

이상기상의 현상과 원인

이산화탄소, 메탄 등은 열, 즉 적외선을 흡수해서 다시 사방으로 뿜어낸다. 이 적외선 중 일부는 우주로 빠져 나가지 못하고 다시 지상으로 돌아와 지표면을 덥히는데, 이러한 현상으로 지표의 온도가 올라가게 되는 것이다.



글 | 홍 윤
기상청 예보국장



1. 이상기상이란 ?

최근 이상기상이라는 말을 자주 듣게 되는데, 이상기상이란 평균상태에서 크게 벗어난 기상 현상을 의미하며 특이기상이라고도 표현한다. 즉 과거 30년간의 반복적인 날씨의 변화를 평균한 평년값에 대비되는 말이라 하겠다. 이러한 이상기상은 태풍, 저기압, 집중호우 등 짧

은 시간에 걸쳐 좁은 지역에 나타나는 것과, 가뭄, 저온, 일조 부족 등 수개월에서 1년 정도의 긴 시간과 광범위한 지역에서 나타나는 기상현상도 포함된다. 기상 및 기후 상태는 변동하는 것이 자연스러우며, '이상'과 '정상'의 구별이 곤란한 경우가 많아 이상기상이라는 용어를 적절히 사용하는 것이 바람직하다.

이상기상과 비슷한 용어로, 이상기후, 기상이변 등도 넓은 뜻으로 같이 사용하고 있다. 이상기상의 범위를 명확히 한정할 수 없으므로 '출현 빈도수가 많지 않은 기상현상, 지점이나 계절별로 보통은 나타나지 않는 기상현상' 등으로 표현하는 경우도 있다. 그러나 이상기상의 발생을 정량적으로 취급할 때에는 '이상'으로 표현하는 수치적 기준이 필요하게 되므로 세계기상기구(WMO)에서는 월 단위의 현상을 대상으로 다음과 같이 정의하고 있다.

- (1) 짧은 기간 중에 사회나 인명에 중대한 영향을 끼친 기상현상(홍수, 태풍, 산사태 등)
- (2) 과거 30년 동안 관측되지 않았던 날씨, 특히 평년값으로부터의 차이가 편차의 2.2배에 달했을 때를 이상고온, 이상저온 등으로 부름
- (3) 평년값으로부터의 차이는 적으나 현상이 몇 개월 이상 지속되어 피해가 발생했을 때 등

2. 이상기상의 주된 원인 - 지구온난화

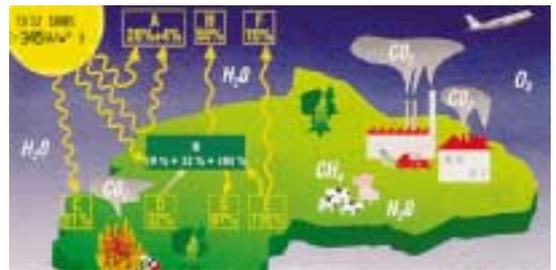
가. 온실 효과란?

흔히 온실가스(이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 프레온(CFC), 오존(O₃) 등)라고 하는 가스들은 온실의 지붕처럼 지구로 들어온 짧은 파장의 태양 광선은 통과시키지만, 지표면에서 복사되는 긴 파장의 적외선은 통과시키지 않고 흡수한다. 다시 말해서 이들 가스들은 일단 지구로 들어온 에너지가 우주로 빠져나가지 못하도록 붙잡아 두는 역할을 한다. 우리가 살고 있는 지구 대기는 산소와 질소로 되어 있다.

산소와 질소는 지구에서 지구대기로 빠져나가는 열을 통과시킨다. 하지만 이산화탄소, 메탄 등은 열, 즉 적외선을 흡수해서 다시 사방으로 뿜어낸다. 이 적외선 중 일부는 우주로 빠져 나가지 못하고 다시 지상으로 돌아와 지표면을 덥히는데, 이러한 현상으로 지표의 온도가 올라가게 되는 것이다. 이 같은 현상은 유리로 덮인 온

실을 따뜻하게 하는 과정과 유사하다 하여 온실효과라 한다(그림 1 참조). 이러한 온실 효과를 일으키는 가스 중에서도 특히 주목받고 있는 것이 이산화탄소이다.

