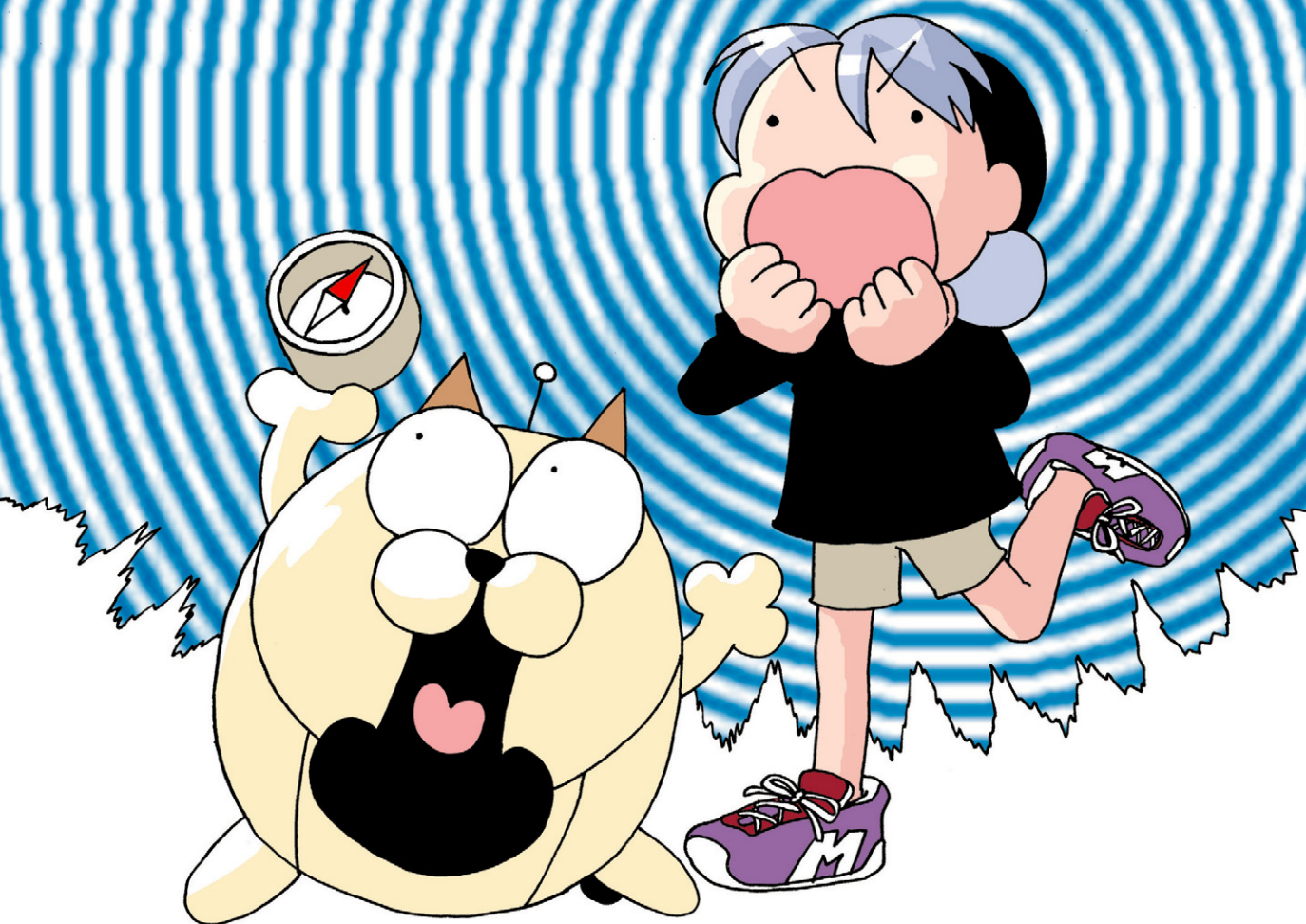


지구 자기장이 무엇예요?



