



# IV

## 특집논단

- **특별 인터뷰** ..... 174  
이회성 | IPCC 의장 / 고려대 그린스쿨대학원 교수
- **신기후체제와 기후변화 대응 기술의 역할** ..... 181  
박환일 | 녹색기술센터 책임연구원
- **기후변화 영향에 대한 적응방향** ..... 200  
송영일 | 한국환경정책평가연구원 선임연구위원
- **신기후체제의 도래와 에너지·기후변화 정책방향** ..... 210  
임재규 | 에너지경제연구원 기후변화정책연구본부장



## 특별 인터뷰

### 이희성 | IPCC 의장 / 고려대 그린스쿨대학원 교수

2015년 10월, 크로아티아의 두브르니크에서 후보가 전해졌다. 고려대 그린스쿨대학원의 이희성 교수가 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)의 차기 의장으로 선출되었다는 소식이었다. 이번 선거에는 한국, 미국, 스위스, 오스트리아, 벨기에, 시에라리온 등 총 6개국 후보가 치열한 접전을 보여 당선가능성을 쉽게 가능할 수 없는 어려운 선거였지만, 2차 결선 투표에서 이희성 교수가 벨기에의 장 파스칼후보를 22표 많은 78표를 받아 당선되었다.

IPCC는 1988년 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 기후변화문제에 대처하기 위해 설립한 국제기구로 195개가 회원국으로 참가하고 있으며, 2007년 노벨평화상을 받은 대표적인 기후변화 관련 국제기구이다. 앞으로 이희성 의장은 이 곳에서 제 6차 기후변화 평가보고서가 완성될 때까지 IPCC업무를 총괄수행하게 된다.

취임 이후 해외를 오가며 바쁜 일정을 보내고 있는 이희성 의장을 서울시 동작구 기상청(KMA) 내에 자리한 IPCC CHAIR룸에서 그린스쿨대학원 학생들이 만났다.

아래는 이희성 의장과의 일문일답.

- 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)의 의장으로 선출되신 것을 진심으로 축하드립니다. 언제부터 IPCC와 인연을 맺게 되셨나요.

“1992년부터 IPCC와 함께 했습니다. 초대 에너지경제연구원장을 맡고 있을 1988년 당시에 처음 IPCC를 알게 되었고, 설립 때부터 옵서버로 참여하다가 1992년부터는 경제학자 중심으로 기후변화의 사회·경제적 영향을 다루는 제3실무그룹의 공동의장을 맡았고, 이후 2008년부터는 부의장으로 활동해 왔습니다.”

\* 서울대 무역학과를 졸업하고 1975년 미국 럿거스대에서 경제학 박사 학위를 받았다. 다국적 석유회사인 엑손에서 이코노미스트로 일하다 귀국해 한국개발연구원에서 에너지 분야를 연구했다. 1986년 초대 에너지경제연구원장을 맡아 오랜 기간동안 재직하며 에너지와 환경 분야의 권위자로 인정받았다. 세계에너지경제학회장, 계명대 환경대학장 등을 지냈고, 현재 고려대 그린스쿨(에너지환경정책기술대학원)에서 기후변화정책을 가르치고 있다. 20여년간 IPCC실

- IPCC의 가장 중요한 결과물은 현재 5차까지 간행된 평가보고서(Assessment Report)라고 할 수 있을 텐데요. 이 평가보고서의 주요 집필진은 어떻게 선정되나요.

“먼저 IPCC 회원국 195개 국가의 각 정부가 지명을 해야 합니다. 3개의 실무그룹 별로 공동의장 및 실무그룹 부의장으로 구성된 실무그룹 의장단이 1차 심사를 합니다. 분야별로 후보자의 전문성을 철저히 확인합니다. 각 분야의 최고 전문가인지를 검토합니다. 추천된 1차 명단을 대상으로 IPCC 의장단 회의에서 전문성, 선진국·개도국의 균형, 성비율 균형 등을 모두 고려해 최종 선정하게 됩니다. 경쟁률이라는 말을 붙이기엔 어폐가 있긴 하지만, 이 선정과정은 매우 까다롭고 치열합니다. IPCC 평가보고서 주 저자가 되는 것은 해당 분야에서 세계 최고의 전문가에게만 주어지는 명예입니다. 주요 저자들은 모두 자발적인 봉사자들로서, 보고서 작성에 따른 급여가 주어지지 않는 명예직이지만, 많은 학자들이 참여를 원하는 것을 지켜볼 수 있습니다.”

