기후변화 대응을 위한 과학기술 정책

글 : 이일수 (islee2022@gmail.com)
과학기술정책연구원 초빙연구위원

1992년 체결된 유엔기후변화협약(UN, 1992) 1조에서는 기후변화를 '전지구 대기의 조성을 변화시키는 인간의 활동이 직접적 또는 간접적으로 원인이 되어 일어나고, 충분한 기간 동안 관측된 자연적인 기후변동성에 추가하여 일어나는 기후변화'로 정의한다. 지구의 평균온도가 인위적인 원인으로 발생한 온실가스로 인해 상승하고 있다는 것은 새삼스러울 것도 없는 자명한 사실이다. 이와 함께 학문적 가설이었던 기후변화가 이제는 '현실적 문제'임에 반대할 이는 없을 것이다.

기후변화로 인해 지구의 온도가 평균을 벗어남에 따라 생태계도 변화하고 있다. 이러한 변화의 흐름에 몸을 맡길 수밖에 없지만, 우리 인간을 비롯한 지구상 생물체들은 이런 변화에 익숙하지 않은 것이 사실이다. 바뀌고 있는 환경에서 살아남기 위해서 식물과 동물 모두가 발버둥 치고 있는 상황에서 지구를 평상상태로 유지하기 위해 세계의 지도자들이 모여서 논의하고 있다.

기후변화를 논의하면서 생각나는 사람이 있다. 스웨덴의 화학자이자 물리학자인 스반테 아레니우스(Svante August Arrhenius, 1859~1927, 1903년 노벨화학상 수상)는 이산화탄소가 대기 온도조절장치의 역할을 한다고 말한 최초의 사람이다. 그는 1895년 12월 스톡홀름의 물리학회에 제출한 '공기 중의 탄산이 지면의 온도에 미치는 영향들에 관하여'라는 논문에서 이산화탄소가 두 배로 증가하면 지구의 평균온도가 5.6℃ 가량 증가할 것이라는 결론을 내렸다. 약 120년 전에 연필로 계산한 결과가 지금의 상황과 거의 비슷하다.

또 한 사람은 미국의 찰스 킬링(Charles David Keeling, 1928~2005)이다. 지구의 숨결을 표시한 킬링 곡선(Keeling Curve)으로 더 잘 알려진 킬링박사는 1958년부터 하와이 마우나로아에서 이산화탄소 양을 측정한 결과, 대기 중의 이산화탄소 농도 변동이 계절적인 변동을 넘어서 매년 증가하는 것을 발견하였다. 이산화탄소 농도와 지구 온도와의 상관관계의 근거를 제시한 것이다. 그 외에도 여러 사람이 있지만 위의 두 사람은 사명감을 가진 대표적인 과학자임에 분명하다.

지구의 온도가 높아지고 있다. 우리도 지구인으로서의 역할을 담당해야할 시기이다. 선진국과 개도국의 사이에 있는 우리나라는 경제대국 중에 포함된다. 그 만큼 세계에서의 역할도 증가하고 있다. 국제사회에서의 역할도 중요하고 지구를 살리기 위한 노력

그림 1 : **파리기후협약의 체결**

자료 : http://www.huffingtonpost.com/harro-van-asselt/beyond-paris-some-major-a_b_8813966.html

도 중요하다. 과연 할 수 있는 일은 무엇이 있을까? 어떤 역할을 해야 하는 것인가? 여러 가지로 생각이 많이 필요한 국제적 이슈이다.

