

2030 기후변화대응 분야 글로벌 메가트렌드





Green Technology Center



2030 기후변화대응 분야 글로벌 메가트렌드

1. 기후위기 시대의 미래 친환경 차량 기술	01
2. 기후변화 평가를 위한 시나리오 및 도시기후 플랫폼	05
3. 기후변화와 극한기후 현상	08
4. 녹색 소비 운동과 시민 참여기반 사회운동	12
5. 물 부족으로 인한 물 분쟁	16
6. 기후변화 교육 및 시민참여	19
7. 하수 역학 기반 신종(유해)오염물질 제어기술	22
8. 미래 에너지 거래시장의 변화	25
9. 기후변화와 산림생물 다양성의 영향	27
10. 기후위기와 감염병	30



1. 기후위기 시대의 미래 친환경 차량 기술

박상준

한국교통연구원 기후변화지속가능교통연구팀장

최근 점점 더 심각해지고 있는 기후변화로 인해 세계 곳곳에서는 폭염, 산불, 태풍, 홍수 등의 기후재난 뉴스가 거의 매일 뉴스에 보도되고 있다. 우리나라도 작년(2020년)에 코로나19와 함께 사상 초유의 기록적인 긴 장마로 인해 도시 및 농작물 등에 막대한 피해가 발생하였는데, 기후위기로 인한 피해는 이미 경제적인 문제에서 사회적 불평등 이슈까지 확대되고 있다.

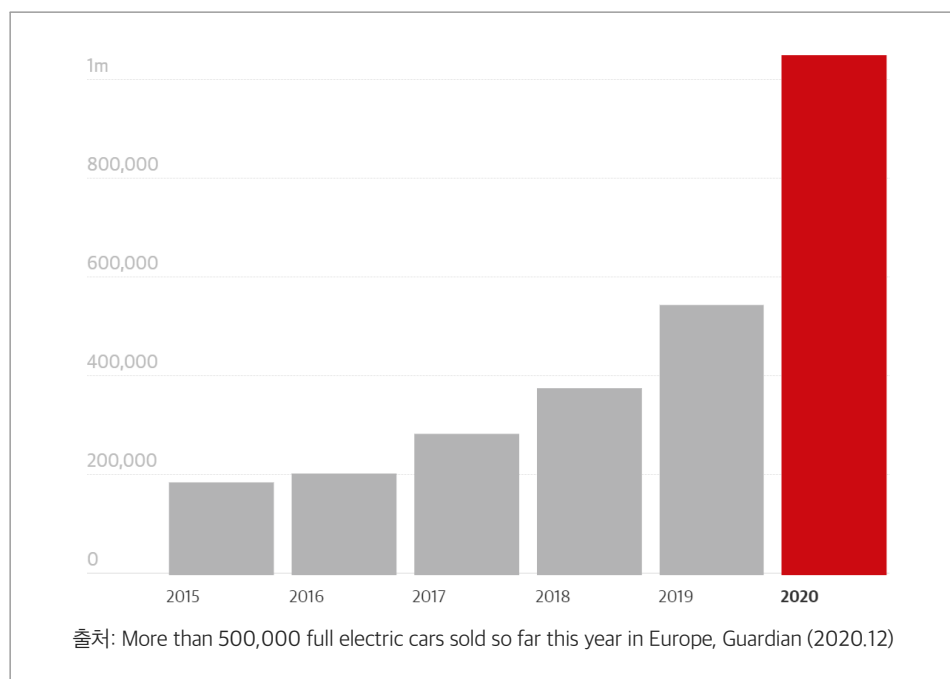
심각해진 기후위기에 대한 대응을 위해서 우리 사회 모든 분야에서 체계적이고 신속한 온실가스 감축이 필요한 시점이다. 수송부문은 도로에서 발생하는 온실가스 양이 대부분이지만 경제활동의 근간을 차지하면서 이해당사자가 많고 복잡한 사회구조를 반영한 탓에 온실가스 감축이 굉장히 어려운 분야다. 따라서 본 고에서는 수송부문에서 온실가스 감축을 위해 최근 급속하게 보급이 시작된 전기차 및 연료전지차·수소전기차(이하 수소차)에 대한 세계적인 기술 동향 및 보급 현황에 대해 살펴보고자 한다.

매킨지(2020년 12월)에 따르면 유럽에서 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위해서는 가장 중요하고 강력한 과제로서 새로 판매되는 차량의 최소 80% 이상을 일부 혹은 완전한 전동화된 차량으로 구성할 것을 제시하고 있다. 이와 같이 현재 도로에서 운행되는 차량을 친환경차로 대체하는 기술이 가장 빠르고 효율적으로 온실가스 배출을 감축시키는 방안으로 세계적으로 모든 국가에서 중요한 정책으로서 추진되고 있다.

이와 관련하여, 2018년 전세계 전기차 판매량은 5백만 대를 돌파하였으며, 코로나19 사태에서도 전기차 수요는 꾸준히 증가하고 있다. [그림 1 참고] 글로벌 시장은 급격한 팽창을 계속하여 2020년 한해 유럽에서만 50만대 이상의 순수 전기차가 판매되었으며, 하이브리드 차량까지 포함하면 1백만 대 이상 판매된 것으로 나타나고 있다. 이는 2019년 한해 유럽 전역에서 순수 전기차가 35.4만대 판매된 것에 비해서 큰 폭의 증가이다. 이러한 전기차 판매의 빠른 증가는 EU에서 새롭게 도입되는 연비기준 강화와 친환경차를 선호하는 소비자의 수요 증가에 그 원인을 찾을 수 있다.

미국에서도 2035년부터 내연기관차 판매 중단을 선언한 캘리포니아주에서 가장 많은 전기차가 판매 및 운행되고 있어, 본격적인 전기차 운행기반을 위해서는 초기에 규제와 함께 보조금 지원 등과 같은 보급정책이 동시에 추진되어야 함을 증명하고 있다.

[그림 1] 전기·플러그인 하이브리드차 판매량



다양한 차종의 등장과 함께 전기차 운행에 필요한 충전 및 배터리 기술 또한 함께 발전하고 있는데, 특히 급속 충전과 관련하여 충전소의 설치도 확대되고 있으며, 충전시간도 더욱 단축되고 있다. [표 1 참고]

[표 1] 전기차(EV) 충전소요 시간

차량			완전 충전까지 소요 시간				
모델	배터리	Pod Point Confidence Range	3.7kW slow	7kW fast	22kW fast	43-50kW rapid	150kW rapid
닛산 리프 (2018)	40 kWh	143 miles	11 hrs	6 hrs	6 hrs	1 hr	-
테슬라 Model S (2019)	75 kWh	238 miles	21 hrs	11 hrs	5 hrs	2 hrs	<1 hr

출처: How long does it take to charge an Electric Car, Pod Point.

우리나라도 2020년 말 기준 8.5만대가 넘는 전기차가 보급되어 전체 자동차 등록대수 중 친환경차(하이브리드 포함)의 비중이 3.4%를 도달한 것으로 나타나고 있다. 앞으로 4~5년 뒤 전기차 비중이 10~15%에 도달하게 된다면 생산량 증가로 인한 규모의 경제가 구현됨에 따라 가격이 하락하여 경제성 역시 갖추게 되어 더욱 빠른 속도로 전기차 보급이 추진될 것으로 예상된다. 따라서 전 세계 전기차 배터리 시장에서 LG화학, SK이노베이션, 삼성SDI 등 국내 3사 비중이 40%를 넘어 독보적인 위치를 차지하고 있는 것처럼, 배터리 관련 기술뿐만 아니라 모터, 컨버터, 인버터, 충전기 등 전기차 관련 기술의 개발 역시 함께 추진되어야 할 것이다.

수소차의 경우 현재 한국 및 일본이 상용화된 수소차를 시장에서 판매하고 있지만 본격적인 친환경차로서 자리매김을 하기 위해서는 연료보급을 위한 인프라 구축, 수소의 생산·이동·저장 등 각 단계별로 풀어야 할 과제들이 많은 것이 현실이다.

특히, 현재 기술수준의 수소차 에너지 효율(연료전지에서 수소를 전기로 변화하여 전기모터를 구동하는 전기 분해, 운송, 압축 및 변환 프로세스의 효율)은 배터리 기반의 순수 전기차 대비 낮은 것이 문제로 지적되고 있다. 그러나 배출가스, 저출력 영역에서의 효율, 장거리 운행, 대형차 적용 부분에서 전기차보다 적합하다는 장점이 있어 한편에서는 관련 연구 및 시범운행이 진행되고 있는 상황이다.

[그림 2] 각국 수소 연료전지차 보급 계획



주요 국가들도 탄소중립(Net-Zero) 달성을 위해 2050년까지 전기차 이외에도 수소를 기반으로 하는 차량을 온실가스 감축의 주요 수단으로 제시하고 있다. 특히, 이미 가장 큰 전기차 시장을 차지하고 있는 중국은 탄소중립 달성을 위한 방안 중 하나로 2025년까지 수소전기차 5만 대, 2030년까지 100만 대를 보급하고 수소차에 대한 경쟁력을 강화하겠다는 목표를 명확히 제시하고 있다. [그림 2 참고]

따라서 수소차 관련 시장은 향후에도 차량 기술 및 연료체계 등의 각 단계별 기술 경쟁이 치열하게 펼쳐질 것으로 예상되기 때문에, 각국 정부는 관련 기술개발에 전폭적인 지원을 하며 신에너지 시장 선점을 위한 노력과 지원을 하고 있다. 참고로, 우리나라는 2020년 12월말 기준으로 10,906대의 수소차가 등록되어 있으며, 2019년 발표된 「수소경제 활성화 로드맵」에 제시하고 있는 것처럼 2030년에 수소 화물차 및 수소버스 등을 포함해 63만 대를 보급할 계획이다.

■ 참고자료

- 친환경 자동차 기술 동향 및 전망, 한국환경산업기술원. (2020)
- 미래차 전쟁서 힘받는 수소차, 국민일보. (2019.10.29)
- More than 500,000 full electric cars sold so far this year in Europe, Guardian. (2020.12.3)
- How long does it take to charge an Electric Car, www.pod-point.com.
- Net-zero Europe, McKinsey. (2020)



2. 기후변화 평가를 위한 시나리오 및 도시기후 플랫폼

변영화

국립기상과학원 미래기반연구부 기후시나리오팀장

최근 세계기상기구(WMO)의 '2015~2019 전지구 기후보고서'에 의하면 지구 평균기온은 산업화 이전 시기(1850~1900년)보다 1.1℃ 상승하였으며, 5년(2011~2015년)보다 0.2℃ 증가하였다. 그리고 2015년부터 2019년까지 최근 5년은 역사상 가장 더웠던 5년으로 기록되는 등 최근의 지구온난화는 매우 가파른 속도로 진행되고 있다. 더욱이 IPCC의 '지구온난화 1.5℃ 특별보고서(SR15)'에 따르면 지구온난화 속도가 10년당 0.2℃의 비율로 가파르게 상승하여 2040년대에 1.5℃ 상승 폭을 초과할 것으로 예상된다. 이러한 기후위기 상황을 극복하기 위해 전 세계의 여러 국가는 2050년 탄소중립 실천 의지를 밝히고 있다.

IPCC는 2021~2022년 발간 예정인 제6차 평가보고서(AR6)를 통해 2023년 '전지구적 이행점검(Global Stocktake)'의 과학적 근거를 제공하려는 노력을 함께하고 있으며 재해 저감, 지속가능발전 도시 등 주요한 국제 아젠다에 대한 연계를 고려하고 있다. 이 중 '도시와 기후변화'에 대한 내용은 향후 IPCC에서 중요하게 다루어질 요소 중 하나로 인식되고 있다.

현재 전세계 국내총생산(GDP)의 약 60%를 기여하는 도시들은 동시에 전지구 탄소 배출의 약 70%, 에너지의 60~80%를 소모하는 곳이다. 도시는 인구의 집중으로 인한 빈부격차 심화, 주거 불안정, 대기오염 심화 및 보건 악영향 등 많은 문제를 안고 있다. 특히 도시의 취약한 인프라는 기후변화로 인한 자연재해에 많은 영향을 받게 된다. 이와 관련하여, 현재 도시에 거주하는 인구는 약 35억 명으로 추산되며 특히 지구상인구의 10%가 인구 천만 명 이상인 메가시티에 몰려 거주하는 것으로 파악된다. 향후 도시 거주 인구는 2030년 약 50억, 2050년 63억 명으로 증가 될 것으로 전망되며, 이후 도시 확장의 95%는 개발도상국에서 이루어질 것으로 전망되고 있다.