원작 Hayanon

번역 한국천문연구원 태양우주환경연구그룹

김관혁 황정아 성숙경 최성환

민경욱(한국과학기술원)





칼 프리드리히 가우스(C.F.Gauss, 1777~1855)로

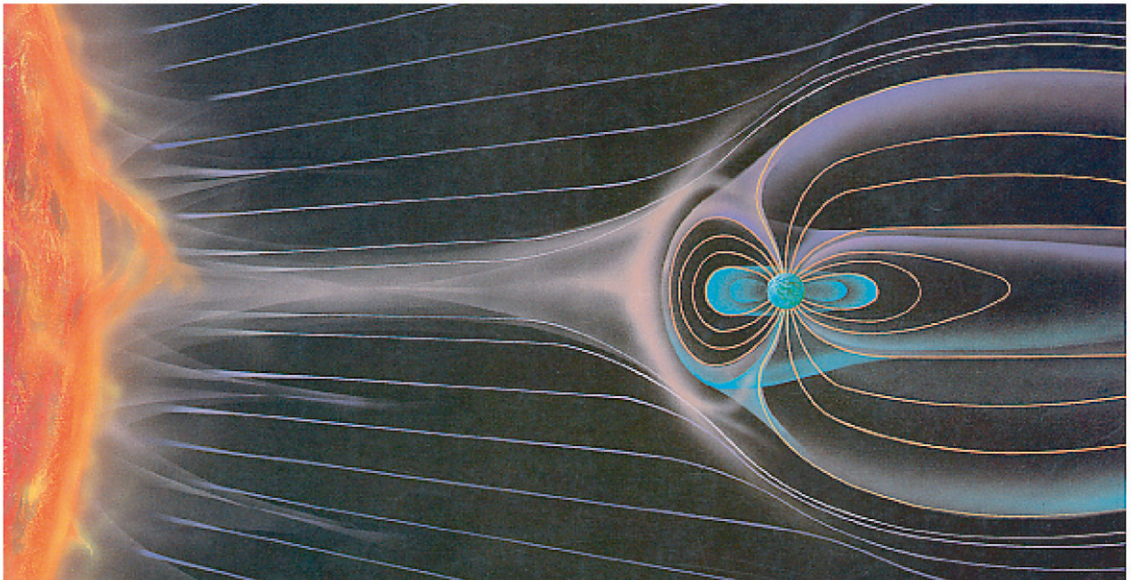
부자의 전언

나는 독일에서 가난한 정원사의 아들로 태어났습니다. 나는 어렸을 때부터 아버지가 종업원들의 월급을 계산하는 것에 문제점이 있다는 것을 자주 발견했습니다. 그것은 밖에서 노는 것 보다 더 재미있는 일이었습니다. 초등학교 1학년 때는 1부터 100까지 더하라는 선생님의 문제를 단 몇 초 만에 풀어내기도 했습니다. 사실, 그건 아주 간단합니다. 100개의 숫자들을 두 번 써서 100개의 쌍을 만들면 $1+100=101$, $2+99=101$, ... 처럼 각쌍의 합은 101이 됩니다. 즉 101이 100개가 있는 것이죠. 모두 합하면 10100이 됩니다. 100을 두 번 썼으니 나누기 2를 하면 5050이 되고 그게 바로 답이 되는 것이죠.

$$\begin{array}{cccccccc}
 1 + & 2 + & 3 + & \dots + & 98 + & 99 + & 100 \\
 100 + & 99 + & 98 + & \dots + & 3 + & 2 + & 1 \\
 \hline
 101 + & 101 + & 101 + & \dots + & 101 + & 101 + & 101 \\
 & & & & = 101 \times 100 = 10100 \\
 & & & & 10100 \div 2 = 5050
 \end{array}$$

여러분은 수학과 물리학의 몇몇 이론이나 단위, 공식에 내 이름이 있는 것을 볼 수 있을 것입니다. 서른이 되었을 때 나는 괴팅겐 대학의 교수가 되었고 수이론, 최소자승법, potential 이론 등을 즐겼습니다. 독자 여러분, 구조와 분석(spherical harmonic analysis)을 이용해 지구의 자기장 세기를 추정하는 나의 성과물들에 관한 이 책을 통해 이렇게 만나보게 되어 반갑습니다. 내가 사용한 실제 자료들은 왕립천문학회의 지원으로 세계 100개 이상의 관측소로부터 얻어진 것들입니다.

그런데 내가 지구 자기장 세기를 측정한 이후로 계속 그 세기가 줄어들고 있다고 들었습니다. 참으로 걱정스러운 일이군요.