신기후체제의 출범

기후변화협약은 이러한 지구를 살리기 위한 세계 지도자들의 노력이다. 기후변화협약은 1992년 유엔환경개발회의에서 채택되어 1994년 발효되었다. 1997년 협약내용을 구체화하는 교토의정서를 채택하고 이는 2005년 발효되었다. Post-2012 체제 수립에 실패하고 교토의정서는 2020년까지 연장되었다. 이러한 상황에서 2020년 이후의 문제를 논의하기 위해 2015년 12월에 제21차 기후변화협약당사국총회(COP21)가 파리에서 개최되었다[1]. 세계의 지도자들이 모두 모인 이 자리에서 도출된 협의 결과가 바로 파리협정이다. 파리에서 열린 소위 '지구회의'라고 일컫기도 하는 협정에는 195개국이 참여하여 전세계가 동참하는 협정이다.

파리협정(Paris Agreement)의 주요내용을 살펴보자. 파리협정의 형식은 국제법적으로 구속력 있는 조약이다. 목표는 산업화 이전에 대비하여 지구평균 온도를 2℃ 보다 상당히 낮은 수준인 1.5℃ 상승에 그치도록 노력하는 것이다. 이전의 협정 목표인 2℃ 보다 낮게 설정된 이유는 남태평양 국가들이 자신들의 나라가 없어지는 기준의 협정에는 서명할 수 없

1) 제21차 기후변화협약총회(Conference of Parties 21) : 195개국 정부대표, 국제기구, 민간단체 등이 참가하여 신기후체제 대한 협정문 채택

다고 강력한 주장하였기 때문이다. 이 목표는 추가적으로 IPCC[2]의 과학적 검증을 요청한 상태이다. 이산화탄소 감축을 위해 각국이 스스로 결정한 자발적 감축목표(Intended Nationally Determined Contribution, INDC)의 제출을 의무화해야하고, 이에 대한 이행은 국내적으로 실행하되 5년 주기로 보다 진전된 목표를 제출하여야 한다.

파리협정의 시대사적인 의미는 "화석시대 종말의 시작점"이라고 볼 수 있다. 세계 에너지 소비의 80% 이상을 차지하는 화석연료의 종말을 시작하고자 한다면 이에 대응하는 에너지 생산 기술이 확보되어야 한다. 지구온도를 2℃ 이내로 억제하기 위해서는 우리가 배출할 수 있는 이산화탄소의 양, 흔히 말해서 '탄소예산'이라고 일컫는 이 수치는 2100년까지 1,000Gt CO_2에 불과하다. 다시 말해 2055~2070년까지는 탄소중립(Carbon Neutral), 2080~2100년 사이에는 온실가스 중립이 달성되어야 한다. 1.5℃까지 온도 상승을 제한 목표로 한다면 탄소예산은 더 적어지고 화석연료의 종말 시기는 당겨지게 될 것이다. 즉, 화석연료의 고갈을 걱정할 것이 아니라 기후변화를 더 심각하게 생각해야 하는 것이다.

파리기후협약에서는 미국 및 중국 등이 감축의무에 참여하지 않고 전세계 온실가스 배출의 15%만 관리하고 있는 현 교토의정서의 한계를 극복하기 위하여 모든 국가가 참여하는 협정을 추진하고 있으며, 현재 각국은 자국의 자발적인 감축목표를 제출한 상태이다. 현재 제출된 감축목표 달성만으로도 연간 배출량 증가율은 점차 둔화될 전망이지만 지구온도증가를 2℃ 이내로 달성을 위해서는 배출량을 대폭 감축해야 한다. 국제에너지기구(IEA)의 분석에 의하면 INDC를 잘 이행했을 경우에 지구 평균기온이 2.7℃ 상승할 것으로 추정되고 미이행시에는 4~5℃가 오를 것으로 전망하고 있다.