- IPCC의 성격상 주요 집필진은 대기과학, 기상학 등 자연과학 분야의 연구자들이 대부분이라고 생각됩니다. 기후변화의 사회·경제적 영향을 다루는 사회과학자들 구성은 어떻게 되어있나요.

“경제학자가 제일 많고, 다음으로 정치학자, 사회학자, 인류학자 등 골고루 포진해 있습니다. 최근에는 철학자도 포함되고 있습니다. 그 이유는 기후변화 이슈가 경제사회적인 차원은 물론 윤리적인 부분과 연결된 측면이 많기 때문입니다. 예를 들어서 기후변화 문제에 관한 선진국과 개도국의 이슈의 핵심은 윤리적인 접근이 핵심입니다. 또한 앞으로 국가 간 이주나 난민 문제 등에 있어서 기후변화가 미칠 영향에 대한 관심이 급증하고 있습니다. 이러한 이주나 난민의 원인 중 일정 부분이 기후변화로 인해 발생한다고 보고 있기 때문에, 앞으로는 이러한 사안들을 면밀히 다루기 위한 정치학, 사회학 등의 연구가 더 활성화될 것으로 보고 있습니다.”

- 이렇게 선정된 집필진들이 어떻게 최종적인 평가보고서를 작성하게 되는지 그 과정에 대해 설명을 부탁드립니다.

“각국 정부의 지명을 받아 IPCC 의장단 회의에서 직접 선발된 700~800명에 이르는 다양한 분야의 연구자들은, 평가보고서의 주 저자(Lead Author)로서 보고서의 초안(Draft Report)을 작성합니다. 주 저자는 필요에 따라 자기 책임 하에 보조저자를 활용할 수 있는데 이를 기여 저자(Contributing Author)라 하며 주 저자가 선정합니다. 보고서 내용의 책임은 전적으로 주 저자에게 있습니다.



초안 작성이 마무리되면 이후 총 세 번의 검토(Review) 단계를 거치게 됩니다. 먼저 초안을 IPCC 웹사이트에 게시하여 공개검토(Open Review) 방식으로 전문가 검토(Expert Review)를 두 번에 걸쳐 진행합니다. IPCC 웹사이트에 전문가 등록절차를 마친 사람이라면 누구나 자신의 분야에 대해서 IPCC 보고서를 검토하고 이에 대한 의견을 개진할 수 있습니다.

검토 의견에 대해서 주 저자들은 이를 수용(Accept)하거나 거절(Reject)할 수 있습니다. 수용한다면 바로 보고서 반영으로 이어지나, 거절한다면 그에 대한 이유를 기록으로 남김으로써 검토의 투명성을 보장합니다.

이렇게 두 번의 검토를 거친 후, 마지막으로 IPCC 회원국 195개국 정부에 보고서를 보내어 정부의 공식 검토를 하게 됩니다. 정부 검토까지 모두 마치게 되면 최종 초안(Final Draft)이 완성됩니다. IPCC 총회의 승인을 거쳐 최종 초안은 최종 보고서로 공식화 됩니다.

이 최종초안을 근거로 별도의 보고서인 “정책결정자를 위한 요약본(Summary for Policymakers, SPM)이 작성됩니다. 이 요약본은 기후변화에 대한 과학적 근거, 기후변화의 영향과 위험, 해결방안에 대한 핵심 과학적 정보를 세계의 지도자들에게 제공하는 것이 목적이며, 요약본의 모든 단어, 문장, 그래프, 표는 IPCC 총회에서 195개 국가가 만장일치로 합의해야 합니다. “정책결정자를 위한 요약본”은 과학자와 정책결정자의 합작품이며, IPCC의 특징이자 강점입니다.



■ 최종 평가보고서와 정책결정자를 위한 요약본은 어떻게 다릅니까?

“최종 평가보고서는 기후변화의 과학적 근거, 기후변화의 영향, 적응과 취약성, 온실가스의 감축과 관련하여 과학적인 평가만 하는 것이지, 어떤 정치적인 평가가 들어갈 수는 없습니다. 과학 측면에서 기후변화를 논할 때는 과학은 오로지 과학일 뿐이니, 여기에 정치나 정책 등을 말할 수는 없는 것이죠.

