
생태대를 위한 PLZ 포럼 2019
자연의 권리와 생태적 전환

PLZ Forum for Ecozoic Era 2019
The Rights of NATURE and Ecological Transformation

제4세션

기후변화 이후의 삶

<특별 스피치>

- 기후변화에 대면한 아시아의 과제
권원태 (APEC 기후센터 원장)

<스페셜 토크>

- 공우석 (경희대 지리학과 교수)
권원태 (APEC기후센터 원장)
김왕배 (연세대 사회학과 교수)
조천호 (경희사이버대 기후변화특임교수)

기후변화에 대면한 아시아의 과제

권원태 (APEC기후센터 원장)

PLZ Forum for Ecozoic Era 2019

최근 기후변화 현황은?

2014년 이후 2018년까지 최근 5년간 지구 평균기온은 관측사상 가장 기온이 높은 기간이다. 19세기 후반(또는 산업혁명 이전 시대)과 비교해서 지구평균기온은 약 1℃ 더 따뜻해졌고 육지의 평균기온은 이미 1.5℃ 이상 상승하였다(IPCC, 2019). 지구 온난화로 거의 모든 지역에서 온도가 상승하고 있으나, 지역에 따라 또는 계절에 따라 온도 변화는 1℃에 그치지 않는다. 북극권에 속하는 시베리아 일부 지역에서는 3℃이상 상승하였고, 우리나라는 겨울철 온도가 여름철 보다 빨리 상승하였으나, 서유럽에서는 겨울철보다 여름철 온도 상승이 빠른 특징을 보인다. 기후변화의 주요 원인인 이산화탄소의 농도는 2018년 407ppm을 기록하여 산업혁명 이전의 278ppm과 비교하여 46%가 증가하였는데 현재 증가추세가 유지된다면 약 60년 후에는 농도가 2배가 될 것으로 전망된다. 이산화탄소는 화석연료(석탄, 석유, 가스 등)의 연소와 시멘트 생산으로 공기 중으로 배출되는데, 2013~2016년에는 배출량이 증가하지 않았으나, 2018년에는 1.7%가 증가하였다.

온난화는 평균온도가 상승하면서 극한현상의 발생 패턴이 달라지고 과거에는 경험하지 못했던 현상으로 인해 사회경제적인 피해와 더불어 자연생태계에도 상당한 변화가 감지되고 있다. 작년에는 한국, 중국, 일본 등 동아시아에서 기록적인 폭염이 발생하였으나, 이번 여름에는 비교적 폭염 발생이 적었다. 반면 올여름에는 프랑스 남부에서 45.9℃의 기록적인 폭염이 발생한 바 있다. 뿐만 아니라, 매년 폭염, 가뭄, 태풍과 허리케인, 집중호우, 산불 등 기후변화로 인한 각종 재해로 세계 각지에서 막대한 피해가 발생하고 있다. 또한 북극해빙이나 그린란드 빙하, 히말라야와 알프스 고산지대의 빙하가 빠르게 녹고 있는 실정이다.

지난 5월 발표된 유엔 생물다양성과학기구(IPBES)의 ‘전지구 생물다양성 및 생태계 서비스 평가에 대한 정책결정자를 위한 요약보고서’에 따르면 약 100만 종의 동식물이 수십 년 내로 멸종할 위기에 처했는데 이러한 생물다양성의 감소에 5가지 직접요인, 토지이용, 남획, 기후변화, 오염, 침입외래종이 직접요인으로 영향을 미쳤다고 보고했다. IPBES는 현재 상황에서 대책을 세우지 않는다면 지속가능한 환경을 이루기 위한 목표를 전혀 이룰 수 없다고 지적했다.

기후변화에 관한 객관적 사실

기후변화에 관한 가장 객관적인 보고서는 유엔의 정부간기후변화협의체(IPCC)에서 발간한 평가보고서로 1990년 이래 모두 5번 발간되었으며 지난 2014년에 5천쪽 이상의 5차 평가보고서(AR5)가 발간되었다. 6차 평가보고서(AR6)는 2022년에 발간될 것으로 추진하고 있는데, 6차 보고서의 일환으로 ‘지구온난화 1.5℃ 특별보고서(SR1.5, 2018)’와 ‘토지와 기후변화 특별보고서(SRLCC, 2019)’가 발간되었고 ‘해양과 빙권 변화 특별보고서(SROCC)’도 곧 발간될 예정이다. IPCC 평가보고서는 기후변화에 관한 과학적 근거(WGI), 영향, 적응 및 취약성(WGII), 완화(WGIII) 등으로 구성되어 기후변화에 관한 전반적인 과학, 기술, 정책 분야를 총괄하여 가장 최근의 연구결과를 종합하여 작성된다.

AR5의 핵심결과를 간단하게 정리하면, WGI에서는 ‘기후시스템에서 인위적인 영향은 확실’하며, WGII에서는 ‘인간이 기후를 더 많이 교란할수록 불가역적인 영향의 위협에 직면’하게 될 것이며, WGIII에서는 ‘지속 가능한 미래를 위한 방안이 있다’라고 할 수 있다.