이미 선진국을 중심으로 기후변화와 도시에 관한 관심이 확대되고 있다. 지난 2018년 IPCC는 64개국 약 700명이 참가한 '기후변화와 도시에 관한 국제회의'를 개최하였다. 이 회의에서는 그동안 수행된 '도시-기후변화'에 대한 과학 연구의 내용을 검토함과 동시에 과학-정책-시행 연계 정보의 체계화를 통한 도시기후행동의 확대촉진 등 많은 논의를 수행하였다. 이는 2007년 'C40-Laage Cities Climate Summit'에서 구성한 '도시기후변화연구네트워크(Urban Climate Change Research Network, UCCRN)'의 지속적 활동과 연계되어 확대된 것이다. UCCRN은 기후변화 영향과 재해 위험에 대한 도시의 적응-완화 경험의 모범사례를 도시의 이해관계자와 정책결정자에게 제공하고 기후변화 관련 도시 행동을 촉진하기 위한 활동을 수행하고 있으며, 2011년과 2018년에 걸쳐 도시에 관한 평가보고서를 발간하고 있다. IPCC는 이러한 내용을 종합하여 2023년부터 시작되는 제7차 평가보고서(AR7) 주기

동안 ‘도시와 기후변화’에 대한 특별보고서를 발간할 예정이다.

기후변화와 관련된 도시의 문제는 매우 다양하다. 특히 도시는 도시화 자체에 의한 열섬효과(Heat island effect)로 비도시지 대비 온난화 속도가 빠른 편이다. 또한, 전세계의 주요 도시 중 많은 수가 해안에 위치하여 온난화로 인한 해수면 상승의 영향을 직접 받을 수 있다. 온난화는 기후적으로 폭염, 호우, 가뭄, 폭풍 등의 극한기후 발생 가능성을 높이고 그 강도를 심화시키는 경향을 보인다. 도시지역은 보건, 급수, 교통 분야를 포함하여 여러 부문에 부정적 영향이 야기될 수 있다. [표 1 참고]

[표 1] 기후변화에 따른 도시지역의 위험성

분야	내용
보건 분야	어린이·노인·환자·빈곤층의 취약성 심화, 질병 및 사망률의 증가, 호흡기 및 온열 질환 악화
급수 분야	빗물 유출, 해수면 상승, 지표수와 지하수의 변화, 제한된 수자원에 대한 수요 및 경쟁 증가
교통 분야	수송 방해로 인한 경제 전반의 영향
에너지 분야	저소득 국가의 인프라 구축, 에너지 소비 증가, 화석연료 의존성 및 배출 증가
연안 분야	폭풍해일 및 침식, 해수 침입, 해수면 상승 위험 심화, 해양생태계 변화, 급수·건축·주거·운송 리스크 증가
생태 분야	생물 다양성 감소, 도시(핫스팟) 종 등의 취약성 증가

따라서 도시-기후의 세밀한 정보 생산을 위해 선진국을 중심으로 도시 규모의 기후변화 시나리오 산출에 관한 관심이 급증하는 추세이다. 일례로 유럽의 경우, 유럽지역 국제프로젝트인 ‘RAMSES(Reconciling Adaptation, Mitigation and Sustainable development for citiES)’ 및 ‘NACLIM(North Atlantic CLIMate)’을 통해 벨기에의 VITO 연구소에서 안트워프, 베를린, 런던 등 몇 개 도시지역을 대상으로 RCP8.5 시나리오에 기반한 약 100m 해상도의 기후변화 시나리오를 개발하기도 하였다. 개발된 시나리오는 현재의 기후(1986~2005년) 대비 21세기 말의 먼 미래(2081~2100년)에 대한 폭염일수 변화 등 도시지역 기온 변화의 상세 정보를 제공하고 있다. 이러한 도시 시나리오를 개발하기 위해 VITO 연구소는 지면 모델(Surface model)과 대기경계층 모델(Boundary layer model)을 결합하여 기온, 습도, 바람 등을 모의할 수 있는 도시기후 모델(A fast urban climate model)을 개발하여 사용하였다. 이러한 결과는 ‘Urban Climate Service Centre’를 통해 시나리오 자료 및 도시 기후변화 정보로서 정책입안자, 이해관계자 등에게 제공된다.

국내에서도 도시지역의 기후변화 특성에 대한 관심도가 증가하는 추세이다. 현재 국내에서 생산된 기후변화 시나리오는 국립기상과학원을 중심으로 학계와의 협력 하에 개발한 남한지역 1km 해상도의 기온 및 강수량 전망 자료가 대표적이다. 그러나 보다 높은 해상도의 자료에 대한 요구가 증가하고 도시지역 특성을 반영한 상세 자료의 필요성이 대두되면서, 2020년 환경부는 도시 규모 시나리오를 생산하기 위한 기반 기술의 구축 내용을 포함하는 ‘제3차 국가기후변화적응대책(‘21~’25)’을 발표하였다. 도시 규모 시나리오의 개발은 통계적 방법에 의한 수십~수백m 규모의 변수별 자료 상세화 방법 및 유럽 사례와 같은 지면 모델 혹은 지면-경계층 모델이 결합된 역학적 방법 등 다양한 기술에 의해 가능할 것이다. 관건은 수십~수백m 규모의 초고해상도 모델을 수행하기 위한 전산 인프라의

확충 및 도시의 다양한 형태와 기능을 담을 수 있는 적절한 모수화(Parameterization) 방안들이 얼마나 정교하게 고안될 것인가 하는 점이다. 또한, 개발된 정도의 신뢰도를 점검하기 위한 도시 규모 다양한 관측 자료의 확충이 필요할 것이다. 마지막으로 이러한 정보를 얼마나 빠르고 손쉽게 이해관계자 및 관련 연구자 간 공유할 것인가의 문제가 있다. 이와 관련하여 정보를 디지털화하고 데이터베이스 및 사용자 인터페이스를 구축하는 문제 등 자료제공자와 사용자 간의 소통을 위한 플랫폼의 구축과 확장이 향후 중요한 문제로 대두될 것이다.

■ 참고자료

- 2015~2019 전지구 기후보고서(The Global Climate in 2015~2019), WMO. (2020)
- 지구온난화 1.5℃ 특별보고서(Global Warming of 1.5℃), IPCC. (2018)



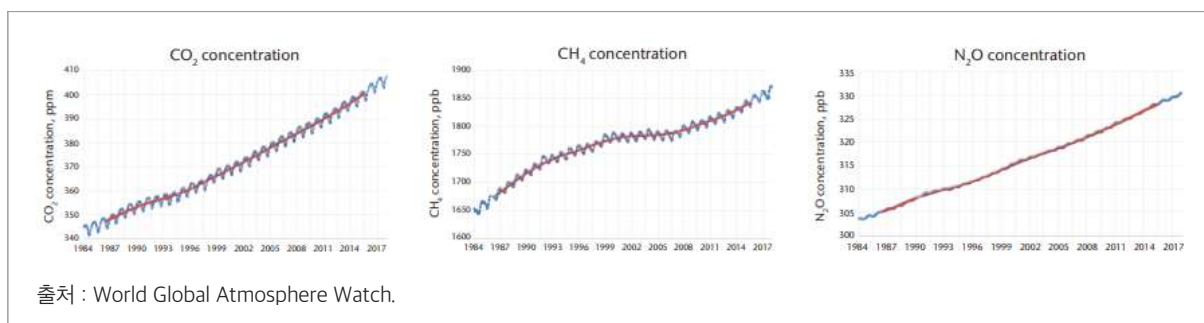
3. 기후변화와 극한기후 현상

엄기증

한국기후변화연구원 기후정책연구실장

전 지구 평균기온은 산업혁명 시작부터 지속적으로 상승하고 있다. 전 지구 평균기온의 지속적인 상승에도 최근 5년(2015~2019)의 전 지구 평균기온은 역대 가장 높았다. 이 기간 전 지구 평균기온은 산업화 이전(1850~1900)보다 $1.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 더 따뜻했다. 전문가들은 전 지구 평균기온의 상승이 인위적인 온실가스 배출에 기인하는 것으로 보고 있다(IPCC 제5차 보고서). 인위적 온실가스 증가는 화석연료의 소비 증가와 시멘트 생산으로 인한 CO_2 배출량 증가에 따른 것이다(WMO, 2019). 2015~2019년 동안 CO_2 배출량은 최소 208기가톤(Gt)으로 추정되는데, 이는 2010~2014년 동안에 배출된 CO_2 200기가톤(Gt)보다 많은 양이다. [그림 1 참고]

[그림 1] 전지구 온실가스 배출 추세 (청색선: 전 지구 월평균, 적색선: 5년 이동평균)

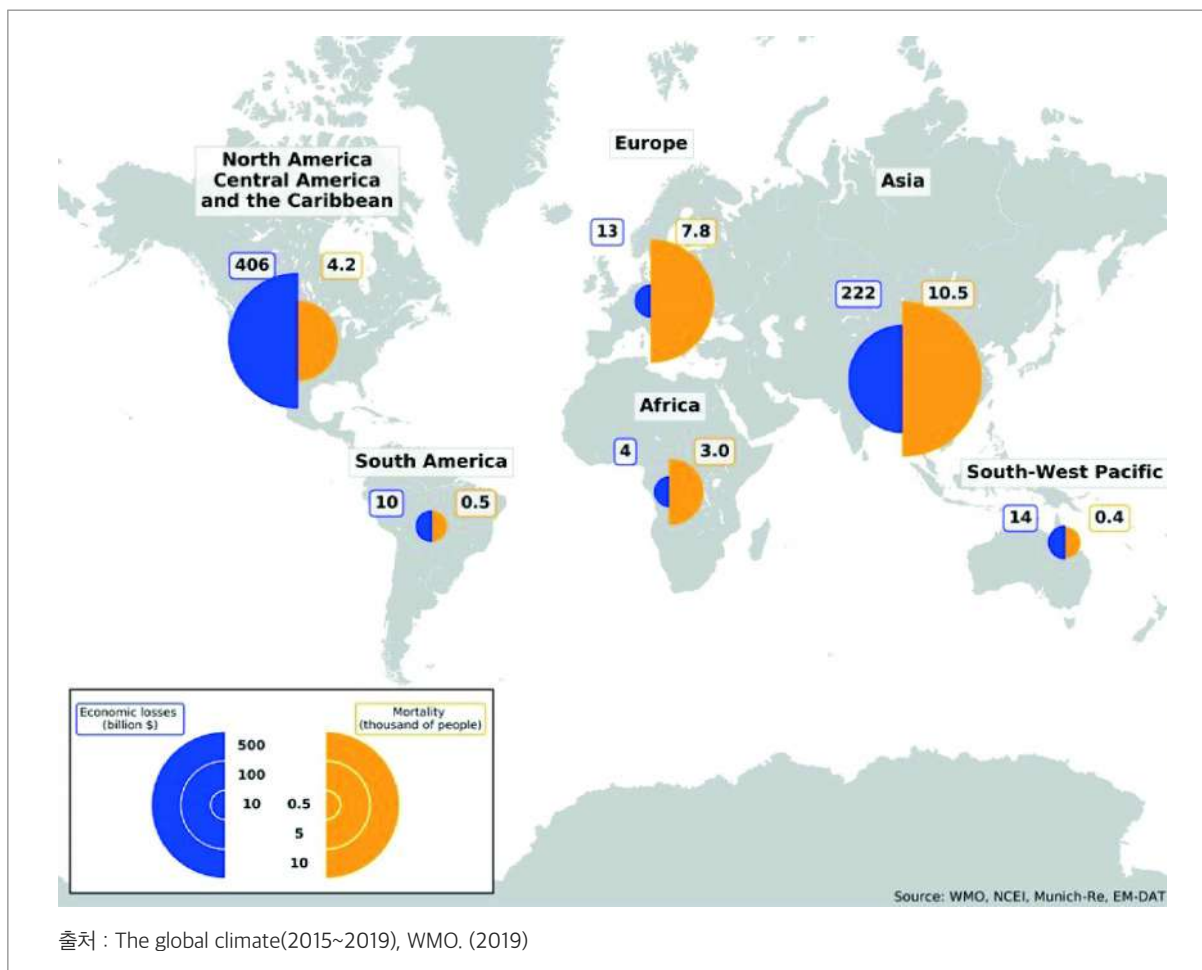


인위적인 온난화 현상으로 전 지구의 해수면 고도는 지속해서 상승하여 인류를 위협하고 있다. 전 지구의 평균 해수면 높이는 1993년 첫 측정 이후 90mm, 27년간 연평균 $3.24 \pm 0.3\text{mm}$ 씩 상승하였다. 전 지구 해수면이 연평균 5mm 상승한 것은 아마존강의 약 3개월간 바다로 유출하는 물의 양과 같다. IPCC 보고서에 따르면, 2006~2015년 동안 연평균 전 지구 해수면 상승은 약 $3 \sim 4\text{mm/yr}$ 이며, 이는 1901~1990년 대비 2.5배 빠른 속도이다.

