

오존구멍이 뭐예요?

원작 Hayanon

번역 한국천문연구원 태양우주환경연구그룹

이재진 김관혁 봉수찬 최성환

김 준(연세대학교)



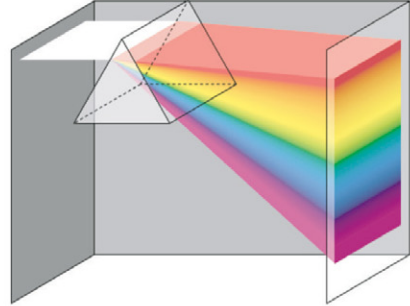
오존층 연구에 대한 간략한 역사



지구 오존의 약 90%는 성층권에서 발견된다. 성층권 오존의 역사를 간단하게 살펴보도록 하자. 누가, 어떻게 성층권 오존을 발견했을까?

햇빛은 단파인 자외선에서 장파인 적외선 범위의 여러 전자기파로 이루어져 있다. 여러분들은 이것이 어려운 것이라고 생각하는가?

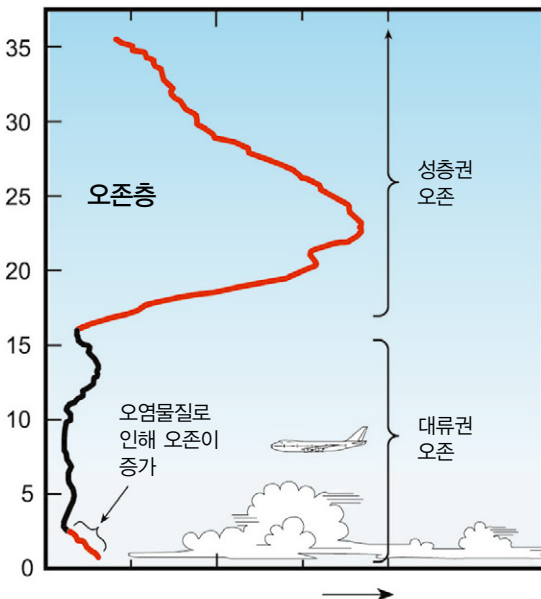
무지개나 프리즘을 상상해 보라. 여러분들은 무지개에서 여러 가지 색깔들을 볼 수 있는데, 그것은 햇빛이 다양한 파장의 빛을 가지고 있음을 의미한다.



햇빛의 빔이 프리즘을 통과해서 지나갈 때 여러 가지 파장의 선들이 나온다.

1881년 아일랜드의 화학자 헤들리(W. H. Hartley)는 오존이 200~300나노미터 파장대의 자외선을 흡수한다는 것을 발견했다. 15년 후, 영국의 천문학자 허긴스(W. Huggins)는 개자리 시리우스의 스펙트럼을 연구하여 300~340나노미터 파장대의 자외선에 대한 오존 흡수를 발견했다.

* 1나노미터는 10억분의 1미터이다.



오존층은 고도 약 15~40km에 존재하며, 이 높이는 위도에 따라 다르다. <세계기상기구(WMO) 보고서 “오존 감소의 과학적 평가 2002”>

헤들리는 태양으로부터 복사된 직후에는 존재하는 자외선이 왜 지구면의 햇빛에서는 검출되지 않는지 의문을 가졌다. 그는 자외선복사를 흡수하는 하늘에 많은 양의 오존이 존재한다고 제안했다. 그의 아이디어를 확인하기 위해 풍선으로 실험을 하였지만, 오존층까지 도달하지는 못했다.