그림의 작은 푸른 공 모양인 지구는 태양 대기 안에 위치하고 있다. 지구는 거대한 자석과 같아서, 보이지 않는 그 힘이 우리를 위험한 태양의 방사선으로부터 지켜주고 있다. 이 행성, 지구에서 우리가 안전하고 평화롭게 살 수 있도록 해주는 지구의 자기장과 대기에 고마워하자.

오늘 우리는 굉장히 멋진
오로라를 보기 위해
플라네타리움(planetarium)
을 찾아왔습니다.

안녕! 나는 물 이고 애는
내 로봇 강아지 미루보
라고 해, 내가 가장 좋아
하는 과목은 바로

과학이지!

오로라는 정말 너무
아름다워! ♥

맞아요!
정말 진짜
같았어요. 🎵

우리나라에서 진짜
오로라를 볼 수
있으면 좋겠어.

에?

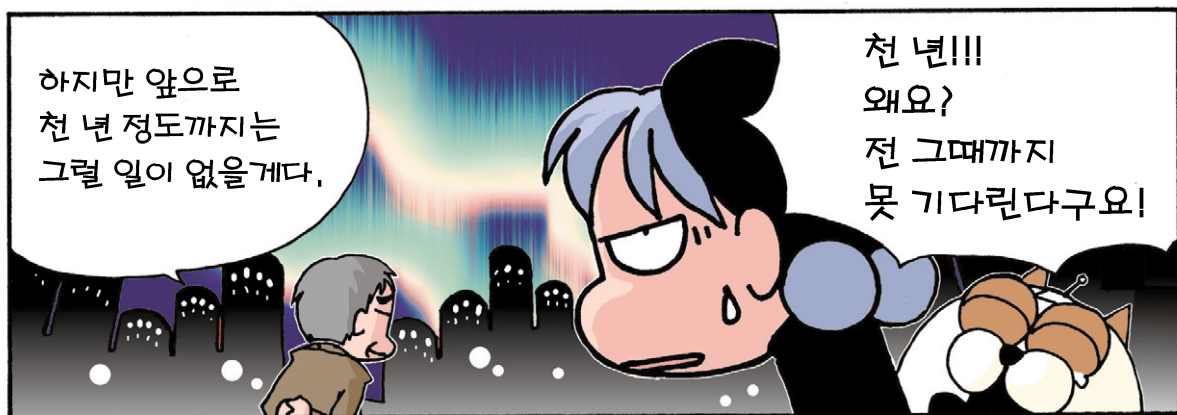
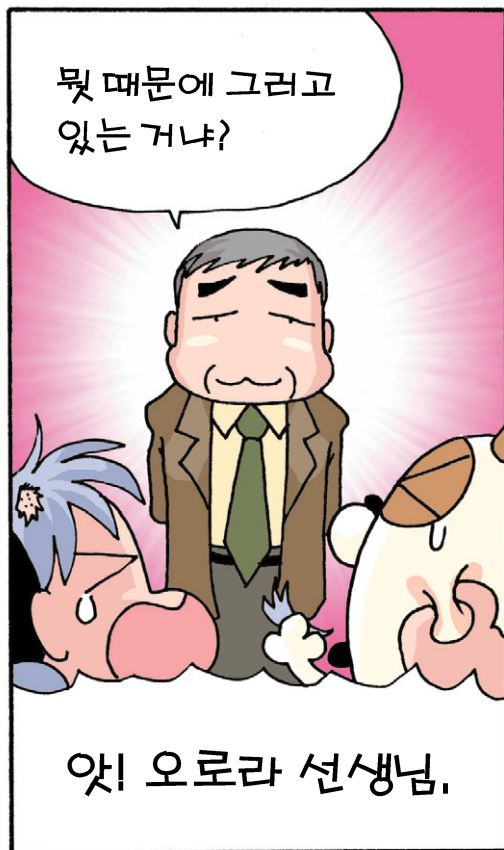
미래에는 언젠가
오로라가 우리나라
까지 내려올 거라고
들은 적은 있어.

