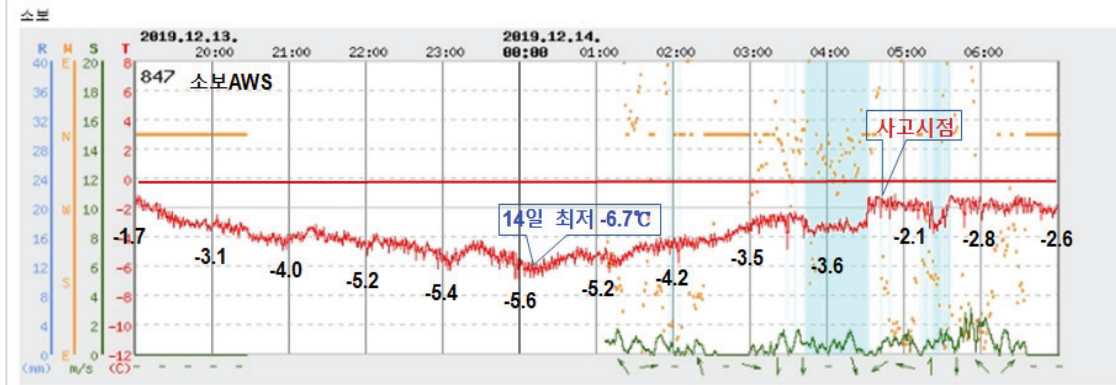


보면, 0℃ 이하의 중층대기에서 떨어지는 눈은 700hPa 부근에 위치한 영상층을 통과하면서 녹아 비로 내리다가 대기하층 850hPa 상층에서 기온이 영하로 하강하면 지면부근에서 얼어붙어 얼음싸라기(Ice pellets)가 내리게 된다. 그림(c) 그래프와 같이 850hPa 하층부터 지표부근에 영하의 층이 있지만, 그 두께가 크지 않으면, 내리던 비는 얼어붙지 못한 상태로 지면에 떨어지는 어는 비(Freezing rain)로 내린다.

- 지면의 기온이 영하이기 때문에, 지면과 부딪친 비는 곧 얼어붙게 되어 블랙아이스(Black Ice)현상이 발생한다. 따라서, 어는 비가 내리기 위해서는 하층대기에 두꺼운 영상층과 지표부근 대기에 영상층의 두께에 비해 얇은 영하 층이 각각 존재해야 한다. 그림(d) 그래프와 같이 지상에서 700hPa까지 영상이면 지상에서는 비(Rain)가 내린다. 한편 겨울철의 대형 교통사고를 일으키는 블랙아이스(Black Ice)현상은 그림 (b)와 (c)그래프처럼 중하층이 영상으로 비가 되어 내리다가 지면부근에서 영하 기온일 때 도로면의 결빙으로 주로 발생한다.
- 사고지점에서 2019.12.14.04:40경 사고시각 전후(03:00~06:00)의 대기상태는 [그림 2-5]의 좌에서 우의 형태로 변했다. 이는 [그림 2-6]의 (c)⇒(b)⇒(a)형 그래프 형태로 대기상태가 변했을 것으로 추정되고, 특히 14일 03:40부터 04:30까지 강수 시간에는 [그림 2-6(c)]그래프 형태의 대기구조가 되어 고속도로 노면에서는 블랙아이스가 발생했을 것으로 추정된다.