자발적 감축과 더불어 개도국들이 주장하는 선진국들의 기여방안에 대하여도 각국의 입장이 첨예하다. 개발도상국의 온실가스 감축과 기후변화 적응 노력을 지원하기 위하여 2010년 제16차 당사국총회의 합의에 따라 설립된 국제금융기구가 GCF(Green Climate Fund)이다. 우리나라 인천 송도에 사무국을 두고 있는 GCF를 통해 선진국들은 2020년까지 매년 1,000억달러씩, 총 8,000억 달러의 기금을 조성하여 지원하기로 약속하였다. 기금 사용처로 기구는 페루 아마존 지방 습지 보존, 세네갈의 염류화 지대 복원과 방글라데시 기후회복력 복원 등 8건의 사업을 승인하였다. 하지만 2015년 현재 기금조성측면에서 보면 37개국이 102억 달러 공여를 약속하고, 28개국이 58억 달러 규모의 공여 협정을 체결한 수준에 머무르고 있다. 앞으로의 신기후체제 협상이후에 선진국들의 보다 적극적인 참여가 있을 것으로 기대된다.

---

2) 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC, Intergovernmental Panel for Climate Change) : 1988년 세계기상기구와 유엔환경계획이 공동으로 기후변화 문제에 대처하고자 설립. 현재 세계 195개국이 회원국으로 활동. 각국 과학자들이 참가하여 기후변화 평가보고서를 주기적으로 발간하고 있으며, 이는 기후변화 관련 국제논의의 과학적 근거자료로 활용되고 있음. 현재 우리나라 이회성 박사가 의장으로 활동하는 국제기구임.

그림 2 : **기후변화 대응을 위한 기술개발 분야**

자료 : 저자 작성

기후변화 대응 기술의 개발

기후변화는 자연현상이다. 이를 이기려고 할 것이 아니라 잘 적응하는 것이 가장 중요한 과제이다. 이를 위해서는 먼저 기후변화를 과학적으로 이해하고 다가올 미래를 예측할 수 있어야하며 예측에 대한 영향 분석을 할 수 있어야 한다. 두 번째는 대자연의 흐름에 능동적으로 변화하고 적응할 수 있어야 한다. 세 번째는 국가, 기업, 개인이 지구를 보호하려는 노력으로 온실가스 감축을 스스로 실천하여야 한다. 마지막으로 온실가스 저감을 위한 효율적인 기술개발이 이루어져야 한다.

기후변화는 지구 역사에 항상 있어왔다. 최근에 기후변화를 자주 논의하는 이유는 이러한 사실을 과학적으로 확신하기 때문이다. 이는 세계의 기후학자 2,500명이 참여하여 발간하는 IPCC 평가보고서에 잘 나타나있다. 보고서에 따르면 관측된 기후변화로 인해 기온 상승, 해수면 상승, 빙하감소 등 전례없는 변화가 관측되고 있는데 그 주요원인이 인위적인 온실가스 배출임을 분명히 했다. 2007년 발표된 4차 보고서에서는 인위성의 가능성을 90% 정도로 매우 높은 수준이라고 밝혔으며, 2014년 5차 보고서에서는 그 가능성이 95% 이상 확실하다고 천명하고 있다.

날씨를 예측한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 더욱이 기후변화로 이상기상 현상이 심각한 최근에는 여러 나라에서 기상재해가 동시다발적으로 일어나고 있다. 기상재해가 증가함에 따라 일기예보, 장기예측, 영향분석 등이 중요한 요소가 되고 있다. 일기예보뿐만 아니라 이상기상에 대한 영향예보도 중요하다. 기후예측, 탄소추적, 영향분석 등에서 과학적이고 누구라도 인정하는 근거를 제시하기 위해서는 기후과학 분야에 꾸준한 기술개발이 요구된다. 향후에는 빅데이터, 딥러닝을 통한 기후예측의 과학적 분석 등이 가능하다고 본다.