하지만 SPM은 다릅니다. SPM 초안은 과학자가 작성하지만 각 국의 정책결정자가 한 단어, 한 단어 심의하고 전체가 합의해서 승인하는 것이죠. 이 과정에서 예를 들면, 개도국 정부 대표의 생각과 선진국 정부 대표의 생각이 다를 수 있습니다. 과학에 대한 차이가 있는 것이 아니라, 자국의 경제사회적인 가치, 정치적인 요구사항 때문에 과학적 메시지에 대한 정책적 측면에서의 시각 차이가 발생하는 것이죠. 중요한 것은 그런 토론과 심의 과정을 거쳐 기후변화과학에 대해 195개 정부가 합의하고 채택한다는 절차입니다. 이 때문에 IPCC 보고서는 기후협상에서 핵심적 정보로 활용됩니다.

국익을 옹호하고 보호하려는 각국 정부의 노력은 치열합니다. 요약본 초안에 만에 하나라도 자국에 해가 될 것이 들어가 있다고 판단된다면 그것을 제외하려고 요청하는 것이죠. 또 제외될 경우 자국에 해가 된다고 판단하는 국가는 당연히 반대하겠지요. 이렇게 국익 차원에서, 보고서를 해석하고 분석하는데 있어 국가별로 차이가 발생하는 것은 당연합니다. 그 과정에서 협의와 협상, 합의가 이루어지는 것이고요.

그럴 때 최종적인 목소리는 결국 과학자들의 몫입니다. 정책결정자들 사이에서 충돌하는 부분이 있죠. 협상을 통해 그 충돌 부분에서 공통의 합의점을 찾아가는 여러 가지 문구들을 도출하면, 이것이 과학적인 관점에서 볼 때 타당한지의 여부는 결국 과학자들이 최종적으로 판단합니다. 따라서 최종 SPM에 나온 모든 단어 하나 하나는 과학자들이 네 번에 걸쳐 검토한 보고서에 바탕을 둔 내용으로 이루어져 있기 때문에, 국가별 이해관계에 따른 협상과정을 거쳤더라도 결국 그 내용은 과학적인 사실성에서 벗어나지 않게 되는 것입니다.”

■ 현재 기후변화에 관한 투자들은 대체로 어떤 방식으로 이루어지고 있나요.

“보조금 형식이 대부분입니다. 탄소세가 정착되지 못했기 때문이라고 생각합니다. 기후변화를 막기 위한 대책 마련이 시급히 필요한데 당장 화석연료에 탄소세를 붙이지는 못하니, 현실적인 대안으로서 발전 비용이 높은 신재생에너지와 같은 비화석에너지에 보조금을 주는 것이지요.

화석에너지에 세금을 부과하는 것과 비화석에너지에 보조금을 주는 것은 마찬가지로의 결과를 내지 않을까 생각할 수도 있겠지만, 그렇지 않습니다. 보조금은 큰 비효율을 수반하게 됩니다. 세 가지 측면에서 생각해보죠. 첫 번째로, 보조금 대상을 선정할 때 정보의 비대칭성으로 인해 정부가 적절한 보조금 수혜자를 선정하지 못하는 문제가 발생할 수 있습니다. 두 번째로, 예산상의 제약 때문에 발생합니다. 예를 들어 기후변화 억제라는 목표를 달성하기 위해 보조금을 지급할 때, 그러한 보조금이 필요한 대상은 1만개이지만 실제로 예산상의 제약으로 인해 1천개 밖에 지급할 수가 없다면, 보조금을 준다고



해도 목표 달성이 이루어지지 않아 보조금은 비효율성을 수반하게 됩니다. 세 번째는, 보조금으로 인해 정작 장기적인 투자를 해야 할 부문에서도 투자를 하지 않고 단기적인 보조금에 의존하는 교착상태를 보이게 되는 일입니다. 신기후체제로 인해 저탄소사회는 기정사실이 되어 투자처가 무궁무진해졌는데도 불구하고 투자가 활성화되지 못하는 것이죠.

- 탄소세 관련하여 더 설명을 부탁드립니다. 요즘 신재생에너지 가격도 떨어지지만, 이와 더불어 유가도 같이 떨어지는 것이 문제인 것 같습니다. 이러한 상황 속에서 기후변화 대응을 위해 탄소세가 도입되는 것이 필요하다는 생각이 드는데, 탄소세가 제대로 정착하지 못하는 이유에 대해서는 어떻게 생각하십니까.