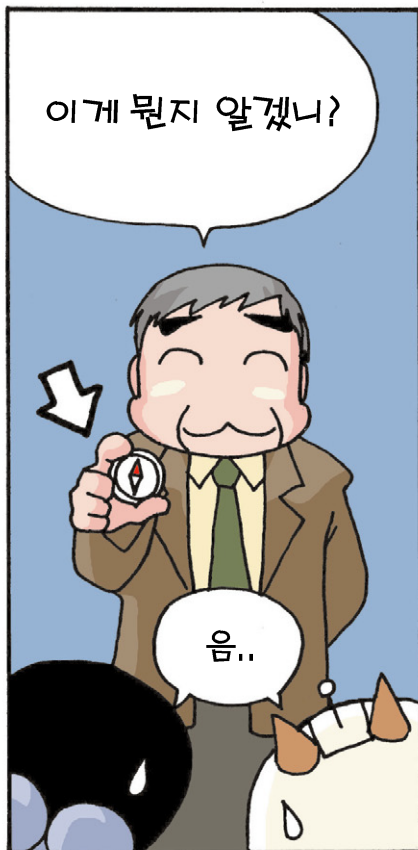
뭐?

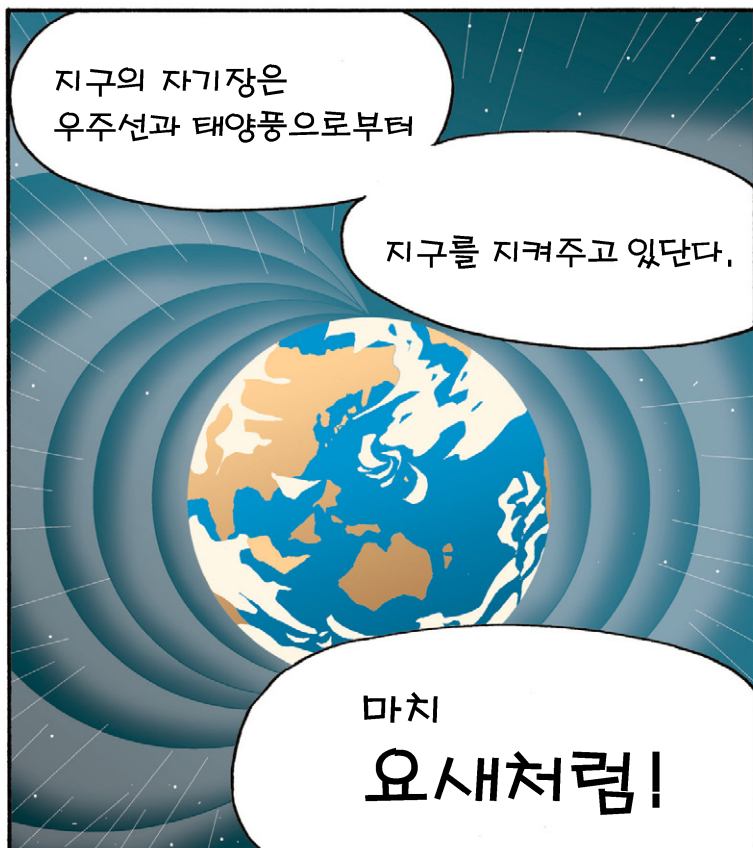
말도 안돼!

아냐!!
진짜라니까!

자, 자, 진정
하려무나,
애들아,







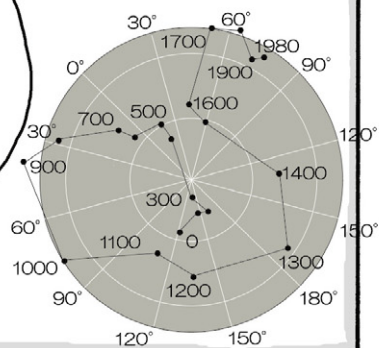
지금 자기 북극은 지리학적
북극과 11.5도 떨어진
이 곳, 그린랜드의
북서쪽에 있단다.



이 자기 북극을 둘러싸고
오로라 띠라고 부르는 선을
그을 수 있는데 이 곳에서
오로라를 자주 볼 수 있지.

자기 북극은
지구의 오랜
역사동안 늘
움직여왔단다.

지난 2000년 동안
자기 북극의 움직임



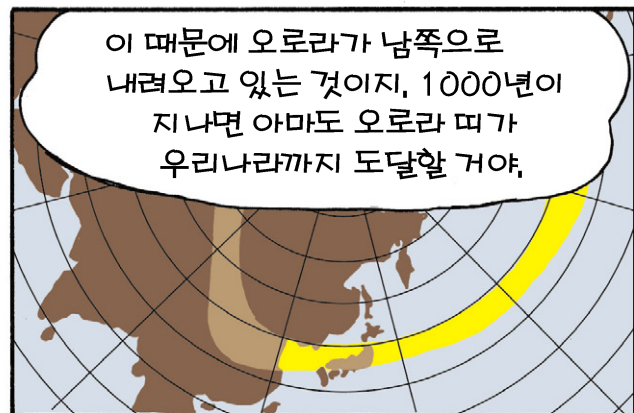
자기 북극의 위치 뿐만
아니라 자기장 세기도
변하고 있지.



