

탐구수업 지도자료

- 학 년 중학교 1학년
- 단 원 지구는 어떻게 생겼을까?
- 소 단 원 5장 지구의 대기구조
- 제 목 도입
- 대표 저자 권병두(서울대학교)
- 공동 저자 김경진(서울대학교)
 이영균(서울대학교)
 류희영(서울대학교)

이 자료는 서울대학교 과학교육연구소가 교육인적자원부의 과학교육 연구기관으로 지정받아 수행하고 있는 「탐구·실험 중심의 과학교육 활성화를 위한 연구개발 사업」의 일환으로 개발되었습니다.



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center



제 5 장

지구의 대기구조

탐구 활동을 위한 안내



서울대학교
과학교육연구소

1. 탐구 활동 목록

	제 목	분 류 [성격/ 수준/ 장소]	기 타
활동 1	에베레스트산을 등정하려면 어떠한 준비를 해야할까?	사고탐구/일반/교실 또는 컴퓨터실	교과서 탐구
활동 2	온도변화에 따른 대기권의 구분	해보기/일반/교실	교과서 탐구
활동 3	대기권의 각 층에서 온도변화가 다르게 나타나는 이유는?	원리탐구/보충/교실	확장 탐구
활동 4	대류권에서 높이에 따른 대기의 온도	적용/일반/실험실	교과서 탐구

2. 선정 이유

활동 1. 신문 기사를 통해서 학생들에게 고산등정에 대한 관심유발을 시켜주고 이를 통해서 높은 산을 올라가면 어떠한 환경조건을 맞이하게 되고, 이에 대해 어떠한 장비들이 필요한지를 알아본다.

활동 2. 실제의 데이터를 통해 학생들이 직접 그래프를 그려봄으로써 높이에 따른 대기의 온도변화가 어떻게 나타나고, 이에 따라 대기의 층이 어떻게 구분되는지를 알아본다.

활동 3. 대기권의 각 층에 대한 연직 온도분포 곡선을 살펴본 다음 각층에서 온도가 높이에 따라 변하게 되는 이유를 살펴본다.

활동 4. 실제 실험장치를 설치해보고 실험활동으로 얻어진 결과를 통하여 대류권에서 높이에 따라 온도가 낮아지는 이유에 대해 알아본다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

배경 지식 넓히기

1. 에베레스트 산

- ▶ 높이 : 8848m
- ▶ 위치 : 네팔 히말라야

(1) 개관

남극, 북극과 함께 제 3의 극으로 일컫는 이 산은 히말라야 산맥의 중앙부에 티벳과 네팔의 국경을 이루고 있다. '에베레스트'라는 산 이름이 생긴 유래는 당시에 '봉우리 15'로 이름지어진 봉우리가 최고봉임을 알고 현지 지명에 따라 이름을 붙이려고 했으나 그 지역에서 부르는 이 산의 이름을 찾지 못해 전임(前任) 인도 측량국 장관인 G. Everest의 이름을 따서 'Everest'라 이름지었다.

당시에 티벳에서 에베레스트를 초모룽마(Chomolungma)라는 이름으로 부르고 있었다는 사실을 안 것은 에베레스트라는 이름을 공표한 이후였다. 초모룽마의 뜻을 살펴보면 초모(Chomo)는 '여신, 수도녀, 여주인'을 뜻하며 룡마(Lungma)는 '산골짜기, 지역, 경지'를 뜻한다. 그래서 초모룽마는 '대지의 여신, 세계의 여신'을 뜻한다. 또 네팔인들에게는 사가르마타(Sagarmata)로 불리며 그 뜻은 초모룽마와 같다.

에베레스트의 대략적인 지형은 흔히 피라미드로 비유하는데, 능선은 서릉, 북릉, 북동릉, 남릉으로 구분되며, 남벽은 쿰부(Khumbu) 빙하로, 북벽은 룡부크(Rongbuk) 빙하로, 동벽은 캉쑤(Kangchung)빙하로 향해 있다. 에베레스트는 주위에 로체(8,515m), 로체 샬(8,400m), 늑체(7,855m), 창체(7,550m) 등의 많은 위성봉을 거느리고 하나의 산군을 형성하고 있다.

(2) 에베레스트 최초의 등반가

1953년 5월 29일 존 헌트를 대장으로 하는 영국 등반대의 에드먼드 퍼시벌 힐러리와 셰르파인 텐진이 세계 최고봉인 에베레스트에 처음으로 올랐다. 힐러리는 뉴질랜드의 오클랜드 출신으로, 에베레스트에 등정한 뒤 영국의 엘리자베스2세로부터 기사작위를 받았다.

한국인으로서 처음 에베레스트에 오른 사람은 고상돈이다. 그는 1977년 대한 산악연맹의 동료들과 에베레스트 원정에 참가해 그 해



에베레스트 산의 전경



뉴질랜드 5달러 화폐속 인물



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

9월 15일 정상에 올랐다. 고상돈은 1979년에 알래스카의 매킨리에 등정하고 하산하다가 그 해 5월 29일 자일 사고로 추락해 사망했다. 힐러리와 텐진이 에베레스트에 오른 날로부터 꼭 26년 되는 날이었다.

(3) 무산소 등정

1922년 앨버트 프레드릭 말로리(영국)는 에베레스트(8848m) 정복에 나섰으나 8255m까지 오르는데 그쳤다. 그러나 말로리는 산소기구 없이 8천미터를 인간으로는 처음으로 오르는 기록을 세웠다. 한편 1951년 모리스 에르조그(프랑스)는 안나푸르나(8091m)를 등정, 인류 최초로 8천미터급 14좌 고봉을 무산소로 완등했다.