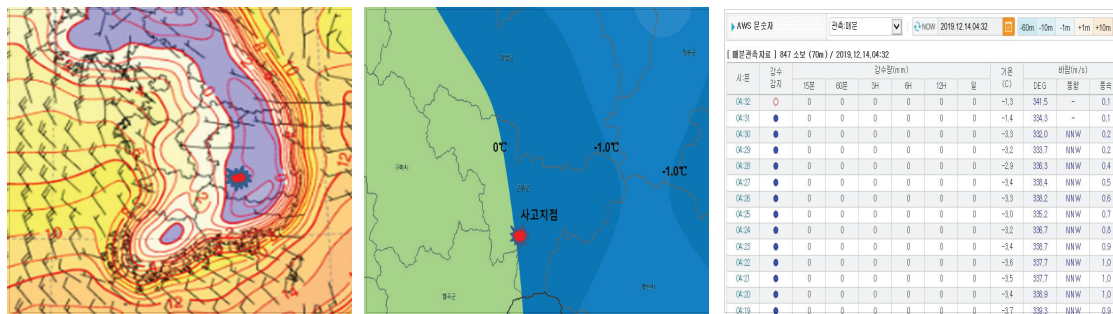
## 5 관측자료 분석

- 사고지점에서 가장 가까운 기상청의 기상관측 지점은 [그림 1-1]에서와 같이 북북동쪽 3.1km 지점에 소보AWS가 있다. [그림 2-7] 소보지점의 관측자료를 분석해 보면 기온은 전일(13일) 19시경부터 영하로 하강하여 14일 00시 07분경에 영하 6.7℃ 최저기온을 기록하고 상승하여 04시 40분경에는 영하 1.4℃로 상승했고 이후 14일 07시까지 영하 2~3℃를 기록했다.



[그림 2-7] 소보AWS 기온, 강수 관측자료

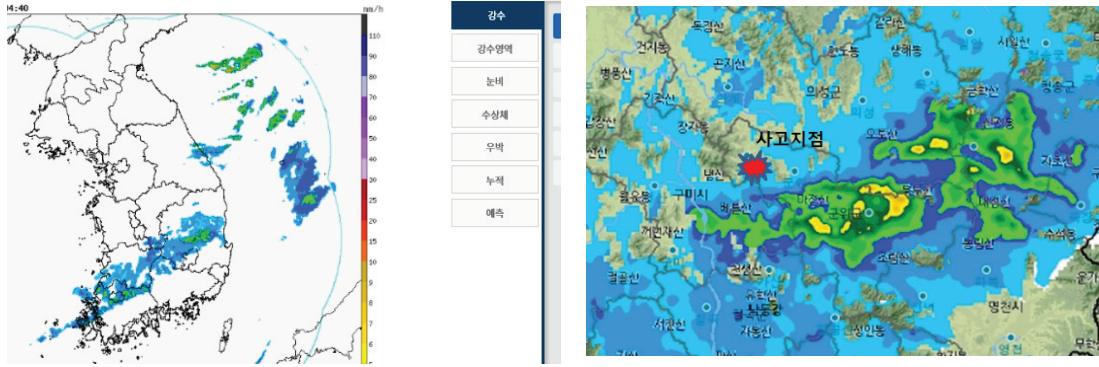
- AWS강수 관측기록은 14일 03시 45분 시작하여 04시 30분에 끝나고, 다시 05시 10분에서 05시 30분까지 기록되었다. 소보AWS 강수감지는 14일 03시 28분부터 05시 35분까지 감지되었고 강수량은 기록되지 않았다. 사고시각 소보지역은 바람이 거의 없는 정온 상태이다.
- [그림 2-8]은 14일 04시 40분 국지기상예측모델(KLAPS)의 한반도 지상기온과 바람[그림 2-8(좌)] 분석일기도는 사고지점을 포함한 경북내륙지방의 태백산맥을 따라 북쪽 좌우로 기온이 영하 2°C~0°C의 분포이며 사고지점은 영하 1°C내외를 나타내고 있다. 사고 당시 사고지점을 포함한 경북내륙지방 지면온도 분포[그림 2-8(중)]는 기온과 비슷한 영하 2°C~0°C의 분포이며 사고지점은 0°C내외를 나타내고 있어 사고시각 전까지 내린 비[그림 2-8(우)]는 강수는 감지가 되고 기온은 영하 3.4°C~영하 1.3°C로 강수는 지면에 얼어붙는 현상이 발생한 것으로 예상된다.