“탄소배출량을 줄이려면 화석에너지 대신 신재생에너지를 써야 하는데, 신재생에너지는 비용이 높으니까 쉽게 쓸 수가 없습니다. 탄소배출량 억제가 어려운 이유입니다. 이렇게 신재생에너지가 비싼 이유는 두 가지로 나누어 볼 수 있습니다. 하나는 기술력인데, 화석에너지보다 아직 기술적으로 미성숙한 단계에 있으니 비싼 것이죠. 다른 하나는 화석에너지 자체의 가격이 떨어지니까 신재생에너지가 상대적으로 비싸지게 되는 것입니다.

그런데 여기서 화석에너지가 왜 싼 것이냐에 주목해 볼 필요가 있습니다. 그것은 수요와 공급 때문에 싼 부분도 있지만, 기본적으로 화석에너지 비용이 제 값을 지불하지 않은 비용으로 잡혀있기 때문입니다. 탄소세는 바로 이런 숨어있는 비용을 지불하고, 제 값을 내고 쓰라는 개념이지요.

기술이 발달해서 저질로 비화석에너지의 가격이 떨어져 시장에서 우위를 차지하는 경우도 있을 수 있겠습니다. 하지만 그 시간이 100년쯤 걸린다고 하면 아무런 의미가 없는 것이죠. 그렇다면 “앞으로 5년 이내, 10년 이내”와 같이, 기한을 정하는 식으로 생각해야 합니다만, 정확히 언제라고 단정하기가 어렵습니다. 게다가 언젠가는 기술이 문제를 해결할 것이라고 기다리기만 하는 것은 넌센스죠. 지구를 놓고 도박을 하는 것과 마찬가지입니다.

그렇다면 정책을 통해 인위적으로 화석에너지와 비화석에너지의 가격을 바꿔줘야 하는데, 이것이 바로 탄소세입니다. 세금제를 시행하려면 정치적인 과정을 거쳐야 하기 때문에, 유권자들의 동의가 필요합니다. 지금까지는 사람들이 동의를 해주지 않았죠. 거기까지가 현실입니다. 하지만 앞으로 어느 시점에 이르러 동의를 하게 된다면, 언제 동의할지, 얼마나 동의할지가 중요합니다.

탄소세가 제대로 기능을 하려면 경제학이 제시하는 신호(Signal) 기능을 해야 합니다. 신호기능을 하기 위해서는 가격이 추가처럼 널뛰기를 해서 안 되고, 투자자들에게 상당 기간 일정 비율로 수익을 줄 수 있어야 합니다. 일정 기간 투자하면 투자비를 회수할 수 있어야 하겠고, 다른 곳에 투자했을 때와 같은 정도의 수익을 얻을 수 있어야 투자가 활발히 이루어지겠죠. 다시 말해서, 비즈니스 부문에 확신을 주어야 한다는 얘기로 치환될 수 있겠습니다.”

- IPCC 평가보고서가 비즈니스 부문에서 활발히 활용될 수 있게 하기 위해서는 어떻게 하는 것이 좋을까요.

“그동안 보고서가 만들어질 때마다 보면, 정부 사람들은 속독을 하는데 정작 투자를 결정하는 때를 쥐고 있는 비즈니스 부문에서는 무관심하더라고요. 신기후체제가 제대로 정착할 수 있기 위해서는 비즈니스 부문에서 관심을 갖고 투자할 수 있도록 유도하는 것이 관건입니다. 따라서 앞으로의 IPCC 평가보고서는, 바로 그런 목적을 위해 무엇이 필요하고 무엇이 만들어져야 되는지에 대한 노력을 담을 예정입니다.

투자와 연결될 수 있는 결정력을 지닌 보고서를 작성하기 위해, 주 저자들을 선정할 때 비즈니스 부문에 속해 있는 많은 과학자들도 참석할 수 있도록 할 예정이고, 검토 단계는 물론이거니와 평가보고서가 나온 이후에도 비즈니스 부문의 참여와 관심을 유도할 계획입니다. 이를 통해 6차 평가보고서에서는 기후변화협약에 따른 이산화탄소 감축 행동이 부담이 아니라 새로운 기회의 문임을 보여주는 차원에서 이를 입증해 줄 연구결과들을 종합적으로 평가하게 될 것입니다.”

- 한국도 말씀하신 것과 같이 신기후체제를 기회로 받아들일 수 있을까요.