이산화탄소는 인간이 산업 활동과 난방 등을 하기 위하여 화석원료를 태우면서 발생하기 때문에 지난 반세기 동안의 기온상승은 인간의 책임이 90% 이상이라고 여러 보고서에서 주장하고 있다. 또 가장 충격적인 사실은 온실가스 배출량이 현재 상태로 동결된다 해도 앞으로 1,000년 동안은 해수면이 계속 상승하며 원상태로의 복귀는 불가능하다는 대목이다.



● 그림 1 ● 온실효과 : 대기 중 파의 흡수현상(B) 의해 발생한다. 태양 단파에너지의 26%는 대기 중에서, 그리고 4%는 지표면에서 반사되며(A), 19%(B)는 대기를, 51%(C)는 지표면을 따뜻하게 한다. D: 지표면에 도달하는 에너지의 일부는 열전도에 의해 다시 대기로 전도된다. D: 지구온도 +15°C에 해당하는 에너지는 390W/m² 이며 이는 116%이다. F: 지구장파복사의 1/10 가량이 우주로 반사되며 9/10 가량이 지구대기 중에서 흡수되며(B) 나머지는 다시 지표면으로 반사된다(G). H: 대기 중에서 흡수된 파의 일부는 다시 우주로 달아난다. 대기 중에서 발생하는 이러한 현상은 온실과 비교되며 이로 인해서 온실효과라 한다.

나. 온실효과의 피해

지구 온난화가 계속 진행된다면 지구의 모습은 어떻게 바뀔까? 과학자들은 온실 효과가 계속 진전되면 앞으로 대륙의 내륙 지방은 더욱 건조하게 되는 반면, 해안 지대는 더욱 많은 비가 올 것이며, 추운 계절이 짧아지고 따뜻한 계절은 길어질 것이라고 내다보고 있다. 그러니까 겨울이 짧아지고 여름이 길어지는 셈이다.

지구 기온이 3℃만 높아진다고 해도 이것은 과거 10만년 이래의 최고 기온이 된다. 따라서 이는 생태계에 커다란 충격이 된다. 온실 효과에 의해서 세계는 더 많은 잡초로 뒤덮이고 열대의 질병이 온대 지방으로 몰려 들어올지도 모른다.

기온이 올라가면 자연히 증발 현상이 더욱 활발하게 일어나 넓은 지역에 걸쳐 땅이 더욱 건조해질 것이다. 아울러 이에 대기 중의 수증기 평행을 유지하기 위해서는 어떤 지역은 더 많은 집중호우가 쏟아지는 빈도가 많아지는 것이다. 여름철에 나타나는 집중호우 현상이 더 많아진다고 생각하면 쉽게 이해할 수 있다.

(1) 해수면 상승

이산화탄소의 농도가 두 배로 늘어날 경우 지구의 기온이 저위도 지방에서는 3~4℃, 고위도 지방에서는 7~8℃나 올라간다고 알려져 있다. 물은 온도가 올라가면 밀도가 작아져서 부피가 팽창하는 성질이 있다. 따라서 해수면이 높아지게 된다. 바다에는 엄청난 양의 물이 있기 때문에 1.5℃ 정도만 기온이 올라가도 팽창 효과가 누적되어 바닷물이 팽창하는 정도는 굉장할 것이다. 또한 기온이 올라가면 극지의 얼음이 녹게 된다.

만약 빙산이 완전히 녹아 버린다고 가정한다 해도(물론 이렇게 되려면 아주 오랜 시간이 걸리겠지만), 물이 바다로 흘러들어가 해수면이 얼마나 높아질 지는 미지수이다. 해수면의 상승은 서서히 진행될 것이지만 네덜란드나 방글라데시처럼 땅의 높이가 해수면과 거의 비슷하거나 그보다 낮은 나라들은 완전히 바다에 잠기게 될 것이며, 그 밖의 많은 나라들도 엄청난 피해를 입을 것이다.

(2) 온실효과 가중

바닷물은 많은 양의 이산화탄소를 흡수한다. 그런데 물이 따뜻해지면 이산화탄소를 흡수하는 능력이 떨어진다. 그래서 현재 바닷물 속에 녹아 있는 이산화탄소가 다시 대기 중으로 방출되므로 지구의 온실 효과를 더욱 가중시키게 된다.