가장 기본적인 과학적 증거는 기후가 변하고 있다는 것을 보여주는 관측을 기반으로 분석된 객관적인 자료들이다. AR5에서는 지구 평균기온은 133년간(1880~2012년) 0.85℃가 상승하고, 해수면은 1900년 이후 19cm가 상승했으며, 대기 중 온실가스(이산화탄소, 메탄, 아산화질소) 농도가 증가하고 있다는 것을 보여준다. 산업혁명(1750년경)부터 2011년까지 이산화탄소의 농도는 278 ppm에서 390ppm으로 40% 증가, 메탄은 772 ppb에서 1803 ppb로 150% 증가, 아산화질소는 274ppb에서 324.2 ppb로 20%가 증가한 것으로 분석되었다. 이러한 증가 추세는 지속되고 있는

데 세계기상기구에서 발표한 2017년도 주요 온실가스 농도는 2011년부터 불과 6년 만에 각각 405.5 ppm, 1859 ppb, 329.2 ppb로 계속 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 증거들은 전 세계적인 관측데이터를 가지고 내린 결론이며, 과학자들에 의해 기후변화의 증거로 인정받았다고 할 수 있다.

기후변화 문제에서 중요한 이슈 중의 하나는 기후변화가 인간 활동에 의한 것인지를 규명하는 데 있다. 1990년 발간된 최초의 IPCC 평가보고서에서는 기후변화의 원인을 규명할 수 있는 명백한 탐지는 당분간 어려울 것이라고 예상한 바 있다. 2007년 발간된 AR4에서는 기후변화의 원인 규명을 위한 연구의 진보로 인간 활동이 원인일 가능성이 매우 크다(90% 이상)고 평가하였다. 2014년 발간된 AR5에서는 원인을 규명하고 그 영향을 정량적으로 산출함으로써 1951년 이후의 관측된 온난화의 주된 원인이 인위적인 영향일 가능성이 대단히 크다(95%)고 평가하여 기후변화가 일어나고 있고 그 원인이 인간 활동에 의한 것이라고 확인하였다. 기후변화의 원인 규명은 기후변화 관련 국제협상에서 매우 결정적인 역할을 한다. 온난화가 일어나고 있더라도 인간 활동에 의한 것이 아니라고 결론이 난다면, 국제협상은 온실가스 감축에 의한 완화보다는 기후변화에 의한 영향에 적응하는 방안이 가장 중요한 이슈가 될 것이다. 그러나 AR5에서 인간 활동으로 온난화가 일어나고 있다고 평가함으로써, 기후변화 대응을 위하여 국제협상에서 온실가스를 감축하여 기후변화를 완화하기 위한 노력이 필수적임을 확인하였다.

기후변화의 미래 전망

미래 기후변화는 온실가스의 배출량과 농도에 따라 결정된다. 국제사회에서는 미래에 가능한 4종의 대표 온실가스 시나리오를 제시하였으며, 이들 시나리오를 기준으로 우리나라 국립기상과학원을 비롯하여 14개국의 연구기관이 기후변화모델(지구시스템모델)을 이용하여 2100년까지 기후변화를 예측한 자료를 공유하여 미래를 전망하였다. 지금처럼 온실가스 배출이 감소하지 않고 증가하는 가장 위험한 시나리오(RCP8.5)에 따르면 온도는 현재 기후보다 평균 3.7℃ 상승, 해수면은 63cm 상승할 것으로 전망하였고, 온실가스 배출량이 빠르게 줄어드는 시나리오(RCP2.6)에서는 온도는 1℃, 해수면은 40cm 상승하는 것으로 전망하고 있다(표 1). 지난 100년 동안 온도가 약 1℃ 상승했는데, 최악의 경우 앞으로 100년 동안 4℃ 정도가 상승한

다고 하면, 지금보다 4배 빠른 속도로 온난화가 진행된다는 것을 의미하며, 가속화된 기후변화로 인류와 자연에 심각한 피해를 발생시킬 것으로 예상된다.

<표> 온실가스 시나리오 따른 2100년 기온과 해수면 상승 전망
(출처: IPCC 5차 평가보고서)

시나리오	기온(℃)	해수면 상승(cm)
RCP2.6	1.0(0.3~1.7)	40(26~55)
RCP4.5	1.8(1.1~2.6)	47(32~63)
RCP6.0	2.2(1.4~3.1)	48(33~63)
RCP8.5	3.7(2.6~4.8)	63(45~82)

우리나라의 기후변화 현황과 전망

우리나라는 6개 지점(강릉, 서울, 인천, 대구, 부산, 목포)의 평균을 봤을 때, 연평균 기온이 10년마다 0.18℃, 즉 100년간 1.8℃ 정도 상승했다는 것을 알 수 있다(김진욱 등, 2018). 이는 세계 육지 평균보다 다소 빠른 속도라고 할 수 있다. 강수량은 증가하는 추세이기는 하나 강수량의 연변동성이 매우 크기 때문에 증가율이 기온에 비교해 뚜렷하지 않은 특징을 보인다. 강수량은 특히 여름철에 증가하는 것으로 분석되었는데 이는 주로 집중호우 발생이 증가한 것이 원인으로 분석되었다. 우리나라 기후변화를 요약해보면, 20세기 전반과 비교하면 최근 20년 동안은 온난하고 비가 많은 기후로 변화하고 있음을 알 수 있다.