“그동안 한국의 모든 정부는 화석에너지를 안정적으로 공급하는 것을 최우선 사안으로 여겨 왔습니다. 그런데 신기후체제에서 합의된 기후변화대응의 핵심은 화석에너지를 사용하지 말자는 것이므로, 이는 부존 에너지 자원이 없는 한국에게는 축복입니다.



그동안 기후변화 대응 관련 국제합의가 어려웠던 것은 석유, 가스, 석탄과 같은 화석에너지를 많이 보유하고 있는 자원부국들과, 화석에너지를 주로 사용하는 산업계에서 반기를 들었기 때문입니다. 기후변화 대응은 그들이 갖고 있는 화석에너지를 그대로 묻어두고 더 이상 쓰지 말 것을 요구하는 것이니까요. 하지만 이제 그런 나라들과 산업계 역시 기후변화에 대응하고 저탄소사회로 나아가는 것은 피할 수 없는 현실임을 인정하고 파리에서 합의를 한 것입니다.

신기후체제 타결로 인해 이제 각 국은 완전히 다른 에너지 경쟁의 상황에 놓이게 되었습니다. 그런데 우리는 상대적으로 잃을 것이 별로 없습니다. 미국, 중국 등 자국 내 화석에너지가 풍부한 국가들은 화석에너지 사용 비중이 크기 때문에 상당기간 기후변화 대응에 소극적이었는데 파리회의를 기점으로 대응태도가 바뀌었지요. 기후변화 때문에 사용에 제한을 받는 자원을 갖지 않은 한국은 기후변화 대응에 주저할 이유가 없습니다. 한국으로서는 얼마나 좋습니까. 걱정할 게 없습니다.

이제 마음대로 온실가스를 배출할 수 있는 시대는 끝났습니다. 온실가스 감축이 불가피하다는 것을



과 저탄소 산업구조로의 전환, 혁신적 투자, 새로운 일자리 창출 등을 통해 새로운 성장의 기회를 만들어 가야 합니다.”

- 한국은 ‘녹색성장’이라는 독특한 브랜드를 갖고 있습니다. 한국이 기후변화 대응에서 향후 국제적으로 선도적인 역할을 담당하려면 어떻게 해야 할까요.

“성실히 감축을 이행하는 것이 최고입니다. 국제사회의 칭찬을 받기 위해 감축을 열심히 하는 것에 의미를 두라는 뜻은 아닙니다. 감축에 성공했다는 것은, 그만큼 감축에 대한 기술력을 확보했다는 사실을 내포하기 때문에, 한국사회가 앞으로 성공적인 저탄소사회로 나아갈 수 있는 체질개선이 되고 있다는 신호로 볼 수 있다는 점에서 의미를 둡니다.

또한 한편에서 한국이 제출한 ‘2030년까지 BAU 대비 37%’ 감축목표에 대해서도 과도한가, 혹은 미흡한가에 대한 논란이 일고 있는데, 지금 이런 식으로 감축의 많고 적음을 따지는 것은 큰 의미가 없다고 봅니다. 한국 정부도, 한국 산업계도 이 감축목표의 이행을 위해 열심히 노력하면서, 다른 국가들에게 “한국만큼 감축해라.”하고 요구할 수 있는 선도적인 모습을 보이는 것이 더 중요합니다. 그리고 그것이 바로 한국이 보일 수 있는 기후변화 리더십이라고 생각합니다.”

- 마지막으로 그린스쿨에서 수학 중인 차세대 연구자들을 위한 조언을 부탁드립니다.

“자신이 좋아하는 분야에서 끝까지 일생을 바칠 각오로 연구에 임하세요. 다른 사람이 어떤 분야를 하니까, 그것이 좋아 보이니까 나도 한번 해보자는 식으로 하는 것은 옳은 접근방식이 아닙니다. 자신이 끌리는 분야에서 시류에 휩쓸리지 않고 꾸준히 연구하게 되면, 어떤 사안이 벌어졌을 때 이것이 근본적인 현상인지 아니면 일시적인 현상인지를 파악할 수 있는 안목이 생기게 됩니다. 이런 작업을 계속 하면 더 나아가서 해당 분야에 대한 자신만의 이슈를 찾을 수 있게 되고,



곧 자신만의 색깔을 구축하는 튼튼한 연구기반으로 발전합니다. 이러한 꾸준함을 바탕으로, 내가 할 수 있는 것이 무엇인지, 그리고 우리가 할 수 있는 것이 무엇인지를 항상 고민하는 그런 생각을 놓지 않는 것, 연구한다는 것은 바로 그런 면에서 의미를 지닌다고 생각합니다.



