



용오름 현상

지난 6월 10일 경기도 고양시에서 용오름 현상(이하 우리나라에서 발생하는 토네이도 현상을 용오름으로 표현)이 관측되면서 용오름현상에 대한 세간의 관심이 한동안 모아지기도 하였다. 용오름 현상이란 적란운의 바닥에서 지상까지 좁은 깔때기 모양을 가진 강력한 저기압성 소용돌이로서 지름이 수미터~수십 미터 정도이고 매우 강한 돌풍과 상승기류를 동반하는 현상으로 정의할 수 있다.

지난 6월 10일 저녁 당시 상황을 좀 더 자세하게 기술하자면 경기도 고양시 구

산동 일대에서 19시 20분부터 강한 대류성 비구름(적란운)이 발달하기 시작하여 약 10분 만에 최성기에 도달했으며 19시 50분까지 약 30분간 지속됐는데, 특히 19시 30분 경에는 적란운이 가장 강하게 발달하면서 용오름 현상이 관측되었다. 최성기 당시 적란운은 지상 12km의 고도까지 매우 높게 발달했는데, 이때 당시 대류권과 성층권의 경계를 나타내는 대류권계면의 고도가 약 9.4km 정도였다는 것을 감안할 때 적란운의 상층부가 대류권을 넘어 성층권 하부까지 높게 발달했다는 것을 알 수 있다.



글 김지영

기상청 관측기반국
국가태풍센터 기상연구관
aceasia@korea.kr

글쓴이는 경북대학교 지구과학
교육과 졸업 후 천문기상학과에
서 석사학위를, 서울대학교 지
구환경과학부에서 박사학위를
받았다.



강력한 용오름 현상은 아직 없어

이날 용오름 현상에 동반된 돌풍으로 화훼용 비닐하우스 20여개 등이 무너졌으며 80대 노인이 머리를 다친 것으로 조사되었다. 과거에도 울릉도를 비롯한 우리나라의 전국 각지에서 용오름 현상이 관측된 사례가 다수 있었지만 이번처럼 수도권 지역에서 용오름 현상이 관측된 것은 매우 이례적으로 볼 수 있다. 본지의 2013년 10월호에 필자가 ‘강력한 회오리바람, 토네이도! 그 정체는?’이란 타이틀로 토네이도 현상(용오름과 물리적 원리가 동일한 현상)에 대해 이미 간략히 소개한 바 있다. 이번 호에서는 우리나라에서 관측된 용오름 현상을 중심으로 이 흥미로운 현상에 대해 소개하고자 한다.

비록 용오름과 토네이도의 역학적 발생 원리가 같아 하더라도 발생하는 지역의 기상학적 조건과 지리적 여건이 다르기 때문에 어느 정도의 차이가 있는 것이 사실이다. 토네이도의 경우 외신을 통해 전해지는 것처럼 강도가 매우 세고 수명도 상대적으로 길기 때문에 이 난폭한 소용돌이 현상으로 인해 심각한 재난 수준의 인명과 재산 피해가 발생하고 일반인들에게는 공포의 대상으로 간주되고 있다.

이에 반해 우리나라에서 발생하는 용오름 현상은 비록 용오름 현상에 동반된 돌풍현상으로 피해가 발생하기는 하지만 심각한 인명피해가 발생할 정도의 강

력한 용오름 현상이 보고된 바는 지금까지 없었다.

지난 6월 고양 용오름은 EF0 이하 등급

미국의 경우 토네이도의 등급을 6단계로 구분(후지타 등급(EF, Enhanced Fujita)으로 불림)하여 토네이도의 강도를 분류하여 사용하고 있다. 가장 낮은 단계인 EF0은 풍속(3초간 평균한 순간적인 돌풍의 풍속을 기준함)이 초속 29~38m 정도이며 나뭇가지가 부러지고 간판이 떨어지는 정도의 단계에 해당한다. EF1은 풍속이 초속 39~49m 정도이며 나무가 꺾이고 창문이 깨지는 정도의 피해를 유발할 수 있다. EF2는 풍속이 초속 50~60m 정도이며 큰 나무의 뿌리가 뽑히고 약한 건축물이 파괴되는 단계에 해당한다. EF3는 풍속이 초속 61~74m 정도이며 나무는 완전히 파괴쳐지고 자동차가 뒤집히며 빌딩 벽이 무너지는 정도의 단계에 해당한다. EF4는 풍속이 초속 75~89m 정도이며 조립식 벽이 파괴되는 정도의 단계에 해당한다. 가장 강력한 단계인 EF5는 풍속이 초속 90m 이상이며 자동차 크기 정도의 물체는 100m 이상 날아가고 철골 구조물도 큰 피해를 볼 수 있는 단계로서 지상에 있는 자연과 인공의 물체와 구조물을 거의 흔적을 알아보기 어려울 정도로 휩쓸어 버릴 정도의 가공할 만한 파괴력을 지닌 단계에 해당한다.