[그림 2-8] KLAPS (좌) 기온분포도(2019.12.14.04:40), (중) 지면온도 분포도, (우) 소보AWS 강수감지

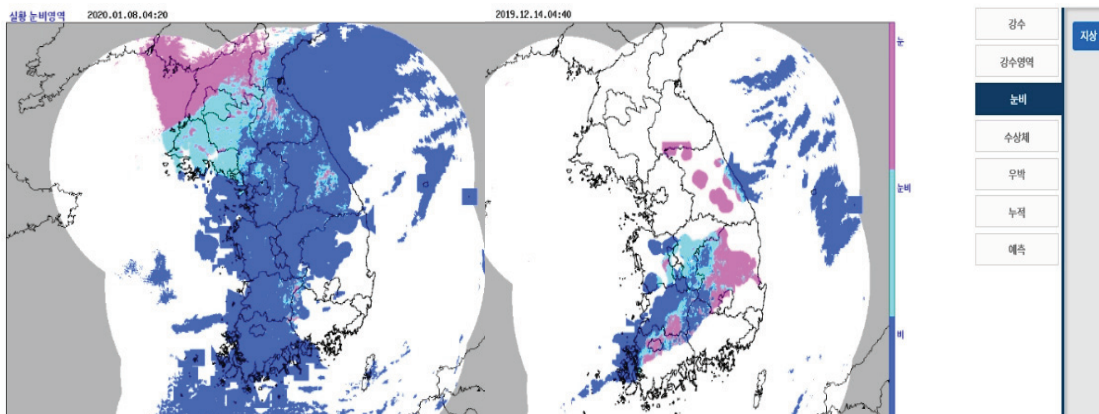


- 사고시각 기상레이더 지상 강수관측은 한랭전선에 동반된 강수역이 전남·전북 경계-대구북쪽 경북내륙까지 남서방향으로 0.1mm/h 이하 강도로 매우 약한 비가 내리고 있다[그림 2-9(좌) 참조].



[그림 2-9] 기상레이더 강수관측(2019.12.14.04:40) (좌) 종합. (우) 면봉산기상레이더 강수관측

[그림 2-9(우)]의 사고지점에서 가장 가까운 면봉산기상레이더 관측은 사고시각 전에 약한 비가 내렸고 사고시각에는 거의 비가 그치고 있다. [그림 2-10(좌)]는 사고시각 20분전(04:20) 사고지점 지상의 강수형태로 비가 내렸고, (우)는 사고시각(04:40)에는 지상에 눈과 비가 함께 내렸고, 특히 기온과 지면온도가 영하로 눈과 비는 지면에 얼어붙었을 것으로 추측이 되고, 1차, 2차 사고 지점은 고속도로 시멘트 노면 또는 교각 위 도로면으로 지면보다는 온도가 낮아 더욱 결빙, 즉 블랙아이스 현상 발생이 있었을 것으로 예상된다.

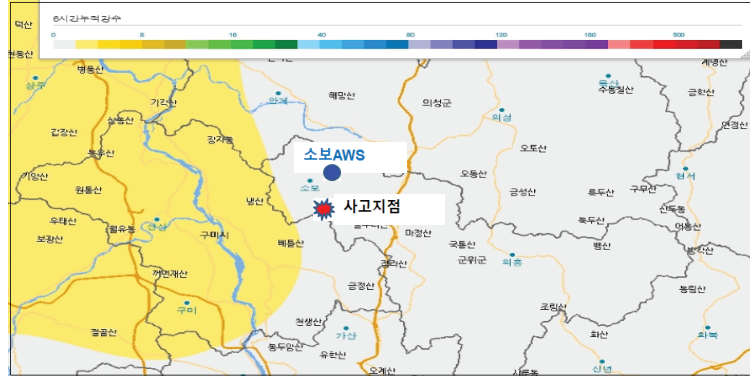


[그림 2-10] 기상레이더(2019.12.14.) (좌) 04:20 지면 강수형태, (우) 04:40 지면 강수형태]

- 14일 04:40까지 6시간 누적강수량 분포[그림 2-11 참조]는 사고지점 서쪽까지는 6시간 누적강수량 4mm/6h로 기록되었으나 사고지점을 포함한 동쪽 및 소보AWS



관측자료는 기상레이더 영상, AWS강수감지에는 지면에 강수현상이 있었으나, 강수량이 0.5mm미만 소량으로 기록은 되지 않는 것으로 판단된다.



[그림 2-11] 경북내륙 6시간 누적강수량 분포도(2019.12.14.05:00)

## 6 예보자료 분석

○ 대구지방기상청이 2019.12.13.17:00에 발표한 대구·경북지방의 내일(14일)예보 종합은 ‘흐리다가 아침부터 맑아지고, 경북북부내륙, 남서내륙, 경북북동산지는 새벽에 비 또는 눈, 예상강수량은 경북내륙 5mm 내외, 경북북동산지는 1cm 내외 적설’을 예보했고, 유의사항으로 ‘경북북동산지와 북부내륙 일부 눈 또는 비, 내린 비나 눈이 얼어 도로 미끄러운 곳, 교통안전에 각별히 유의’하라고 예보했다.