21세기 말에는 최악의 시나리오(RCP8.5)를 가정하면 우리나라 기온은 5℃ 이상 상승할 가능성이 있으며, 강수량은 변동성과 불확실성이 크기는 하지만 20% 이상 증가할 것으로 전망된다(국립기상과학원, 2012). 한반도에 대한 상세 기후변화 전망에 따르면 폭염, 열대야 등 극한 기온 현상의 발생이 많이 증가하여 폭염이 현재보다 4배, 열대야는 10배 이상 발생 빈도가 증가하지만 서리나 결빙 등의 발생은 점차 줄어들 것으로 전망된다. 전국 평균 폭염은 현재는 7~8월에 발생하지만, 미래에는 5월부터 9월까지 발생할 수 있고, 특히 8월은 20일 이상 발생할 수 있다. 보통 33℃ 이상이면 폭염이라고 하는데, 최악의 시나리오의 경우 온도의 최솟값이 45℃까지도 올라갈 가능성도 있다. 호우의 발생도 증가할 것으로 예상된다. 기상청에서는 미래

기후변화 전망 자료를 각 지역에 대하여 산출하여 기후변화 적응에 기반자료로 제공하고 있다(기후정보포털, www.climate.go.kr).

기후변화의 영향과 위험

기후변화의 주요 영향은 물부터 시작하여 식량, 생물, 해양, 보건, 환경 등 인간 생존 및 자연생태계와 관련된 모든 분야에서 위험으로 나타난다. 온난화는 물순환(water cycle)의 변화를 초래해서 지역에 따라 극한기후 패턴이 변화하여 홍수, 가뭄이 심해지고, 태풍이 강해질 가능성이 크며, 특히 아열대지역이나 미대륙 서부 등에서 수자원 감소로 가뭄이 심화될 가능성이 크다. 해양에서는 해수면 상승으로 연안지역에서 범람 위험이 증가하고, 지속적인 이산화탄소 흡수로 해양이 산성화되며, 해양은 온실효과로 인한 대부분(90% 이상)의 열을 흡수하여 수온은 2000m 깊이까지도 온난화되고 있다. 수온변화, 산성화, 산소 고갈 등으로 해양 생태계에서는 서식지 이동이나 산호 백화 현상으로 심각한 위험이 될 것으로 전망된다.

온난화로 온도가 1~2℃ 상승시 지역에 따라 식량 생산이 증가할 수 있으나 온난화가 3℃ 이상인 경우 식량 생산량이 감소할 것으로 전망되며, 특히 주요 쌀 생산지역에서는 생산량 감소할 것으로 예상된다. 생태계에서는 온난화 및 강수 변화로 동식물의 서식지가 이동하거나 생명주기 변화가 이미 나타나고 있으며 온도가 2~3℃ 상승시 생물종의 20~30%가 멸종하고 최악의 시나리오로 4℃ 이상 상승한다면 생물종의 50% 이상 멸종하는 대멸종이 나타날 것으로 예상된다.

인류의 보건과 생활환경에도 위험요인이 증가할 것으로 예상된다. 대기열 등 아열대 전염병 발생지역 확대되고 있으며, 최근에는 폭염으로 취약계층의 피해가 증가하고 있다. 연안지역에서는 해수면 상승으로 인한 범람이나 많은 지역에서 홍수와 가뭄의 심화 등이 예상되는데 특히 대도시는 이러한 위험요인에 더욱 취약하여 기후변화에 대한 적응이 절실하다.

한반도를 포함한 아시아 지역에서는 홍수로 인한 사회기반시설 파괴, 폭염관련 사망, 가뭄 관련 물·식량 부족이 미래의 주요한 기후변화 위험이 될 것으로 전망되고 있다. 우리나라에서는 기온 상승에 따라 폭염과 열대야, 집중호우의 발생빈도와 강

도는 증가하며, 영하일은 줄어들 것으로 전망된다. 겨울이 짧아지고 여름이 길어지며, 식물 생장기간도 길어지고, 한반도의 기온이 5도 이상 상승한다면 현재 남해안 일부지역에서 나타나는 아열대 기후지역은 북상하여 백두대간 산지를 제외하고 거의 모든 지역이 아열대 기후지역에 포함될 수 있다. 강수량이 증가하는 반면, 기온이 높아지면서 증발량이 증가하기 때문에 토양표층의 수분이 감소하여 가뭄이 심화될 가능성도 높은 것으로 나타났다. 이러한 기후변화로 농작물이나 자연생태계에 심각한 변화가 나타날 것으로 예상된다. 농작물과 축산 등 농업 부문에서는 동식물의 서식지가 북상하고, 아열대성 병충해가 증가함에 따라 작물의 재배지역을 이동하고 새로운 품종을 개발할 필요성이 높아지고 있으며, 식량안보를 위한 방안이 강구되어야 할 것이다.