에베레스트 무산소 등정은 28년이 지난 1978년 오스트리아 산악인 라인홀트 메스너와 피터 하벨러에 의해 이뤄졌다. 이들의 쾌거는 당시까지 『에베레스트만큼은 산소통을 짊어지고 올라야 한다』는 정설을 뒤엎는 일대 사건이었다. 그러나 8천미터급 14좌를 모두 오른 메스너도 완전히 무산소로 오르지는 못했다. 그만큼 무산소 등정은 쉽지 않은 것이다. 국내 산악인중 8천미터급 고봉을 무산소로 오른 산악인은 남선우(42·초오유-시사광마), 허영호(42·마나슬루)씨 등이 있다.

(4) 산소가 부족한 고소에 사람이 오를 수 있는 한계

고소생리학에서는 신체에서 일시에 산소를 제거하면 5분 이내에 숨을 거둔다고 한다. 1875년에는 3명의 프랑스인이 기구를 타고 고도 8천7백미터까지 곧바로 날아올랐다가 즉사한 일도 있었다. 일반적으로 산소량은 5천미터 고도에서 평지의 절반, 그리고 8천미터에서는 30% 밖에 안된다. 이렇듯 산소가 부족한 높은 곳에서 사람이 행동하는 것은 매우 고통스러운 일이다. 8천미터급 고봉을 오르는 산악인들은 체력·등반 기술 외에 산소결핍을 어떻게 극복하느냐에 따라 등정의 성패가 판가름 난다.

고소등반은 산소와의 싸움이며 고소적응 능력이 뛰어난 사람일수록 훌륭한 등반을 해낼 수 있다. 산소결핍 상태에서는 호흡곤란·피로·무기력·두통·체온저하 등 신체에 여러 가지 장애가 나타나며 심하면 폐에 물이 차는 폐수종으로 목숨마저 잃게 된다. 사람마다 차이가 있으며 3천미터대에서도 폐수종으로 사망하는 경우가 있다. 생리학적으로 사람이 생활할 수 있는 한계고도는 5200m이다. 고산족들도 그 이상의 고도에는 별도 적응훈련이 필요하다고 한다.

산소탱크는 8천미터급 고소에서 사용하는 것이 상식화돼 있다. 1922년 『산이 거기 있기 때문에』라는 명언을 남긴 말로리(영국)는 8225m까지 무산소로 올랐으나 에베레스트 등정에는 실패했다. 그 후 31년 만인 53년 에드먼드 힐러리(영국)와 셰르파 텐징이 산소탱크를 이용해 에베레스트 초등에 성공했다. 초등 이후 산소사용 논쟁은 종식되었으며, 8천미터급 고봉에서 산소사용은 필수적이라는 결론이 나왔다. 국내 산악인중에는 박영석·엄홍길씨가 8천미터급 고봉을 무산소로 올랐다. 박영석씨는 93년 에베레스트를 무산소 등정했을 때 천지가 온통 노란 빛으로 보이는 고통을 겪었다고 말했다. 무산소 등정이 얼마나 힘든지를 단적으로 보여주는 이야기다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

(5) 누가 고산병의 위험에 노출된 사람인가?

모든 사람이 고산병에 걸릴 수 있지만 그 위험성을 높여주는 몇 가지 요소들이 있다. 얼마나 빨리 올랐는가, 얼마나 높이 올라갔나, 얼마나 많은 활동을 했는가, 뭘 먹었나 등이 많은 영향을 미치며, 약간은 유전적으로 그런 체질인 경우도 있다. 몸이 불편한 것도 한 원인요소가 될 수 있으나, 어느 정도 높이에 도달하면 누구나 고산병에 걸릴 수 있다. 위험성을 높이는 것으로는 흡연, 폐기종, 천식과 같은 호흡기 계통의 문제와 심장병, 탈수, 당뇨, 고혈압, 기타 빈혈과 같은 혈액질환이 있다.



서울대학교
과학교육연구소

읽을 거리

신문사의 기자 로이스가 슈퍼맨과 인터뷰를 하고 있다. 그녀가 얼마나 빨리 날 수 있냐는 질문에 슈퍼맨은 아직 측정해본 일이 없으니 한번 날아보자는 제의를 한다. 이때 로이스는 '추울 텐데...'라고 말하며 스웨터를 입지 않아도 되느냐고 묻는다. 그녀가 추울 것이라고 생각한 이유는 무엇일까?



높은 산을 생각해 보자. 한 겨울에 쌓인 눈은 늦은 봄이 지나야 모두 녹는다. 그러나 매우 높은 산인

경우에는 산 꼭대기의 눈이 여름에도 녹지 않는다. 이것은 높이 올라가면 올라 갈수록 기온이 낮아진다는 것을 의미한다. 이렇게 대류권에서는 고도가 높아질수록 기온이 내려가기 때문에 슈퍼맨과 함께 높은 곳을 날아보려는 로이스는 스웨터를 반드시 가지고 가야한다.



서울대학교
과학교육연구소

2. 지구의 대기

(1) 대기권의 온도변화에 따른 연직구조

지구의 대기는 대부분 질소(N_2)와 산소(O_2), 그리고 수증기(H_2O)와 탄산가스(CO_2) 등 소량의 기타 가스로 구성되어 있는 얇은 기체층이다. 지구 대기층의 두께는 수백 km에 달하지만 공기의 99%는 지상 30km 이내에 자리잡고 있다. 이 얇은 공기 담요가 지구상의 모든 생명과 지구 표면을 태양에서 나오는 위험한 자외선 에너지와 행성간 우주에서 발산되는 해로운 물질로부터 보호해준다. 그리고 대기권의 상층부가 어느 지점까지인지 단정적인 한계선은 없으며, 위로 올라갈수록 얇어져서 우주 공간과 합쳐지게 된다.