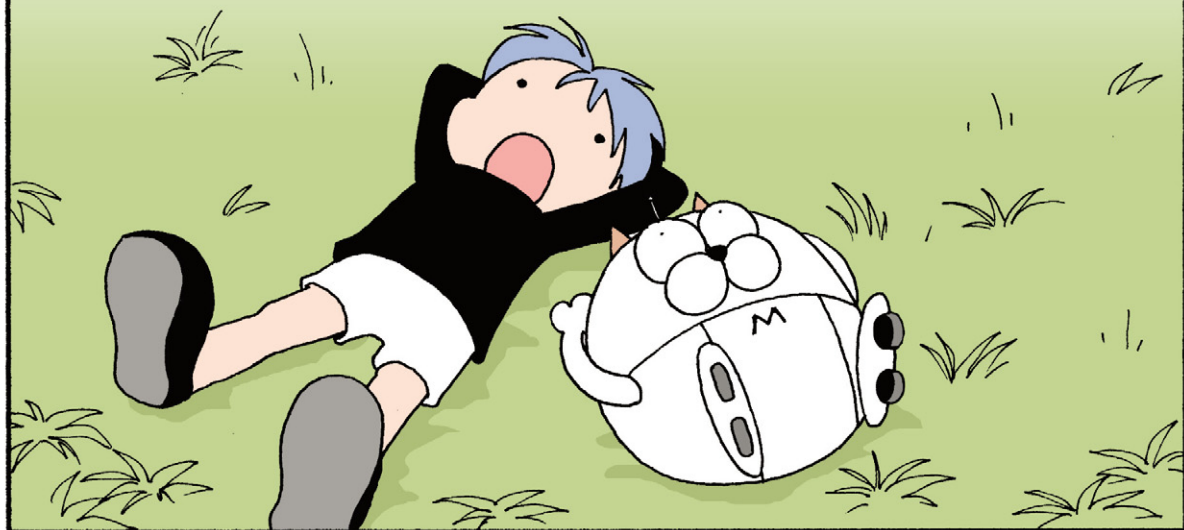
마침내 1940년대에, 로켓 관측이 성층권 오존의 존재를 보여 주었다. 불행하게도, 헤들리는 이미 세상을 떠난 후였다. 오존 분포와 생성장소 등을 이해하기 위하여 다양한 연구 프로젝트들이 잇따라 시도되었다. 1957년 국제지구물리해(IGY)의 일환으로서 오존 관측이 남극에서 처음 시작되었다. 그 당시에는, 이러한 관측들이 오존구멍을 발견해내리라는 것을 아무도 예상하지 못했었다.

연구가 진행됨에 따라, 사람들은 오존층이 해로운 자외선을 흡수해 줌으로써 동물과 식물을 보호해준다는 것을 알기 시작했다. 오늘날의 연구 이면에는 화학 물질인 오존을 최초로 연구한 헤들리 같은 과학자들의 업적이 있다.

우리는 독자 여러분들이 우리의 물과 미루보와 함께 오존 탐험 여행을 떠나기 바란다.

여기 과학을 좋아하는 물과
로봇개 미루보가 있네요,

화창하고 따뜻한 어느날,
단둘이 들뜬에 누워 흘러가는
구름을 보고 있었어요,

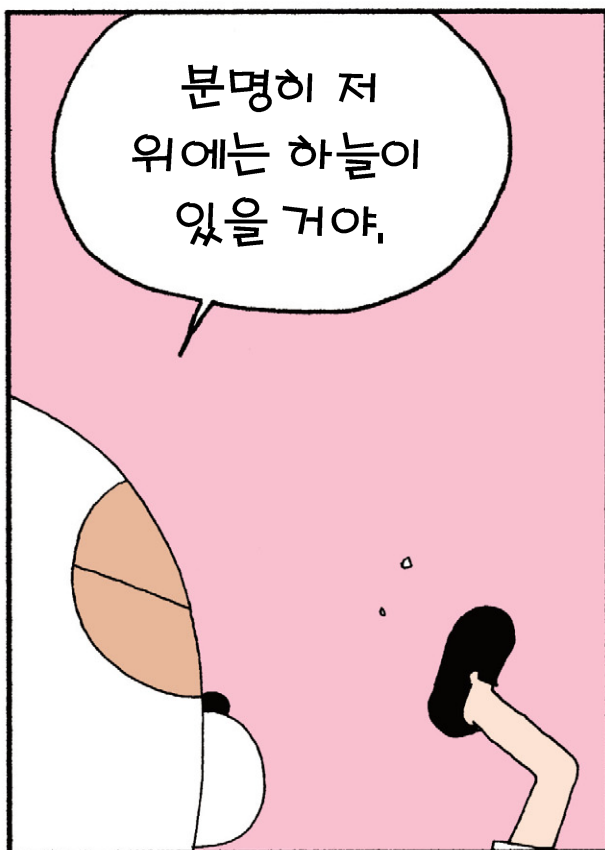


미루보,
저 구름위에
뭐가 있을
거라고 생각해?