# 신기후체제와 기후변화 대응 기술의 역할

박 환 일 | 녹색기술센터 책임연구원

## 1. 서론

### 1.1 기상이변 확산과 신기후체제 출범

기후변화 문제는 이미 인류 현실의 일부가 되었다. 해마다 반복되고 있는 기상이변은 2015년에도 어김없이 지구 곳곳에서 발생했다. 한국의 2015년 5월은 기상관측 이래 가장 더운 5월로 기록이 되었고, 6월부터는 전국적으로 심각한 가뭄이 지속되었다. 2015년 수도권 지방의 연평균 강수량은 평년<sup>2</sup> 대비 60% 미만에 불과했다. 한국의 2015년은 가장 무더웠던 한 해로 기록될 전망이다. 연평균기온은 13.4도로 지난 80년대에 비해 1.2도가 높고 2000년대보다는 0.6도가 높다(표 1). 특히 2015년 12월의 평균기온은 1.6도로 평년에 비해 1.2도가 높은 것으로 나타나 매우 따뜻한 겨울이 되었다. 전 세계적으로도 폭염, 가뭄 등 기상이변들이 빈발하고 있는 상황이다. 인도에서는 섭씨 50도에 육박하는 폭염으로 일주일동안 약 1,500여명의 사망자가 발생하기도 했다. 미국 텍사스, 오클라호마 등 남부지역에서는 폭우로 인해 인명과 재산피해가 발생했다.

[표 1] 한국 연대별 기온 변화

(단위: °C)

구분	평균기온	평균최고기온	평균최저기온
80년대(1981~1990)	12.2	17.8	7.4
90년대(1991~2000)	12.5	18.2	7.6
2000년대(2001~2010)	12.8	18.3	8.1
2015년	13.4	18.8	8.7

출처 : 기상청. www.kma.go.kr(2015)

이와 같은 기온상승, 폭염, 가뭄 등이 지속적으로 발생하면 다양한 분야에 피해를 유발한다. 우선 기온 상승으로 인해 전력수요가 늘어나 에너지 소비가 증가하게 된다. 가뭄이 지속되면 수자원 고갈이라는 문제가 인간의 보건, 산업, 식량, 에너지 생산 등 여러 분야에 걸쳐 확산되곤 한다. 또한 기후가

변하면서 동식물 생태계도 예전과 다른 특성을 갖게 되고 이에 따라 새로운 질병이나 병충해 등이 발생하기도 한다. 이러한 기후변화 문제는 특정한 지역에만 국한되는 지역적인 이슈가 아닌 전 지구적으로 영향을 미치는 글로벌 이슈로 인식된다. 즉 문제 해결을 위해서 세계 모든 국가의 대응노력이 요구되는 상황이다.

이러한 맥락에서 기후변화에 대응하기 위한 국제사회의 노력도 가속화되고 있다. 2015년 12월 프랑스 파리에서 개최된 제21차 기후변화당사국총회(COP21)에서 신기후체제가 극적으로 타결이 되어 파리협정을 채택했다. 기존 교토체제와 달리 선진국뿐 아니라 모든 개도국에게도 적용되는 새로운 기후변화 대응체제가 출범이 되면 모든 국가는 자발적인 온실가스 감축목표를 세우고 이를 이행하기 위한 계획을 수립해야 한다. 이번 COP21을 앞두고 UNFCCC<sup>3</sup> 당사국들은 각 국가의 기후변화 대응방안을 담은 자발적인 온실가스 감축 목표(INDC<sup>4</sup>)를 제출했다(표 2)<sup>5</sup>. 각 국의 감축목표를 달성하기 위해서는 기후변화 대응 기술의 개발과 확산이 절대적으로 필요하다. 특히 이번 COP21에서는 온실가스 감축과 적용에 있어 기술이 핵심이라는 비전을 각 국가가 공유하고 기술협력을 확대하기 위한 기술 프레임워크<sup>6</sup>를 수립하기로 결정했다. 이를 통해 기술혁신의 중요성을 강조하고 기술 R&D 투자와 국가간 기술협력이 더욱 촉진될 것으로 전망된다. 새롭게 수립된 기후체제에서의 기후변화 대응 기술의 역할을 조망하기 위해 현재 기후변화 대응 기술 분야 이슈를 분석하고 한국이 그동안 시행한 정책과 성과에 대해 살펴봄으로서 신기후체제에 선제적으로 대응하는 기술정책 방향을 제시하고자 한다.