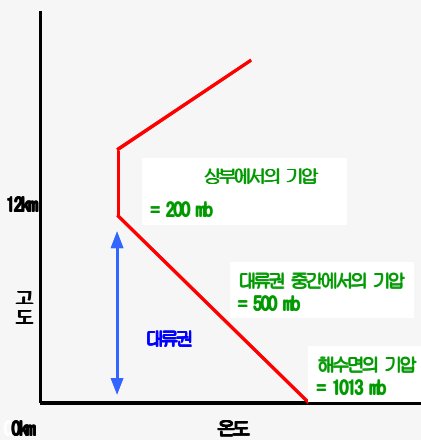
서울대학교
과학교육연구소

(2) 대기의 연직 구조

대기의 연직 단면도를 보면 여러 개의 층으로 나뉘어져 있음을 알 수 있다. 각각의 층들은 여러 가지 방법에 따라서 정의될 수 있는데, 기온의 차이, 층을 구성하고 있는 가스, 그리고 전기적인 특성에 따라서 나누어질 수가 있다. 무엇보다도 중요한 기준은 기압과 밀도에 의해 연직적으로 변하는 '온도'이다.

(3) 기압과 밀도

중력의 작용으로 인해서 공기 분자들은 지표 가까이 위치하고 있다. 눈에 보이지는 않지만 공기를 밀로 끌어당기는 강력한 힘에 의해 공기 분자들은 압축되고 그 결과 일정한 체적 내의 공기 분자수는 늘어나게 된다. 일정 고도 위의 공기가 많을수록 압축효과는 더 크다. 주어진 공간 용적 안의 공기분자수를 '공기밀도(air density)'라 하기 때



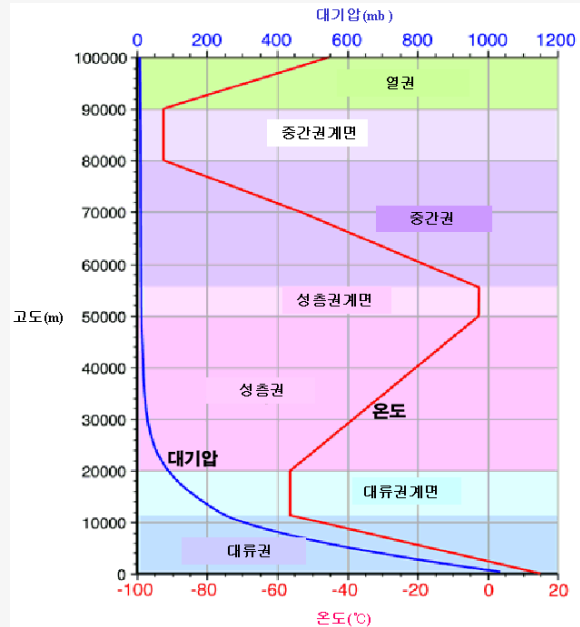
기압의 연직변화

문에 밀도는 지표에서 가장 높고 올라갈수록 낮아지게 된다. 지표 가까이 있는 공기는 압축된다는 사실 때문에 지표에서 올라갈수록 공기밀도가 처음에는 급속히, 그리고 점점 서서히 감소하게 된다.

공기 분자들은 무게를 가지고 있는데, 지구를 둘러싼 대기 전체의 무게는 5천 6백조 톤의 엄청난 수치에 달한다. 이러한 무게가 지구에 대하여 매우 큰 힘으로 작용한다. 지표의 일정한 지역에 미치는 이 힘의 양을 '대기압(atmosphere pressure)'라고 한다. 우리가 높은 곳으로 올라갈수록 우리 위의 공기분자 수는 적어지게 되고, 공기 무게는 작아지게 되어 고도가 높을수록 기압이 낮아지는 것이다. 기압도 대기의 밀도와 마찬가지로 높이에 따라 처음에는 급속히, 나중에는 서서히 감소한다.

(4) 대기의 층

기압과 밀도는 고도가 높아질수록 처음에는 빨리, 그리고는 점점 느리게 감소한다. 그러나 기온은 보다 복잡한 연직 단면 구조를 가지고 있다. 기온은 약 11km의 고도까지는 정상적으



서울대학교
과학교육연구소



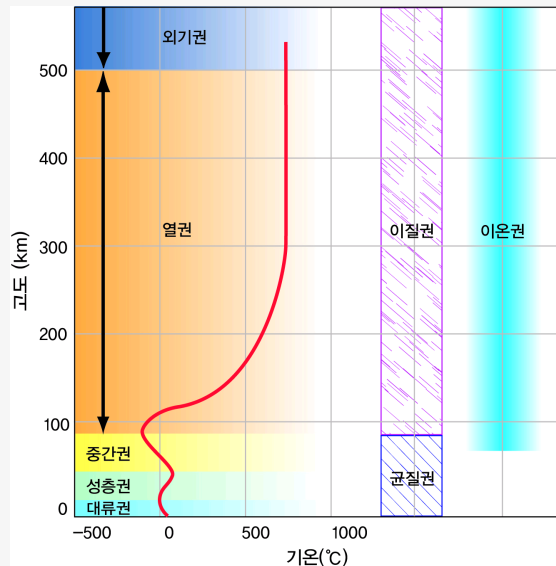
서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

로 감소한다. 고도가 높아질수록 기온이 내려가는 이 현상은 태양광선이 지구표면을 가열하고 데워진 지표가 그 위의 대기를 덥게 한다는 사실에 주로 기인한다. 기온이 고도에 따라 감소하는 비율을 기온 감률(lapse rate)이라 한다.

지상 약 11km까지의 낮은 대기권의 평균 감률은 1000m당 약 6.5℃이다. 어떤 날은 위로 올라갈수록 기온이 더 빨리 낮아지기도 하는데 이에 따라 감률은 증가한다. 또한 어떤 날은 높이 올라갈수록 기온이 낮아지는 속도가 느려 감률이 감소하는 날도 있고 경우에 따라서는 고도가 높아질수록 오히려 기온이 올라가 기온 역전(temperature inversion)을 일으키기도 한다. 이처럼 감률은 계절에 따라 일정하지 않다.



대기권의 구분

지상으로부터 약 11km 높이까지의 대류권에 지구에서 경험하는 거의 모든 기상조건이 포함돼 있다. 이곳의 대기는 상승기류와 하강기류로 말미암아 잘 섞여진다. 여기서는 공기분자들은 불과 수일에 10km 이상의 깊이까지 순환하는 것이 보통이다. 지표로부터, 기온이 고도에 따라 더 이상 떨어지지 않는 한계 높이까지 대기를 순환시키는 영역을 ‘대류권(troposphere)’-그리스어 tropein에서 유래-이라 한다.

