

# 하늘에서 쏟아져 내리는 얼음덩이, 우박

지난 5월 8일 오전 8시 30분을 전후하여 강원도 대관령에 올해 첫 우박이 관측되었다. 지름이 0.4~0.5cm 정도의 비교적 작은 우박이 약 2분 동안에 걸쳐 떨어진 것으로 보고되었다. 이날 저기압이 우리나라를 통과하면서 비교적 따뜻했던 지상의 공기와 상층의 찬 공기가 만나면서 우박이 내린 것으로 분석되었다. 대관령에서 기상관측이 시작된 1971년부터 지금까지 총 46회의 우박 관측기록이 있는데 이들 중 26% 가량인 12회가 5월에 발생한 것으로 보고되었다. 이번에 관측된 것은 비교적 짧은 시간에 작은 크기로 내려 별다른 피해가 발생하지는 않은 것으로 보인다.

무더운 여름날 오후에 시원한 냉커피를 마시기 위해 정수기의 버튼을 누르면 와르르 쏟아지는 얼음덩이를 보면서 처음에는 정수기의 이러한 기능이 매우 신기해 보였던 적이 있었다. 그런데 하늘에 떠 있는 구름 속에 이런 기능을 가진 정수기가 설치되어 있는 것도 아닌데 경우에 따라 크고 작은 얼음덩이가 와르르 쏟아지는 이 신기한 현상은 도대체 왜 생기는 것일까? 이번 호에서는 우박이란 현상에 대해서 간단히 살펴보고자 한다.



글 김지영

기상청 기상레이더센터  
레이더분석과 기상연구관  
aceasia@korea.kr

글쓴이는 경북대학교 지구과학  
교육과 졸업 후 천문기상학과  
에서 석사학위를, 서울대학교  
지구환경과학부에서 박사학위  
를 받았다.

## 우박의 발생 원인

우리나라는 보통 봄에서 여름으로 계절이 바뀌는 5월과 6월, 그리고 가을이 시작되는 9월과 10월에 우박이 주로 발생하는

것으로 알려져 있다. 이와 같은 시기에 우박의 발생빈도가 상대적으로 높은 이유는 겨울철에는 대기 상하층의 기온이 모두 낮고 대기가 상당히 건조하기 때문에 우박이 발생하기 어렵기 때문이고, 한여름에는 기온이 너무 높아 우박이 떨어지는 과정에서 쉽게 녹아버릴 수 있기 때문에 잘 발생하지 않는다. 우박이 내리는 날의 지상기온은 보통 5~25℃ 정도이다. 기상학적으로 우박이란 현상은 얼음덩이 형태로 떨어지는 고체상 강수현상의 한 형태로서 얼음알갱이의 지름이 0.5cm 이상일 때로 정의된다. 크기가 이보다 작은 경우는 싹락우박으로 불린다. 우리나라에서는 보통 1cm 내외의 크기를 가진 우박이 가장 자주 관측되는 것으로 알려져 있다.

그렇다면 우박이라는 현상은 어떤 대기 조건에서 그리고 어떻게 생기게 되는 것일까? 대기 중에 있는 기체상태의 수증기가 이슬점에 도달하여 응결하게 되면 구름방울을 만들게 되고, 이들 구름방울들이 강수과정을 통해 성장하고 발달하게 되면 일반적으로 비 또는 눈(때로는 눈이 내리면서 지표 부근의 기온이 높아 눈의 일부가 녹는 형태인 진눈깨비도 가능) 형태의 강수입자로 대기 중에 부유해 있다가 점차 성장하면 지상으로 떨어지게 되는데, 우박을 만드는 다소 특별한 성장과정을 거쳐 얼음의 형태로 지상으로 떨어지게 되면 우박이 된다.

우박은 대기가 불안정한 조건에서 연직



방향으로 크게 발달하는 소나기구름, 즉 강한 적란운 속에서 발생한다. 특히 해안지역보다 내륙지역에서 우박이 생기기 쉬운 것으로 알려져 있으며, 빙결고도가 3.4km 이하에 위치해 있을 때 우박이 만들어지기에 쉬운 것으로 알려져 있다. 우박의 성장은 기온이 -30℃ 이하로 내려가면 급격하게 작아지게 되는데 이는 과냉각된 수적이 이러한 기온조건에서는 드물게 존재하기 때문이다.