우리나라에서 지금까지 발생하였던 용오름 현상들



▶▶ 2012년 10월 11일에 울릉도에서 관측된 용오름 현상



▶▶ 2012년 10월 6일 강릉 경포에서 관측된 용오름 현상

은 대부분 해상이나 해안에서 발생했기 때문에 용오름의 강도를 토네이도의 강도 분류 단계 중 어느 정도에 해당했는지 명확하게 확인하기는 어렵다. 다만 지난 6월에 고양에서 발생한 용오름의 경우 피해조사 결과와 당시의 기상관측 자료를 종합해 볼 때 EF0 이하의 등급에 해당하는 것으로 추정된다.

1964년 이후 11차례 용오름 관측 제보

지금까지 우리나라에서 발생한 용오름에 대한 기상청의 관측기록을 보면 1985년 이후 울릉도에서 1985년 10월 14일(08시 31분부터 08시 42분까지), 1988년 10월 18일(10시 40분부터 11시 08분까지), 1988년 11월 27일(14시 35분부터 14시 50분까지), 2003년 10월 3일(09시 55분부터 10시 35분까지), 2011년 10월 11일(09시 50분부터 10시 01분까지), 2012년 10월 11일(07시 10분부터 07시 25분까지)에 관측됐다는 기록과 함께 서귀포에서 1996년 11월 27일(15시 22분부터 15시 26분까지)에 용오름이 관측된 바 있다.

기상청 이외에도 일반인들이 용오름 현상을 보았다는 제보가 여러 차례 있었다. 이러한 기록들을 과거부터 살펴보면 1964년 9월 13일 서울 한강에서의 관측을 비롯하여 1989년에 제주공항, 1993년에 김제평야,

1994년에 지리산 부근, 1997년에 태안반도와 여천 앞 바다, 2001년 8월 25일 울릉도, 2001년 9월 2일 15시 50분경 강릉 경포, 2005년 10월 22일 08시 50분부터 08시 55분까지 울릉도에서, 2007년 8월 22일 12시 20분 경 서귀포, 2012년 10월 6일 17시 45분부터 18시까지 강릉 경포 등 1964년 이후 총 11차례의 용오름 관측 제보가 있었다.

용오름 발생 조건

용오름이란 현상은 어떠한 기상 조건에서 발생하게 되는 것일까? 지난 6월 10일 고양에서 용오름이 발생할 당시의 기상자료를 바탕으로 간략히 기술하면, 이날 용오름 현상이 나타난 고양시를 포함하여 대기 불안정에 의해 강한 소나기가 전국적으로 내렸다. 이때 당시 우리나라 상공(약 5.5km 부근)에는 영하 15℃ 정도의 찬 공기가 위치해 있었는데, 이에 비해 경기도 고양시 일대의 지상기온은 약 25℃에 달하면서 지상과 대기 상층 사이에는 약 40℃ 정도의 큰 기온 차이가 나타났다. 이에 따라 대기는 열적으로 매우 불안정한 상태에 놓이면서 대기 상하층 간의 강력한 대류운동으로 열적 불균형을 재빨리 해소하기 위한 과정의 일환으로 용오름과 같은 강력한 회오리 바람을 동반한 돌풍현상이 발생하게 된 것으로 보인다. 특히, 대기 하층으로 다량의 습기를 머금은 따뜻한 공기가 남서풍을 타고 유입되면서 대기의 불안정도를 더욱 높이는 역할을 하였다.