지상 11km를 넘으면 기온이 고도에 따라 정상적으로 낮아지지 않는데, 이곳의 감률은 영이다. 기온이 고도와 상관없이 일정하게 유지되는 영역을 등온층이라 한다. 등온층의 밑바닥이 대류권의 꼭대기인 동시에 또 다른 층, 즉 성층권(stratosphere)이 시작되는 곳이다. 대류권과 성층권을 갈라놓는 경계를 ‘대류권계면(tropopause)’이라 부른다. 대류권계면의 높이는 일정치 않으나 적도지역 상공에서는 보통 더 높고, 극지방 상공으로 갈수록 낮아진다. 또 위도에 관계없이 여름에는 대류권계면이 높아졌다가 겨울에는 낮아진다. 어떤 지역에서는 대류권계면이 와해돼 찾아볼 수 없기도 한데, 이런 곳에서는 대류권 대기가 성층권 대기와 혼합되거나 그 반대 경우가 관측된다.

고도 20km 가까운 성층권에서 기온이 고도에 따라 높아지기 시작해 기온역전을 일으키고 있다. 이 기온역전 영역은 낮은 등온층과 함께 대류권의 연직 기류로 하여금 성층권으로 확산되지 못하도록 막는 작용을 한다. 기온역전은 또 성층권 자체내의 연직 이동량을 줄이려는 경향을 보인다. 높이가 높아질수록 기온이 올라가긴 하지만 30km 고도의 기온은 매우 낮아 평균 -46℃이하이다. 성층권에서 기온 역전이 일어나는 까닭은 이 고도에서 오존기체가 주로 공기를 가열하기 때문이다. 오존은 강력한 자외선(UV)에너지를 흡수한다는 점에서 중요하다. 이렇게 흡수된 에너지가 성층권을 덥게 하면 기온역전을 일으키는 것이다. 만약 오존이 없다면 대류권에서와 마찬가지로 높이 올라갈수록 기온은 매우 낮아질 것이다.



성층권 위에 중간권(mesosphere)이 위치해 있다. 이 곳의 대기는 매우 희박하고, 기압은 매우 낮다. 중간권의 질소와 산소 비율은 지구 표면과 대략 같지만 중간권 공기를 호흡할 때 갖게 되는 산소분자는 대류권에서보다 훨씬 적다. 이 고도에서는 산소 호흡장비 없이는 뇌가 금새 산소결핍상태, 즉 저산소혈증에 걸려 질식을 일으키게 된다. 평균 기온이 -90°C 인 중간권의 꼭대기는 지구 대기권에서 가장 추운 곳이다.

중간권 위에 자리잡은 뜨거운 층을 열권(thermosphere)이라 한다. 여기서는 산소분자(O_2)들이 태양광선의 에너지를 흡수하여 공기를 덥게 한다. 열권에는 원자와 분자수가 상대적으로 적다. 그 결과 태양에너지의 적은 양을 흡수해도 기온을 크게 상승시킬 수 있다.

비록 열권의 기온이 매우 높긴 하지만 만약 사람이 열권에 도달하게 되면 반드시 덥다고 느끼지는 않을 것이다. 그 이유는 열권의 분자수가 너무 적어 노출된 피부 등에 부딪혀 덥다고 느낄 정도의 열을 전달하지는 않기 때문이다. 열권의 낮은 대기 밀도는 하나의 공기분자가 평균 1km이상을 이동해야 다른 분자에 충돌한다는 이야기가 된다. 지상에서는 공기 분자가 1백만 분의 1cm도 채 못 움직여 다른 분자와 충돌하게 된다. 열권 꼭대기, 지상 약 500km 상공에서는 분자가 다른 분자와 충돌하려면 한참을 가야 한다. 여기서는 보다 빠른 속도로 이동하는 가벼운 분자들이 대부분 지구의 중력을 피할 수 있다. 원자와 분자들이 우주 공간으로 분사되는 곳을 종종 외기권(exosphere)이라 부르는데, 이곳이 지구 대기권의 꼭대기 한계이다.

지금까지 기온의 연직 단면도에 근거해 대기권의 각 층을 살펴보았다. 그러나 그 구성에 따라 대기권을 나눌 수도 있다. 대기의 조성은 열권의 하부에서 서서히 변하기 시작하는데, 열권 밑의 대기 성분은 상당히 균등하다. (건조공기에서 질소 78%, 산소 21% 등) 대기가 잘 혼합된 이 낮은 층의 대기권을 균질권(homosphere)이라 한다. 열권에서는 원자와 분자간 충돌이 드문드문 일어나 대기가 잘 섞이지 않는다. 그 결과 산소와 질소같은 비교적 무거운 원자와 분자들이 층의 밑바닥으로 자리잡으려 하는 반면 수소나 헬륨 같은 가벼운 기체들은 위로 뜨려 할 때 비로소 확산이 일어난다. 열권의 밑부분에서부터 대기권 꼭대기까지를 비균질권(heterosphere)이라 한다.

3. 대기의 각 층에서 일어나는 현상

(1) 대류권

대류권은 지표면에 접해 있는 층으로서 우리 생활과 가장 밀접한 관계가 있다. 대기권에 있는 전체 공기의 약 90%가 대류권에 있으며, 이 층에서 구름, 비 등과 같은 기상 현상이 일어난다.

대류권에서 눈, 비, 번개 등의 기상 현상이 활발하게 일어나는 까닭은 무엇일까? 대류권에서 기상 현상이 일어나는 원인으로 두 가지가 있다. 첫째, 고도가 높아짐에 따라 대기의 온도가 낮아지기 때문이다. 즉, 아래 부분 공기의 온도가 높아 가벼우므로 대류가 활발하게 일어날 수 있다. 둘째, 수증기가 존재하므로 공기 중에서 대기의 온도 변화에 따라 기체, 액체, 고체로 상태 변화를 일으킬 수 있기 때문이다. 따라서 구름이 형성



기상현상



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

되거나 비 또는 눈이 내린다.