기후에 적응한다는 것은 생존의 문제이다. 찰스 다윈은 "가장 강하거나 가장 지적인 종이 살아남는 것이 아니다. 가장 변화에 잘 적응하는 종이 살아 남는다"고 했다. 역사적으로 보면 찬란한 문화를 자랑하고 약 2000년간 번성했던 마야문명도 기후변화로 사라졌다. 모두가 알다시피 마양문명은 당시 세계에서 가장 발달하고 가장 오래 지속된 문명이었다. 하지만 800년에서 950년 사이의 30년 동안 최악의 지속적인 가뭄으로 인해 사회전체가 허무하게 무너져 그 잔재를 정글 속에 남겼다. 이처럼 자연의 거대한 물결과 싸워서 이길 수는 없다. 우리가 살아남기 위해서는 적응하고 순응해야 한다. 우리는 왜 기후변화에 적응해야 하는가?

온실가스 배출이 현저히 줄어들더라고 향후 약 100년간은 과거에 배출한 온실가스로 인해 지구온난화는 계속될 것이다. 따라서 기후변화에 적응하는 것은 기후변화로 인한 피해를 저감하고 기회를 최대화하는 대응방안을 마련하는 것이다. 우리 정부는 저탄소 녹색성장 기본법 제48조 및 동법 시행령 제38조에 근거하여 매5년마다 관련 대책을 수립하고 시행하도록 규정하고 있다. 이를 근거로 지난 2010년 14개 부처 합동으로 '제1차 국가 기후변화 적응대책(2011~2015)'을 수립 추진하였으며, 이를 기반으로 20개 부처[3] 합동으로 '제2차 국가기후변화 적응대책'을 수립하여 보완 발전시켜 나가고 있다. 2차 적응대책의 주요 내용은 첫째, 과학적인 기후변화 위험관리 체계를 마련하여 보다 정확한 기후변화 정보를 제공하는 것, 둘째, 기후변화로부터 안전한 사회 건설을 위해 기후변화에 취약한 계층과 지역을 우선적으로 관리하고, 건강과 재난 관리에 대해 선제적인 대응시스템을 마련하는 것, 셋째, 기후변화 위기를 기회로 활용하기 위해 산업계의 기후적응역량을 높이는 등 경쟁력 강화에 힘쓰는 것, 넷째, 기후변화로 인한 야생동식물 서식 환경 변화와 생태계 교란에 대비하기 위해 지속가능한 자연자원을 관리하는 것으로 정리할 수 있다.

우리나라는 온실가스 감축계획으로 전 경제 분야에서 2030년까지 배출될 것으로 예상되는 온실가스 배출전망치 8.5억톤 CO_2 중 약 37%(3.1억톤 CO_2)를 감축할 것을 전 세계에 공표하였다. 더불어 아시아 국가 최초로 2015년부터 시장 메커니즘을 활용하여 전국 단위 「온실가스 배출권 거래제」를 시행하고 있다. 현재 525개 배출권거래제 대상업체의 온실가스 배출량은 우리나라 전체 배출량의 67.7%를 차지하고 있다. 화석연료 사용으로 인한 온실가스 배출을 줄이기 위해 전환 부문에서 신재생에너지 공급을 의무화하고 확대하는 한편 신재생에너지 발전시설 설치비를 보조하고 있다.

기후전쟁의 승자는 기술선진국이다. 현재 탄소저감 기술은 아직은 도전할 가치가 있는 기술이다. 우리나라도 이 분야에서는 기술선진국이 될 수 있다. 정부는 기후변화를 완벽하게 해결하는 것은 불가능하다는 전제하에 적극적으로 대응 기술을 개발하여 블루오션 시장을 선점하는 계획을 수립하였다. 화석연료대체, 에너지 소비 효율화, 온실가스 처리, 적응 등 기후변화 대응기술을 선정하여 선정된 기술을 중

3) 환경부, 기획재정부, 교육부, 미래창조과학부, 외교부, 통일부, 국방부, 행정자치부, 문화체육관광부, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 보건복지부, 고용노동부, 국토교통부, 해양수산부, 국민안전처, 기상청, 농촌진흥청, 산림청, 문화재청

심으로 우리나라가 잘 할 수 있고 산업 파급효과가 큰 기술에 선택과 집중한다는 전략을 수립하였다. 이는 핵심기술 개발을 통하여 기후변화와 성장동력 확보라는 두 마리 토끼를 잡는다는 전략이다.