해양은 대기로 배출되는 인위적 CO_2 의 약 23%를 흡수하여 대기 중 온실가스를 저감시키지만 동시에 바다에 흡수된 CO_2 는 바닷물의 산성도를 변화시킨다. 해양의 산성도가 높아지며 해양 생태계의 급격한 변화가 발생한다. 해양의 산성화로 탄산칼슘을 기반으로 하는 성게, 홍합, 굴, 산호 등의 생존에 문제가 발생하고 있다. 2100년까지 해양산성화로 인한 경제적 피해는 약 1조 3천억 달러가 될 것으로 예측된다(한국해양과학기술원).

온난화 현상으로 발생하는 극한기후는(Extreme climate) 열대성저기압과 같이 강하고 짧게 나타나기도 하고, 가뭄과 같이 수개월에서 수년간 지속되기도 한다. 극한기후는 큰 규모의 인명과 경제적 피해를 발생시킨다. 아시아 권역의 경우 개발도상국이 많이 포함되어 있어 경제적 피해보다 인명피해가 많이 속출하는 것으로 나타났다. 선진국일수록 기후 회복력(Resilience)이 좋아 인명피해가 적은 편이다.

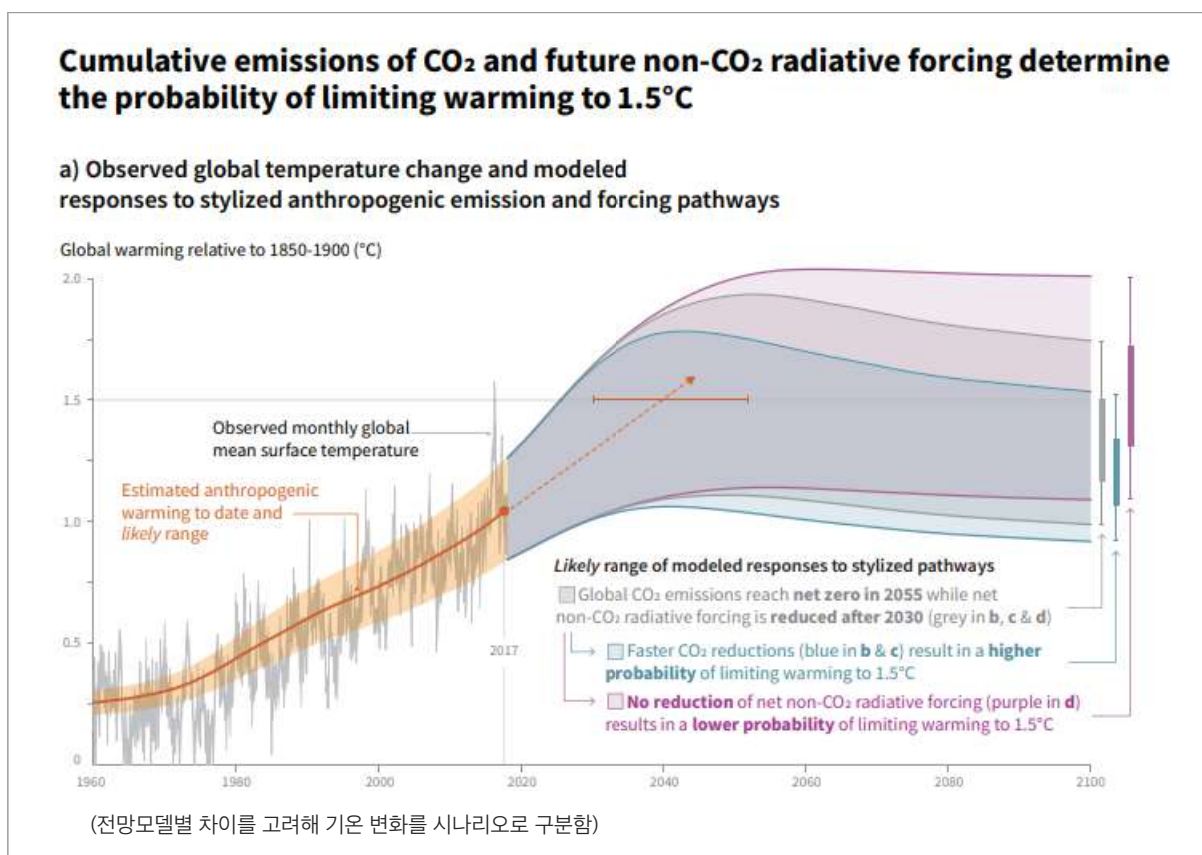
[그림 2] 전지구적으로 극한기후로 인한 사망자와 경제적 손실(2015~2019년)



전 지구적으로 극한기후 중 가장 큰 피해를 발생시키는 현상은 폭염과 열대성저기압이다. 이 두 극한기후는 기후 변화와 밀접하게 결부되어 있다. 2015년부터 2019년까지 가장 극심했던 극한기후는 폭염이었다. 폭염은 2015~2019년 기간 동안 세계 곳곳에서 수없이 발생하여 많은 인명피해를 속출하였다. 특히 유럽대륙은 1950년 이래 가장 높은 기온을 기록하였고, 우리나라 역시 2018년에 기상관측 이래 가장 뜨거운 폭염이 있었다. 가장 큰 경제적 피해를 일으킨 극한기후는 열대성저기압이었다. 허리케인, 태풍과 같은 열대성저기압은 21세기 들어 활발히 증가하였다.

또한, 식량농업기구(FAO)에서는 전지구적인 식량문제의 원인을 극한기후로 꼽는데 극한기후로 인한 식량 부족 문제는 해가 거듭될수록 심화 되는 것으로 나타나고 있다. 2015년부터 2017년까지 발생한 가뭄은 기존 평균 대비 크게 증가하였으며, 이로 인한 국가별 식량 보유·확보·이용·안정성에 악영향을 미쳤다. 예를 들어, 소말리아는 농지의 반 이상이 가뭄을 겪었으며 전체 가축의 40~60%가 감소하였다. UN에 따르면 2018년 아프리카 말라위에서 발생한 난민의 61%(홍수로 인한 난민 32%, 가뭄으로 인한 난민 29%)가 극한기후 때문으로 조사되었다.

[그림 3] IPCC 지구온난화 1.5°C 특별보고서에서 전망한 기온변화 범위



현재 우리는 산업화 이전 대비 평균온도가 약 1°C 상승하였으며 향후 지속해서 상승할 것으로 전망하고 있다. 최근 IPCC에서 발간된 1.5°C 특별 보고서에 따르면 2030년에서 2052년 사이에 현재보다 0.5°C가 상승하여 1.5°C 목표를 초과할 것으로 예측하고 있다.

IPCC 1.5°C 특별보고서(2018)는 전세계 전문가들과 데이터를 활용해 지구온난화 정도에 따른 극한기후 영향을 전망하였다. [표 1 참고] 특히 전 지구 평균기온이 1.5°C 초과해 2.0°C 이상 상승할 경우, 극한기후 현상은 매우 심화될 것으로 전망된다. 극한기후로 생태계와 인류는 고온에 노출되며, 해양은 산성화되고, 물 부족 발생 및 해수면 상승으로 인한 국토면적 상실이 발생할 것으로 보고 있다.

[표 1] 지구온난화에 따른 1.5℃와 2℃의 극한기후 영향 전망

구분	1.5℃ 상승	2℃ 상승	비고
고유 생태계 및 인간계	높은 위험	매우 높은 위험	-
중위도 폭염일 온도	3℃ 상승	4℃ 상승	-
고위도 극한일 온도	4.5℃ 상승	6℃ 상승	-
산호 소멸	70~90%	99% 이상	-
기후 영향·빈곤 취약 인구	2℃ 온난화에서 2050년까지 최대 수억 명 증가		
물 부족 인구	2℃에서 최대 50% 증가		
육상 생태계	중간 위험	높은 위험	
서식지 절반 이상이 감소될 비율	곤충(6%), 식물(8%), 척추동물(4%)	곤충(18%), 식물(16%), 척추동물(8%)	2℃에서 2배 증가
다른 유형의 생태계로 전환되는 면적	6.5%	13.0%	2℃에서 2배 증가
해수면 상승	0.26~0.77m	0.30~0.93m	약 10cm 차이, 인구 천만 명이 해면 상승 위험에서 벗어남
북극 해빙 완전 소멸 빈도	100년에 한 번 (복원 가능)	10년에 한 번 (복원 어려움)	1.5℃ 초과 시 남극 해빙 및 그린란드 빙상 손실

■ 참고자료

- 2015~2019 전지구 기후보고서(The Global Climate in 2015~2019), WMO. (2020)
- IPCC 제5차 평가보고서(Fifth Assessment Report, AR5), IPCC. (2014)
- Global Atmosphere Watch Programme, <https://community.wmo.int/activity-areas/gaw>
- 한국해양과학기술원 공식 블로그, <https://blog.naver.com/kordipr/221097342117>
- Watt et al., Lancet, 394, 1836, (2019)
- Australian Bureau of Meteorology, <http://www.bom.gov.au/climate/drought/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
- International Fund for Agricultural Development (IFAD)
- United Nations Children's Fund (UNICEF)
- World Food Programme (WFP)
- World Health Organization (WHO)



4. 녹색 소비 운동과 시민 참여기반 사회운동

김정인

중앙대학교 경제학부 교수

2020년 미국 오하이오 주립대 연구진은 그린란드에 있는 대륙빙하가 이제는 되돌릴 수 없는 강을 넘었다는 결과를 학술지(Nature Communications)에 게재했다. 2018년까지 34년 동안 그린란드 빙하 234개를 분석한 결과 연간 강설량이 여름에 녹는 빙하를 메울 수 있을 정도로 충분하지 않다는 것이다. 북극 대륙빙하의 손실 등으로 이미 해수면은 연평균 1mm씩 높아지고 있다. 그린란드 빙하만 녹는다고 가정하면 평균 6m 해수면이 상승해 전 세계 많은 해안 도시가 물에 잠기게 될 것이다. 이런 우려는 이미 1970년대 시작되었는데 이제는 인류 생존에 직접적인 위험이 되고 있다.

1972년 스웨덴 스톡홀름에서 열린 UN 인간 환경회의, 1992년 브라질 리오 정상회의, 1995년 코토 의정서, 2009년 코펜하겐 회의, 2015년 파리 협정(The Paris Agreement) 등을 거치면서 인류는 이제 대량 생산을 멈추고 지속 가능한 발전 체제를 구축해야 환경을 보전할 수 있다는 결론에 이르렀다. 이는 생산뿐만 아니라 소비도 변해야 한다는 것을 의미한다. 리우회의에서부터 '지속 가능한 소비' 개념이 나타나면서 환경오염에 대한 소비자의 역할을 중요시하여 환경과 소비 관계에 대한 관심이 모아졌다. 그러나 본격적인 것은 1990년대 후반부터 국제소비자기구가 환경에 대한 소비자 권리를 '쾌적한 환경에서 소비할 권리' 선언함에 따라 소비자 정책 차원에서 더욱 중요하게 주목받았다. 소비자들에 대한 사회적 책임과 행동의 사회적 요구가 매우 증가하고 있다.

'지속 가능한 소비'는 광의로 보면 나의 소비 행위가 타인이나 사회, 환경 등에 긍정적이고 윤리적인 방향으로 소비하게 한다는 점에서 '윤리적 소비' 또는 '착한 소비'라고도 한다. 윤리적 소비는 친환경 소비(에너지 절감, 친환경(탄소제로) 제품의 구매, 유기농 등)뿐 아니라 공정무역, 로컬 푸드(Local food), 여행자와 원주민을 고려하는 공정 여행, 대안 경제, 지역 화폐, 사회적 기업, 윤리적 투자, 나눔·기부까지도 포함하고 있다.