(2) 성층권

성층권에 있는 오존층은 태양에서 오는 생명체에 해로운 자외선을 막아주는 역할을 한다. 또한, 이 층은 공기가 안정하여 장거리 여객기의 항로로 이용되고 있다.



성층권을 비행하는 비행기



서울대학교
과학교육연구소

(3) 중간권

중간권에는 전파를 반사시키는 층이 있어서 라디오 방송이나 해상 통신에 이용된다. 중간권에도 대류가 일어나지만 수증기가 없으므로 기상 현상이 없다. 또한, 중간권의 상층 부분은 지구 대기권에 들어온 유성이 타기 시작하는 곳이다.



오로라

① 오로라의 발생과 분포

지구의 자기력선은 대부분 양극지방과 연결되어 있으므로 자기권 내부로 들어온 태양풍 입자들은 자연 이곳으로 모여든다. 이렇게 양극지방에 도달한 하전입자(주로 전자)들은 상층대기와 충돌하여 이들을 이온화 및 들뜸 상태로 만들어 오로라를 발생시킨다.

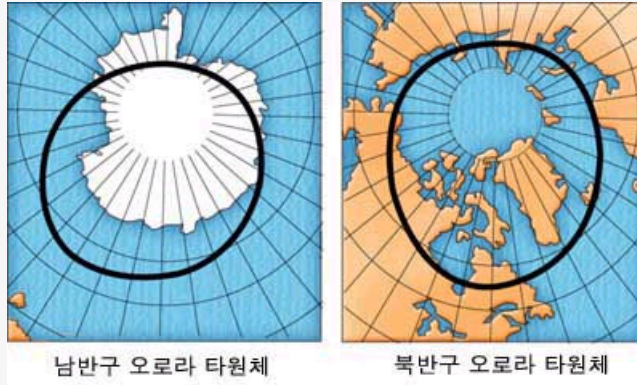
인공위성 사진에서 자정쪽의 오로라가 더 밝은 것은 태양의 반대쪽인 밤쪽 자기권 꼬리로부터 더 많은 입자가 유입됨을 의미한다. 만약 태양풍입자가 자기권 전면을 뚫고 직접 양극지방에 도달한다면 낮쪽(고위도 극지방에서는 겨울철에 밤이 계속되기 때문에 한낮에도 오로라의 관찰이 가능함)의 오로라가 밤쪽보다 더 밝을 것이다. 어떤 한 순간에 극지방 상공에서 내려다보면 오로라는 그림과 같이 지자기극을 중심으로 한 원형의 띠 모양으로 분포하고 있음을 알 수 있다. 이 띠를 오로라 타원체(auroral oval)라 하며 오로라활동이 심할 때는 적도쪽으로 확장되거나 반대로 미약할 때는 극쪽으로 수축되기도 한다. 타원체의 평균직경은 4,000km 정도이며 그 중심은 지자기극으로부터 약 5° 쯤 밤쪽 영역으로 치우쳐져 있다. 따라서 극쪽으로 간다고 오로라가 잘 보이는 것만은 아니다. 일단 오로라 타원체를 지나면 오로라는 오히려 잘 관측되지 않는다. 우리나라의 남극 관측기지인 세종기지는 오로라 영역에서 상당히 떨어져 있기 때문에 오로라가 잘 관측되지 않는다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

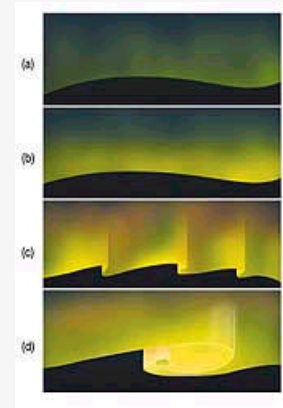


오로라가 빈번히 관측되는 지역

지상에서 관측하면 오로라는 보통 동서방향으로 펼쳐진 커튼모양으로 나타난다. 그 하단의 높이는 100~110km 정도이고 상단의 높이는 400km에 이른다. 경우에 따라서 1,000km의 높이에서도 나타난다. 오로라는 자기권으로부터 자기력선을 따라 하강하는 고에너지의 하전입자(주로 전자)들이 상층대기와 충돌함으로써 발생한다. 지자기활동이 증가하면 오로라 커튼에는 주름이 나타난다. 오로라의 색깔은 자외선에서부터 적외선 영역까지 넓은 파장대에 걸쳐 나타나지만 가장 흔히 관측되는 것은 산소원자에서 방출되는 녹색이다. 그래서 오로라의 색깔은 녹색이라 해도 무방할 정도이다. 그 외에 전리된 질소분자에서 방출되는 보라색 계열과 드물게 산소원자가 방출하는 적색 오로라도 관측된다.

(4) 열권

열권은 공기가 매우 희박하고, 태양 에너지를 직접 흡수하기 때문에 온도가 매우 높다. 극지방에서 관측되는 오로라는 태양에서 오는 알갱이들이 지구의 자력에 붙잡혀서 만들어진다.



오로라의 일반적인 형태. 지자기 활동이 증가할수록 커튼의 모양이 복잡해진다.

😊 더 알아보기

- ① 전리층 : 대기권 약 80~400km에 주로 발달하며, 전하를 띤 입자들이 많이 밀집되어 형성된다. 라디오파는 직진하면서 지표와 전리층 하부(중간권)에서 계속 반사되어 전달되는 전자기파로, 전리층은 라디오파를 반사시켜 장거리 통신을 가능하게 한다. 또한 맑은 날 밤하늘에 녹색색을 띠거나 중첩된 커튼 모양으로 장관을 이루는 오로라(극광)가 발생되기도 한다.
- ② 고도에 따른 온도 측정 : 상층 대기의 온도를 측정할 때 수소나 헬륨으로 채워진 풍선에 특정 장비를 탑재한 라디오존데를 이용하여 대기의 온도, 기압, 상대 습도 등을 측정한다. 라디오존데는 약 30km 높이까지 올라가 측정하여 지상으로 송신하며 풍선이 터지면 낙하산에 매달려 지상으로 내려온다.