지구온난화 1.5도 특별보고서

지난해 인천에서 개최된 IPCC 총회에서 지구온난화 1.5℃ 특별보고서가 채택되었다(SR1.5; IPCC, 2018). 이 보고서에서는 현재 지구 평균기온이 산업혁명 이전과 비교하여 이미 1℃ 상승하였으며, 온난화가 1.5℃가 됐을 때 2℃보다는 위협이 감소한다는 것을 보고하고 있다. 이 특별보고서에서는 2100년까지 온난화를 1.5℃로 억제한다면 2℃ 온난화에 비하여 극한현상으로 인한 재해가 줄고, 해수면은 10cm 덜 상승하고, 쌀, 밀, 옥수수 등 곡물 생산량의 감소 추세를 줄이고, 물부족으로 인해 고통받는 인구도 줄이는 등 2050년까지 기후관련 위험에 노출되는 인구가 수억 명 줄어들 것이라고 평가하였다. 그러나 1.5℃로 온난화를 억제하더라도 건강, 생태계, 식량안보, 물공급 및 경제적 리스크는 지금보다 크게 증가할 것이다.

지구온난화를 1.5℃ 이하로 억제하기 위해서는 2030년까지 온실가스 배출량을 2010년과 비교하여 45%를 줄이고, 2050년까지 온실가스 순배출량을 ‘0’으로 줄여야 한다고 결론지었다. 1.5℃ 온난화(즉 현재보다 0.5℃만 더 상승)를 달성하기 위해서는 온실가스 배출량을 급격히 줄이기 위해서는 사회경제 전반에 전환이 필수적이다. 그러나 2018년 온실가스 배출량은 증가하는 추세를 보이고 있어, 과연 2℃ 이하로 온난화를 억제하는 것이 가능하지 할 것인지 심각하게 우려된다.

아시아의 기후변화와 대응

아시아는 지구 인구의 60%가 살고 있다. 세계 50대 도시 중 70%가 아시아에 포함된다. IPCC 보고서에서는 기후변화로 인한 아시아 지역의 주요 위험요소로 홍수, 폭염, 가뭄, 물, 식량을 지적하고 있다. 아시아의 많은 지역은 다양한 몬순 시스템의 영향을 받고 있고, 태풍이나 사이클론과 같은 열대 폭풍도 빈번하게 발생한다. 아시아의 기후, 사회경제적 여건 및 자연환경 조건 모두가 기후변화 대응에서 고려되어야 할 것이다.

아시아는 이산화탄소 배출량이 총배출량의 약 45%를 차지하고 있으며 1인당 배출량은 ~4 tCO₂/명으로 세계 평균보다 낮다. 그러나 경제성장으로 아시아의 온실가스 배출량이 계속 증가하고 있으며, 역사적 기여율도 빠르게 높아지고 있다. 기후변화 완화를 위한 온실가스 감축 정책과 에너지기술 개발 및 사회적인 전환에 관한 인식 제고가 필요한 시점이다.

인도 몬순은 최근에 강수량이 줄어들면서 가뭄과 폭염이 남아시아에서 연례행사로 발생하고 있으며, 동아시아 몬순도 매년, 지역에 따라 강수량의 변동이 달라진다. 강수량 증가는 집중호우와 홍수로 인한 피해를 발생시키고, 감소되는 경우 가뭄과 폭염이 발생하는 현상이 반복적으로 나타난다. 히말라야, 티베트, 시베리아 등에서는 빙권과 영구동토층이 줄어들고, 북극해빙의 감소로 지역별 기후 변동성에 영향을 미치고 있다. 올여름에도 지역에 따라 폭염, 홍수, 가뭄, 태풍 등 피해가 나타나고 있는데 이를 줄이기 위한 적응정책이 필수적이다.

아시아는 많은 지역이 쌀농사지대로 몬순 강수량의 변화는 식량문제로 직결된다. 홍수와 태풍은 직접적인 피해로 이어지며, 폭염이 발생하면 식물의 광합성을 저해하여 생산성 악화가 우려된다. 많은 관련 연구에서 온난화로 쌀 생산량 감소가 예상되므로, 식량자원 확보를 위한 기술 개발 등 다양한 노력이 필요하며, 육류 소비를 줄이려는 노력은 토지이용 변화로 생태계 변화와 온실가스 감축에 기여할 것으로 예상된다.

자연생태계는 자연재해로 인한 피해도 직접적인 위험이지만 온난화로 인한 생명주기와 먹이사슬 변화로 아열대 병해충의 빈발이나 남방한계 북상으로 인한 고산식물 등 생물종의 멸종이 발생할 것으로 예상되며, 특히 거주지나 재배지역의 확대 또는 삼

림의 훼손 등은 생물종의 멸종을 부추길 것으로 전망된다. 이러한 생태계의 변화는 생태계 서비스의 질을 악화시킬 것으로 전망된다.