[그림 2-12] 대구지방기상청 발표 예보문(2019.12.13.17:00)

○ 사고 지점 ‘경북 군위군 소보면’은 예보구역 상 경북남서 내륙지방으로 14일 새벽에 비 또는 눈을 예보했다[그림 2-12 참조].



- 아울러 대구지방기상청은 2019.12.13.16:10에 [그림 2-13]과 같이 중부지방과 남부 내륙지방에 내일(14일) 05시까지 비 또는 눈이 오는 곳이 있고, 14일 00~09시 사이에 도로나 교량 등에서 결빙으로 교통안전에 유의 할 것 등을 담은 '위험기상 및 유의사항 기상정보'를 발표했다.

< 위험기상 및 유의사항 >  
 ○ (대설, 결빙)  
 - 오늘(13일) 밤(21시)부터 내일(14일) 새벽(06시) 사이에 강원산지와 내륙에는 많은 눈이 내리면서 대설특보가 발표(내일 새벽(00시~06시))될 가능성이 있었고, 그 밖의 경기북부와 경북북동산지에도 눈이 쌓이는 곳이 있었으니, 시설물 관리와 안전사고에 유의하기 바랍니다.  
 - 한편, 그 밖의 중부지방과 남부내륙에도 비 또는 눈이 오는 곳이 있었고, 특히 지상 기온이 낮아지는 내일 새벽(00시)부터 아침(09시) 사이에 높은 고도에 위치한 도로나 교량 등에서는 도로면의 온도가 영하권을 보이며, 내린 비나 눈이 얼어 매우 미끄러운 곳이 많겠으니, 교통안전에 각별히 유의하기 바랍니다.

[그림 2-13] 대구지방기상청 발표 위험기상 기상정보(2019.12.13.16:10)

- 2019.12.14.00:30 발표 동네예보[그림 2-14 참조]에 사고 지역이 경북 군위군 소보면의 당일 06시까지 예보에 05시까지 눈이나 비를 예보하고 강수량은 1mm/h미만으로, 기온은 영하 5.9℃~영상 1℃를 예측하여 기온이 상승하고 바람은 없을 것으로 예보를 했다.

현재 날씨	02시 예보	03시 예보	04시 예보	05시 예보	06시 예보
<b>-5.9℃</b> • 해당 온도 -6℃ • 풍향 남풍 • 습도 68% • 풍속 1.1m/s • 1시간 강수량 -	 <b>눈</b> <b>-1℃</b> • 해당 온도 -1℃ • 풍향 - • 습도 70% • 풍속 0m/s • 1시간 강수량 1mm미만	 <b>눈</b> <b>1℃</b> • 해당 온도 1℃ • 풍향 - • 습도 75% • 풍속 0m/s • 1시간 강수량 1mm미만	 <b>눈</b> <b>1℃</b> • 해당 온도 1℃ • 풍향 - • 습도 75% • 풍속 0m/s • 1시간 강수량 1mm미만	 <b>눈/비</b> <b>2℃</b> • 해당 온도 2℃ • 풍향 - • 습도 80% • 풍속 0m/s • 1시간 강수량 1mm미만	 <b>흐림</b> <b>2℃</b> • 해당 온도 2℃ • 풍향 - • 습도 85% • 풍속 0m/s • 1시간 강수량 -

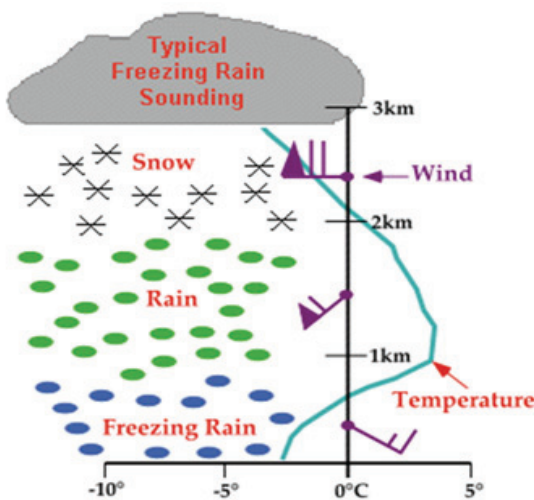
※최저 예보는 초단기예보에서만 제공됩니다.