- Reference : <http://cwnamjung.ms.kr/~fightjh/middlescitext /1-1-3.%>
- Reference : <http://user.chollian.net/%7Ekst1234/atmos/전리층.htm>
- Reference : <http://www.harp.alaska.edu/haarp/ion1.html>
- Reference : <http://www.harp.alaska.edu/haarp/ion2.html>

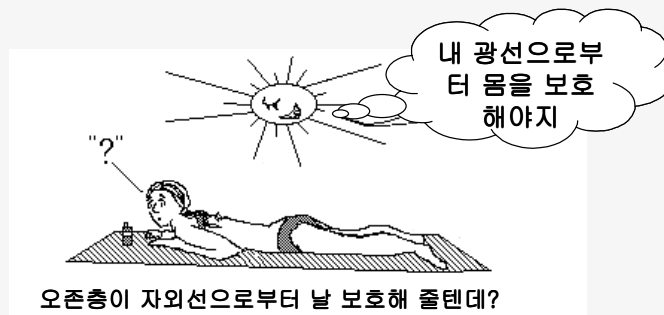


서울대학교
과학교육연구소

학생들은 이런 생각을!

1. “선생님! 오존층이 담요처럼 지구 대기층 속에 덮고 있어서 빛이 통과하지 못 하는 것 아닌가요?”

실제로 오존층은 성층권에서 25km 부근에서 그 농도가 가장 큰 하나의 층으로 되어 있다. 학생들은 오존층이 하나의 층으로서 자외선을 차단하기 때문에 담요와 같이 태양빛을 모두 차단할 것이라는 오개념을 가지기 쉬운데 이 경우에는 학생들에게 생활과 관련된 현상들, 즉, 여름에 선풍을 할 때 비록 오존층이 자외선을 많은 부분 차단해주기는 하지만, 우리의 몸을 보호해줄 수 있는 자외선 차단크림과 같은 것들이 필요하다라는 말을 해 주면 좋을 것이다. 그밖에도 실제로 우리가 육안으로 사물을 볼 수 있는 이유가 빛의 존재 때문인데, 만약에 오존층이 이러한 빛을 모두 차단시킨다면 생활이 불가능할 것이라는 언급을 덧붙여준다.



출처 :

<http://www.nas.nasa.gov/About/Education/Ozone/radiation.html#marine.life>



서울대학교
과학교육연구소

2. 태양과 가까워지는데 대류권에서 높이 올라갈수록 온도가 떨어지는 이유는 무엇이에요?

맑은 날 낮 동안 태양에너지는 대기권 하층을 투과하면서 대기 자체에는 별 영향을 주지 않는다. 지구 표면에 도달한 태양 에너지로부터 지표면은 더워진다. 가열된 표면과 접촉한 공기 분자들은 지표면과 충돌하면서 전도 작용으로 에너지를 얻은 후 마치 팝콘처럼 위로 솟구



서울대학교
과학교육연구소

친다. 지표면 근처의 공기 밀도는 매우 높기 때문에 공기 분자들은 곧 다른 분자들과 충돌하며 충돌 시 보다 빨리 움직이는 분자들이 덜 빨리 움직이는 분자들에게 에너지를 나눠줌으로써 결과적으로 평균 기온을 높인다. 그러나 공기는 열을 잘 전도하지 못하므로 이러한 과정은 지상 수 cm의 범위 내에서만 의미를 지닌다.

지표면 공기가 더워지면 위로 올라가고 찬공기는 밑으로 내려온다. 이때 열기포, 즉, 열을 위로 올려 보내 보다 두꺼운 층의 대기로 분포시키는 자유대류세포가 형성된다. 상승공기는 팽창하여 냉각되고 습도가 충분하면 수증기가 구름방울로 응결되어 잠열을 방출하고 이것이 대기를 가열한다. 한편 지구는 끊임없이 적외선 에너지를 방출하는데 수증기, 이산화탄소 등 온실기체들이 이를 흡수했다가 재방출한다. 지구 상공에서 수증기(H_2O) 밀도는 급속히 낮아지므로, 흡수는 대부분 지표 근처 대기층에서 일어난다. 그러므로 하층 대기는 주로 하부로부터 가열되는 것이다.



3. 열권에서 온도가 높아지는 이유는 무엇이에요?

열권에서는 태양 복사에너지를 층 내부에서 직접 흡수하게 되므로 높이 올라갈수록 기온이 급격히 상승하게 된다. 열권의 희박한 대기는 낮에 태양 복사 에너지를 흡수하여 쉽게 가열되므로 낮과 밤의 온도 변화가 심하게 된다.

4. 에베레스트산 꼭대기의 기온은 어느 정도인가요?

등반 시즌(3월~5월)에도 기온이 영하 25도 이하로 떨어지고, 그 외의 시즌에는 영하 40도를 오르내린다.

5. 높은 산에 올라가면 밥이 설익는 이유는 무엇인가요?

몇가지 물질의 끓는점 (1기압에서)

녹는점은 외부 압력에 거의 영향을 받지 않으나, 끓는점은 외부 압력의 영향을 크게 받는다. 외부 압력이 낮으면 끓는점도 낮아지고, 외부 압력이 높으면 끓는점도 높아진다. 끓는점에서는 액체가 기체로 변하는데, 이 때 부피가 매우 크게 늘어난다. 압력이 높아지면 부피가 늘어나는 변화가 쉽게 일어나지 못한다. 따라서, 더욱 높은 온도가 필요하게 되어 끓는점이 높아진다. 높은 산에 올라가 밥을 지으면 밥이 설익는다. 높은 산 위에는 대기압이 1기압보다 낮아서, 1기압에서의 물의 끓는점인 $100^{\circ}C$ 보다 낮은 온도에서 물이 끓어버려 쌀이 익지 못한다. 밥을 제대로 하려면 외부 압력을 크게 해주면 되므로, 코펠 뚜껑 위에 돌을 얹어놓고 밥을 하면 된다. 반대로, 외부 압력이 1기압보다 크면 끓는점이 $100^{\circ}C$ 보다 높아져서 밥이 더 잘 되고 더 빨리 될 것이다. 이를 실생활에 응용한 것이 압력 밥솥이다.