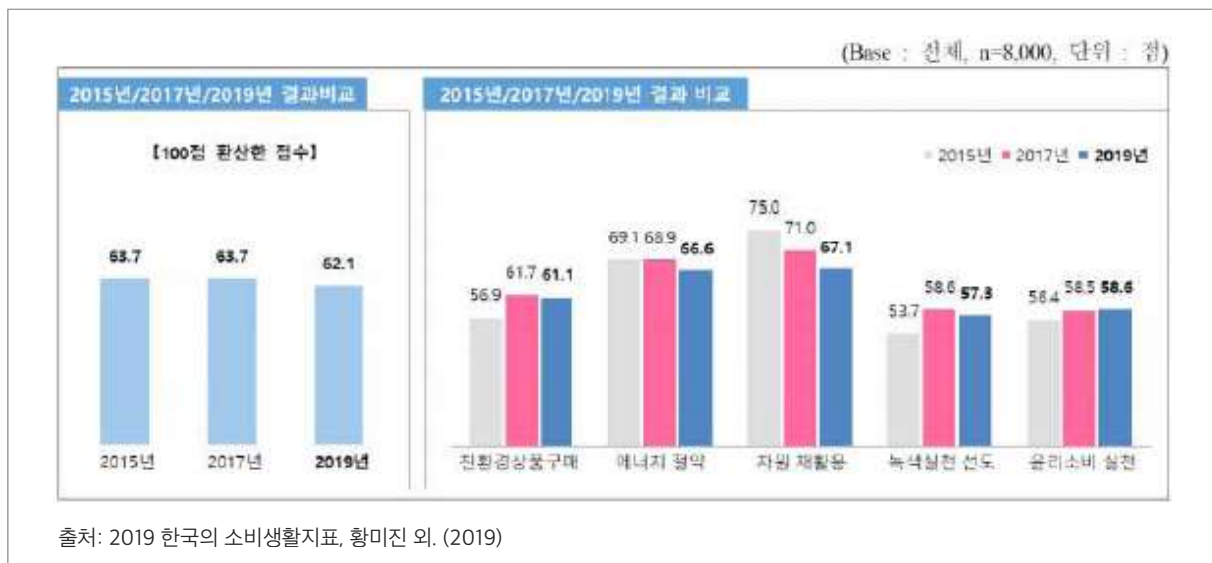
본 주제에서는 녹색 소비 또는 친환경 소비에 국한하여 제시하고자 한다. 친환경 소비는 구매-사용-처분의 전 과정을 통하여 친환경적인 소비 행동을 하도록 하는 개념이며 더 나아가 친환경 사회로 나아가기 위한 사회운동이라고도 할 수 있다.¹⁾

1) 윤리적 소비 운동은 19세기 영국의 로치데일 공정 개척자 조합 활동이 시초인데 로치데일 상품은 정직한 판매, 소비의 상징이 되었고 협동 조합 운동의 시작이다.

세계적으로 녹색 소비 또는 녹색 소비자 주의 운동이 다양하게 진행되고 있다. 우선 ‘아무것도 사지 않는 날(Buy Nothing Day)’이 있으며, 이는 1992년 처음 조직되어 현재 65개국에서 참여하고 있다. 이외에는 책임 있는 환경경영 하에서 포획하였다는 인증 로고를 한 수산물만 소비하는 운동이 있다. 미국과 캐나다의 커피 소비자들은 유기농 기준에 맞는 커피만 생산할 것을 요구하는데 이런 커피는 ‘Smithsonian Migratory Bird Center’가 인증한 도장을 받아야 한다. 멕시코에 본부를 둔 산림 관리위원회는 지속 가능한 산림을 위한 환경 및 사회적 기준을 충족한 산림을 인증하고 있으며, 현재 54개국에 2500만 헥타르 이상이 인증을 받았다. 유럽에서는 약 20개 국가가 ‘유럽의 청색 깃발 운동(European Blue Flag Campaign)’을 통해 750개의 해안가를 환경친화적으로 만드는 운동을 방문객과 함께 추진하고 있다. 이외에는 다양한 국가에서 에너지 효율 등급 프로그램을 포함하여 다양한 정책을 추진하여 녹색 생활과 실천에 대한 노력을 기울이고 있다.

녹색 소비의 핵심은 실천하는 것이다. 녹색 소비를 위한 첫 번째 실천 방법으로 가정과 직장에서의 에너지 소비를 줄이는 방안을 찾고 실천하는 것이다. 두 번째는 의식을 바꾸는 것이다. 쉽지 않은 일이지만 환경보전의 필요성과 미래를 위하여 지속적인 교육과 함께 의식전환 운동을 해야 한다. 세 번째는 다양한 신재생 에너지를 많이 사용하는 것이다. 네 번째는 전기 전자제품의 경우 에너지 효율 등급이 우수한 제품을 구매하거나 공공 부분 녹색 구매처럼 의무적으로 구매하도록 하는 것이다. 여기에는 공공기관이나 민간 기관이 포함될 수 있다. 다섯 번째는 친환경 제품의 구매를 늘리고 자원 재순환을 극대화하는 소위 4R(Reduce, Reuse, Recycle, and Re-Manufacture: 감소, 재사용, 재활용, 재제조) 운동을 하는 것이다. 특히 자동차의 경우 친환경 자동차를 구매하는 것이 하나의 예이다. 여섯 번째는 지역 농산물을 최대한 이용하는 것이다. 이것은 교통이나 물류에서 올 수 있는 환경 영향을 최소화하는 방법이다.

[그림 1] 지속 가능한 소비 실천 행동 설문 조사 결과



이러한 실천이 성과를 내기 위해서는 기업은 소비자들에게 투명한 정보를 제공해야 하며 뚜렷하고 장기적인 비전을 제시하면서 지속적인 운동을 추진해야 한다. 동시에 소비자가 받을 수 있는 이득에 대한 정보의 제공도 필요하며 비금전적인 편익에 대한 제공도 필요하다. 특히 전 과정을 통해서 내구성 있는 제품을 생산하는 것이 중요하다. 이런 제품들이 제3자의 객관적인 인증을 받도록 하는 것도 중요하다. 그래야 소비자들의 신뢰가 형성되는 것이다.

[그림 2] 전국 공공 기관 녹색 제품 구매 실적



환경부는 ‘제4차 녹색제품 구매촉진 기본계획(2021~2025년)’을 수립하였다. 2025년까지 생활 밀착형 녹색제품 수를 3,000개, 녹색제품 총 거래액은 6조 4440억 원으로 늘릴 계획이다. 이중 녹색 소비 관련해서는 우선 ‘온라인 녹색매장 지정제도’를 도입하여 2025년까지 850곳으로 녹색매장을 확대하고, 포장재 없는 소분 판매 및 친환경 포장재를 사용하는 녹색특화매장과 녹색구매지원센터를 8곳에서 2025년까지 17곳으로 확대하고자 한다. 녹색제품 인증을 확대하기 위하여 환경성인증 취득비용 및 사용료를 경감하도록 하였다. 그리고 인증 취득을 원하는 기업에 대한 원료, 공정분석 등 환경성 진단 및 원자재 사용량, 유해물질, 재활용성 등 개선사항을 도출·지원하고 상담 기관을 연결하도록 할 것이다. 특히 2025년까지 그린카드발급을 2,000만 장으로 확대하여 온라인 상품을 결제할 때도 에코머니 포인트를 적립하도록 할 예정이다.

결론적으로 녹색 소비 운동은 사회를 친환경 저탄소 사회로 전환하려는 사회 운동의 하나라고 보아야 한다. 소비자 및 생산자의 인식 개선을 위한 지속적인 교육과 홍보, 그리고 적절한 경제적 인센티브와 규제 및 지원 등이 있다면 이러한 운동은 더욱 촉진될 수 있을 것이다. 그러므로 제품을 만들고 소비하는 전 과정을 기반으로 한 지속 가능한 생산과 소비, 그리고 투명한 정보를 제공하는 것이 가장 중요하다.

■ 참고자료

- Green marketing, Advameg. Inc. (2019)
- King et al., Communications Earth & Environment, 1, 1. (2020)
- Some examples of green consumerism, The Global Development Research Center. (2019)
- What is Green Consumerism?, Conserve Energy Future
- 경기연구원, '경기도 녹색제품 사용표시제 추진방안' 발간... "민간부문 구매확산 위해 안정적 거버넌스 필요", 이코노뉴스. (2021.1.9)
- 김정인, 기후 변화, 기상 재난 그리고 산업계의 미래 변화, KDI 나라경제. (2020)
- 김정인, 'IFESTYLE 변화를 위한 녹색소비 인센티브 방안. (2017)
- 대한민국 정책브리핑. (2021.1.5.)
- 황미진, 한국의 소비생활 지표, 소비자보호원. (2020)
- [기획특집] 모두에게 이로운 선택 '윤리적소비(Ethical Consumerism)', 사회적경제 미디어. (2021.1.5.)
- [소비자칼럼] 녹색 소비문화, 대전일보. (2021.1.6.)



5. 물 부족으로 인한 물 분쟁

김정인

중앙대 경제학부 교수

세계적으로 300개 이상의 강이 두 국가 이상에 걸쳐 흐르고 있으며, 여러 국가가 공유하는 다국적 강 유역에 위치하는 약 50개 국가에는 세계인구의 35~40% 살고 있다. 우리나라도 남·북한 간에 북한강과 임진강이 공유되고 있다. 그러나 불행히도, 공유하천을 둘러싼 물 이용과 분쟁이 오랜 시간 동안 지속되고 있다. 이런 분쟁은 기후변화로 인한 물 부족으로 더욱 심해지고 있는 실정이다.

2021년 1월 미국의 비영리 싱크탱크인 개발·환경·안보를 위한 태평양연구소 보고서에 따르면, 최근 10년 사이 세계에서 발생한 물 분쟁은 최소 466건으로, 10년 전의 220건보다 2배 이상 증가하였다. 한편 2020년 세계자원연구소(WRI)는 중동 12개국을 포함한 세계 17개국, 세계인구 4분의 1이 '극심한 물 부족 스트레스'를 받고 있다고 밝혔다.

이러한 물 분쟁이 급증하는 이유는 다양하다. 인구 증가, 수자원 관리 부실, 기후변화로 인한 폭서와 가뭄, 전쟁으로 인한 수원이나 급수 시설의 파괴, 그리고 정부의 부정부패와 무능 등으로 물 공급이 줄어들었기 때문이다.

최근의 국외 물 분쟁 사례는 에티오피아가 추진하고 있는 그랜드 에티오피안 르네상스 댐 건설로 인한 이집트와의 갈등이다. 르네상스 댐은 높이 155m, 길이 1.8km인 아프리카 최대, 세계 7위의 댐으로서 740억m³의 물을 저류할 수 있다. 이집트는 르네상스 댐 건설로 하류의 물이 부족해지고, 이로 인해 연간 100억 톤의 수자원 손실과 토양의 염분화로 인한 농어업 종사자 500만 명이 일자리를 잃고 환경오염도 가속화될 것으로 전망하고 있다. 다행히

[그림 1] 최근 중동 아프리카 지역의 물 분쟁

중동·아프리카의 주요 수자원 분쟁		자료: 세계은행, 세계자원협회
에티오피아 vs 이집트	나일강 상류의 에티오피아가 7월부터 르네상스댐(GERD)에 물을 채우자 나일강 하류의 이집트가 수자원 부족, 경제 타격 등을 우려해 반발	
이스라엘 vs 팔레스타인	서안지구를 점령한 이스라엘이 관개 농업에 치중해 요르단강 수량 감소, 팔레스타인에 일평균 물 사용 할당량 제시	
터키 vs 이라크·시리아	터키가 티그리스·유프라테스강 상류에 댐과 수력 발전소를 속속 건설하자 농업용수 및 식수 부족에 직면한 이라크와 시리아 등이 반발	

출처: 중동·아프리카 곳곳서 수자원 분쟁... '목 타는 싸움', 동아일보. (2021.1.4.)

양국은 어렵게 ‘나일강 수자원 배분을 위해 협력을 강화한다.’라는 기본 합의를 하였다. 이외에 터키와 시리아·이라크, 이스라엘과 팔레스타인·시리아·요르단, 이란과 이라크, 그리고 중앙아시아 국간 간의 물 분쟁도 대표적 사례로 볼 수 있다.

터키는 1970년대부터 남동부 지역 개발을 위해 티그리스·유프라테스강에 22개 댐과 19개 수력발전소를 지었다. 수자원의 70%를 두 강에 의존하는 이라크가 큰 타격을 입고 있는데 22개 댐 중 가장 최근에 완공돼 2021년 5월부터 가동에 들어간 일리수 댐은 고대 수메르문명, 로마제국, 오스만튀르크 제국 등 문화유산이 풍부한 곳에 건설되어 문화유산 파괴의 가능성도 크다. 2020년 영국의 채텀하우 보고서에서는 이라크로 유입된 유프라테스강 수량이 1970년대보다 40% 감소했다고 보고했다. 한편 2014년 이라크 북부를 점령한 IS는 수자원 인프라 파괴와 함께 강에 원유를 유출함으로써 인프라도 파괴되고 하수처리장도 작동되지 않아 수자원 오염만 더 심해졌다.

이외에도 인도·네팔·중국·방글라데시를 흐르는 겐지스 강에서는 인도가 캘커타 지역의 홍수 방지를 위해 대규모 파라카 댐을 건설하면서 갈등이 아직 해결되지 않았다. 중국, 미얀마, 캄보디아, 라오스, 태국, 베트남의 5개국을 흐르는 메콩강에서도 중국이 대규모 댐을 건설하며 각국과 분쟁을 일으킨 바 있다.