구름위에?
흠...



분명히 저
위에는 하늘이
있을 거야,







산소 분자(O_2)가
자외선에 의해
분리될 때

두 개의
산소 원자로
나뉘진단다.

그리고, 하나의
산소 원자는 다른
산소 분자와
결합하지,

결국은 세 개의
산소원자가 하나의
오존 분자(O_3)가
되는 거야,

오존 분자들이
밀집되는 지역이
바로 ...

오존층 이란다!

자외선은 생명체에
해로운데, 오존층이
많은 양의 자외선을
흡수하지,

오존층은 마치
방패처럼 우리
지구를 보호해
준단다.

만약
오존층이
없다면 ...

지구에는
생명체가 없을
거야,





인간 활동에 의해 방출된
CFC가 기류를 타고
성층권으로 높이 올라가지,

성층권에서 CFC가
오존층을 파괴시키고
있는 거야!

이런 사실을 안 뒤
사람들은 CFC를
함부로 사용해서는
안 된다는 것을
법으로 정할 필요가
있다고 생각했지,

하지만, 우린
에어컨, 냉장고가
없으면 얼마나
불편하겠니?

그래서 CFC
대신 쓸 수 있는

물질을 개발해서
가전제품에 넣기
시작했어,

사람들이 CFC 쓰는
것을 멈추더라도
오존이 사라지는
것이 금방 멈춰질 것
같지는 않은데요,

맞아,

CFC는 아주 안정적
인 화합물이라서
분해되는데 오랜
시간이 걸리거든,

안돼, 언제쯤이면
오존 구멍이
메워질까?

혹시 영영 못 메우는
것은 아닐까?

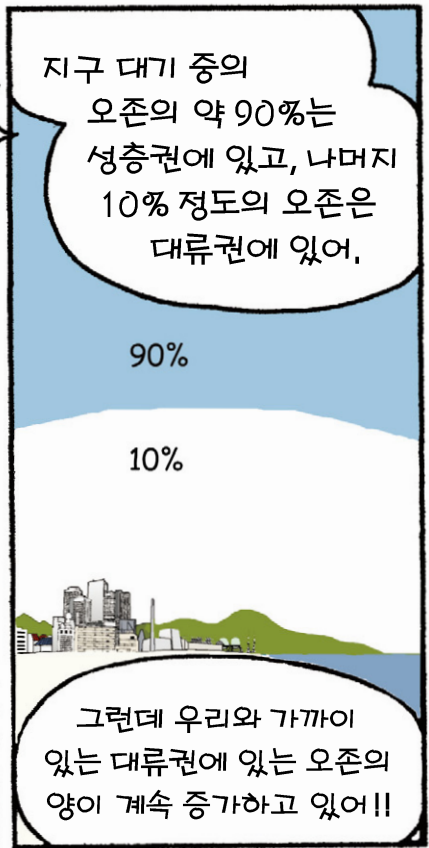
최근 슈퍼컴퓨터로 계산해서
예측한 걸 보면, 50년 정도가
지나야 오존층 구멍이
메워진다고 하더군.

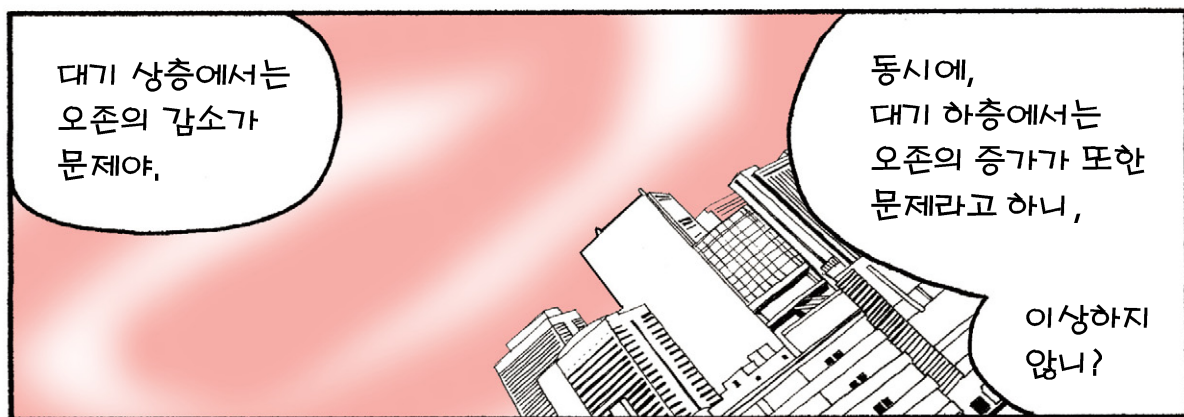
50년?! 너무
길지 않나요?!