★ 외부 압력과 물의 끓는점(1기압 = 760mmHg)

외부 압력(mmHg)	끓는점(℃)	외부 압력(mmHg)	끓는점(℃)
787	101	355	80
760	100	289	75
733	99	234	70
633	95	188	65
433	85	150	60



서울대학교
과학교육연구소

6. 고산에서 취사를 하려면 어떻게 해야 하는가?

고산에서의 취사는 낮은 기압과 산소부족으로 버너 소리는 강하게 들리나 화력은 약하다. 그리고 끓는점이 낮아 건조가 잘 된 딱딱한 음식물은 설익기 쉽다. 냉기를 차단하고 코펠바닥과 버너의 화구면이 맞지 않아 발생하는 열소비를 줄여야 연료를 절약할 수 있으며 가볍고 부드러운 알루미늄으로 바람막이를 준비하는 것이 좋다.

대부분의 취사가 텐트 안에서 이루어지므로 화재와 화상 그리고 질식에 주의해야 한다. 산소가 부족한 곳에서 취사로 인해 더욱 산소가 고갈되므로 장시간 경과시 몸 컨디션에 영향을 줄 수 있다.

읽을 거리

1. 오존홀

1974년 캘리포니아대학교 어바인캠퍼스의 F. Sherwood Rowland, Mario J. Molinaen 교수는 CFCs 배출량이 증가할 경우 지구 전역의 성층권 오존이 궁극적으로 고갈될 것이라고 경고했다. 이들은 오존 감소가 점차적으로 진행되어 향후 여러 해 동안은 탐지되지 않을 수 있다고 말했다.

그렇다면 남극의 성층권 오존이 해마다 줄어들고 있음을 확인했다는 영국 연구진의 보고는 놀라운 일이 아닐 수 없다. 나중에 인공위성과 기구관측을 통해 검증된 이들의 연구에 따르면 70년대 말 이후 오존 밀도는 해마다 9월과 10월 사이 감소현상을 나타냈다. 1984년에는 오존이 최고 40%나 줄어들었고 80년대 말과 90년대에 성층권 하층 특정 지역의 오존이 거의 완전 고갈된 것으로 밝혀졌다.

봄철 남극 상공의 오존 감소 현상을 오존구멍이라 한다. 오존 구멍의 크기는 남극 대륙의 거의 두 배에 달한다. 남극 대륙 상공의 성층권 오존은 세계에서 가장 밀도가 높은 곳



오존홀

▶ 낮은 오존 영역은 검은색으로 나타나고 있고, 높은 오존 영역은 흰색으로 나타나 있다.

▶ Relative ozone levels, October 1998. From the Total Ozone Mapping Spectrometer Earth Probe (TOMS EP) 제공



서울대학교
과학교육연구소



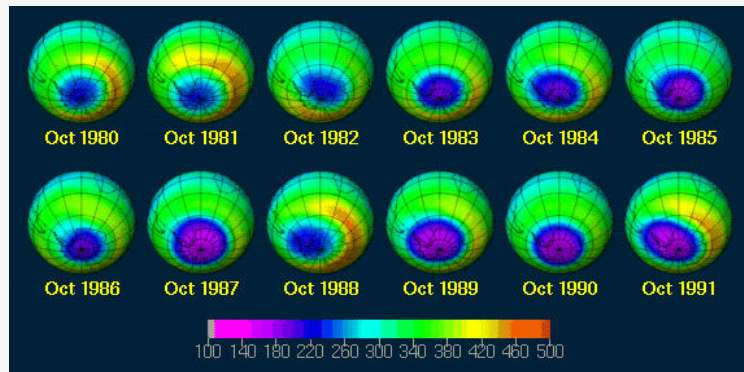
서울대학교
과학교육연구소

중 하나이다. 이 오존의 대부분은 열대지방 상공에서 형성되어 성층권 바람에 의해 남극 상공으로 이동한 것이다. 남반구의 봄에 해당되는 9월과 10월 극 소용돌이(Polar vortex)라 불리는 성층권 바람 띠가 남위 66° 근처 남극 지역을 싸고돌아 한랭한 남극 성층권 대기와 중위도 상공의 비교적 따뜻한 대기를 격리시킨다. 길고 어두운 남극 겨울철 극 소용돌이 내부의 기온은 -85℃로 떨어질 수 있다. 이 같은 차가운 대기로 인해 극 성층권 구름이 형성될 수 있다. 이러한 얼음 구름은 질소, 수소, 그리고 오존 파괴를 빚는 결정적 역할을 하는 염소 원자들간의 화학작용을 촉진하는 역할을 한다. 과학자들의 연구결과에 의하면 CFCs에서 나오는 염소가 오존구멍의 주원인임을 알아냈다. 그러나 남극의 오존 감소 문제 전체를 화학작용으로만 설명할 수는 없다. 오존구멍이 막 형성되기 시작할 무렵인 초기의 오존 감소현상을 화학작용 탓으로 설명하기는 어렵고 아마 오존이 풍부한 성층권 대기와 오존이 빈약한 대류권 대기가 상하로 혼합되는 역학적인 현상이 어떤 역할을 할지도 모른다. 지난 1989년에 북극의 성층권에서 오존 파괴물질인 염소화합물이 미국상공보다 1백 배나 높게 측정된 바 있다. 그러나 오존을 모니터하는 인공위성에 오존 구멍이 포착되지는 않았다. 이것으로 미루어 아마도 몇 가지 요인이 북극의 오존 구멍 형성을 막고 있다고 추정할 수 있다. 한가지 예를 들면, 북극과 남극 성층권의 대기순환은 서로 다르다. 또 북극 성층권은 염소분자의 활성화를 돕는 구름을 광범하게 발달시키기에는 너무 따뜻하다. 성층권 오존의 생성과 파괴과정에 대해서는 앞으로 많은 연구가 더 필요하다.