국내에는 부산시와 경상남도, 대구시와 구미시, 울산시와 대구시·경상북도 등 지자체 간 물 분쟁 사례가 있다. 지자체 간의 물 분쟁은 짧게는 몇 년에서 길게는 20년이 넘게 진행되기도 하였다. 부산과 경상남도 사이의 물 분쟁은 1991년 발생한 낙동강 페놀 오염으로 발생하였다. 낙동강 페놀 유출 사고가 발생하자 낙동강 하류에 있는 부산시는 낙동강 대신에 진주 남강댐의 물을 요구했다. 그러나 남강댐이 인근 경상남도 주민들은 물 부족 우려와 지역 정서 등을 이유로 반대했다, 25년째 지속하였던 두 지역 간의 갈등은 부산시장이 ‘남강댐 물은 경남도와 지역 주민이 동의하지 않는 한 요구하지 않겠다.’라고 밝히며 종료되었다.

10여 년째 진행되고 있는 대구시와 구미시의 물 분쟁은 취수원에 기인한다. 2009년 구미산업단지에서 다이옥산 유출 사고가 발생하자 대구시는 취수원을 상류에 이전하려는 계획을 세웠다. 이에 구미시는 ‘대구시의 취수원이 이전하여 구미 취수원의 물을 함께 쓰면 물 부족과 수질 저하가 발생할 수 있다.’라며 반대하고 있다.

울산시와 대구시·경상북도의 분쟁은 위의 사례와 차이가 있다. 사연댐과 대곡댐에서 물을 공급받아온 울산은 수질 문제는 없었다. 그러나 반구대 암각화가 국보로 지정되고 대곡천 암각화군을 보존하기 위해 두 댐의 수위를 낮추는 방안이 논의되면서 식수 공급에 비상이 걸렸고, 울산시는 대구경북에 위치한 운문댐과 대암댐에서 물을 취수하는 방안을 제안하였다. 대구와 경북 지자체는 물 부족을 우려해 식수 문제가 해결되지 않는다면 울산에 물 공급을 할 수 없다고 하여 갈등이 시작되었다.

2019년 1월 출범한물관리위원회가 주민의 건강과 생활환경에 직접 영향을 끼치거나 사회적 갈등이 심해 시급하게 조정이 필요한 물 분쟁 발생 시 직권으로 조정할 수 있도록 ‘물관리 기본법 시행령’ 제정안을 입법 예고하고 있다. 그러나 물관리 기본법에 따라 유역별 물 분쟁을 조정하고 사회적 합의를 도출하는 물관리위원회가 분쟁을 조정할 수 있을지는 여전히 의문이다.

국가간 또는 지자체간 물 분쟁을 방지하기 위해서는 기존의 다목적댐 건설, 대규모 하천정비사업 등 수자원 ‘공급’ 위주의 물관리 정책에서, 제한된 수자원을 효율적으로 사용하기 위한 ‘수요’ 중심으로 물관리 정책을 전환하는 것이 중요하다. 첫 번째는 수요정책에서 단기적으로는 절수제도를 지방 상수도까지 확대·시행하면서 주민들의 자발적인 물 절약을 유도하기 위한 실질적인 정책을 마련해야 한다.

두 번째는 중수도 설치, 빗물 재활용과 같은 ‘물 절약’ 정책에 대한 지원을 강화할 필요가 있다. 일정 규모 이상 공공 또는 다중이용 시설 등에는 물 절약을 위해 필요한 시설을 설치하도록 관련 법령에서 구체적으로 규정하고 있지만, 물 절약 시설에 대한 지원은 다분히 개념적이거나 지자체의 책무로 규정하고 있어 규제에 비하여 성과는 미흡한 상태이다.

세 번째는 기후변화 적응을 위한 도시 내 녹색공원 및 빗물 정원(rain garden)을 조성하거나 지하수 함양 등 지표면 투수층 확대를 통한 ‘물 순환 건전화’ 정책을 적극적으로 수립·추진해야 한다.

네 번째는 기존의 댐, 저수지 및 하천 등을 통한 외부로부터의 물 공급 의존도를 점진적으로 줄여나가고, 물 순환 지역·유역 내의 수자원을 효율적으로 활용하는 방안이다. 이를 위해서는 전국의 지하수 기초조사를 신속히 완료하고 기초조사 자료가 오래된 지역에 대해서는 보완조사를 시행하여, 지하수 유지·관리 정책을 수립하기 위한 기초 자료를 구축해야 한다.

또한, 오염된 지하수는 지표수에 비하여 수질 복원에 오랜 시일과 노력이 필요하므로, 불용공을 원상 복구하여 오염물질의 유입을 예방하는 등 지하수의 개발에서 사후조치에 이르기까지의 체계적인 관리가 필요하다. 지하수의 개발 및 활용은 단기적으로는 가뭄에 대비하기 위한 대체 수자원으로써 효율성이 높고 장기적으로는 지하수 고갈, 하천 건천화의 원인으로 작용할 수 있으므로 지속적인 지하수 이용을 위한 건전한 물 순환 공급체계를 구축할 필요가 있다. 필요시에는 준설을 충분히 하여 지속적으로 수량을 확보하는 것도 중요할 것이다.

다섯 번째는 환경 파괴가 되지 않는 것을 전제로 소수력 댐을 건설하고, 나무를 잘 가꾸어 녹색 댐을 가지도록 노력하는 것이다. 여섯 번째는 명확한 수리권의 정비가 필요하다. 관행적으로 시행하여온 수리권을 일부 지역에서는 무리하게 주장하는 경우가 있다. 물은 공공재라는 관점에서 수리권의 명확한 구분이 필요하다. 다음은 하천 정비를 제대로 할 수 있는 거버넌스의 체제를 구축하는 것이다. 현재 국토부와 환경부로 이원화되어 있는 체제를 하나로 하여 추진하는 것도 필요하다.

미국 대통령 케네디는 ‘21세기는 물을 지배하는 나라가 최강의 국가가 된다.’라고 예언했다. 미국 투자은행 골드만삭스는 ‘21세기 석유는 물’이라고 하면서 ‘21세기 인류는 식량이나 에너지 부족보다 물 부족으로 고통 받을 것’이라고 전망했다. 이는 기후위기 시대에 더욱 맞는 말일 것이다.

■ 참고자료

- 「세계 물의 해」 자료집. 환경부. (2003)
- 김광목 외, 물 분쟁과 21세기(The Era of Water Conflict), 국토연구원. (2002)
- 지구촌 ‘물 분쟁’ 최근 10년새 466건…2배 급증, 한겨레. (2021.1.9.)
- 중동·아프리카 곳곳서 수자원 분쟁… ‘목 타는 싸움’, 동아일보. (2020.10.15.)



6. 기후변화 교육 및 시민참여

남상덕

(사)한국환경교육협회 사무국장

우리나라는 기후변화로 인한 피해를 예방하고 기후 안전 사회를 이루기 위하여 지난 2011년도부터 기후변화 적응정책을 시행하고 있다. 지난 10년간의 기후변화 적응정책 시행 결과 온실가스 감축 위주의 기후변화 대응에서 '적응'에 대한 인식 및 중요성이 제고되는 계기가 마련되었다. 그러나 기후변화 적응정책 수립에 필수적인 기후환경 정보 부재, 한정된 예산 편성, 낮은 적응 인식 등으로 인해 정책 수립 시행에 어려움을 겪고 있다.

아울러, 기후변화에 따른 영향이 개인, 지역, 국가의 경계가 모호한 만큼 기후변화 적응은 시민 개인과 지역사회 참여가 무엇보다 중요하다. 그러나 시민 인식 수준과 변화 파악, 인식 정도에 기반한 참여 유도 및 확대시스템 등이 결여되어 있으며, 과거의 기후-에너지 정책 패러다임의 한계 등으로 인해 일반 시민의 역할 등에 대한 인식 전환의 기회와 홍보가 부족한 것으로 평가되고 있다.

기후변화 교육은 기후가 개인과 사회에 미치는 영향을 널리 알려 이해시키고 기후변화에 대한 의사소통과 의사결정이 가능한 시민을 길러내는 것이다. 이를 위해서 국가와 지역사회는 물론 전 지구적 차원에서 지속 가능한 발전을 목표로 기후 안정을 이룰 수 있도록 가치관을 배양하고, 실천할 수 있도록 시민을 이끌어내는 것이 필요하다.

하지만 우리나라의 기후변화 교육은 주로 기존 환경교육의 일부분으로 취급되어 정규 교육과정의 독립된 교과로 편성되지 못하고 타 교과에서 산발적이며 일회성 교육으로 시행되고 있는 수준이다. 또한, 교육 내용적인 면에서도 체계적으로 이루어지지 못하고 있는 것으로 조사되고 있다.

“사람들이 죽어가고 있으며, 생태계 전체가 붕괴되고 있습니다. 우리는 대량 멸종의 시작 지점에 있으며, 그런데 여러분이 말할 수 있는 것은 전부 돈과 영원한 경제 성장의 이야기들뿐입니다. 어떻게 감히 그럴 수 있습니까? 30년 이상 동안 과학은 명확했습니다. 필요한 정치와 해결책이 아직까지도 보이지 않는데, 어떻게 여러분은 이 자리에서 충분히 하고 있다고 말하며, 어떻게 그렇게 계속 외면할 수 있습니까?”

이 말은 스웨덴의 16세 소녀 그레타 툰베리가 2019년 9월 유엔기후행동정상회의에서 기후위기는 엄청난 문제에 대해 각국 정부와 정치인들의 빠른 대응을 요구한 연설문의 일부이다. 툰베리는 이 연설 이전부터 학교 등교를 거부하고 스웨덴 의회 앞에서 기후변화에 대한 대책을 촉구하는 1인 시위를 벌여 왔다. 이는 '기후변화를 위한 파업'이라는 이름으로 전 세계의 학생과 시민 수백만 명을 거리로 불러냈다. 우리나라에서도 청소년들이 나서서 '기후를 위한 결석 시위'를 몇 차례나 벌인 바 있다.

이는 그저 철부지 10대라고 생각해 버리기 쉬운 미래세대가 어른들에게 자신들의 생존권을 보전해 달라는 강력한 요구와 질타였으며, 배움의 주체인 학생들 스스로가 절박의 문제로만 기후변화를 말하는 기존의 교육을 비판하고 제대로 된 기후변화 대응 교육의 필요성을 널리 알리는 계기가 되었다. 이런 시대적 변화에 맞춰 기후변화 교육 필요성에 공감하는 흐름이 전 세계로 퍼지고 있다.

이런 흐름에 따라 기후변화 대응을 학교 정규교과 과정에 편성하는 시도들이 잇따르고 있다. 일부 국가에서는 환경교육을 헌법 조항에까지 포함시켰다. 이상고온 현상과 가뭄, 홍수·산불 등이 세계 곳곳에서 발생하면서 기후변화 위험에 대한 경각심이 커진 데 따른 것이다.

지난 2019년 11월 이탈리아 교육부 장관은 ‘이탈리아의 모든 공립학교 학생들은 내년 9월부터 시작되는 정규학년부터 의무적으로 기후변화 관련 수업을 연간 총 33시간 이수해야 한다.’라고 밝혔다. 이는 이탈리아가 해마다 기후변화로 인한 폭염과 폭우, 폭설 등으로 인한 피해를 받는 상황에서 학교에서 기후변화 수업을 하도록 하는 법안을 통과시킨 데 따른 것으로, 미래세대를 위해 기후변화 교육을 의무화한 것이다. 뉴질랜드는 2020년부터 11~15세 학생 대상 정규교과 과정에 기후변화 위기 과목을 편성했다고 밝혔다. 교과 내용에는 기후변화의 실상과 심각성을 알려주는 읽기 자료만이 아니라 학생들이 실제로 참여할 수 있는 기후변화 저항 행동, 지구온난화로 인해 10대들이 느끼는 불안감을 해소할 수 있는 과정까지 포함되었다. 멕시코 정부는 지난해 초 헌법을 개정해 교육부와 환경부가 공동으로 기후변화 교육 의무화를 담은 새 법을 준비 중이며, 영국의 일부 주에서는 모든 학교에 기후교육 교사 배치를 의무화하는 것을 추진 중이며, 미국 미시간 주 하원에서는 ‘기후변화교육법’을 발의하였다.

이러한 세계적인 변화는 우리나라에서도 일어나고 있다. 지난 2020년 6월에 서울특별시에서 ‘생태전환교육 중장기 발전계획’(2020~2024)을 발표했는데, 당시 서울시 교육감은 닥쳐오는 ‘기후위기’ 시대에 학생들이 이 문제를 바로 알고 해결 방법을 찾아 실천하는 시민으로 성장할 수 있도록 서울지역 학교들의 교육과정을 바꾸겠다고 하였다. 이 계획은 구체적으로 환경을 포함해 인권, 빈곤, 다문화, 평화, 청년 등 ‘범교과 학습 주제’의 수업 시간을 따로 지정하거나 유명무실한 환경 과목 교육이 제대로 이루어지도록 한 것이다.