그래, 그때까지는,
오존층에 구멍이
남아있겠지.

그건 안돼요.

오존층 구멍이
메워질 때까지
그냥 기다려야만
하나요?!







오존구멍이 뭐예요?



안녕하세요, 선생님! 제가 요즘 오존 구멍에 대한 뉴스 기사를 봤는데요. 오존층이 인간, 동물, 식물을 보호한다는 것이 사실 인가요?



그럼. 오존층은 지구를 덮어 태양의 자외선을 방패처럼 막아준다. 투명하지만 견고한 방패라고 할 수 있지.



자외선은 나 같은 최첨단 로봇한테는 아무 것도 아니에요.



좋아. 그럼 오존층은 얼마만큼 오래됐을 것 같니?



음... 제가 생각하기에 아주 옛날에 인간이 나타나지도 않았을 때부터 있었을 것 같은데요.



지구는 약 46억년 정도 됐단다. 오존층은 약 4억 년 전에 만들어졌을 것으로 보고 있단다.



오존은 이미 약 2억 5천만~6천 5백만 년 전의 공룡 시대 이전부터 만들어져 있었군요. 오존층은 수십억년 동안 천천히 형성된 것이군요.



그래! 오존층이 있었기에 지구에 생명체가 있을 수 있었던 거야. 만약 오존층이 없었다면, 아무 생명체도 없었을 것이고, 미루보, 너도 마찬가지야.



만약 오존층의 오존이 줄어든다면 어떤 일이 일어나게 될까요?



음, 더 많은 자외선이 지구로 오게 될 테고, 지구의 생명체에게 심한 피해를 입힐 거야.



자외선은 햇빛에 의한 화상을 일으킬 수도 있어. 너도 까맣게 될거야, 몰



안돼애!



그것보다 더 심할 수도 있어. 자외선은 DNA를 파괴시키고 피부암을 일으킬 위험을 높여. 또 눈의 각막 단백질이 자외선에 노출되어 피해를 입을 수도 있어. 그리고 그 결과로 백내장을 일으킬 수도 있지. 백내장은 눈앞이 흐리게 보이게 만드는 병이야.



휴, 오존층이 너무 걱정되네요. 그걸 어떻게 관찰하나요? 엄청나게 높은 곳에 있잖아요.



혹시 UFO로 오존층을 탐사하기 위한 외계인 동료가 있는 것은 아닌가요?



정확하진 않지만, 그런 거랑 비슷해.



진짜요?? 전 그냥 농담 해본 건데...



일본의 경우, 오존층 탐사를 위한 위성이 있어. 이 위성이 지구를 돌며 일본, 유럽, 남극 등의 상공에 있는 오존층을 관측하고 있지.



다른 방법은 없나요?



있지. 지상 탐사도 높은 고도의 오존층의 정보까지 준단다. 그리고 레이저 레이더나 다른 측정으로 오존에서 방출되는 전파를 탐측하기도 한단다. 지상관측의 경우는 기기가 고장 나더라도 우주에서보다 더 빨리 확인하고 수리할 수 있단다.



드디어 알았다! 우주에 위성과 나를 위한 수리소를 띄우면 되겠네. 그럼 우주여행은 더욱 편안할 거야.



에휴, 주제에서 벗어나지 좀 말아줄래? 미루보??



오존에 대한 마술 실험

여러분들이 몰과 미루보의 과학 탐험 여행을 즐겁기를 바래요. 우리는 지금 오존과 관련된 두 가지 문제점과 직면하고 있습니다. 하나는 오존구멍을 만드는 성층권 오존의 감소입니다. 다른 하나는 광화학 스모그 성분인 대류권 오존의 증가입니다. 자, 여러분이 오존을 더 잘 이해할 수 있도록 마술 실험을 보여 드리도록 하겠습니다.