해양에 나타나는 변화와 피해는 해수면 상승, 해양의 고수온, 산성화, 산소고갈 등과 연관되는데 아직 이러한 변화에 대한 관측과 분석, 해결책에 대한 관심은 매우 부족한 것으로 판단된다. 최근에는 해양에서 발생하는 고수온 현상은 연안 양식업에 부정적인 영향을 나타내고 있다.

아시아 지역은 대도시에 거주하는 인구가 크게 증가하고 있으며 폭염, 홍수, 수자원 고갈 등으로 피해가 발생하며 특히 도시에 거주하는 취약계층은 피해가 커질 것으로 예상된다. 또한 온난화로 인한 미세먼지와 오존 등 대기질이 악화될 것으로 예상되며, 아열대 전염병은 발생지역과 시기가 확대될 것으로 전망된다. 또한 연안에 위치한 대도시에서는 해수면 상승으로 범람이나 태풍 등으로 인한 피해가 증가할 것이다.

이외에도 모든 분야에서 기후변화로 인한 위기가 커지고 있다. 현재 발생하는 지구 온난화는 산업화와 인구 증가로 인하여 화석에너지 사용과 자연환경의 파괴로 온실가스가 급격히 증가하여 일어나고 있다는 것은 이미 과학적으로 증명되었다. 산업화된 선진국보다 열대, 아열대에 위치한 개도국의 경우 온난화로 인한 피해가 더욱 심각하고 피해가 발생하면 이를 극복하기에 더욱 어려운 상황에 처해 있다. 파리협정에서 세계 각국에서 제출한 온실가스 배출 정책을 종합해보면, 미래 기온은 약 3℃ 상승이 예상된다. 만약 우리가 지금 당장 온실가스 배출을 적극적으로 줄인다면 지구평균기온 상승을 1℃ 이하로 속도를 줄일 수 있어서 인류와 자연생태계는 적극적인 적응정책을 통해 생존 가능한 미래를 예상할 수 있으나, 현재의 추세대로 간다면 인류와 생물종의 생존에 커다란 위협이 될 것이다.

기후변화는 불공평(inequity)하다. 현재 발생하는 기후변화는 선진국의 산업화가 주요 원인이지만, 기후변화로 인한 피해는 최빈국을 포함하는 개도국이나 취약계층에서 나타나며, 최빈국이나 취약계층은 기후변화로 인한 재해를 극복하기 어려운 실정이다. 또한 기후변화의 가해자인 기성세대는 젊은 미래세대의 삶을 위협받고 있다. 마지막으로 인류가 일으킨 기후변화는 자연생태계에서 생물종의 멸종으로 이어지고 있다. 아시아에서도 이러한 불공평한 상황은 재인식되고 지속가능한 미래를 위해 사회적 전환이 필요하다. 당장 오늘부터 이산화탄소와 같은 온실가스 배출을 적극적으로 줄여나가는 것만이 이러한 위협을 극복하는 길이다. 지구온난화에 대해서 우리 모두가 가해자며 피해자라는 사실을 인정하고 더 큰 위기가 발생하기 전에 우리의 생활방식을 바꾸고 자원을 절약하여 돌이킬 수 없는 재앙을 막기 위한 노력이 절실하다.

생태대를 위한 PLZ 포럼 2019
자연의 권리와 생태적 전환

PLZ Forum for Ecozoic Era 2019
The Rights of NATURE and Ecological Transformation

Session 4

Climate Change and Our Future

<Special Speech>

- Asia's Climate Change Challenges

Won-Tae Kwon (Executive Director, APEC Climate Center)



Asia's Climate Change Challenges

Won-Tae Kwon (Executive Director, APEC Climate Center)

PLZ Forum for Ecozoic Era 2019

What is the current status of climate change?

From 2014 to 2018, the past five years, the global average temperature has been the highest in history. Compared with the latter half of the 19th century (or the pre-industrial era), the global average temperature has warmed about 1°C and the average land temperature has already risen above 1.5°C (IPCC, 2019). Global warming is causing temperatures to rise in almost all regions, but temperature fluctuations are not limited to 1°C in a particular region or season. For example, in some parts of Siberia, which is in the Arctic Circle, the temperature has risen more than 3°C. In Korea, winter temperatures have risen more quickly than those in summer, but in Western Europe summer temperatures have risen more quickly. The concentration of carbon dioxide, the main cause of climate change, reached 407ppm in 2018, an increase of 46% compared to the pre-Industrial Revolution level of 278ppm. If the current trend continues, the concentration is expected to double in about 60 years. Carbon dioxide is released into the air through the combustion of fossil fuels (coal, oil, gas, etc.) and the production of cement. Global carbon dioxide emissions did not increase in 2013–2016, but increased by 1.7% in 2018.