[그림 2-14] 대구지방기상청 발표 시간별 동네예보(2019.12.14.00:30)

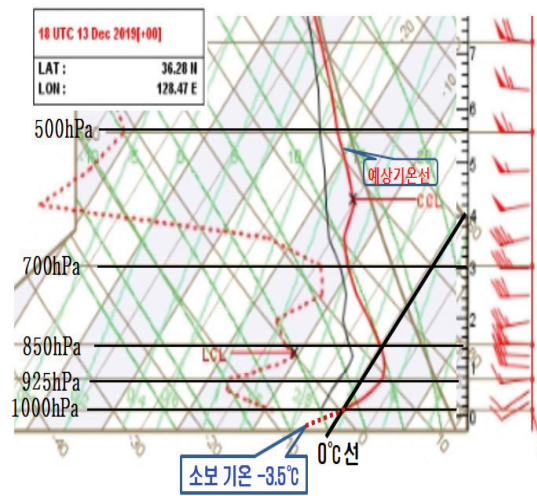
첨부 3 사고와 인과관계 분석

1 어는 비 발생 기상조건

○ 어는 비(Freezing Rain: FZRA)란 액체상태의 강수로 지면에 내린 후 곧바로 지표면에 얼어붙는 비를 말한다. 여기서 빗방울의 크기에 따라 0.5mm 이상은 어는 비, 그 이하는 어는 이슬비(Freezing Drizzle: FZDZ)라 한다. 어는 비가 내리기 위한 대기조건은 [그림 3-1]과 같다. 어는 비는 대기 중상층에서는 눈이나 빙정과 같이 고체상의 강수가 내리다가, 대류권 중하층에서 0°C 이상의 역전층을 통과하면서 액체로 되었다가, 다시 0°C 이하의 대기최하층을 통과한 후 0°C 이하의 지표면에 얼어붙게 된다.



[그림 3-1] 어는 비 발생에 필요한 대기조건  
 (\*자료: [http://www.weather.gov/rnk/Measure\\_icing](http://www.weather.gov/rnk/Measure_icing))



[그림 3-2] 소보AWS지점 KLAPS예상 대기선도  
 2019.12.14. 03시

○ 이 때 중요한 것이 0°C 이하 층의 두께가 다시 얼지 않을 정도이어야 한다는 점이다. 이러한 대기 연직구조가 생성되기 위해서는 대류권 중하층에서의 온난이류가 필요하다. 미국 등 어는 비가 자주 발생하는 지역에서의 분석에 따르면, 어는 비 발생 시 온정온도는 -10°C보다 높은 상태이며 시간적으로는 해뜨기 직전에 자주 발생한다고 한다.

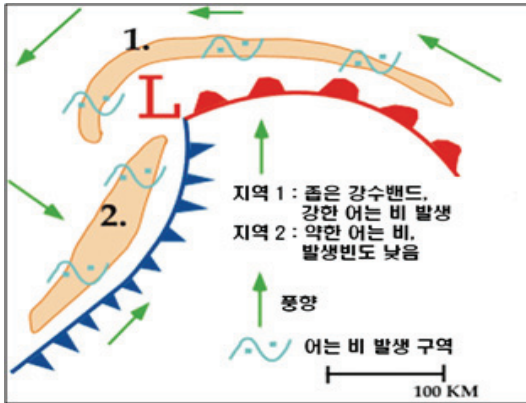
○ [그림 3-2]는 소보AWS지점에 14일 03:28에 강수가 감지되기 직전인 03:00의 KLAPS가 예측한 대기선도이다. 대기선도 모양은 [그림 3-1]의 어는 비 발생에



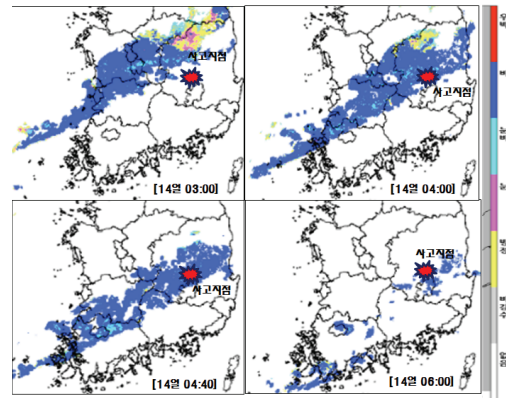
필요한 기상조건을 영상 기온층이 얇은 것을 제외하면 거의 만족하고 하고 있어 약한 어는 비가 내린 것으로 판단된다.