마술 실험을 위해 필요한 것은 근처 슈퍼마켓에서 산 오렌지 하나와 여러분 학교 실험실에서 볼 수 있는 것과 같은 유리 플라스크입니다. 둘 다 특별한 것은 아닙니다. 먼저, 오렌지 껍질을 벗겨서 그 껍질 몇 조각을 플라스크 안으로 넣습니다. 사진 1은 바로 이 상황 바로 직후의 모습입니다.

여러분들은 “아무런 변화도 없네?”라고 하겠죠? 기다려보세요! 약 30초 후에, 흰색 연기가 생겨요(사진 2를 보세요)!! 플라스크 안에 어떤 일이 일어났으며, 무엇이 그 흰 연기를 발생시켰을까요?

이 질문에 답하기 전에, 광화학 스모그에 대해 설명 할게요. 여러분들이 기념 풍경사진을 찍는 것을 방해하는 흰색이나 갈색 안개로 뒤덮인 먼 산을 본 적이 있나요? 세계적인 큰 도시에 더욱 자주 발생하는 안개는 스모그와 아주 밀접한 관계가 있습니다(사진 3을 보세요). 스모그는 그 색깔과 두께가 시시각각 변하고, 그 주기는 하루 심지어 일년 중 언제냐에 따라 다릅니다. 일사량 세기, 풍향 등과 같은 기상조건이 스모그 발생에 영향을 미칩니다.

스모그는 공장이나 자동차로부터 방출되는 탄화수소와 이산화질소 그리고 오존에 의해 생성됩니다. 탄화수소와 오존과 관련된 복잡한 화학반응이 스모그를 만듭니다. 스모그 속에는 작은 입자들이 있는데, 그것들은 빛을 산란시킵니다. 바로 그것 때문에 멀리 있는 물체에 대한 시정이 감소합니다. 스모그는 여러분의 눈과 목을 자극합니다. 또한 나뭇잎을 시들게 하는 등 스모그는 모든 생물체에 해롭다고들 하지요.

자, 다시 주제로 돌아갈까요. 마술 실험에는 아무런 속임수가 없습니다. 실제로, 저는 미리 플라스크 안에 적은 양의 오존을 넣어 두었습니다. 오존은 무색 기체여서 사진 1에서처럼 볼 수는 없습니다. 오렌지 껍질은 화학적으로 탄화수소군인 리모닌(limonene, $C_{10}H_{16}$)을 내놓는데, 이 물질은 우리가 오렌지를 먹을 때 나는 상쾌한 향기의 원인이 됩니다. 오존과 리모닌과의 화학적인 반응이 플라스크 속에서 연기를 생성시킵니다. 이것이 연기가 어떻게 형성되었는지에 대한 마술실험입니다.



사진 3. 시애틀의 스모그, 갈색 안개가 지평선 위에 걸려 있다.



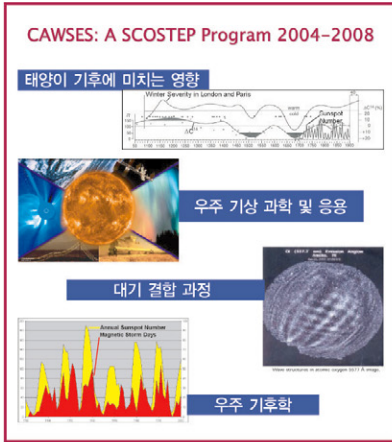
사진 1. 오렌지 껍질을 플라스크 안으로 넣고 30초를 기다린다.



사진 2. 불도 없이 연기가 생긴다.

지상에서는, 공장과 자동차에서 탄화수소가 방출되고, 이 탄화수소가 오존과 반응해서 광화학 스모그를 만듭니다. 전 세계 과학자들은 그 구체적인 반응과정을 이해하기 위해서 연구하고 있습니다.

이 실험은 위험할 수도 있습니다. 특별한 감독 없이는 시도하지 마십시오.