As the average temperature rises, the pattern of extreme climate events changes, and these unprecedented phenomena cause significant effects

on natural ecosystems as well as socioeconomic damage. Last year, record-breaking heat waves occurred in East Asia, including South Korea, China, and Japan, but this summer had relatively fewer heat waves. In contrast, this summer, a record heat wave of 45.9°C occurred in southern France. In addition, annual disasters caused by climate change such as heat waves, droughts, typhoons and hurricanes, torrential rains and wildfires are causing enormous damage all over the world. Arctic sea ice, and glaciers in Greenland, the Himalayas and the Alps are melting rapidly.

According to the Summary for Policymakers of the Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the United Nations Intergovernmental Science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), announced in May, about one million species of plants and animals are in danger of extinction within a few decades. Five direct factors – land use, over-fishing, climate change, pollution, and invasive alien species – have been reported to have directly affected this decline. The IPBES pointed out that, given the current situation, a sustainable environment could not be achieved without taking action.

Facts about Climate Change

The most objective report on climate change is the comprehensive assessment report published by the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) which has been published five times since 1990. In 2014, the Fifth Assessment Report (AR5) – at more than 5,000 pages – was published, and the sixth evaluation report (AR6) is expected to be published in 2022. As part of the upcoming sixth report, the Special Report on Global Warming of 1.5°C (SR1.5, 2018) and the Special Report on Land and Climate Change (SRLCC, 2019) have been published, and the Special Report on Ocean and Ice Sheet Change

(SROCC) will be published in the near future. The IPCC Assessment Reports consist of three working groups – the Physical Science Basis (WG I); Impacts, Adaptation and Vulnerability (WG II); and Mitigation of Climate Change (WG III) – and a comprehensive summary of the latest research findings (AR5 Synthesis Report; SYR) relating science, technology and policy to climate change.

The key results of the Fifth Assessment Report (AR5) can be summarized as follows. From WG I: “Unquestionably, human activity has influenced the climate.” From WG II: “The more humans disturb the climate, the more we face the threat of irreversible effects.” And from WG III: “There is a way to create a sustainable future.”

The most basic scientific evidence is objective analysis based on data showing that the climate is changing. AR5 shows that the global average temperature rose 0.85°C in the 133 years from 1880 to 2012, the sea level has risen 19cm since 1900, and the concentration of greenhouse gases (carbon dioxide, methane, nitrous oxide) in the atmosphere is increasing. From the Industrial Revolution (around 1750) to 2011, the concentration of carbon dioxide increased 40% from 278ppm to 390ppm, methane increased 150% from 772ppb to 1803ppb, and nitrous oxide increased by 20% from 274ppb to 324.2ppb. And major greenhouse gas concentrations announced by the World Meteorological Organization (WMO) in 2017 showed they had increased to 405.5 ppm, 1859ppb and 329.2ppb respectively in only six years. This evidence is the conclusion of observations from around the world and has been recognized by scientists as evidence of climate change.

One of the important issues related to climate change is to identify whether it is due to human activity. The IPCC’s First Assessment Report (AR1) published in 1990 stated that for the time being it would be difficult to clearly identify the causes of climate change. However,

with advances in climate change research, the Fourth Assessment Report (AR4), published in 2007, was able to determine that human activity was the most likely cause (with a certainty of more than 90%). AR5, published in 2014, determined that the main cause of the warming observed since 1951 was highly likely (95%) to be human-driven, and confirmed that climate change was occurring and was caused by human activity. Identifying the causes of climate change plays a crucial role in international negotiations. If it was concluded that warming was not caused by human activity, the biggest issue in international negotiations would have been how to adapt to the effects of climate change rather than mitigation by reducing greenhouse gas emissions. However, as AR5 confirmed that the warming is due to human activity, international negotiations should focus on efforts to reduce greenhouse gas emissions to mitigate climate change.

Future Prospects of Climate Change

Future climate change depends on greenhouse gas emissions and concentrations. The international community has proposed four types of representative greenhouse gas scenarios possible in the future. Based on these scenarios, research institutes in 14 countries, including the National Institute of Meteorological Research (NIMR) in Korea, shared climate change data and forecasted climate change by 2100 using climate change modeling (the Earth System Model).

According to the most dangerous scenario (RCP8.5), which assumes there is no reduction of greenhouse gas emissions from current levels, the temperature is expected to rise by 3.7°C on average and sea levels are expected to rise 63cm. This is compared with a scenario in which there is a rapid reduction of greenhouse gas emissions (RCP2.6), where the temperature is projected to rise by 1°C and the sea level by 40cm

(Table 1). The temperature has risen by about 1°C over the past 100 years. If the temperature increase is 4°C over the next 100 years, as in the worst case scenario, warming will be four times faster than it is now and accelerated climate change is expected to cause serious damage to humankind and nature.