특히 용오름의 발생 과정에서는 대기 하층의 수평와류(하층과 상공의 풍향 차이가 달라 만들어지는 와류)가 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 일본 기상청에서 정리한 용오름의 발생과정은 다음과 같다. 우선적으로 적란운 속의 강한 상승기류에 의해 거대세포를 특징짓는 강한 상승기류가 만들어지게 되는데 이 회전하는 상승기류에 동반하여 거대세포도 회전하게 된다. 메조 사이클론에 의해 상승기류가 더욱 강해지고 강수입자가 낙하할 수 없을 정도로 강한 상승기류(상승기류의 속도는 20~30% 정도에 달하며, 빗방울의 낙하 속도는 최대 8% 정도에 달함) 영역에서는



▶▶ 2011년 10월 11일 울릉도에서 관측된 용오름 현상



▶▶ 2003년 10월 3일 울릉도에서 관측된 용오름 현상

맑은 영역도 함께 존재한다. 맑은 영역 상부의 강한 상승기류 영역에서는 싸락눈과 우박이 생성되며, 이들은 회전하는 기류에 의해 후방으로 수송되어 중력에 의해 낙하함으로써 상승기류의 반대영역에서는 하강기류가 만들어지게 된다. 이 하강 기류는 지상에 도달하여 강한 순간 돌풍을 일으키면서 주변으로 퍼지게 되며, 하층의 온난 다습한 공기와의 경계에서 돌풍전선을 형성하게 된다.

용오름은 혹 예코(메조사이클론에 동반된 강한 상승기류가 존재하는 영역) 주변의 돌풍전선에서의 와류가 상층의 메조사이클론에 동반된 상승기류에 의해 길게 팽창되어 만들어지게 된다. 일본의 경우 용오름 피해 지역은 폭이 수십~수백 미터 정도이고, 길이는 수 km 정도 범위에 집중되지만 심하게는 수십 km에 달하는 것으로 알려져 있다.

용오름보다 호우·우박 등에 의한 피해 더 커

그렇다면 용오름과 비슷하면서도 거대한 저기압성 소용돌이 현상인 태풍과 용오름의 공통점과 차이점은 무엇일까? 이들 두 현상은 대기의 강한 열적 불안정 또는 에너지 불균형을 효과적으로 해소하기 위해 발

생하는 격렬한 저기압성 회전 운동이라는 공통점을 가지고 있다. 또한 강풍을 동반하면서 피해를 유발한다는 면에서도 공통점을 찾을 수 있다. 하지만 태풍의 경우 발생하기 24시간 이전부터 발생가능성과 예상 진로를 어느 정도 예측할 수 있고, 발생 후에는 5일 정도의 기간에 대해 예상 진로와 강도의 변화를 예측할 수 있다.

반면에 용오름의 경우 발생시점이나 위치의 사전탐지와 예상, 그리고 발생 후의 진로나 강도변화, 소멸시점 등을 예측하는 것이 매우 힘들다는 것이 태풍 예보와는 큰 차이가 있다. 용오름 현상에 대한 사전

탐지와 예측의 한계는 용오름이란 현상이 매우 국지적으로 발생하는 돌발적인 현상이라는 점에서 그 원인을 찾을 수 있다.

최근 수도권 주변지역에서 용오름 현상이 관측되면서 이 현상에 대한 사회적 관심이 한때 모아지기도 하였다. 외신에서나 볼 수 있었던 깔때기 모양의 회오리구름이 자동차 블랙박스를 통해 촬영되어 TV 뉴스로 방송되면서 용오름 현상에 대한 관심과 더불어 예상 가능한 피해에 대한 우려도 있다. 하지만 지금까지 우리나라에서 발생한 용오름 현상에 의해 대규모의 피해가 보고된 바는 없다. 오히려 적란운에 동반된 단시간의 호우, 우박, 돌풍현상에 의해 해마다 상당한 피해가 발생하고 있다.

단시간 동안에 돌발적으로 일어나는 이러한 현상들은 기압계 상황이나 대기의 불안정도 등을 통해 발생 가능성은 사전에 어느 정도 예상할 수 있으나 발생시점이나 위치, 강도 등에 대한 사전 예측은 상당히 힘든 게 사실이다. 이러한 현상들에 대한 피해 경감을 위해서는 초단기예보에 대한 기술향상과 더불어 기상레이더를 이용한 실황 예보 기술의 향상이 필요하다. **ST**