또한, 2020년 7월 9일 환경부와 전국 17개 시도교육청 교육감들이 학생들의 환경학습권 보장, 학교를 환경교육의 핵심 거점으로 육성, 학교와 교육청에서 실천 가능한 온실가스 감축방안 모색 등의 내용을 담은 학교 환경교육의 혁신을 위한 비상선언을 발표하였다. 한편, 학교 환경교육 비상선언 이행과 환경교육 공동 대책을 본격적으로 추진하기 위한 ‘학교 환경교육 정책연구단’ 운영을 통해 지속 가능한 삶을 위한 학교 환경교육 실행계획과 학교에서 실천할 수 있는 환경교육 방안, 지역특화형 환경교육 모델 구축 등의 연구를 수행할 예정이다. 아울러, 환경부는 기존의 ‘환경교육진흥법’을 탄소중립 사회의 근간인 환경교육의 기틀 강화에 중점을 두어 개정한 ‘환경교육 활성화 및 지원에 관한 법률’이 지난 2020년 12월 정기국회 본회의를 통과한 이후 시행 준비에 박차를 가하고 있다고 밝혔다.

기후변화는 이제 ‘기후위기’라고 일컬어지며, 우리 인류의 건강과 생명에 직접적으로 피해를 주고 있다. 점차 기후변화에 대해 경각심을 가지고 건강한 환경을 후손들에게 물려줘야 한다는 목소리도 커지고 있다. 이에 따라,

기후변화에 대한 교육 역시 중요해졌고 우리나라를 포함한 많은 국가에서 정규 교육과정에서의 기후변화 대응 교육의 의무화를 시작하고 있다. 이러한 변화가 일회적인 법적인 제도 마련과 선언 등으로 끝나지 않고 중장기 정책 등으로 추진되기를 바라며, 교육의 의무화뿐만 아니라 훨씬 과감하고 근본적으로 변화된 기후변화 교육 시스템이 마련되기를 희망한다.

■ 참고자료

- 송영일, 기후변화 적응정책의 방향과 개선과제. 보건복지포럼 (2019.3)
- 최원기, 신기후체제 수립 관련 COP22 기후변화 협상: 평가와 전망, 국립외교원. (2016)
- 정윤지 외, 일반국민 및 이해관계자의 기후변화 적응 인식 비교 연구, 한국환경정책평가연구원 (2015)
- 박동일, 기후행동 일상화를 위한 실천적 교육 방안의 필요성 연구, 고려대학교 생명환경과학대학원 (2018)
- 이강본, 세계 최초 기후변화 교육 ‘의무화’, The Science Times (2019.11.12.)
- 정원식, 튼베리 세대 학교에서 키운다, 경향신문 (2020.1.14.)
- 최우리, 세계는 지금 기후변화 열공 중, 한겨레 (2020.6.29.)



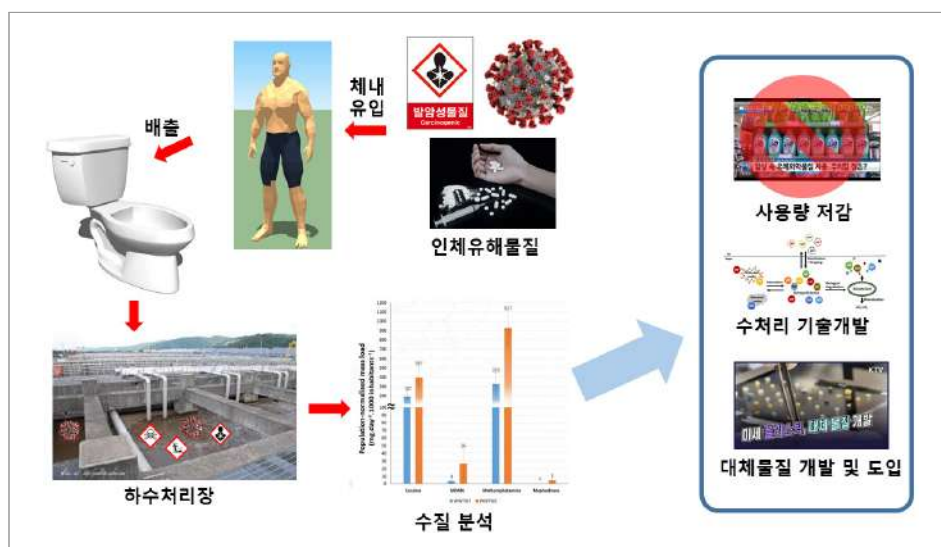
7. 하수 역학 기반 신종(유해)오염물질 제어기술

홍석원

한국과학기술연구원 물자원순환연구센터 책임연구원

1900년도 초까지만 해도 콜레라, 장티푸스 등의 수인성 전염병으로 인간의 평균 수명은 30~40세에 불과했다. 인류의 수명을 대폭 연장시킨 것은 질병을 고쳐주는 의학의 발전과 신약의 개발이 아닌 깨끗한 물을 공급하고 더러운 물을 처리하는 상하수도 기술이었다. 현대 상하수도 시스템은 단순히 먹는 물을 공급하고 생활 속에서 발생하는 하수를 처리하는데 머무르지 않고 사회구성원들의 건강 상태를 추정할 수 있는 데이터 공급원으로 활용이 확대되고 있다. 하수에는 사람의 배설물과 일상생활에서 사용하는 다양한 물질이 포함되어 배출되므로 지역사회 주민들의 생활 습관 및 건강 상태가 반영되기 때문이다. 이러한 ‘하수’의 정보와 집단 내 발생하는 질병의 빈도와 분포의 결정요인을 연구하는 ‘역학’을 결합한 ‘하수기반 역학(Wastewater-based epidemiology, WBE)’ 연구 분야가 최근 들어 주목받고 있다. 생활하수로부터 필요한 정보를 추출하고 WBE를 활용하면 지역 주민의 건강은 물론 생태계 오염원의 정확한 파악이 가능하게 된다. [그림 1]은 WBE의 한 예시로 신종(유해)오염물질 제어에 적합한 방안을 도출하는 모식도이다. 체내로부터 배출된 유해 바이러스 또는 의약품 잔류물질, 환경호르몬, 발암성 물질 등이 하수처리장에 유입되면 수질분석을 통해 밝혀진 오염원의 경로를 역추적할 수 있다. 이를 통해 사용량 저감, 맞춤형 수처리 기술 개발 및 대체물질의 개발과 활용 등의 해결방안을 제시함으로써 지역사회와 생태계의 건강성을 회복할 수 있다.

[그림 1] 하수 기반 역학 개념을 이용한 신종(유해)오염물질 제어 방안



해외에서는 마약류에 관한 선제적 관리 대응책을 마련하기 위해 WBE를 사용한 사례가 있다. 2001년 미국에서 처음으로 지역 주민이 사용한 불법 약물의 사용 추적을 위하여 WBE를 도입했다. 마약류가 몸에서 분해되지 않고 배출되어 하수에서 검출되기 때문이다. 이후 UN에서는 불법 마약류 사용 분석결과를 정책에 활용하고 있다.

최근에는 생활하수를 대상으로 COVID-19 검출에도 활용되고 있다. 워싱턴포스트(WP)에 따르면 2020년 8월 애리조나대 기숙사 하수 시료를 분석하여 COVID-19 무증상 감염자 2명을 찾아냈다. 이후 베일러 대학, 오클라호마 대학뿐만 아니라 매사추세츠주 보스턴, 네바다주 라스베이거스 등 주요 미국 도시에서도 하수 기반 역학을 적용하고 있다. 또한, 네덜란드에서는 6개 하수처리장 집수구역 내 COVID-19 확진자가 증가함에 따라 COVID-19 유전자 지표 물질의 하수 내 농도 역시 증가하는 것을 확인하였다.

국내에서는 부산대학교 오정은 교수팀이 하수처리장 3개소 하수 시료에서 마약 잔류 물질 22종을 검사한 결과 메스암페타민(필로폰)과 마약성 진통제인 코데인, 메페리딘, cis-트라마돌 등 7종류가 검출된 연구 결과를 발표했다. 이후 2020년에는 마약류 사용량 모니터링 조사에 WBE를 활용한 모니터링 기법이 도입되었다. 2020년 7월에는 국회입법조사처에서 WBE를 적용하여 COVID-19의 확산 현황을 분석하는 연구의 도입을 검토하자는 주장이 제기되기도 하였다.

최근 미국의 물연구재단(Water Research Foundation)은 ‘하수처리장에서 COVID-19의 유전적 지문에 대한 환경 감시’라는 주제로 2020년 5월 21일에 의회 브리핑을 통해 시료 채취 방법, 분자생물학적 기법을 사용한 COVID-19 검출 방법, 데이터 분석을 위한 커뮤니티 모니터링 및 이해당사자와의 의사소통에 관한 연구 결과를 발표했다. 이를 바탕으로 WBE를 통해 확보될 수 있는 장점은 크게 4가지로 정리할 수 있다. 첫 번째, 전염병 발생 추이를 분석하여 전염병 확산의 조기 진단이 가능하다. 두 번째, 특정 지역을 대상으로 질병 확산 역학 조사를 시행하여 지역 감염 여부를 진단할 수 있다. 세 번째, 하수처리시설 근로자에 대한 위험성 평가 기법으로 활용할 수 있다. 네 번째, 바이러스의 발원지 및 변이 추적 연구를 통해 감염원을 파악함으로써 피해를 최소화할 수 있다.

우리나라 도시지역 평균 하수도 보급률 및 하수 처리율은 각각 94.3%, 95.9%로 WBE를 접목할 수 있는 토대는 이미 구축되어 있다. 하지만, 하수 관련 대부분의 연구는 사후처리 중심의 수질 관리에 초점을 두고 있어 WBE 관련 기술은 아직 초기 단계에 불과하다. 따라서 WBE를 기반한 신종(유해)오염물질 제어기술의 개발과 도입이 가속화되어야 한다. 예를 들면, 인체 및 수생태계에 악영향을 끼치는 과불화합물, 머스크 캡톤 등과 같은 오염물질들이 위험농도로 검출이 되었을 경우, WBE를 통해 발생원을 역추적하고 신속한 대처로 야기될 수 있는 사회·경제적, 환경적 피해를 최소화할 수 있을 것이다. 또한, 이렇게 축적된 정보를 기반으로 발생원에서의 사용을 정책적으로 줄이거나 배제함으로써 지속 가능한 사회와 환경을 실현하는 디딤돌을 마련할 수 있다.

앞으로 하수에 포함된 수많은 정보를 토대로 전염병 방역 체계, 신종(유해)오염물질 제어 플랫폼 기술 등이 개발되어 정책지표로까지 활용된다면 인간 수명은 10년 이상 연장될 것으로 기대된다.

■ 참고자료

- Ferriman, A., BMJ readers choose sanitation as greatest medical advances since 1840. Br. Med. J., 334, 111. (2007)
- Eggimann, S. et al., The potential of knowing more: A review of data-driven urban water management, ES&T., 51(5), 2538-2553. (2017)
- UN Office on Drug and Crime의 Commission on Narcotic Drugs 회의자료 (2019.10)
- <https://www.washingtonpost.com/education/2020/09/02/college-coronavirus-privacy-laws/>
- www.kwrwater.nl/en/actueel/update-covid-19-sewageresearch/
- Kim, K. Y. et al., The first application of wastewater-based drug epidemiology in five South Korean cities. Sci. Total Environ., 524, 440-446. (2015)
- 신종·불법 마약류 사용행태 조사, 기획재정부 부처별 정책, 식품의약품안전처. (2020)
- 김경민, 하수기반 역학의 개념과 도입과제, 국회입법조사처. (2020)
- <https://www.waterrf.org/event/virtual-congressional-briefing-environmental-surveillance-genetic-fingerprint-covid-19>
- 2018 하수도통계, 환경부. (2019)



8. 미래 에너지 거래시장의 변화

손성호

한국전기연구원 차세대전력망연구본부 선임연구원

오랜 시간 동안 산업사회의 기반이 되었던 화석연료 중심의 전통적인 전력 생산방식은 탄소배출로 인한 지구온난화 및 기후변화의 가속화, 그리고 미세먼지로 인한 대기오염 확산 등 국제사회에서 환경적 문제의 원인으로 지적되어왔다. 이에 전 세계적으로 추진 중인 에너지 전환은 진행 중인 기후변화를 최대한 늦추고 인류의 지속적인 발전을 위해 필수 불가결한 과정이라고 할 수 있다.

에너지 전환은 사회-기술 체제(Socio-Technical System) 관점에서의 접근이 필요하다. 이는 에너지 산업의 전환을 기술적인 관점에서만 보고 관련 기술 개발에만 집중하기보다는 동시에 사회·경제적인 요소, 즉 전환되는 기술 특성에 부합하는 산업구조 및 시장구조의 변화가 진행되어야 한다는 것이다. 아무리 관련 기술이 개발되더라도 이와 연계되어 이미 고착화되어 있는 사회·경제적 구조가 같이 변화하지 않아 이를 수용할 수 없다면, 우리가 추구하고자 하는 전환과정은 제대로 완성되기 어려울 것이다.