Table. Forecasts of Temperature and Sea Level Rise
by 2100 According to Various Greenhouse Gas Scenarios
(Source: IPCC Fifth Assessment Report; AR5)

Scenario	Temperature (°C)	Sea Level Rise (cm)
RCP2.6	1.0(0.3~1.7)	40(26~55)
RCP4.5	1.8(1.1~2.6)	47(32~63)
RCP6.0	2.2(1.4~3.1)	48(33~63)
RCP8.5	3.7(2.6~4.8)	63(45~82)

Current Status and Prospect of Climate Change in Korea

In six major cities in Korea (Gangneung, Seoul, Incheon, Daegu, Busan, Mokpo), we can see that the annual average temperature has risen by 0.18°C every 10 years, or 1.8°C in the last 100 years (Jin-wook Kim et al., 2018). Precipitation is on the rise, but the annual variation in precipitation is very high, indicating that the rate of increase is not significant compared to temperature. Precipitation is particularly high in the summer months, mainly due to increased seasonal rainfall. Summarizing Korea's climate change, we can see that it has been changing to a warm and rainy climate over the last 20 years when compared with the first half of the 20th century.

Assuming the worst-case scenario (RCP8.5) at the end of the 21st century, Korea's temperature is likely to rise by more than 5°C and precipitation is projected to increase by more than 20%, although variability and uncertainty are high (National Institute of Meteorological

Research, 2012). According to detailed forecasts of climate change on the Korean Peninsula, the incidence of extreme temperature phenomena such as heat waves and tropical nights will increase; the frequency of heat waves will be four times higher than at present and tropical nights will be more than 10 times higher; but the occurrence of frost and freezing is expected to gradually decrease. Heat waves now generally occur between July and August, but in the future they may occur from May to September. Moreover, they could occur for more than 20 days in August. A temperature above 33°C is defined as a heat wave, but in the worst case scenario the maximum temperature may rise to 45°C. Heavy rain is also expected to increase. The National Weather Service calculates future climate change data for each region and provides them to the public as a basis for climate change adaptation. (Climate Information Portal Site, www.climate.go.kr)

Climate Change Impacts and Risks

The main impacts of climate change are risks in all areas related to human survival and natural ecosystems from water to food, biology, oceans, health and the environment. Warming can lead to changes in the water cycle, which can cause extreme climate patterns that vary from region to region, resulting in severe floods, droughts, and typhoons. In particular, droughts are likely to intensify due to reduced water resources in subtropical regions and the western United States. Sea level rise increases the risk of flooding in coastal areas and the ocean is acidified by the continuous absorption of carbon dioxide. The ocean absorbs most of the heat (more than 90%) from the greenhouse effect and the water temperature is warming to a depth of 2,000 meters. Due to changes in water temperature, acidification and oxygen depletion, marine ecosystems are expected to face serious threats such as habitat migration and the bleaching of coral reefs.

Food production may increase in certain regions where the temperature increases by 1–2°C, but if the temperature increases by 3°C or more, food production is expected to decrease, especially in major rice producing areas. In ecosystems, warming and precipitation changes have made plants and animals move their habitats and have influenced life cycle changes. 20–30% of species will be extinct if temperatures rise by 2–3°C, and in the worst case scenario, if the temperature rises above 4°C, a mass extinction of over 50% of animals and plants is expected.

Risk factors are also expected to increase in the areas of human health and living environments. The subtropical areas which experience epidemics such as dengue fever will expand, and as heat waves have increased, those in vulnerable socioeconomic situations have already experienced increased suffering. In many coastal areas, flooding due to sea level rise and droughts are expected and, in particular, it is urgent that large cities prepare to adapt to climate change as they are more susceptible to these risk factors.

In Asia, including the Korean Peninsula, the destruction of infrastructure by floods, deaths by heat waves, and water and food shortages due to drought are expected to be major risks of future climate change. In Korea, as the temperature rises, the incidence and intensity of heat waves, tropical nights and torrential rains are expected to increase, and the days of below zero temperatures are expected to be less in the year. If winters are shorter, summers and plant growth periods are longer, and temperatures are higher by 5°C, almost all regions of the Korean Peninsula except the Baekdudaegan Mountain Range areas will likely be included in subtropical climate zones which now only exist in some parts of the southern coast. When precipitation increases, evaporation increases as the temperature rises, so the moisture in the soil surface decreases, which is likely to intensify drought. Such climate change is expected to cause serious changes in crops and natural ecosystems.

Measures should be taken for food security as the habitats of flora and fauna are moving north, and due to the increase of subtropical insect infestation, the need to move cultivation areas and develop new crop varieties is also increasing.

Global Warming Special Report

Last year, the special report entitled Global Warming of 1.5°C was adopted at the 48th Session of the IPCC in Incheon (SR1.5; IPCC, 2018). It reports that the global average temperature has already risen 1°C compared to before the Industrial Revolution, and that the threat when the temperature rises by 1.5°C is lower than if the temperature rises by 2°C. The report also states that limiting warming to 1.5°C by 2100 would reduce disasters due to extreme events when compared with a temperature increase of 2°C. Moreover, limiting the temperature increase to 1.5°C by 2050 would result in hundreds of millions fewer people being exposed to climate-related risks, a reduction in sea level rise by 10cm, and a reduction in the population suffering from water shortages. However, even if we keep warming to 1.5°C, health, ecosystems, food security, water supply and economic risks will increase significantly compared to today.

