

## 지구 기후 시스템과 북극의 기후 변화

북극은 지구 기후 시스템에서 중요한 구실을 한다. 북극의 환경 변화는 북극뿐만 아니라 지구 전체에 영향을 미친다. 또 북극은 다른 극지인 남극과 함께 지구의 기온을 일정한 범위 내에서 유지시키는 일을 한다. 따라서 앞으로 기후 변화에 대처하려면 반드시 북극의 기후 변화 추이를 이해해야 한다.

‘기상’이 하루나 한 주의 짧은 기간 동안 나타나는 대기 현상이라면 ‘기후’는 일정한 지역에서 보통 30년 이상의 오랜 시간 동안 나타난 평균적인 대기 현상을 가리킨다. “오늘은 날씨가 춥다”고 하면 기상을 말하는 것이고, “북극은 춥다”고 하면 기후를 말하는 것이다.

우리나라는 북극권 국가가 아니지만, 겨울철 시베리아로부터 확장되는 찬 공기에 의한 추위를 경험하기 때문에 북극의 기후가 우리 생활에 큰 영향을 준다는 것을 오래전부터 알고 있었다. 그런데 최근 북극에 대한 관심이 더욱 높아졌다. 북극해의 여름철 해빙 면적이 유례없이 감소하고 북극진동\*으로 한반도에 한파가 불어닥치는 등 기후 환경이 눈에 띄게 변화하고 있기 때문이다.

\*북극진동 : 북극에 존재하는 찬 공기 덩어리가 주기적으로 강약을 되풀이하면서 저위도 지역으로 확장했다가 수축하는 현상.

### 북극의 기후

남극과 더불어 추운 지역의 대명사인 북극에서는 우리가 일반적으로 생각하는 것과는 다른 여러 가지 현상이 나타난다. 겨울철 북극의 대부분은 기온이 매우 낮다. 하지만 노르웨이 해에서 바렌츠 해까지의 해역은 멕시코 난류가 북상하면서 운반한 열로 극야 기간에도 바닷물이 얼지 않는다. 북극해 중심부와 비교하면 기온이 30도 정도나 높다. 여름에는 많은 지역에서 10도까지 기온이 상승하며 지역에 따라 30도까지 오르기도 한다.

북극은 일사량, 지면 알베도, 기단의 이동, 해류, 지형 등의 요인으로 겨울 기온이 매우 낮고 지역에 따라 기온 차이가 크다는 특징이 있다. 특히 지역 간의 기온 변동은 겨울보다 여름에 크다. 북극에서 가장 추운 지역은 시베리아로, 1892년 시베리아 베르호얀스크에서 관측된 기온은 영하 67.3도였다. 이 기온은 북극권에서 관측된 최저 기온으로 기록되었다.

북위 66.5도 이북의 북극은 태양으로부터 받는 복사 에너지<sup>일조량</sup>가 계절에 따라 큰 변화를 보인다. 여름에는 태양이 지지 않는 백야와 겨울에는 태양이 뜨지 않는 극야가 존재한다. 백야와 극야는 북극점에 가까울수록 길어지며, 북극점에서는 1년 중 반이 낮이고 나머지 반은 밤이다. 백야와 극야의 한가운데에는 하지와 동지가 있다. 하지 전후에 북극권이 받는 일사량은 적도 지역보다 많다. 일사량이 많음에도 불구하고 중위도만큼 기온이 오르지 않는 까닭은 두터운 구름과 안개가 일사를 차단하고, 눈과 얼음이 덮인 지역이 일사량의 대부분을 반사하기 때문이다.



겨울철 반영구 고기압과 저기압의 주요 위치 지역.

북극의 구름은 대부분 낮은 층운과 층적운이다. 구름 양은 겨울철에 적고 여름철에 많다. 해빙 상공의 공기보다 따뜻한 주변 바다의 공기, 잦은 기온 역전\* 현상과 안개는 고도가 낮은 곳에서 층운을 발생시킨다. 이 층운형 구름 때문에 여름철 지면에 도달하는 태양 복

\*기온 역전 : 고도가 높아짐에 따라 기온이 높아지는 현상으로 이때 대기의 상하 운동이 억제된다.

사도 적어진다. 반면, 태양이 없는 겨울에는 구름이 지상으로 방출하는 장파 복사 에너지에 의해 지표면의 기온이 올라간다.

북극 기후의 특성 가운데 또 다른 하나는 반영구적인 고기압과 저기압이 특정 지역에 나타나며 계절에 따라 그 세력이 변한다는 것이다. 겨울에는 시베리아와 캐나다에 고기압이 자리 잡는다. 시베리아 고기압은 아시아 지역의 한파와 관련이 있다. 아이슬란드 저기압은 아이슬란드 근처에, 알류산 저기압은 알류산 열도 근처에 위치한다. 이들 저기압은 그 주변 지역에서 발생하는 잦은 이동성 저기압과 관련이 있으며, 겨울철 북극과 그 주변 지역 기상에 큰 영향을 미친다.