**[표 2]** 주요국의 온실가스 감축 목표 제출안(INDC)

국가	내용
한국	'30년 BAU 대비 37% 감축
중국	'30년경 온실가스 배출 최대 기록 후 감축 '30년까지 GDP원단위 '05년 대비 60~65% 감축
미국	'25년까지 '05년 대비 26~28% 감축
인도	'30년까지 GDP원단위 '05년 대비 33~35% 감축
러시아	'30년까지 '90년 대비 25~30% 감축
브라질	'30년까지 '05년 대비 43% 감축
일본	'30년까지 '13년 대비 26% 감축

출처 : UNFCCC [http://newsroom.unfccc.int\(2015\)](http://newsroom.unfccc.int(2015))

3 UN기후변화협약(UN Framework Convention on Climate Change)

4 Intended Nationally Determined Contributions

5 '15.11.9 기준 총 157개국 이 INDC 제출(UNFCCC 자료. <http://unfccc.int>)

6 기술의 개발 및 이전을 촉진하기 위한 기술메커니즘의 활동에 대한 협약으로 실질적 프로젝트를 통한 기술수요평가의 이행 강화 및 이를 위한 재정·기술적

## 2. 본론

### 2.1 온실가스 배출과 경제성장

기상이변을 포함한 기후변화는 인간의 일상적 활동과 경제성장 과정에서 발생하는 온실가스로 인해 일어나는 것으로 밝혀졌다. 즉 온실가스 배출은 인구증가와 경제성장에 수반해서 발생하는 부산물인 것이다. 한국은 세계에서 온실가스 배출 증가속도가 가장 빠른 국가이다. 2013년 6억9,500만톤의 온실가스를 배출했는데 이는 지난 1990년 배출량보다 137.6%가 증가한 수준이다. 세계 1위의 온실가스 배출국인 중국은 2012년 99억톤의 온실가스를 배출했는데, 이는 2003년 45억톤의 두 배가 넘는 수준이다. 미국은 2012년보다 2.0% 증가한 66억7,300만톤의 온실가스를 2013년에 배출했다. 러시아는 경제성장이 둔화되고 천연가스 소비량이 증가하면서 온실가스 배출량이 점차 줄어들고 있다. 반면 독일은 신재생에너지 발전비중이 커지면서 온실가스 배출량은 1990년보다 크게 감소한 것으로 나타났다 (표 3).

**[표 3]** 한국 및 의무감축국의 온실가스 배출량

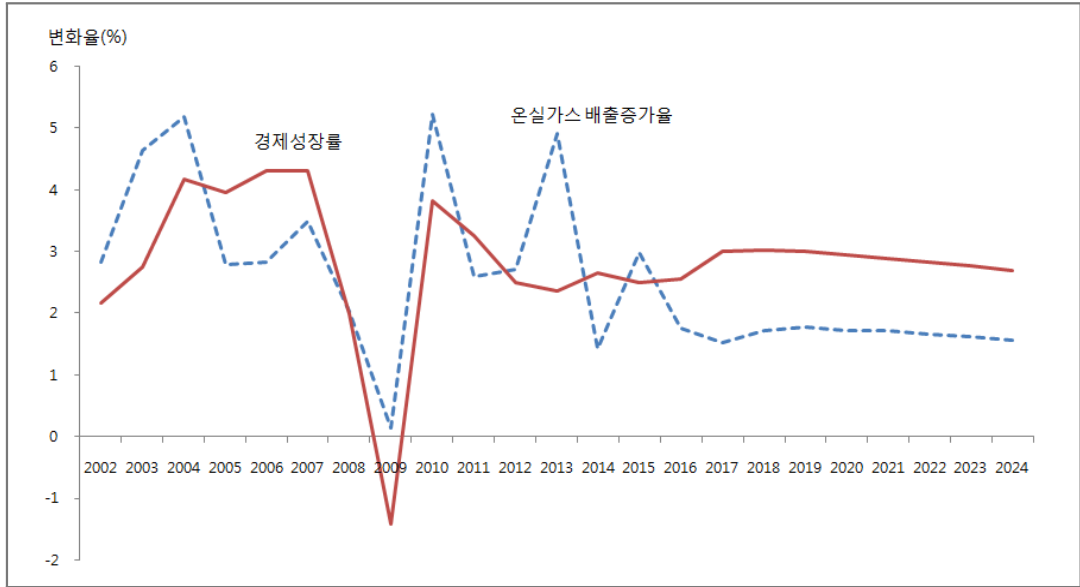
(단위: 백만톤, %)