19세기 초 가우스가
처음으로 지구 자기장
세기를 측정 한 이후로
200년에 10% 정도씩
자기장 세기가
줄어들고 있단다.



이 때문에 오로라가 남쪽으로
내려오고 있는 것이지, 1000년이
지나면 아마도 오로라 띠가
우리나라까지 도달할 거야.



만일 이 상태로 계속
지구 자기장 세기가
줄어든다면 1200년
후엔 자기장이 사라질 거야.

완전히!





화산폭발 때 흐른 용암이 식으면 화산암이 되는데, 이때 화산암 내부에 지구 자기장이 기록된단다.

학자들은 세계 곳곳의 서로 다른 화산들에서 수집된 화산암들이 반대로 자화된 것을 발견했단다.

알겠어요, 화산암들은 자기가 있던 자리에 계속 있었으니까요.

놀라워요!

컴퓨터 자기 디스크와 같네요!

일본 지바현에 있는 지층은 70만년 전에 지구 자기장이 사라지고 자극 역전이

있었다는 것을 보여주고 있는 성능 좋은 자기 기록 장치라고 볼 수 있지.

대단해요!

바다의 얕은 곳에 살던 유공충이

자기장이 역전될 당시에

지구로 쏟아져 들어온 엄청난 양의 자외선때문에 40% 정도나 죽어버렸다는 것을 화석을 통해 알 수 있단다.

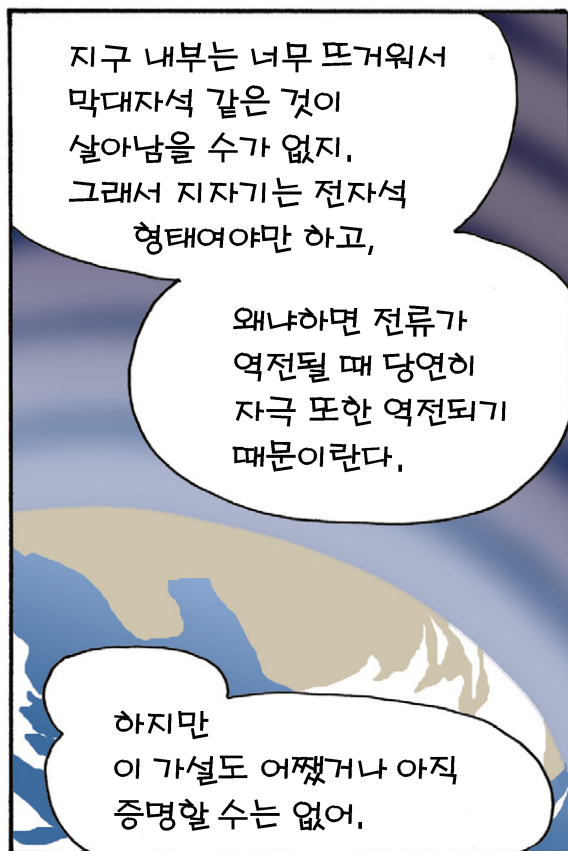
40%라구요?

그 외에 유공충 사체에서 만들어진 유기탄소는 지구 온난화에 엄청난 기여를 했지.

지구 자기장의 변화는 지구 환경에 이렇게 큰 영향을 미치게 된단다.

무서워... 정말 싫다..









지구 자기장이 뭐예요?



안녕, 몰, 미루보.
지구 자기장의 능력에 대해서 얘기해 볼까?



지구는 아주 거대한 자석이라고 알고 있어요.



와, 그렇게 큰 자석이라면 사고 싶어요! 얼마나 하죠?



농담은 그만하고, 지구가 그렇게 거대한 자기장을 가지고 있다고 해도 지구 안에 자석이 묻혀 있는 건 아니란다.



무슨 뜻이에요? 누가 지구를 그렇게 깊게 파 봤나요? 지구 자기장은 그럼 어디서 오는 거죠?