## 2 어는 비에 의한 블랙아이스 발생 메커니즘

- [그림 3-3]는 어는 비 현상이 빈번하게 관측되는 구역과 기류를 종합적으로 보여주고 있다. 저기압 중심을 따라 동쪽에서 서쪽으로 넓게 분포하고 있는 강수밴드 속으로 온난전선을 가로지르는 상승기류가 존재하게 되면 온난전선 전면에서 어는 비 현상이 자주 관측된다(지역 1). 이 구역에서 관측되는 어는 비 현상은 상대적으로 좁은 강수밴드를 가지며 어는 비의 강도가 강한 것으로 알려져 있다.
- 그리고 (지역 2) 구역에서는 발생 빈도는 낮지만 가끔 한랭전선의 후면에서도 어는 비 현상이 관측되기도 한다. 한랭전선 후면에서 어는 비 현상이 발생하는 것은 온난전선 전면을 따라 흐르는 상대적으로 따뜻한 동풍기류가 다시 남쪽으로 흘러 한랭전선 후면의 구름 밴드로 흘러 들어 눈과 얼음 알갱이를 충분히 녹이기 때문이다. 이때 발생하는 어는 비 현상은 강도가 온난전선 전면에서 발생하는 것보다 매우 약한 것으로 알려져 있다.



[그림 3-3] 저기압시스템에서 어는 비 발생 지역 모식도



[그림 3-4] 사고시각(04:40) 전후 기상레이더 지상 수상체 관측 영상

- 결론적으로 중위도 지방에서의 어는 비 현상은 겨울철에 남서쪽에서 접근하는 온난전선의 전면에서 발생 빈도가 가장 높게 나타나고, 저기압이 진출하는 전면(북쪽)에 한랭 고기압이 존재하면 더 좋은 발생 조건으로 작용할 수 있으나, 이번 사건은 동해 북부해상에 중심을 두고 발달하는 저기압에서 발생한 약한 한랭전선이 북부지방에서 경북내륙지방까지 북서쪽에서 남동쪽으로 통과하면서

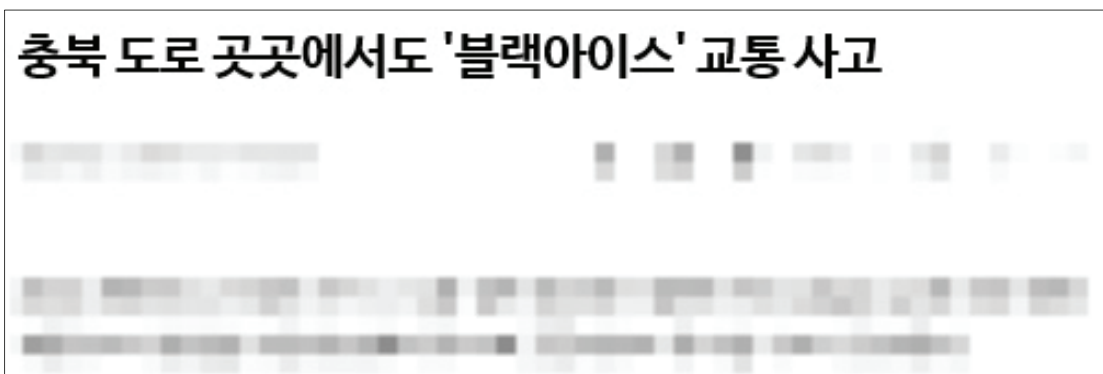


[그림 3-3]의 2)지역에 들어서 발생한 것으로 판단된다.