구체적으로 살펴보면 미래부는 선진국 대비 기술수준을 분석하여 우리나라가 잘 할 수 있는 기술을 1단계로 선정하였다. 2단계에서는 세계 시장 전망 분석을 통하여 차세대 먹거리 기술에 집중하고, 3단계에서는 주력산업과의 연계성을 분석하여 산업 파급력이 큰 기술을 선정하였다. 그 결과 6대 핵심기술분야 30대 과제를 선정하여 추진하고 있다. 산업부는 미국이 제안한 미션이노베이션 로드맵 수립에 적극 참여하여 청정에너지기술 연구개발 투자를 확대하고 핵심유망 청정에너지 기술을 선별하여 2030년까지 사업화가능한 새로운 성장동력 발굴하고 있다. 더불어 탄소자원화 기술개발, 딥러닝을 통한 기후변화예측, 기술융합을 통한 새로운 패러다임의 추구 등도 고려하고 있다.

마무리하면서

2016년 다보스포럼은 연도별 발생 가능성이 가장 높은 위험으로 대규모 난민, 이상고온 등의 날씨변화, 지구온난화와 같은 기후변화에 대한 적응 실패, 국가 간 갈등 고조, 대규모 자연재해를 꼽았다. 그리고 기간별로 발생 가능성 큰 위험들을 향후 18개월과 향후 10년으로 구분하여 발표하였다. 여기에 포함된 대부분이 기후변화와 관련이 있다. 시리아 난민 사태 등이 가장 중요한 이슈로 등장하고 있는데 이러한 난민문제의 발단은 기후변화에 기인하고 있다. 미국 컬럼비아 대학의 리처드 시거 교수는 그의 논문에서 시리아 사태의 근본원인을 추적하였는데, 시리아 사태가 2007~2010년 기상관측 이후에 최악의 가뭄으로 인한 농민들의 도시유입에 기인한 것이라고 언급하였다. 비단 인권의 문제뿐만 아니라 경제, 사회, 문화, 금융, 자원 등 모든 문제들이 기후변화와 깊은 관련이 있다.

정부차원에서 그리고 글로벌 차원에서 기후변화에 적극적으로 적응하고 관련기술을 개발하자는 것이 이번 파리협약에서 천명되었다. 기후변화를 과학적으로 증명하고 감축목표 설정을 통해 모든 생명체가 적응하는 정책과 탄소저감기술을 개발하여야 한다. 우리나라가 목표로 하고 있는 BAU 대비 37%의 감축목표의 달성은 쉬워 보이지 않는다. 또한 발전부문에서 발생되는 이산화탄소 3.3억톤을 신재생에너지 보급으로 감축하는 것 역시 쉬운 일이 아니다. 산업부문의 효율은 이미 세계 최고 수준이라는 주장도 있지만, 탄소포집저장 기술이나 탄소자원화 기술은 아직 풀어야할 난제가 많이 존재한다. 이러한 관점에서 혁신기술을 개발하는 것만이 유일한 해결책이다.

국제사회에 약속한 감축목표를 달성하고 앞으로 더 진전된 목표를 제시하기 위해서는 오직 기후관련 기술에 대한 연구개발에 의지할 수밖에 없다. 국가의 입장에서 세계시장의 기술적 선점을 위한 노력과 기업의 생존을 건 기술개발이 필요한 시기이다. 기후변화협약 국가기술협력창구로 지정된 미래창조과학부와 미션이노베이션을 주도하고 있는 산업자원부의 경쟁이 아닌 상생협력의 문화가 시급한 시기이다. 정부부처 간 협력 외에도 정부와 기업, 대기업과 중소기업, 도시와 농촌, 도시 간, 전문가 간 협력과 상생의 문화가 절실히 필요한 때이다.