우박이 생성되기 위해서는 우선적으로 강한 상승기류가 적란운 속에 존재해야 한다. 이러한 상승기류는 어느 정도의 크기와 무게를 가진 우박이 지상으로 곧바로 떨어지지 않고 대기 중에서 부유할 수 있도록 부력을 제공하는 역할을 한다. 그리고 우박이 만들어지기 위해서는 적란운 속의 액체 수분 함량이 높아야 하고, 적란운의 연직적인 발달 범위가 커야 하며 큰 수적을 많이 함유하고 있어야 한다. 그리고 0℃ 이하의 구름 층 부분이 상당히 있어야 한다. 보통 우박의 성장률은 기온이 -13℃ 부근인 곳에서 가장 큰 것으로 알려져 있다.

### 상·하강 반복하며 몇 겹의 층 생성

지상으로 떨어진 우박을 잘라서 그 단면을 살펴보면 마치 양파와 같이 몇 겹의 층상 구조로 되어 있다. 이러한 모양은 우박이 만들어지는 과정과 매우 밀접한 관련성을 가지고 있다. 우박이 어느 정도 성장하게 되면 자체의 무게에 의해 하강하게 되는데 이때 강한 상승기류를 만나 상승하는 과정에서 주변에 있는 과냉각 수적과 부딪치거나 그 표면에서 증발된 수증기가 달라붙어 새로운 층을 만들며 성장하게 된다.

이와 같이 강한 상승기류를 가진 적란운 속에서 우박



▶ 우박을 만드는 적란운 모습. 매우 불안정한 상태에서 높게 발달하는 특징이 있다.

이 상승과 하강을 반복하는 과정을 통해 우박은 몇 겹의 층을 만들며 성장하다가 궁극적으로는 자체의 무게를 이기지 못하고 지상으로 낙하하게 된다. 따라서 우박의 크기가 클수록 그만큼 적란운 속의 불안 정도가 큰 상승기류가 존재했음을 의미하게 되는 것이다.

앞서 언급한 바와 같이 우박으로 간주되기 위해서는 크기가 최소 0.5cm 이상이어야 하지만 골프공 크기 정도의 우박이 떨어지는 경우도 많고 15cm 이상의 크기가 관측된 경우도 있다. 지구상에서 지금까지 관측된 우박 가운데 가장 무거웠던 것은 1986년 4월 14일 방글라데시에서 관측된 것으로 무게가 무려 1.0kg에 달한 것으로 보고되었다. 또한 우박의 지름이 가장 컸던 기록으로는 2010년 7월 23일 미국의 사우스다코타주에서 관측된 것으로 지름이 20cm(둘레는 47.3cm)에 달한 것으로 보고된 바 있다. 우박 둘레 길이로는 2003년 6월 22일 미국의 네브래스카 지역에서 관측된 것으로 47.6cm(지름은 18cm)가 공식적인 기록으로는 최대 크기이다.

### 2.0~2.5cm 보다 클 때 피해 유발

우박이 떨어지는 속도는 우박의 크기와 함께 지상에서의 피해 측면에서 중요하다. 일반적으로 우박이 크게 성장할수록 낙하속도도 더 큰 것으로 알려져 있다. 우박의 크기와 함께 우박의 낙하속도를 결정짓는 기타 요소로서 우박 표면의 녹은 정도, 공기와의 마찰, 바람, 빗방울이나 다른 우박입자와의 상호작용 등이 있다. 실제로 지구 중력의 영향으로 대기 중에서 낙하하는 일정 크기 이상의 입자는 기본적으로 낙하하는 과정에서 점차 가속되는 성질을 가지고 있다. 하지만 공기와의 마찰로 인해 이들 입자는 일정한 속도의 평형상태에 이르러 가속이 되지 않은 채 종말속도라고 하는 일정한 속도를 유지한 채 지상으로 떨어지는 특징이 있다.



▶ 우박의 생성과정을 나타낸 모식도

이는 우리가 우산을 쓰지 않고 비를 맞더라도 특별한 부상이나 통증을 느끼지 않는 이유이다. 우박의 경우에는 비와 달리 우박의 크기에 따라 낙하속도가 달라지므로(크게 성장한 빗방울은 낙하 도중에 공기와의 마찰로 인해 작은 크기의 빗방울로 분리될 수 있지만 고체상의 우박은 크기를 유지한 채 낙하함) 큰 우박의 경우에는 사람들에게 부상이나 다양한 사회경제적 피해를 일으킬 수 있으므로 이에 대한 사전대비가 필요하다. 우박의 크기는 일반적으로 2.0~2.5cm보다 클 때 피해를 유발할 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 우박의 크기별 종말속도는 지름이 1cm 정도인 우박은 초속 9m 정도의 속도로 낙하하고 지름이 8cm 정도인 우박은 초속 48m 정도의 매우 빠른 속도로 낙하하는 것으로 알려져 있다.