In order to reduce global warming to below 1.5°C it was concluded that by 2030 greenhouse gas emissions should be reduced by 45% compared to 2010 levels, and by 2050 net greenhouse gas emissions should be reduced to zero. In order to achieve less than 1.5°C warming (that is, only 0.5°C more than now), a transition is necessary throughout the socio-economic system which drastically reduces greenhouse gas emissions. However, as greenhouse gas emissions have been on the rise as of 2018, there are serious concerns that it will not be possible to curb warming to below 2°C.

Climate Change and Response in Asia

Asia is home to 60% of the world's population. 70% of the world's 50 largest cities are in Asia. The IPCC Reports lists floods, heat waves, droughts, water and food as the main risk factors in Asia due to climate change. Moreover, many parts of Asia are affected by various monsoon systems as well as frequent tropical storms such as typhoons and cyclones. All of Asia's climate, socioeconomic situations and natural environmental conditions should be considered when responding to climate change.

Asia is responsible for about 45% of total carbon dioxide emissions, with per capita emissions of $\sim 4\text{tCO}_2/\text{person}$, lower than the global average. However, with economic growth, Asia's greenhouse gas emissions continue to increase and historical contribution rates are rising rapidly. It is time to raise awareness about greenhouse gas reduction policies, energy technology development and social transformation to mitigate climate change.

India's monsoon has recently experienced a drastic decline in rainfall, resulting in annual droughts and heat waves in South Asia. The East Asian monsoon also varies in rainfall from year to year. Increasing precipitation causes damage from heavy rains and floods, and when reduced, droughts and heat waves occur and this pattern repeats. In the Himalayas, Tibet and Siberia, glaciers and permafrost are shrinking, and Arctic sea ice is decreasing, affecting regional climate variability. Similarly, some regions have suffered from heat waves, floods, droughts, and typhoons this past summer.

Many parts of Asia are rice-farming areas, and changes in monsoon precipitation in the region directly lead to food production problems.

Floods and typhoons lead to direct damage, and when heat waves occur, plant photosynthesis can be inhibited, resulting in deterioration of productivity. As numerous studies have predicted a decrease in rice production due to warming, various efforts are needed, including technological development, to secure food resources. In addition, efforts to reduce meat consumption will contribute to ecosystem changes and greenhouse gas reductions due to land use changes.

Not only is damage from natural disasters a direct danger, but changes in life cycles and food chains also threaten ecosystems because of the prevalence of subtropical pests and the extinction of species. In particular, the expansion of settlements and cultivation areas and deforestation will lead to the extinction of species. These changes in ecosystems are expected to reduce the quality of ecosystem services.

Although change and damage in the ocean are linked to rising sea levels, high water temperatures, acidification, and oxygen depletion, there is very little interest in observation, analysis and resolution of these changes. Recent high water temperatures in the ocean have a negative impact on coastal aquaculture.

The population of large cities in Asia is increasing and they are facing heat wave damage, flooding and exhaustion of water resources. In particular, vulnerable people living in cities are expected to experience an increase in suffering. In addition, air quality, such as fine dust and ozone, is expected to worsen due to warming, and the area and timing of subtropical epidemics will expand. Also, in large coastal cities, sea level rise will increase the damage from flooding and typhoons.

In addition, the crisis caused by climate change is growing in all other areas. The current global warming has been scientifically proven to be caused by the use of fossil fuel energy by industrialization, population

growth, and the increase of greenhouse gas emissions due to the destruction of the natural environment. Developing countries in the tropics and subtropics are in a more serious situation than industrialized developed countries and have a more difficult situation to overcome when damage occurs. Projections based on the greenhouse gas emission policies submitted by countries around the world in the Paris Agreement show that future temperatures are expected to rise by about 3°C. If we actively reduce greenhouse gas emissions now, we can reduce the global average temperature rise to less than 1°C. In that case, through active adaption policies we can predict a viable future for humankind and natural ecosystems. However, if we continue at the current pace, a great threat will be posed to the survival of humankind and other species.

The impact of climate change is inequitable. Current levels of climate change have primarily been caused by the industrialization of developed countries. However, the damages which are inflicted by climate change are disproportionately experienced in developing countries and among vulnerable groups, including the poorest countries. Furthermore, the poorest and most vulnerable groups find it extremely difficult to overcome disasters caused by climate change. Also, the actions of older generations, the perpetrators of climate change, threaten the lives of the young and future generations. Moreover, climate change caused by humankind has led to the extinction of species in the natural environment. In Asia, this unjust situation requires a social transformation for a new understanding and a sustainable future. Starting today, the only way to overcome these threats is to actively reduce greenhouse gas emissions such as carbon dioxide. Before the crisis worsens we need to recognize that we are both perpetrators and victims of global warming, and we must make efforts to change our lifestyles and save resources to prevent an irreversible disaster.