태양-지구계 기후와 날씨 (Climate and Weather of the Sun-Earth System, CAWSES)

CAWSES는 태양-지구 물리위원회(Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics, SCOSTEP)의 지원을 받고 있는 국제프로그램으로, 우주환경과 그것이 인간생활 및 사회에 미치는 영향을 잘 이해하고자 설립되었다. CAWSES의 주목적은 우주환경 및 그 영향을 이해하기 위해 중요한 관측, 모델링 및 이론의 국제협력활동을 지원하고, 선진국 및 개발도상국 과학자들이 모두 참여하도록 유도하며, 모든 학생들에게 교육기회를 제공하는 것이다. CAWSES 사무실은 미국 메릴랜드주 보스턴대학에 위치해 있다. CAWSES의 네 가지 과학적 주제를 왼쪽에 있는 그림에서 볼 수 있다.

<http://www.bu.edu/cawses/>

<http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SCOSTEP/scostep.html>



태양-지구 환경연구소 (Solar-Terrestrial Environment Laboratory, STEL) 나고야 대학교, 일본

STEL은 일본 내 대학간 상호협력시스템 하에 운영되고 있다. STEL의 목적은 일본과 해외 대학 및 연구소들의 공동연구를 바탕으로 “태양-지구간 시스템의 구조와 역학에 대한 연구”를 장려하고 있다. STEL은 네 연구그룹으로 구성되어 있다: 대기 환경, 이온층과 자기권 환경, 태양권 환경, 그리고 통합적인 연구. 지구공간 연구센터(Geospace Research Center) 또한 연합연구계획을 수립하고 활성화하기 위해 STEL과 결연을 맺고 있다. 7개의 관측소에서 다양한 물리적 화학적 연구를 위한 지상관측망을 전국적으로 운영하고 있다.

<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/>

はやのん 하야논 (Hayanon)

류큐대학의 물리학과를 졸업한 작가이자 만화가인 하야논 (Hayanon)은 과학과 컴퓨터 게임에 관한 풍부한 배경 지식을 바탕으로 수많은 인기 연재물을 발간했다. 그녀의 과학에 대한 열정을 담은 변함없는 글은 좋은 호응을 받고 있다.