### 고려사에 기록된 우박 현상

과거의 기록을 통해 확인해 볼 수 있는 한 가지 흥미로운 사실은 우리나라의 역사 기록에서도 우박에 관한 관측기록을 쉽게 찾아볼 수 있다는 것이다. 이는 우리 선조들의 자연 현상에 대한 관심과 기록정신을 되돌아볼 수 있는 좋은 본보기이기도 하다. 고려사에 나와 있는 우박에 관한 흥미로운 기록들을 몇 가지 소개하면 다음과 같다. 의종 14년(1160년) 8월 정미일에 사람주 먹만한 큰 우박이 떨어졌다는 기록을 찾아 볼 수 있고, 명종 16년(1187년) 8월 임오일에는 동주(지금의 강원도 철원군)와 장주(지금의 경기도 연천군)에 크기가 주먹만한 우박이 쏟아져 지붕의 기와가 모조리 깨졌다는 기록이 있다. 충렬왕 27년(1301년) 5월에는 경상도

안동지방에 큰 우박이 쏟아져 그것에 맞은 고라니, 사슴, 참새가 모조리 죽었으며 그 중에는 몇 사람이 들 수도 없을 정도의 큰 우박도 있었다고 기록돼 있다. 또한 퇴곳부곡(지금의 안동시)에서는 바람이 세차게 부는 통에 큰 나무 한 그루가 뽑혀 800m 정도를 날아갔는데 나뭇가지와 줄기는 꺾이거나 휘어지지 않았다는 기록이 있다. 이는 우박 현상과 함께 나타날 수 있는 강한 회오리바람(일명 토네이도 또는 용오름으로 불림)이 발생했을 것으로 추정된다. 용오름 현상은 최근 우리나라에서도 가끔 관측되는 현상이기 때문에 그 가능성은 충분하다고 할 수 있다.

고려사에 기록되어 있는 우박기사를 통해 당시의 우박이라는 현상은 재이(災異, 재앙이 되는 괴이한 일)의 징후로 파악했던 경향을 짐작할 수 있다. 이들 중 공민왕 16년 4월에 우박에 관련된 기사가 있는데, 이때 당시 신돈이 왕경의 지기가 쇠했다는 이유로 서경천도를 도모했는데 그것을 경계하는 천견으로 밭에서 점심 먹던 그릇을 깨뜨릴 정도의 심한 우박이 내렸다는 기록이 있다. 이와 비슷한 사례로 우박은 음기가 양기를 위협하는 징후로 간주한 신당서 오행지에서 찾아 볼 수 있는데, 군주가 현자를 억압하고 사악한 자를 기용하거나 참소를 믿고 무고한 자를 죽이면 심한 우박의 재이가 발생한다는 기록이 있다. 그도 그럴 것이 우박을 만드는 적란운은 시커먼 먹구름이 가득한 가운데 스산한 바람을 일으키고, 천둥과 번개를 동반하면서 지상기온이 한창으로 따듯한 오뉴월에 하늘에서 꽤 굵은 크기의 얼음 덩어리가 떨어지면서 밭그릇을 깨고 동물들이 죽어 쓰러진 모습을 보게 되면 이는 무척 괴이하



▶▶ 2010년 7월 23일 미국에서 관측된 지름 8인치(20cm) 정도 크기의 우박. 무게는 880그램 정도임.



▶▶ 야구공만한 크기의 우박



고도 불길한 징조로 여겼을 것으로 보인다.

### 우박 신속 탐지 '이중편파레이더' 백령도 도입

우박의 사회경제적인 측면을 보면 대체적으로 얻는 것보다는 잃는 것이 훨씬 더 많은 현상으로 여겨지고 있다. 우박이란 현상이 수자원 확보나 가뭄 해갈 등의 긍정적인 측면보다는 과수에 흠집을 내어 상품가치를 떨어뜨리거나 농작물 잎에 구멍을 내어 생육을 방해하는 등 피해를 주기도 하고 가축에도 여러 가지 폐해를 일으킨다. 한편, 자동차, 항공기, 천장에 낸 채광창, 유리천장 구조물, 비닐하우스 등과 같은 인공 구조물에 손상을 입히기도 한다. 특히, 항공기가 우박을 포함하고 있는 적란운을 통과할 때 상당한 위협에 노출될 수 있는데 만일 우박의 크기가 13mm보다 클 경우에는 수 초 이내에 심각한 손상과 피해가 나타날 수 있어 각별한 주의가 필요하다. 항공기가 착륙할 때 지상에 떨어진 우박도 역시 항공기의 안정운항에 심각한 영향을 초래할 수 있는 위협 요인 중 하나다.