- [그림 3-4]에서 사고 시각을 전후로 사고지역 지상에 내린 강수 형태를 분석해 보면 사고 약 1시간 40분전(03:00)에는 강수지역은 충남북 내륙에서 주로 비의 형태로 남동진하고, 04:00에는 강수구역이 경북북부내륙에서 눈비 형태로 남동진하고 있으나 사고지점 바로 서쪽까지 다가오고 있다. 사고 시각인 04:40에는 사고지점을 포함한 경북 남서 및 북부내륙지역에 강수형태로 내리고 있으나, 전시간(04:00)에 비해 약해지고 있으며, 06:00는 강수대가 대부분 약화되면서 사고지점을 지나 동쪽으로 물러났다. 사고지점은 약한 한랭전선이 통과하면서 기온이 영하인 상태에서 어는 비가 내리는 [그림 3-3]의 2)지역에 들고, 지상 기온 및 지면의 기온이 영하로서, 이곳에 내리는 어는 비는 지면보다 기온이 더 내려간 교각 상부 고속도로면에 얼어붙어, 블랙아이스 현상이 발생했을 것으로 판단된다.

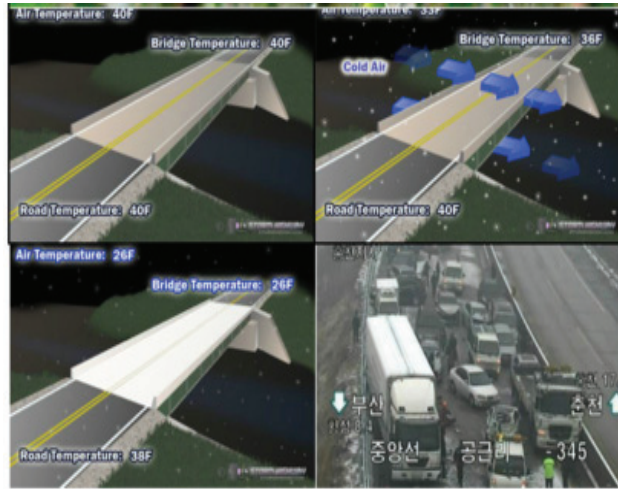
### 3 어는 비에 의한 교통사고

- 기상감정 의뢰 사건은 발생시간 전후로 충북 영동군 심천면 심천리 등 내륙지방 여러 곳에서 어는 비에 의한 도로면의 블랙아이스 현상으로 인한 교통사고로 많은 인명피해와 차량 수십 대 추돌사고가 동시 다발적으로 발생하였다[그림 3-5 참조].



[그림 3-5] 2019.12.14. 뉴스 기사

특히 어는 비에 의해 포장된 도로 위에 얇은 얼음막이 생기는 현상인 블랙아이스 (Black Ice)로 인하여 운전자는 노면이 얼어 있는 것으로 인식하지 못해 대형 교통사고가 발생하기 좋은 상황이었다.



[그림 3-6] 교량 위 도로면의 블랙아이스 발생 및 사고

(상/좌) 평소 : 기온/상판/도로 : 22.78℃, (하/우) 블랙아이스 교통사고  
 (상/우) 찬바람 교량 통과 시 : 기온 15.78℃, 상판 18.78℃, 도로 22.78℃  
 (하/좌) 찬바람 교량 통과 후 : 기온 8.78℃, 상판 8.78℃, 도로 20.78℃

- 어는 비 현상은 물질의 온도와 빗방울의 온도에 관련된 현상이기 때문에 나뭇잎, 도로 등 지표면 부근에 위치한 어떠한 물체에서도 발생할 수 있다. 어는 비 현상은 기상학적 관점에서 흥미로운 현상이지만, 대형 교통사고와 낙상 사고를 초래한다는 점에서 중요한 기상현상이다. 특히 교량 위 도로는 지열을 받을 수 없기 때문에, 영하의 차가운 공기가 빠르게 지날 경우 바로 냉각되어 영하로 떨어지기 때문에 주변 도로는 얼지 않아도 충분히 얼어붙을 수 있다[그림 3-6 참조]. 어는 비는 불순물이 없는 빗방울이 차가운 도로면에 떨어지면서 그대로 얼어붙기 때문에 도로의 색깔을 그대로 보여준다. 따라서 아스팔트 도로에 어는 비가 내릴 경우 아주 얇고 투명한 얼음 코팅을 만들기 때문에 아스팔트 도로가 그대로 보여 시각적으로 검은 색으로 보이게 되는데 이러한 현상을 블랙아이스 (Black Ice) 현상이라고 부른다.
- 블랙아이스 현상이 발생한 도로를 시속 50km로 주행 시 버스는 마른 도로 운전 시보다 제동거리가 7.7배, 화물자동차는 7.4배, 승용차는 4.4배의 제동거리가 필요\*하므로 사고 발생 시는 대형 추돌 교통사고가 예상되므로 자동차 운전자들은 블랙아이스 현상이 예상되면 서행은 물론 충분한 차간거리 확보가 꼭 필요하다.