자석이 있는 곳의 온도가 높을수록 자기장의 세기는 줄어들단다. 지구 깊은 곳은 온도가 수 천 도나 되기 때문에 자석이 살아남기엔 너무 뜨겁지.



재밌겠는데요! 내 자석을 가지고 실험해 봐야겠어요.



좋은 생각이구나. 백문이불여일견이지. 힌트 하나 줄까? 지구 안쪽에는 전류를 흐르게 하는 금속이 녹아서 액체로 되어 있단다.



전자석이로군요!



맞았다. 지구는 안쪽에 전자석을 가지고 있어. 전자석은 막대 자석처럼 자기장을 만들어 낸단다. 전류의 방향과 세기가 바뀌게 되면 자극이 역전될 수도 있는 것이지.



오, 이런! 자극이 역전되면 제 나침반이 더 이상 쓸모가 없겠네요.



걱정하지 말거라. 1000년 보다 더 먼 미래에 일어날 일이란다.



아, 아직 많이 남았군요.



지구의 역사로 보면 1000년은 짧은 편이지. 어쨌거나 지구 자기장은 항상 변한단다. 오로라는 많은 양의 전기가 내려오는 거야. “자기폭풍”이라고 부르는 현상은 전 세계의 자기장을 유도하는 아주 거대한 전류에 의해 생기는 것이고.



그 세기가 아주 센가요? 저를 해칠 만큼요?



최대치가 대략 1백만에서 1천만 암페어 정도지.



정말요? 우리집 전기는 겨우 30암페어인데...



혹시 어떤 동물들이 지구 자기장을 감지할 수 있는지 아니?



아뇨... 혹시 선생님이 할 수 있나요?



전혀. 난 그런 능력이 없어. 비둘기나 돌고래, 철새들이 지구 자기장을 감지할 수 있단다. 동물들의 자기장 인식에 관해서 다양한 실험들이 행해지고 있지.



미루보, 네 머리에 자기 센서를 설치해야겠어. 너 길치잖아.



농담하지만. 몰!



지구 자기장 관련 용어 설명



오로라

플라즈마라고 불리는 대전된 입자들의 흐름인 태양풍에 의해 극지방 하늘에서 보이는 빛.

태양풍은 지구 자기권으로 들어와 자기력선을 따라 가속되어 밤 지역으로 이동하다가 극지방 대기와 충돌을 일으킨다. 이 충돌이 빛을 100~500km 위치에 생성된다.

칼 프리드리히 가우스 (1777~1855년)

가우스는 독일의 수학자이자 물리학자이다. 1839년 그는 지구 자기장이 외부로부터 들어온 것이 아닌 지구 내부로부터 생성된 것임을 증명했다. 가우스 단위는 자기장 세기를 나타내는데 사용된다.

나침반

자기 바늘로 방향을 결정하는 도구. 두 개의 자석이 있으면 한 자석의 N극과 다른 자석의 S극이 서로 끌어당기고, 같은 N극은 밀쳐낸다. 자석의 N극은 지구의 S극을 향하게 되고 이것으로 우리는 지구의 북쪽을 알 수 있게 된다.

우주선

태양계 밖의 은하 우주선과 태양 플레어에서 생성된 태양의 에너지 입자들을 포함하여 우주에 떠다니는 다양한 종류의 고에너지 입자. 대부분의 우주선은 약 100~500km 위치의 지구 대기에 의해 흡수되거나 약해진다.

백악기

중생대 마지막 시기인 1억 4천만에서 1억 6천 5백만 년 전의 기간. 기후는 온화하고 식물들은 무성하였으며 공룡들이 번성했다. 백악기 말기에 공룡과 암모나이트가 멸종되었다. 운석이나 심각한 기후변화, 자기장의 역전 등 멸종에 대한 여러가지 학설들이 있다. 중생대에 이어 포유동물의 시대인 신생대가 시작되었다.

유공충

유공충은 작은 단세포 생물로 바다에서 많이 볼 수

있다. 공기중의 이산화탄소로부터 만들어지는 석회질의 껍질을 가지고 있다.

지구 자기장

지구는 거대한 막대자석과 같은 자기특성을 가지고 있다. 남극쪽에 N극이 있고 북극쪽에 S극이 있어서 지구를 둘러싸는 자기장을 생성한다.

유기 탄소

생명체는 탄소가 대부분인 유기 화합물로 이루어져 있다. 식물과 동물이 죽으면 축적된 탄소는 이산화탄소로 순환된다.