현재 우리나라의 에너지 전환은 크게 탈탄소화 및 분산화의 두 가지 기술적인 관점에서 진행되고 있다. 탈탄소화는 에너지 효율 증대, 재생에너지 확산, 기존 석탄발전의 축소 등이고, 분산화는 분산형 자원의 증대 및 관련 인프라와 시스템의 개선·구축 등이다. 이것은 현재 정부에서 진행하고 있는 뉴딜 정책과도 맞닿아 있다고 할 수 있다. 한국판 뉴딜은 디지털화 및 그린(Green)화의 양축으로 추진되고 있는데 에너지 산업은 두 가지를 모두 적용할 수 있는 영역에 속한다.

앞에서 언급한 바와 같이 에너지 전환에 있어 산업 및 시장구조의 변화를 빼 놓을 수는 없는데 이와 관련하여 프로슈머(Prosumer)라는 단어가 있다. 이는 미래학자인 앨빈 토플러가 쓴 '제3의 물결'에 처음 등장한 용어로 에너지 분야에만 국한된 것은 아니었다. 하지만, 분산 에너지의 보급 및 확대와 그에 따른 비즈니스 모델들이 개발되면서 에너지 산업에서는 이미 보편적으로 사용되는 용어가 되어 가고 있다.

세계적인 에너지 시장의 전개 과정을 살펴보면, 에너지 프로슈머는 도매시장 참여를 넘어 직접 또는 중개거래 사업자를 통한 소매시장 참여로 점차 확산하고 있다. 그리고 이러한 추세는 가상발전소(Virtual Power Plant; VPP) 및 블록체인(Block-Chain) 기술 등의 발전으로 뒷받침되는 중이다. 하지만, 우리나라의 경우에는 에너지 산업에서 도매전력시장의 경직성, 소매전력시장의 독점, 열 및 가스 시장의 폐쇄적 구조 등으로 인하여 그 변화 속도가 제한되고 있는 것으로 보인다. 이는 기술이 발달하여 에너지 거래 플랫폼이 완성되더라도 산업 및 시장의 변화가 따라오지 않으면 반쪽짜리 전환이 될 수밖에 없다는 것을 의미한다.

경쟁의 정도에 따라 전력산업을 4개 모델로 구분한 Hunt(1996)의 정의에 따르면, 우리나라는 [표 1]에서 모델 2와 3이 혼합된 형태로 운영 중이다. 참고로 모델 4에 가까울수록 기술혁신이나 비용절감에 인센티브가 대체로 높아져 효율적인 생산 및 소비가 촉진된다고 볼 수 있다.

[표 1] 전력산업구조 모델

특성	모델 1	모델 2	모델 3	모델 4
	수직독점	단일구매기관	도매경쟁	소매경쟁
정의	전 분야 독점	발전경쟁 단독구매자	발전경쟁 배전회사선택	발전경쟁 최종소비자 선택
발전사업자 간의 경쟁	×	○	○	○
소매사업자의 공급자선택권	×	×	○	○
소비자의 공급자선택권	×	×	×	○

출처: 전력시장의 이론과 과제 p.62 (2019)

일반적으로 소비자의 공급자 선택 가능성이 늘어나게 되면, 공급자들은 보다 많은 소비자의 선택을 받고 이윤을 극대화하기 위해 다양한 노력을 시도하게 된다. 마케팅 및 경영전략 차원에서 그 중 하나가 가격 차별화(Price Discrimination)이다. 이는 제품 속성을 차별화하는 것과 연동되는데, 고객 그룹별 지불 의향(Willingness to Pay)을 파악하여 이에 맞는 상품 구성 및 가격을 설정하게 된다.

에너지 산업에서 네트워크 산업으로 공급받는 재화 자체의 속성은 크게 달라지기 어렵다. 하지만 동일 네트워크 산업인 통신 산업을 살펴보면 이미 비선형 가격전략(Non-linear Pricing), 묶음 가격전략(Bundling Pricing) 등 다양한 전략이 보편화되어 적용되고 있다. 다양한 요금제 중에서 본인의 소비 패턴에 따른 요금제를 선택할 수 있으며, 그 요금으로 통신 서비스뿐만 아니라 다른 서비스도 이용 가능하다. 마찬가지로 에너지 산업 또한 소비자의 공급자 선택권이 확보된다면 자연스럽게 공급자들은 경쟁을 통해 다양한 에너지 상품 및 요금 제도를 개발할 수밖에 없게 된다.

현재 대부분 가정에서 인터넷 및 TV 서비스를 연동하여 제공 받고 있는데, 해당 사업자들을 통해 에너지까지 공급받을 수 있게 되면 소비자는 의사결정을 할 수 있는 선택의 폭이 다양해지게 된다. 반대로 기존 에너지 공급 사업자가 통신 및 기타 서비스를 묶음으로 제공하게 되는 경우도 마찬가지이다. 아마도 하나의 공급자를 통해 통합적인 서비스를 공급받을 때의 추가적인 서비스 및 할인 등의 편의이나 그에 따른 비용 등을 따져보는 소비자가 많아질 것이다. 물론 이러한 시장구조로 변화되기 위해서는 현존하고 있는 다양한 규제 및 그 규제들이 존재할 수밖에 없었던 요소들의 해결이 전제되어야 한다.

■ 참고자료

- Sally Hunt and Graham Shuttleworth, Competition and Choice in Electricity, Wiley. (1996)
- 전력시장의 이론과 과제 p.62 (2019)



9. 기후변화와 산림생물 다양성의 영향

박찬호

국립생물자원관 유전자원정보관리센터 환경연구관

세계는 지금 예상외의 코로나19 충격으로 새롭게 바뀌려 하고 있고 앞으로 다가올 새로운 미래를 어떻게 그려나 가야 할지를 다양한 방면에서 논의하고 있다. 이러한 가운데 2020년 9월, 유엔 생물다양성협약(CBD) 사무국은 '제5차 지구생물다양성전망'(The 5th Global Biodiversity Outlook, GBO-5) 보고서를 발간했다. 이번 5차 보고서는 2010년에 세운 20개의 생물 다양성 유지·복원 목표의 달성을 위하여 당사국들의 노력과 이에 따른 결과를 최종 평가하는 내용이 담겨있었다. 안타깝게도 많은 당사국이 각국의 생물다양성과 관련한 국가 전략 및 이행 노력에도 불구하고 20개의 목표 중 완전히 달성된 것은 없었다. 그나마 나고야의정서 관련 이행, 보호지역 확대, 침입 외래종 관리 등의 일부 목표에서 부분적 달성은 이루어졌다고 평가되었다. 이 보고서에서는 1970년과 비교하여 야생 생물의 수는 1/3 정도만 남았고 지속해서 유전자 다양성이 감소하고 있으며, 산림의 파괴와 이에 따른 생태계 서비스 기능도 현저하게 저하되고 있다고 평가하였다.

또한, 기후변화의 심각성은 이제 '기후위기'로 나타나고 있다. 다보스 포럼이 발표한 '글로벌 리스크 조사 보고서 2020년'에 따르면 세계의 정치, 재계 리더들이 예측한 '앞으로 일어날 수 있는 장기 리스크'의 상위 항목들 대부분이 기후변화와 관련이 있었다. 특히 최근 한반도는 전 지구적 온난화 현상과 장기적인 기후 변동에 따른 영향이 갈수록 커지고 있다. 2011년에서 2017년 동안의 연평균기온은 13.0℃로, 이전(2000년대 12.8℃) 대비 점차 높아지고 있어 한반도에서의 온난화는 지속되고 있는 것으로 나타났다. 그리고, 2010년대 중반 이후 우리나라 봄철의 이상고온 현상의 빈도와 강도가 증가하였고, 극한 고온 현상의 빈도는 특히 2010년대 중반 이후로 빠르게 증가하고 있다.

이러한 기후변화의 영향은 생물종에게 직간접적으로 영향을 주게 될 것이며 이와 관련한 생물종간 네트워크에 변화를 주게 될 것이다. 예를 들어 이른 봄철의 기온 상승으로 식물은 개엽 시기와 개화 시기가 앞당겨지게 되며 이에 따른 식물을 이용하는 애벌레, 수분매개 곤충들에게 영향을 미치게 된다. 적절한 시기에 수분매개 동물들과의 상호관계를 성립하지 못한 다양한 식물들은 결실율이 저하될 것이다. 이러한 상황은 산림생태계 안에서의 식물 다양성을 감소시키는 영향을 줄 수 있으며, 과실 및 종자를 이용하는 다른 생물종에게도 영향을 끼치게 된다.

또한, 기후변화는 생물 개체에게의 영향뿐만 아니라 생태계 구조에도 영향을 준다. 예를 들어, 온난화 현상으로 인한 기온 상승과 대기 중 이산화탄소 농도 증가는 토양 중 미생물 활동에 영향을 줄 수 있다. 이는 유기물과 무기물 등의 분해속도를 증가시킴으로써 산림의 성장 환경에 영향을 미칠 것이다. 고도에 따른 산림생태계의 수직적 분포변화 양상 또한 영향을 받게 되는데 산악지형이 많은 우리나라의 경우 더욱 변화가 급격하게 나타날 수 있다.

산림생태계를 이루는 식물들의 이동 속도보다 기후변화의 영향이 크게 작용한다면 이에 적응하지 못한 생물종은 결국 생육지 변화에 적응하지 못하고 멸종위기에 처할 것이다. 이렇게 기후변화는 생태계 순환 체계와 유지성에 영향을 미치고, 생태계의 구성요소를 변화시키며 궁극적으로는 생물 다양성이 내포하고 있는 다양하고 종합적인 순환 구조에 변화를 가져오게 될 것이다.

기후변화로 인한 1차 생물종의 변화는 여러 분야에서 2차 생물 다양성 변화를 야기한다. 이는 산림생물 다양성을 구성하는 다양한 동물들이 변화하는 기상인자에 직접 영향을 받기보다는 산림생태계 구조 안에서 서식지 변화와 먹이자원이 되는 다른 식물, 곤충 등의 분포변화에 더욱 큰 영향을 끼칠 것이다. 또한, 새로운 병해충 및 단일 생물종의 발생 변화가 일어날 것이다. 예를 들면, 기온 상승에 따른 산림 식물의 유해 병원균과 해충의 생육 가능 기간이 크게 연장되고 겨울은 짧아져서 이들의 월동이 쉬워질 것이며, 이로 인해 연중 발생 개체 수가 증가하여 산림 생태계의 안정성을 위협할 것이다. 이처럼 다양한 부문에서 기후변화에 따른 연쇄적인 산림생물 다양성 변화가 나타날 것이다.

우리나라도 그간의 상황을 살펴보면 기후변화에 의한 영향이 두드러지고 있다. '한국 기후변화평가 보고서 - 기후변화 영향 및 적응(2020)'에 의하면 미래 기후 시나리오(RCP 4.5, RCP 8.5)에 따라서 2090년 이후 벚꽃 등 대 상 종의 개화 시기가 각각 6.3일과 11.2일 빨라지는 것으로 예측되었다. 소나무의 고사율은 겨울철 기온이 1℃ 증가할 때마다 1.01% 증가하는 것으로 분석되었고, 낙엽송과 잣나무의 경우 봄철 기온이 1℃ 증가할 때마다 고사율이 각각 1.43%, 2.26% 증가하는 것으로 확인되었다. 기후변화가 산림의 성장에 영향을 미치고 있으며, 이러한 영향은 수종별로 다른 것으로 확인되었다. 전반적으로 주요 침엽수종(소나무, 낙엽송, 잣나무 등)은 기후변화의 영향으로 성장률이 감소하는 반면, 참나무류는 증가하는 현상이 관측되었다. 지난 30년간 연평균기온이 상승함에 따라 군락 지 감소, 개화 시기 변화 등 산림 구성에서 변화 현상이 확인되었고, 특히 국내 주요 산지에 분포하는 아고산 침엽 수림의 감소가 두드러져서 최근 20년(1990년~2010년) 동안 약 25%의 면적이 감소하였다.

인류의 건강한 생활은 대부분 산림생물 다양성에 의존하여 유지되어왔다. 산림생태계가 갖는 여과 및 정화 기능에 의해 담수가 공급되고, 산림에서 얻는 다양한 식물에서 전통적 의약품이 활용되거나 개발되고 있다. 이렇게 중요한 산림생물 다양성의 쇠퇴는 결국 인간의 건강과 생활에 매우 큰 영향을 줄 것이다. 신종 코로나 바이러스 등 최근 발생하는 감염 중 60%는 동물 기원으로 알려져 있다. 최근 수십 년 사이에 인간이 숲을 개척하고 작물 재배와 가축사육에 이용함으로써, 가축, 야생 동물과의 접촉이 늘어난 것도 원인이 되고 있다. 이러한 산림 생물종으로부터 나타나는 서식지 손실, 악화, 분단 현상 등 산림생물 다양성의 취약성과 위험도를 낮출 수 있는 실질적인 대응방안 마련이 매우 시급하다.