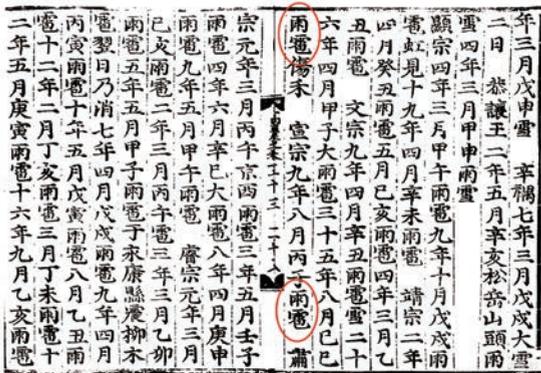
그렇다면 우박의 발생을 억제하고 예방하기 위한 방법으로는 어떤 것들이 있을까? 중세시대 유럽 사람들은 우박에 의한 피해를 방지하기 위해 교회의 종을 울리거나 대포 등을 발사하는 방법을 주로 사용했다고 전해지고 있다. 이러한 방법들은 기상조절측면에서 과학적으로 충분한 근거는 없지만 당시 사람들에게 우박이 꽤나 골치 아프고 위협적인 존재였다는 사실을 보여준다. 제 2차 세계대전이 끝난 이후 우박에 의한 위협을 제거하기 위해 구름 씨뿌리기 방법에 의한 실험이 러시아와 중국 등을 중심으로 활발하게 이루어지고 있다. 또한

1960년대 중반 이후 10여 개 국가를 중심으로 우박억제에 관한 프로그램들이 계속해서 진행되고 있다.

현대적인 과학기술이 발달한 요즘에는 우박 발생 가능성이 있는 적란운을 원격탐사 기법을 이용하여 거의 실시간으로 탐지하고 감시할 수 있는 기술이 개발되고 있다. 기상레이더는 우박을 생성시키는 잘 발달된 뇌우 구름의 존재를 탐지할 수 있는 매우 유용한 장비이다. 특히 기상청이 백령도를 필두로 연차적으로 도입을 추진하고 있는 이중편파레이더를 적절하게 활용한다면 기존의 단일편파레이더를 사용할 때 보다 우박을 탐지할 수 있는 기능이 훨씬 더 향상될 것으로 기대를 모으고 있다. 왜냐하면 이중편파레이더는 기존의 단일편파레이더와 달리 대기 중 수상체를 분류할 수 있는 기능을 가지고 있다. 따라서 거의 10분 간격으로 전체적인 구름의 높이와 발달 정도와 함께 빙결고도의 높이와 변화 등에 관한 관측으로 잘 발달된 적란운 속에서 과냉각된 수적으로 구성된 층, 얼음으로 이루어진 층. 그리고 이들이 어느 정도 녹은 상태로 혼합된 층이 어떻게 형성되어 있는가에 대한 해석을 가능하게 한다. 이중편파레이더로부터 생산되는 이러한 자료는 현재의 대기조건에 대한 지식과 함께 우박의 생성과정과 발생 여건을 파악하는데 중요한 역할을 한다.

### 적란운 수명 짧아 사전예측 어려워

여름철에 자주 나타나는 적란운은 일시적으로 급격하게 발달하는 강한 비구름으로 국지적인 호우를 유발하기도 하고, 낙뢰와 우박을 동반하면서 사회·경제적 피해를 유발하기도 한다. 이러한 적란운은 발생 후 소멸까지의 보통 수명이 보통 수 시간 정도로 아주 짧기 때문에 중관규모의 대기현상을 주된 대상으로 하는 단기나 중기 예보에서는 사전예측이 상당히 힘든 측면이 있다(이러한 한계에도 불구하고 기상청에서는 현재 중관기상조건이나 대기의 불안 정도 등을 고려하여 우박 판단 가이던스를 만들어 우박 발생가능성에 대한 정보를 제공하고 있다). 과거의 기록을 볼 때 우리나라에서도 크기가 꽤 큰 우박이 관측되어 많은 피해가 초래된 사실이 있어 앞으로 우박현상에 대한 과학적 이해도 제고와 함께 사전 탐지기능의 강화를 통하여 우박에 대한 대비를 철저히 하고, 우박에 따른 피해를 최소화할 필요가 있다.



▶ 고려사에 나타난 우박 관련 다수의 기록들