(3) 생태계 변화

식물들도 변화를 겪게 된다. 대부분의 식물들은 온실 효과의 주범인 이산화탄소가 늘어나면 비료를 얻는 셈이 되어 단기적으로는 이익을 얻을지 모른다. 하지만 사막에 사는 식물을 제외하고는 일반적으로 고등 식물일수록 기온의 변화에 적응하기 어렵다.

지구 기온이 3℃만 높아진다고 해도 이것은 과거 10만년 이래의 최고 기온이 된다. 따라서 이는 생태계에 커다란 충격이 된다.

온실 효과에 의해서 세계는 더 많은 잡초로 뒤덮이고 병원균과 기생충은 전성시대를 맞아 열대의 질병이 온대 지방으로 몰려 들어올지도 모른다.

(4) 기온상승과 질병

1998년에는 금세기 최대 수준의 엘니뇨 발생으로 가뭄, 홍수 등의 기상기후가 빈발하였고, 가뭄, 홍수 등에 의한 환경오염으로 전염병이 기승을 부렸다.

전국에 볼거리가 유행하였고, 세균성 이질과 A형 간염이 유행하였으며, 말라리아 발생이 계속 증가하고, 가을철 렙토스피라증이 유행하여 많은 사람들이 질병에 시달렸다. '기후 변화의 경제학' 보고서에서는 지구 온도가 1℃ 상승하면 매년 30만 명이 기후 관련 질병으로 사망한다고 보고 있다.

3. 이상기상의 대표적인 현상들

이상기상은 과거에 나타났었고 현재에도 나타나고 있으며 미래에도 나타날 것으로 보고 있는데, 최근에 크게 이슈화 되고 있다. 이는 과거보다 최근에 발생빈도가 증가하고 세기가 강해지고 있기 때문이다.



이상기상을 유발시키는 대표적인 현상들로는 엘니뇨, 라니냐 등이 있다.

가. 엘니뇨

엘니뇨란 스페인어로 남자 아이라는 뜻으로 Niño에 관한 정관사를 붙여서 El Niño라고 써서 신의 아들 예수 그리스도를 지칭하고 있다. 페루와 에콰도르 국경인 과야킬만(2°S) 부근에서는 매년 12월경에 북쪽에서 난류가 흘러들어서 해수면이 높아진다.

이와 같은 계절적 현상을 크리스마스와 관련시켜서 엘니뇨라고 부르고 있으며 페루에서는 수년에 한 번씩 일어나는 이와 같은 해수면 온도의 이상고온 현상을 엘니뇨라 부르고 있다. 엘니뇨는 기상학적으로 '열대 태평양의 광범위한 구역에서 해수면 온도가 평년에 비해 0.5℃ 이상 높은 상태로 일정한 기간 동안 지속되는 현상'이라고 정의한다.

평년의 적도 태평양 상에는 편동 무역풍이 연중 불고 있고 이 해상의 해류는 무역풍에 의하여 동쪽에서 서쪽으로 흐르게 된다. 이와 함께 중태평양과 동태평양에서

는 서쪽으로 흐르는 바닷물을 보충하기 위하여 바다 저층의 찬물이 해면으로 올라오게 되어(용승), 상대적으로 차가운 해면 상태를 유지하게 된다.

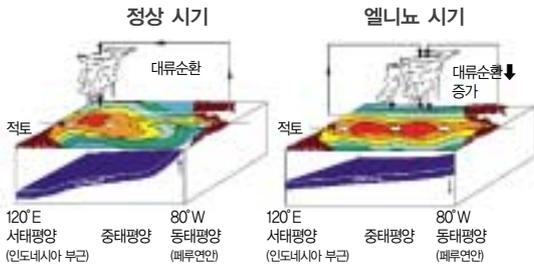
한편 동태평양에서 서태평양으로 흐르는 표면 해류는 태양복사에 의하여 계속 가열되어 서태평양(인도네시아 근처)에 도달하면서 높은 온도의 해수 상태가 된다. 또한 해수면 온도가 높은 서태평양에서는 수증기와 온난한 공기가 수렴하여 상승 운동이 나타나고, 해수면 온도가 낮은 동태평양에서 하강하는 워커순환(Walker Circulation)이 나타나게 된다.