2021년 5월 개최될 예정인 제15차 생물다양성협약 당사국 총회에서는 생물 다양성 회복을 위한 2030년 목표에 대하여 합의할 예정이다. 앞으로 지속 가능한 사회를 방향 짓는 중요한 결정에 있어서 측정 가능한 목표를 설정하고 확실한 계획에 연결할 것이며, 실현 가능하고 측정 가능한 구체적인 시책 들을 마련할 예정이다. 이것들은 세계 각국이 합의한 지속 가능한 개발목표(SDGs)의 달성과도 연결되어 궁극적으로는 생물 다양성을 회복시켜 지구 온난화를 줄일 수 있도록 새로운 경제 구조와 라이프스타일의 전환을 요구하는 '그린 리커버리'로의 연계까지 강조될 전망이다. 현재 전세계적으로 지구 위기를 극복하기 위한 '자연과 인간을 위한 새로운 정책'이 요구되고 있다.

■ 참고자료

- 제5차 지구생물다양성전망(The 5th Global Biodiversity Outlook), 유엔. (2020)
- 글로벌 리스크 조사 보고서. 세계경제포럼. (2020)
- 한국기후변화 평가보고서. (2020)
- 한국 기후변화평가 보고서-기후변화 영향 및 적응. (2020)



10. 기후위기와 감염병

채수미

한국보건사회연구원 미래질병대응연구센터장

코로나바이러스감염증-19(COVID-19)가 국내에 유입된 지 1년이 지났다. 일찍이 메르스 유행을 경험했던 우리나라의 초기 방역체계는 성공적으로 작동하는 듯하였다. 그러나 이전에 경험하지 못했던 신종 코로나바이러스의 전염력은 대규모 집단감염을 일으켰고, 결국 지역사회 확산으로 이어져 개인 접촉에 따른 감염 사례가 지속되고 있다. 기온과 습도 등 환경의 영향을 받는 바이러스의 특성으로 더운 여름에 확산세가 진정될 가능성에 대한 기대도 있었다. 그러나 국내에서는 8월 15일 집회로 2차 유행이라 일컬어지는 폭증이 발생했고, COVID-19의 유입 후 1년이 가까운 시점에 겨울철이 되면서 이전보다 더욱 강해진 3차 유행을 맞았다.

COVID-19는 감염으로 인한 후유증과 사망뿐 아니라, 감염의 확산만큼 빠르고 넓게 번진 정신적 충격과 스트레스도 우리 사회의 큰 과제가 되었다. 감염병은 비단 보건 정책뿐 아니라 교육, 경제, 산업, 국제 교류 등 다 부문에 혼란을 초래했고, 정치적 쟁점으로 이어져 집단 간, 세대 간 연대를 약화하기도 했다.

COVID-19의 유행이 장기화되면서, 종식보다는 지속을 가정한 미래 대비에 관심이 높아졌다. 사회적으로 향후 큰 영향을 미칠 것으로 예측되는 트렌드 중의 하나가 기후변화라는 점은 대체로 동의하고 있다. 세계보건기구(World Health Organization)는 인간의 건강에 위협이 될 것으로 예상되는 문제로 기후변화를 지적해 왔고, 2020년에는 기후위기(climate crisis)라는 용어를 사용해 기후변화의 영향이 중요한 보건학적 이슈임을 강조했다. 다만, 기후변화의 속도와 그로 인한 건강 영향은 가정과 시나리오를 기반으로 하므로 불확실한 측면이 있다.

감염병은 기후변화가 영향을 미치는 건강 문제 중의 하나로 고려됐고, 감염병 중 곤충동물매개 감염병, 수인성 식품 매개 감염병에 속하는 질병에 관해 연구가 이루어져 왔다. 전자는 감염된 곤충과 동물이 감염성 병원체를 전염시키는 경우이며, 말라리아, Dengue열, 지카 바이러스 감염증, 라임병, 웨스트나일열 등이 해당된다. 후자는 오염된 물과 식품을 섭취함으로써 발생하게 되며, 콜레라, 이질, 장티푸스 등을 예로 들 수 있다.

기후는 병원체, 매개체, 인간에게 직접 영향을 주기도 하고, 여러 경로를 통해 질병을 확산시키거나 재발하는 데 영향을 주게 된다. 기후변화로 달라질 수 있는 온도, 강수량, 습도 등 기상 현상은 매개체의 활동, 분포를 변화시키며 매개체의 서식지에 영향을 미칠 수 있다. 곤충동물매개 감염병의 영향 중 말라리아에 관한 연구가 가장 많이 보고됐는데, 기온이 증가함에 따라 모기의 수가 증가해 말라리아의 위험이 커지는 것으로 알려져 있다. 그러나 일부 연구에서는 말라리아의 위험이 증가했던 것이 기후변화보다는 농업의 변화나 매개체가 많은 농업 지역에서 이주해 온 노동자, 감염된 여행자를 통한 유입 등에 따른 것이라고 보고해 기후변화의 영향에 대한 논란이 제기되기도 했다.

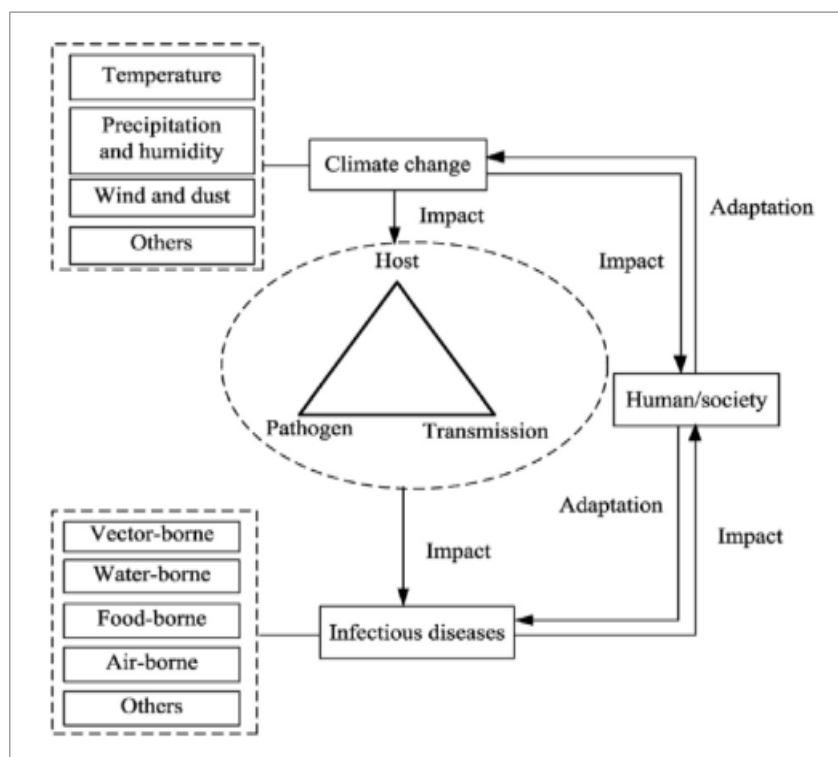
곤충동물매개 감염병과 비교하면 수인성 식품 매개 감염병에 대한 기후변화의 영향을 분석한 연구는 더욱 제한적으로 수행됐다. 병원체와 인간이 연결되는 경로를 조사하는 것이 어렵고 복잡하므로, 연구의 대상 공간, 시간적 범위에 따라 상반된 결과가 도출되기도 했다. 그럼에도 기온의 증가가 설사 환자의 발생을 증가시키고, 세균성이질, 살모넬라증 등의 감염병과 관련성이 있는 것으로 보고된 바 있다. 또한, 홍수, 가뭄과 같은 극한 기상 현상 역시 여러 수인성 식품 매개 감염병에 큰 영향을 미치는 요인임을 밝힌 연구들을 확인할 수 있다.

한편, COVID-19가 진행 중이기는 하지만, 유행 초기 기후요인과 COVID-19와 관련성을 분석한 연구들이 보고되기도 했다. 다수의 연구가 기온, 습도가 증가할수록 COVID-19가 감소할 것으로 보았다. 습도가 높은 환경에서는 바이러스로 가득 찬 침방울이 공기에서 빨리 제거될 수 있고, 반대로 건조한 공기는 가볍고 건조한 에어로졸을 형성하는 데 유리하게 작용한다. 또한, 추운 날씨에는 사람들이 환기되지 않는 실내에 밀집하는 것도 영향을 줄 가능성이 있다.

이러한 연구들과는 반대로, 기온이 증가할수록 COVID-19가 증가할 것이라는 논의도 있었다. 그런데 이 연구들에서는 조금 특수한 조건이 반영돼 있다. 인구이동이 많고, 인구밀집도가 높은 지역을 분석 대상으로 했기 때문에, 그러한 조건이 감염병 확산에 상당히 기여하므로 기후환경 인자의 영향을 파악하는 데 어려움이 있었을 것으로 보인다. 또한, 적정 수준의 기온 상승은 인간의 활동을 촉진함으로써 개인 간 접촉이 증가할 가능성이 있는 것으로 분석되기도 했다.

기후변화가 감염병에 미치는 영향에 대한 근거가 일관되지 않음에도, 감염병 대응에서 미래 기후위기에 대한 대비가 중요하게 논의되고 있다. 병원체(pathogen)는 생존하고 번식하는 데 적절한 기온의 범위가 있는데, 기후변화에 따른 기온 증가는 병원체의 생활주기에 영향을 미쳐 병원체를 증식시키기도 하고, 감소시키기도 한다. 또한, 기온이 증가하여 따뜻한 지역이 확장될수록 곤충과 같은 숙주(host)의 서식 분포가 넓어져 감염병 확산 가능성이 커진다. 기후변화는 인간을 포함한 숙주의 행동 패턴도 변화시킬 수 있다. 계절에 따라 여행, 신체활동, 생활습관이 달라지면서 전염경로(transmission)에 영향을 줄 수 있다. 이처럼 기후변화가 병원체, 숙주, 전염경로에 영향을 주면서 결국 감염병 발생 위험을 증가시킬 수 있는데, 이 과정에 국가의 시스템과 그 시스템을 작동하게 하는 사회 문화적 특성이 감염병의 위험을 증가시키거나 완화할 수 있다. 기후변화와 감염병의 관계는 이처럼 복잡한 메커니즘으로 설명된다. 또한, 기후환경의 변화가 생물학적 다양성을 감소시키고 동물의 서식지를 파괴함으로써, 인간과 동물의 접촉 가능성이 증가할 수 있다는 원헬스(One Health)의 관점에서도 기후변화에 대한 위기가 부각되고 있다.

[그림 1] 기후변화가 감염병에 영향을 미치는 경로



■ 참고자료

- Urgent health challenges for the next decade. World Health Organization(WHO). (2020)
- Wu X, et al., Impact of climate change on human infectious disease: Empirical evidence and human adaptation. Environment International, 86, 14-23. (2016)
- 채수미 외. 환경보건정책 선진화를 위한 기후변화 대응 감염병 정책 연구. (2020)

Guest Author

TREND 1

박상준 팀장

한국교통연구원 기후변화 지속가능교통연구팀

TREND 2

변영화 팀장

국립기상과학원 미래기반연구부 기후시나리오팀

TREND 3

엄기증 실장

한국기후변화연구원 기후정책연구실

TREND 4

김정인 교수

중앙대학교 경제학부

TREND 5

김정인 교수

중앙대학교 경제학부

TREND 6

남상덕 사무국장

(사)한국환경교육협회 사무국

TREND 7

홍석원 책임연구원

한국과학기술연구원 물자원순환연구센터

TREND 8

손성호 선임연구원

한국전기연구원 차세대전력망연구본부

TREND 9

박찬호 환경연구관

국립생물자원관 유전자원정보관리센터

TREND 10

채수미 센터장

한국보건사회연구원 보건정책연구실

미래질병대응연구센터

Research Team

오상진 연구원 (연구책임)

이구용 기술총괄부장

손범석 선임연구원

김지예 연구원

하수진 연구원

최지혁 연구원

홍민지 학생연구원

Contact

녹색기술센터 기술총괄부

Tel: 02-3393-3988

E-mail: rurouni628@gtck.re.kr

본 연구는 녹색기술센터의 주요사업 중 하나인
“기후기술 수준조사 및 중점 육성분야 발굴 연구
(2020)”(과제번호: R20121)의 지원을 통해 수행
되었습니다.