오존 구멍

오존층은 약 30km 고도에서 지구를 둘러싸고 있다. 1980년에 남극의 성층권에서 남극을 둘러싼 둥근 구멍 형태로 오존층이 대부분 사라진 것이 발견되었다. 오존 구멍은 9월에 가장 커지는 것으로 알려져 있다.

플라즈마

모든 물질은 원자로 이루어져 있다. 원자가 음으로 대전된 전자를 빼앗기면 양으로 대전된 이온이 된다. 양으로 대전된 입자와 음으로 대전된 입자들로 이루어진 가스를 플라즈마라고 한다. 우주의 99% 이상이 고체나 액체, 가스와는 다른 플라즈마로 이루어져 있다. 이것이 바로 플라즈마가 제 4의 물질상태라고 불리는 이유이다.

태양풍

태양으로부터 오는 대전된 입자들인 플라즈마의 흐름, 지구의 자기장은 태양의 반대편으로 끌려 꼬리 모양의 모습을 이 된다. 혜성의 꼬리도 같은 형태로 만들어진다.

자외선

태양은 다양한 파장의 빛을 내보낸다. 그 중의 하나가 400 나노미터의 파장을 가진 고 에너지 자외선이다. 자외선은 암이나 유전적인 문제를 일으키기 때문에 우리 생명체에 위험하다. 대부분 지상 30km 위치에 있는 오존층에서 흡수된다.



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-지구 간 시스템의 구조와 역학에 대한 연구”를 장려하고 있다. STEL은 네 연구 그룹으로 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/>



미국립지구물리자료센터 (National Geophysical Data Center, NGDC) 우주환경센터 (Space Weather Prediction Center, SWPC)

미국립해양대기청

(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)

미국 콜로라도주 볼더에 소재하는 NOAA의 NGDC와 SWPC는 기상무부 소속이다. NGDC는 우주에서의 지구관측뿐만 아니라 고체 지구, 해양 및 태양-지구간 환경에 대한 자료를 제공하여 준다. SWPC는 지구우주환경을 지속적으로 모니터링함으로써, 유용한 태양-지구간 정보를 제공하고, 지구우주환경을 이해할 수 있는 연구 및 개발 프로그램을 수행하며, 우주 환경분야에서 주도적인 역할을 하고 있다.

<http://www.ngdc.noaa.gov/>

<http://www.swpc.noaa.gov/>

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

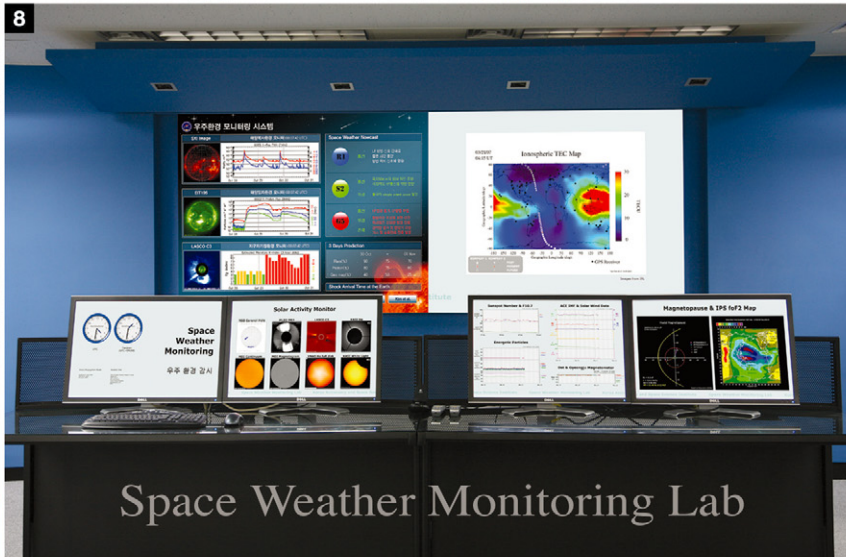
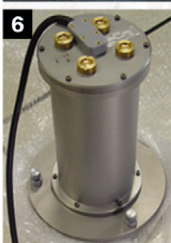
(Kodomo no Kagaku) – 청소년 과학잡지

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/>

“지구 자기장이 뭐예요?”는 Takasi Oguti 교수 및 Nobuaki Niitsuma 교수의 자문과 “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