그러나 특정한 시기에 무역풍이 약해지면, 서쪽으로 흐르는 해류는 약해진다. 약해진 해류는 용승을 약화시키고, 이에 따라 중태평양과 동태평양의 수온은 상승하게 된다. 수온의 상승은 대기를 가열하여 무역풍을 약화시키게 되어 더욱 더 서쪽으로 흐르는 해류를 약화시키고 용승을 약화시킨다.

즉 대기와 해양의 상호작용에 의해 열대 동태평양에서 중태평양에 걸친 광범위한 구역에 해수면 온도 상승이 일어나게 되는데, 이러한 해수면 온도 상승을 '엘니뇨'라 부른다. 엘니뇨에 의한 해수면 온도 변화에 의해 온



난 다습한 공기의 수렴대가 해수면 온도가 높은 중태평양으로 이동하게 된다(그림 2 참조).



● 그림 2 • 엘니뇨 현상의 도식적 설명

그러므로 엘니뇨 시기에는 중태평양에서 대기의 상승 운동이 나타나게 되고, 서태평양에서는 상대적으로 하강 운동이 나타나게 된다.

엘니뇨의 상대적인 현상을 라니냐(La Niña)라 한다. 이 때에는 무역풍의 강화로 인하여 서태평양의 온도가 증가하게 된다. 엘니뇨와 라니냐는 서로 독립적인 현상이 아니라, 반대 위상을 가지는 자연계의 진동이라는 사실이 밝혀졌다.

(1) 엘니뇨 발생에 따른 세계기후 특성

적도 태평양 해수면의 광범위한 상승 현상의 효과는 전 지구적으로 영향을 주게 되어 많은 이상기상을 초래하였다. 강한 엘니뇨 해에 에콰도르·페루·쿠바·미국 남부지방에서는 홍수가 자주 발생하였으며, 오세아니아·인도네시아·필리핀·남부 아프리카에서는 가뭄이 나타났다. 엘니뇨의 긍정적 효과 중 하나는 대서양에서 열대성 폭풍우나 태풍이 드물게 발생한다는 것이다. 지금까지 발생한 엘니뇨 중에서 가장 강했던 것은 1982~1983년과 1997~1998년 엘니뇨로서 평년 해수면 온도보다 무려 4℃ 이상 높았다.

1997~1998년에 발생한 금세기 최대의 엘니뇨에서는 중국 양자강 홍수로 인해 2,000명 이상 사망, 2억 5천여 명의 이재민이 발생하였다. 우리나라에선 여름철에 지리산 집중호우 등으로 244명이 사망하고 14만 명의 이재민이 발생하였다.

나. 라니냐

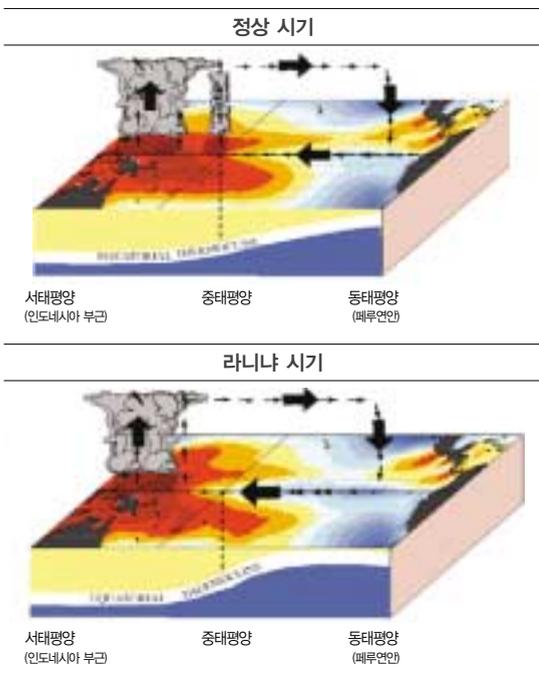
적도 무역풍이 평년보다 강해지면 서태평양의 해수면과 수온은 평년보다 상승하게 되고, 찬 해수의 용승 현

적도 무역풍이 평년보다 강해지면 서태평양의 해수면과 수온은 평년보다 상승하게 되고, 찬 해수의 용승 현상 때문에 적도 동태평양에서 낮은 수온 현상이 강화되어 엘니뇨의 반대현상인 라니냐가 나타난다.

상 때문에 적도 동태평양에서 낮은 수온 현상이 강화되어 엘니뇨의 반대현상이 나타난다. 이러한 현상을 라니냐(스페인어로 여자아이)라고 한다.