\* (2017) '빙판길 제동거리 최대 7.7배 증가', 한국교통안전공단 보도자료

첨부 4 기상감정관련 손해사정(예시)

## 기상감정관련 손해사정 요청서

문서번호 : 기상감정 제○○호

○○○손해사정사무소 귀하

참 조 : 손해사정사 ○○○

**제 목 : 블랙아이스로 인한 교통사고 피해액에 대한 사정 요청**

본인의 기상감정사로서 2019년 12월 14일에 다음과 같은 기상현상과 관련하여 기상감정업무를 수입하였습니다.

- 1) 대상 시점 : 2019년 12월 14일. 04시 40분경
- 2) 대상 지점 : 경상북도 군위군 소보면 ○○리 ○○교  
〈상주 ~ 영천간 고속도로 영천방향 하행선〉
- 3) 의뢰인 : 이○○(60세, ○○금속 이사)
- 4) 대상 기상현상 : 어는 비에 의한 고속도로 노면 블랙아이스(Black ice) 현상

이와 관련하여 대상 시점 및 대상 지점에서 발생한 사고 피해액에 대한 사정을 하여 주실 것을 요청하오니 신속·공정한 업무수행이 되도록 협조하여 주시기 바랍니다.

※ 별 첨 : 자문 요청사항

2020년 1월 10일

(사)한국기상감정사협회

기상감정사(제 감-17001-010호) 권 태 순 (인)



## [별첨 1]

# 자문요청 사항

## 1) 사고 개요

기상감정 의뢰인 ○○금속 이사 이○○씨(60세)는 2019년 12월 14일 새벽 4시 40분경 상주~영천간 고속도로를 영천방향(하행선)으로 자가용(2015년형 ○○○) 차량을 운행 중 '경북 군위군 소보면 ○○리 ○○교' 서군위 나들목 2km 전방부근에서 자신이 운전 중인 차량이 미끄러지면서 먼저 사고로 우측 전방에 멈춰서 있던 소형 트럭을 추돌하여 본인 소유의 ○○○ 차량 앞부분 전파로 폐차와 본인이 6주 이상의 치료를 요하는 중상을 당하는 큰 사고가 발생했음

## 2) 자문요청 사항

- 사고자에 대한 인적 피해액 및 보상액 산정
- 사고자에 대한 물적 피해액 및 보상액 산정
- 사고자에 대한 기타 피해액 및 보상액 산정

[별첨 2]

## 교통사고 손해사정서

### 1) 사고개요

- 일시 : 2019년 12월 14일. 04시 40분경
- 장소 : 경상북도 군위군 소보면 ○○리 ○○교  
          〈상주 ~ 영천간 고속도로 영천방향 하행선〉
- 사고자 : 이○○(60세, ○○금속 이사)
- 사고 피해 내용
  - 2015년형 ○○자동차 ○○○(3,000cc) 전면부 전파로 폐차
  - 운전자 1인 6주 입원
  - 2012년형 ○○자동차 ○○○○○(1,980cc) 기사고 차량 후면부 추돌

### 2) 손해사정 결과

- 인적피해 : 25,000,000원
  - 치료비(6주), 휴업손해(2개월), 위자료 등 자동차 및 운전자 보험 보험사 산출 사정액 준용
- 물적피해 : 45,450,000원
  - 본인 ○○○ 차량 폐차(자동차보험 기준단가), 대차비용(1개월), 전방차량 추돌보상(30%) 등 자동차 및 운전자 보험사 보험 보험사 산출 사정액 준용

2020년 1월 10일

○○○손해사정사사무소

손해사정사(제 0000-000호) ○ ○ ○





## 기상감정사례집

도로살얼음편

---

인 쇄	2020년 12월
발 행	2020년 12월
발 행 인	기상청 한국기상산업기술원
발 행 처	서울특별시 서대문구 총현동 통일로 135 T. 02-736-7365
디자인·인쇄	(사)아름다운사람들복지회 T. 02-6948-9650

---