<http://www.hayanon.jp/>

子供の科学 코도모 노 카가쿠

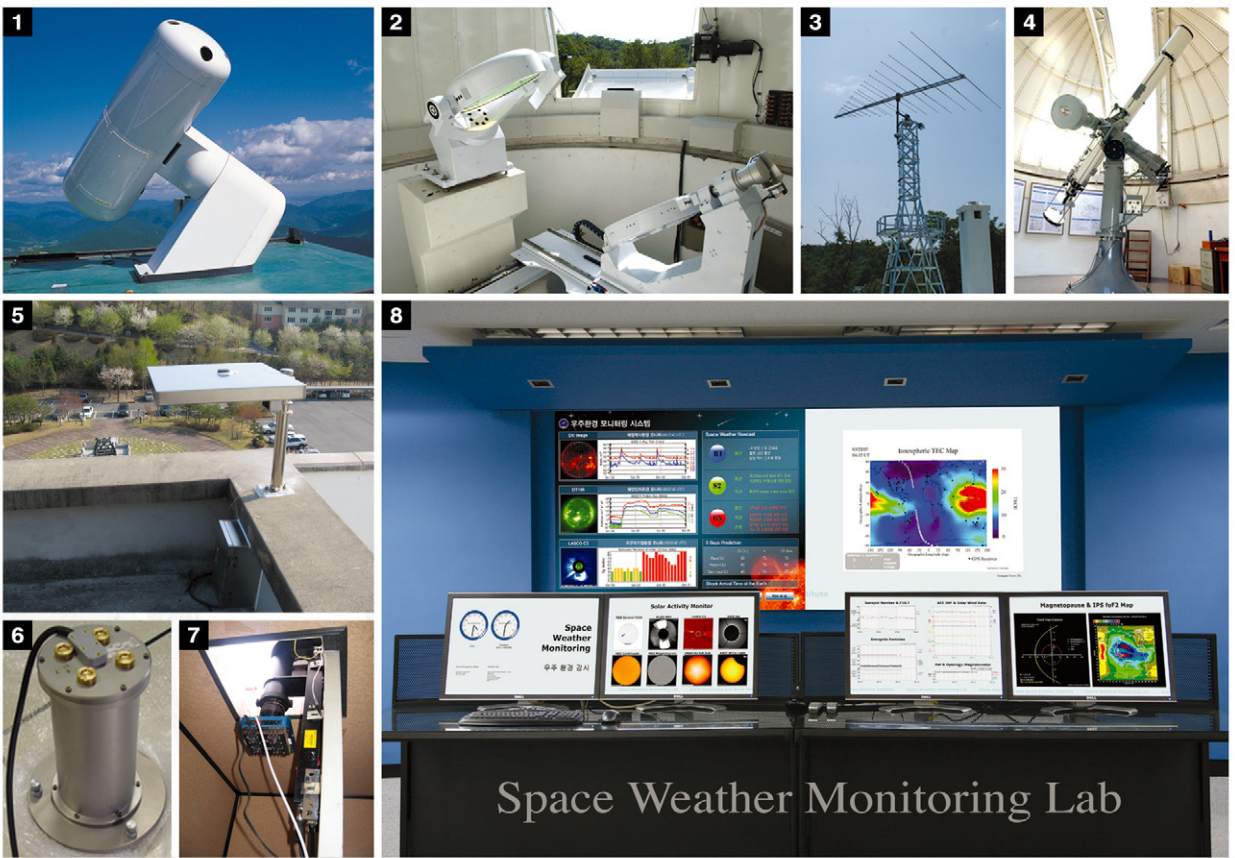
(Kodomo no Kagaku) - 청소년 과학잡지

세이분도 신코사 출판사가 발간하는 코도모 노카가쿠는 월간청소년잡지이다. 1924년 초판 이래로, 이 잡지는 평범한 일상에서의 과학현상에서부터 연구주제가 되는 것까지 과학의 다양한 면을 다루면서 과학교육에 큰 공헌을 지속적으로 해오고 있다.

<http://www.seibundo-net.co.jp/>

“오존 구멍이 뭐예요?”는 “Kodomo no Kagaku”와 협동으로 출판되었습니다.

CAWSES의 협조로 나고야대학교의 태양-지구 환경연구소(STEL)와 SCOSTEP이 발행하였습니다.



1. 태양 플레어 망원경
2. 태양 영상 분광기
3. 태양 전파 안테나
4. 태양 흑점 망원경
5. 신타레이션 모니터
6. 지자기 측정기
7. 전천 카메라
8. 우주환경감시실

우주환경예보센터

(Korea Space Weather Prediction Center, KSWPC)

태양은 우리가 맨 눈으로 보는 것처럼 조용한 것이 아니다. 지금도 끊임없이 발생하고 있는 플레어나 홍염과 같은 태양 표면의 폭발현상은 코로나 물질 분출이나 강한 태양풍을 일으키며 이렇게 분출된 아주 빠른 플라즈마는 2~3일 내에 지구주변 우주공간에 도착하게 된다. 태양이 폭발할 때 나오는 많은 양의 플라즈마는 지구 자기권에 급격한 변화를 가져오며, 일부 높은 에너지 입자들은 지구 상층대기까지 직접 들어오기도 한다. 이러한 지구 주변 우주공간의 환경 변화를 우주날씨라 한다. 여러 통신과 항법장치, 과학 관측에 널리 사용되고 있는 인공위성은 지구 주변 우주공간에 위치하고 있기 때문에 우주날씨에 바로 영향을 받고 있다.

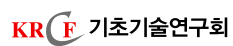
한국천문연구원 태양우주환경연구그룹은 2007년부터 우주환경예보센터 구축사업을 추진하고 있다. 다음 태양활동 극대기에는 우리 기술로 급격한 태양 활동과 지구 근접 우주환경 변화를 예보함으로써, 위성체 파손 및 수명단축, 무선통신장애 등 21세기형 우주재난을 대비할 수 있을 것이다.

<http://sos.kasi.re.kr>

CAWSES의 협조와 한국과학기술단체총연합회의 일부 재정지원으로 한국천문연구원 태양우주환경연구그룹이 발간하였습니다.

KASI 한국천문연구원

태양우주환경 연구그룹
Solar and Space Weather Research Group



303-348 대전광역시 유성구 대덕대로 838

전화 042-865-2057 팩스 042-861-5610 홈페이지 <http://sos.kasi.re.kr>