### 북극해의 열복사

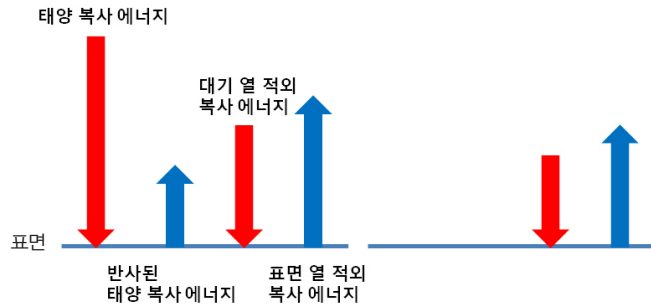
지면이나 해수면 등 대기와 맞닿은 표면에 도달하는 태양 복사(단파 복사) 에너지 중 일부는 반사되고, 나머지는 흡수된다. 이와 동시에 표면은 열 적외 복사(장파 복사) 에너지를 대기로 방출하고, 대기에서 방출되는 열 적외 복사 에너지 일부가 표면에 도달하게 된다.

표면으로 들어오는 복사는 기온을 높이고, 표면에서 나가는 복사는 기온을 낮춘다. 표면 주변의 기온은 이 네 성분의 합, 즉 '순 복사'의 부호와 크기에 따라 결정된다. 일반적으로 낮에는 큰 태양 복사로 순 복사가 양의 값, 즉 표면이 복사 수지의 결과로 에너지를 얻고 밤에는 음의 값, 즉 표면은 복사 수지의 결과로 에너지를 잃게 된다. 북극도 여름철에는 태양 복사 에너지로 인해 에너지를 얻지만, 겨울

\*열 적외 복사(장파 복사) 에너지 : 대기 중 이산화탄소 등 온실 기체에 의해 흡수되어 기온을 높이는 복사 에너지. 참고로 단파 복사 에너지는 온실 기체에 흡수되지 않는다.

낮(백야)의 표면 복사 수지  
양의 순 복사 / 기온 상승

밤(극야)의 표면 복사 수지  
음의 순 복사 / 기온 하강



에는 태양 복사 에너지가 없는 상황에서 열 적외 복사 에너지로 인해 상당한 양의 에너지를 잃어 추워진다.

1년을 기준으로 지구 전체의 복사 수지를 살펴보면, 북반구에서는 대략 북위 38도를 기준으로 북쪽은 에너지를 잃고 남쪽은 에너지를 얻는다. 북극은 지속적인 에너지 손실로 인해 기온이 계속 낮아져야 하지만 저위도로부터 대기와 해류에 의해 에너지를 공급받아 기온이 계속 낮아지지는 않는다. 한편 복사 수지를 통해 에너지를 얻는 지역은 그중 일부 에너지를 다른 지역으로 보냄으로써 기온이 계속 상승하지 않게 된다. 이처럼 북극은 남극과 함께 지구의 기온을 일정한 범위 내에서 유지시키는 일을 한다.

### 북극해의 이산화탄소 교환

대기 중 이산화탄소의 농도는 자연 과정 및 인간 활동에 의해 방출된 이산화탄소가 육상 생태계와 해양에 의해 흡수되고 남은 결과이

다. 따라서 해양은 이산화탄소 농도 증가에 따른 기온 상승을 억제하고 있는 셈이다.

북극해와 남극해는 이산화탄소의 저장고로써 지구의 기온 상승을 간접적으로 억제하는 구실을 한다. 그러나 해양의 이산화탄소 흡수 능력은 지역과 계절에 따라 많은 차이를 보이며, 일부 지역에서는 해양으로부터 이산화탄소가 방출되기도 한다.

현재 기후 변화 연구의 중요한 한 분야는 변화하는 지구 환경에서 이산화탄소 순환을 이해하는 것이다. 이를 위해서는 이산화탄소 흡수 또는 방출 지역 파악, 흡수 또는 방출의 크기와 변화 평가, 변화를 일으키는 요인에 대한 이해가 필요하다.

여름철 북극해 얼음의 감소는 북극의 복사 에너지 수지와 북극해의 대기 중 이산화탄소 흡수에 변화를 가져온다. 알베도가 큰 해빙이 녹아 북극 해수면이 더 많이 드러나면 많은 양의 태양 복사가 흡수되어 북극의 기온이 상승한다.

눈과 얼음으로 덮인 북극의 육상도 비슷한 과정을 거친다. 반면, 얼음 없이 대기와 맞닿는 북극 해수면이 넓어지면서 대기 중 이산화탄소가 북극해에 더 많이 흡수될 수 있다. 이 두 현상만을 놓고 보면, 여름철 북극의 해빙 감소는 북극의 기온을 상승시킴과 동시에 대기 중 이산화탄소 흡수를 통해 온실 효과에 따른 기온 상승을 억제하고 있다.

기후는 다양한 요인과 과정이 서로 다른 시간 규모에서 관여하고 있기 때문에 변해가는 북극해의 환경이 북극 대기, 나아가 북극 기후에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 지속적인 연구가 필요하다. 이

에 대기과학 분야의 쇄빙연구선을 이용한 북극해 연구에서는 ‘대기와 해양의 에너지 교환에 대한 이해’와 ‘북극해의 대기 중 이산화탄소에 대한 흡원 능력에 대한 평가’를 중점적으로 수행하고 있다.

북극해는 매우 넓으며 쇄빙연구선을 활용한 북극해 연구는 연구 지역과 시기, 기간에 따라 제약을 받을 수밖에 없다. 따라서 정확한 현장 관측 연구를 통해 얻은 결과는 지역과 시기에 제약이 없지만 간접적 연구 방법인 수치모델과 인공 위성을 활용한 연구와 연계되어 북극 환경 변화의 이해와 예측에 활용된다.

극지연구소 최태진