(1) 남극의 오존홀

남극의 성층권의 겨울철 대기순환은 남극을 중심으로 거의 원형을 이루고 있다. 이러한 대기순환은 오존을 많이 포함한 중위도의 공기가 남극의 중심으로 이송되어 그 곳의 공기와 혼합되는 것을 방해한다. 이것은 남극의 공기가 겨울 동안 외부로부터 분리되어 있음을 의미하는데, 이러한 현상은 마치 태풍의 눈이 그 외부와 분리된 것과 유사하다. 이렇게 분리된 남극 성층권의 대기에서는 태양 에너지가 없는 겨울 동안은 오존의 생성이 중단된다. 그러나 어떤 경로에 의하여 남극 성층권의 대기로 진입한 Cl는 촉매순환 반응을 통하여 오존을 지속적으로 파괴한다. 이것이 겨울철 남극 성층권의 오존 농도가 낮은 이유인데, 겨울이 끝날 무렵에는 총 오존량이 최소가 되어야 한다. 그러나 총 오존량은 이른 봄철에 최소이다. 그 이유는 태양이 남극의 지평선 위로 뜨는 봄철에는 광해리가 포함된 촉매순환 반응이 성층권 오존의 파괴에 주요한 역할을 하기 때문이다.



남극 상공에서 오존홀의 크기 변화



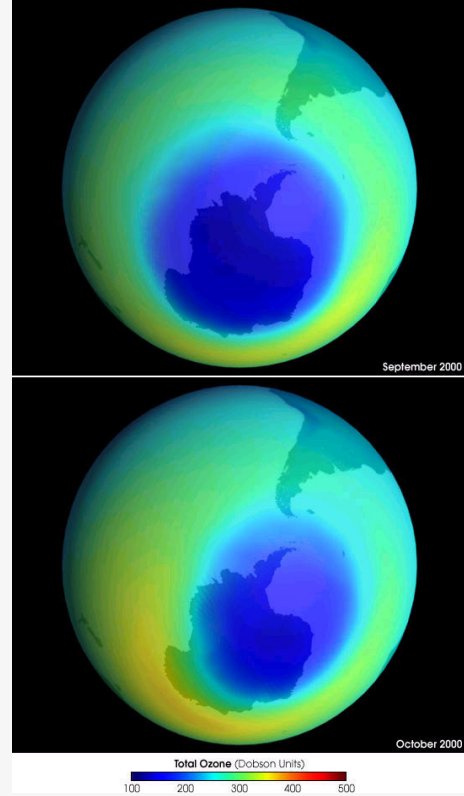
(2) 남극 상공의 오존 구멍 생성 원인

남극 오존 구멍의 생성 원인에 대해서는 아직 정확하게 밝혀지지 않았으나 현재 알려진 바로는 그 원인을 세 가지로 보고 있다.

① 남극에서 채취되는 프레온 가스에 의한 염소 설로 남극 성층권 하부의 미세한 얼음 알맹이로 형성된 질산 구름이 성층권으로 상승한 염소화합물을 겨울 동안 구름 내 얼음 속에 보관하고 있다가 봄이 되어 녹아 해리될 때 염소가 방출되어 오존을 파괴시킨다는 것이다. 역학적 과정으로 온실효과 등에 의한 대기 순환의 변화이며, 자연적 원인으로 태양 흑점의 주기 변화 등에 의한 남극의 특수 기후 변동 때문인 것으로 생각 할 수 있다.

② 로우랜드(Rowland)의 연구결과에 의하면, 겨울철 동안 남극의 성층권에서 강력한 공기의 수렴 현상이 발생하여 기온이 -80°C 까지 하강하며, 그로 인해 질산염을 응결핵으로 하는 극성층 구름(paras-tratospheric cloud) 형성에 적합한 기상 조건이 되는데 이러한 현상이 북극 성층권 보다 남극 성층권에서 더 잘 일어나 남극의 성층권 오존이 더 많이 파괴되어 남극에 오존 구멍을 생성시킨다고 한다.

③ 북극에서도 미약하나마 오존의 감소가 있음이 발표되고 있다. 노르웨이의 스피츠버그섬(Spitsbergen Island) 상공을 중심으로 매년 약 1.5~2%씩 감소하는 얇은 오존지역이 나타나고 있다. 그러나 그 넓이는 남극 오존 구멍의 3분의 1에 불과하다.



2000년의 경우 오존홀은 일반적인 경우에 비해 더욱 빨리 커졌다. 9월의 첫째 주까지 오존홀은 11.4 제곱마일만큼 커지게 되었다. 그림에서 위의 부분의 이미지는 2000년 9월 남극 상공위로 보이는 오존층의 평균수치들을 나타낸 것이다. 홀의 기록적인 최소값은 남극의 가을과 겨울동안에 나타난다. 아래의 이미지인 10월의 경우 오존홀이 매우 급속히 줄어들어 있음을 볼 수 있다. 10월의 마지막에는 이전 크기의 1/3이 되었다.

(3) 오존층 파괴의 영향

인체의 면역 체계가 약해지고 세포 파괴로 인하여 피부암이나 백내장이 유발된다. 오존층이 1% 파괴되면 자외선은 2% 증가하여 피부 노화, 피부암, 백내장 환자가 증가하며, 식물의 엽록소가 파괴되어 생육 장애가 일어나고 식물 플랑크톤이 감소하여 바다의 먹이 연쇄가 깨진다. 식물의 엽록체를 파괴하여 농작물의 수확을 감소시키고, 프랑크톤을 감소시켜 생태계를 파괴한다. 결국, 대기 대순환에 영향을 미침으로써 기후의 변화를 초래한다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소