라니냐는 큰 규모로 열대 태평양의 바람을 변화시키는 현상으로 대기하층에서 볼 때, 동태평양에서는 동풍(동→서)을 강화시키고, 상층대기에서 볼 때, 열대 동태평양 지역에서는 서풍을 증가시킨다.

이러한 조건은 적도 위커 순환이 증가했다는 것을 반영한다(그림 3 참조).



● 그림 3 ● 라니냐 현상의 도식적 설명

라니냐가 발달하는 동안, 지표 바로 아래의 해양구조는 수온약층(Thermocline)의 깊이 감소와 함께 열대 동태평양에서 비정상적으로 얇은 온수층이 흐르고, 수온약

층의 기울기는 전체 해역에서 증가한다.

가장 강한 라니냐 때 수온약층은 기간 내내 지표와 가깝다. 이런 저온현상은 해양의 혼합 깊이를 감소시키면서 해양 지표에는 영양분을 증가시켜 해양생태계에 이익을 준다. 이러한 조건에서 해수면 높이는 동태평양에서 정상상태보다 낮고, 그 영향으로 전체 해역의 기울기는 증가한다.

라니냐 기간 동안 호우의 경우, 적도 부근 서태평양 지역과 인도네시아 및 필리핀 지역은 강화되고 동태평양은 건조해진다. 반대로 정상 상태보다 더욱 습윤한 상태는 겨울철(12월~2월) 동안 남미 북부와 아프리카 남부에서 나타나고, 여름철(6월~8월) 동안은 호주 남동부에서 나타난다.

정상상태보다 건조한 지역은 겨울철(12월~2월) 동안 에콰도르 연안, 페루 북서지역 및 아프리카 적도부근 동쪽에서 발생한다.

여름철(6월~8월) 동안은 브라질 남부 및 아르헨티나 중앙에서 발생한다.

라니냐는 전 세계적으로 큰 규모의 기온을 하강시키고 이상 저온현상을 야기한다.

겨울 동안 평년에 비해 저온 경향을 보이는 지역은 남아프리카, 일본, 알래스카 남부, 캐나다 서부 및 중부 지역, 브라질 남동부 지역이고 여름 동안 저온지역은 인도를 가로질러 남동 아시아, 남미 서부연안, 기니아만, 남미 북부, 중미 지역이다. 겨울철 평년보다 따뜻한 지역은 미국 걸프만을 따라서 발생한다.

우리나라는 라니냐 기간 동안 겨울철(12~2월)에는 저온현상을 보이거나 여름철(6~8월)에는 큰 특징을 보이지 않고 있다.

인간이 협소한 기술과 기계로 자연 위에 군림할 수 있다는 경솔함을 보이고 있기에 자연의 보복은 피할 수 없게 될 것이다. 앞으로라도 자연 파괴, 오염원을 줄이고 전 세계가 동참하여 기상이변을 예방하고 대처해야 한다.

4. 최근 우리나라의 이상기상

가. 온도 상승추세 뚜렷

전 세계적인 경향과 비슷하게 한반도에서도 1980년에 들어서 온난화 추세가 반영되어 이상고온의 빈도수가 급격히 증가하여 이상저온의 빈도보다 많아지는 경향이 나타나고 있다.

이 때문에 4계절이 뚜렷하게 나타나던 우리나라에서도 봄과 가을의 구분이 모호해지고 여름과 겨울이 길게 느껴지는 현상이 나타나고 있다.

지난 100년간 전 지구 평균기온 상승은 지구 전체 0.7℃이지만, 우리가 살고 있는 한반도는 이에 2배 정도인 1.5℃를 기록하고 있다. 이는 온도가 높은 만큼 이상기상의 발생빈도가 높다는 것을 의미한다.

나. 집중호우 발생빈도 증가

우리나라의 경우 하루 80mm 이상 집중호우 발생빈도가 50년 전(1954~1963년) 연평균 23.5일에서 최근(1996~1995년)에는 36.7일로 1.7배 증가하고 있다.

특히 1998년 7월 31일~8월 18일에 전국적인 집중호우로 324명의 인명 피해와 1조 2천억 원대의 막대한 재산 피해를 입었으며, 태풍도 2002년 '루사', 2003년 '매미' 등 매년 내습하여 인명 및 많은 재산피해를 입고 있다.

다. 황사 발생 증가 추세

서울 지방의 황사 발생 일수는 1980년대 3.9일, 1990년대 7.7일, 2000년 이후에는 12.8일로 증가 추세에 있다. 최근 몽골, 중국의 급속한 사막화 영향으로 황사 이동 경로 상에 있는 우리나라는 매년 2~3차례의 극심한 황사 내습으로 국민 건강과 사회 전반에 심각한 영향을 초

래하고 있으며, 2006년 4월 8일 백령도의 최고 황사농도가 2,370 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 기록하는 등 황사 발생빈도 및 강도가 강해지고 있는 추세이다.

라. 늦서리 일수 감소하고 열대야 등 폭염 일수 증가

봄철 늦서리(3월 이후 나타나는 서리) 종료일은 최근 10년 3월 중순으로 평년 대비 2주 앞당겨졌으며, 일평균 기온 20℃ 이상인 날은 최근 10년 평년 대비 2일 증가하였다.

아울러 열대야(일 최저기온 25℃ 이상)일수는 최근 10년 평균 9.2일/년으로 30년(1971~2000년) 평균값인 7.8일/년에 비해 1.4일 증가하였다.

마. 극한 기상 자주 출현

지구온난화 및 엘니뇨 현상 등으로 최근 기상 극값 기록 갱신이 빈발하고 있다. 주요 내용은 다음과 같다.

- (1) 2월 일최다강수량 기록 : 부산 99.0mm(2007. 2. 13~14)
- (2) 최대순간풍속 극값 기록 : 속초 63.7m/s(2006. 10. 23)
- (3) 봄철 황사농도 극값 발생 : 백령도 2,370 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2006. 4. 8)
- (4) 초봄 충청지방 폭설 기록 : 대전 49.0cm(2004. 3. 5)

5. 우리의 해결노력

옛날이나 지금이나 지구의 모든 것들은 날씨에 지배를 받는다고 할 수 있다. 그동안 날씨가 정상 형태만 계속 유지해 온 것은 아니다. 이상기상은 조금씩 일어났으나 우리는 그것을 느끼지 못해 왔다.



하지만 산업사회 이후 기상이변은 우리의 지구를 위협할 정도로 심해지고 있다. 과학자들에 따르면 만약 지구온난화를 야기시키는 오염이 줄어들지 않으면 해수면 상승, 질병과 기근, 동식물의 멸종과 같은 현상이 일어날 것이며 폭풍, 홍수, 가뭄, 더위와 같은 극단적인 기후현상의 강도와 빈도를 증가시킬 것이라고 경고하고 있다.

아울러 아시아 지역의 급격한 공업화로 아시아 전역이 기상이변 속출의 대상 지역이 되고 있으며, 아시아뿐만 아니라 전 지구적으로 영향을 미칠 것이다. 산림과 녹지를 없애고 강·하천 흐름의 구조를 변경하는 등 우리는 자연을 파괴하고 오염시켰다.

인간이 협소한 기술과 기계로 자연 위에 군림할 수 있다는 경솔함을 보이고 있기에 자연의 보복은 부메랑의 되돌림처럼 피할 수 없게 될 것이다. 앞으로라도 자연 파괴, 오염원을 줄이고 전 세계가 동참하여 기상이변을 예방하고 대처해야 한다.

이러한 노력으로는

- 첫째, 에너지 사용을 최소 사용량으로 줄여야 한다.
- 둘째, 에너지원으로 원자력, 태양에너지, 수력발전, 천연가스, 수소에너지 등 대체 에너지로의 전환과 친환경 에너지 개발을 서둘러야 한다.
- 셋째, 지금은 많이 개선되었지만 프레온가스 사용을 억제하고 대체 물질 사용을 앞으로도 더 늘려야 한다.
- 넷째, 발전과 산업설비 등의 연비 개선을 추진하여 에너지 효율을 높이도록 해야 한다.
- 다섯째, 각국간의 규제를 위한 탄소세 부과, 자동차 배기가스 규제 등 국제협약을 준수하도록 해야 한다.

우리 한 사람 한 사람 모두가 친환경적 삶을 유지할 때 이상 기상 현상을 조금이라도 발생시키지 않는다는 것을 명심할 필요가 있다. ♻️