순위	국가	1990	2012	2013	1990년 대비 증감율	2012년 대비 증감율
1	미국	6,301	6,545	6,673	5.9	2.0
2	러시아	3,941	2,862	2,799	-29.0	-2.2
3	일본	1,270	1,391	1,408	10.8	1.2
4	독일	1,248	928	951	-23.8	2.4
5	캐나다	613	715	726	18.4	1.5
6	한국	292	684	695	137.6	1.5

주) 중국(99.0억 톤), 인도(19.7억 톤)는 UNFCCC 온실가스 의무감축국(부속서 1)에서 제외  
출처 : 온실가스종합정보센터(2015)

2000년대 이후 전 세계 경제성장률과 온실가스 배출량을 비교한 결과, 두 관측치 사이의 상관관계는 2014년을 전후로 서로 다른 양상을 나타내고 있다. 2002년부터 2014년까지 경제성장률과 온실가스 배출량은 0.63의 상관계수를 지녀 높은 양의 상관성을 보여준다. 하지만 경제성장률과 온실가스 배출량에 대한 전망치를 사용하여 2015년부터 2025년까지 상관관계를 분석한 결과, -0.58의 상관계수로 이전 기간과는 정반대의 모습을 나타낼 것으로 예상된다. 2015년 이후 경제성장은 지속 이루어 지지만 온실가스 배출량은 그에 비례하게 증가하지 않는다는 것을 의미한다. 이러한 전망은 기후변화 대응 기술이 온실가스 감축에 있어서 중요한 기여를 할 것이라는 것을 보여주는 자료이기도 하다.

[그림 1] 세계 경제성장률 및 온실가스 배출증가율 전망



주) 세계 경제성장률은 실질기준(2010년 가격); 2015년 추정치, 2016년 이후는 전망치  
출처 : Oxford Economics(2015)

실제로 한국의 경우 온실가스 배출량의 절대적 수준은 빠르게 증가하고 있지만 경제성장 속도에 비해서는 점차 개선되고 있는 것으로 나타났다. 1990년 한국의 GDP당 총배출량은 792.1 톤/10억원이었으나 2013년은 612.0 톤/10억원으로 22.7%가 감소했다. 2012년에 비해서도 1.2%가 줄어들고 지속적으로 향상되고 있다(표4). 즉 온실가스 배출을 효과적으로 줄일 수 있는 기후변화 대응 기술이 발전하면서 경제성장과 동시에 상대적 수준의 온실가스 배출량도 저감하고 있는 것이다. 하지만 한국의 GDP당 배출량(0.5 kg/US\$)은 니카라과, 슬로바키아 등 국가와 비슷한 수준이며, OECD 평균 0.3 kg/US\$에 비해서는 상당히 높은 수준이다<sup>7</sup>. 한국의 온실가스 감축실적이 향상되고는 있지만 아직도 선진국에 비해서는 부족한 실정이다.

[표 4] 한국 실질 국내총생산(GDP) 대비 온실가스 총 배출량

구분	1990	2012	2013	1990년 대비 증감율	2012년 대비 증감율
GDP당 총배출량(톤/10억)	792.1	619.7	612.0	-22.7	-1.2
GDP(천억원)	3,690	11,042	11,349	207.6	2.8

주) GDP는 2005년 기준  
출처 : 온실가스종합정보센터(2015)

세계 각 국가들은 온실가스를 줄이기 위한 제도적·기술적 방안들은 마련하고 있다<sup>8</sup>. 여러 정책방안 가운데 온실가스를 감축하고 환경과 자원을 보전함으로써 기후변화에 대응하는 가장 효과적인 방법은 기술개발을 통한 혁신을 이루는 것이다. 이른바 녹색기술, 청정기술, 저탄소 기술 등 다양하게 알려져 있는 기후변화 대응 기술에 대한 투자를 통해 온실가스 배출을 줄이고 자원효율성을 증가시킬 수 있다. 2008년 글로벌 경제위기 이후 미국, 중국 등 주요 국가들의 경제성장이 둔화되고 있는 가운데 과학기술을 통한 기후변화 문제 해결의 중요성과 기대가 더욱 커지고 있다.

## 2.2 주요 기후변화 대응 기술

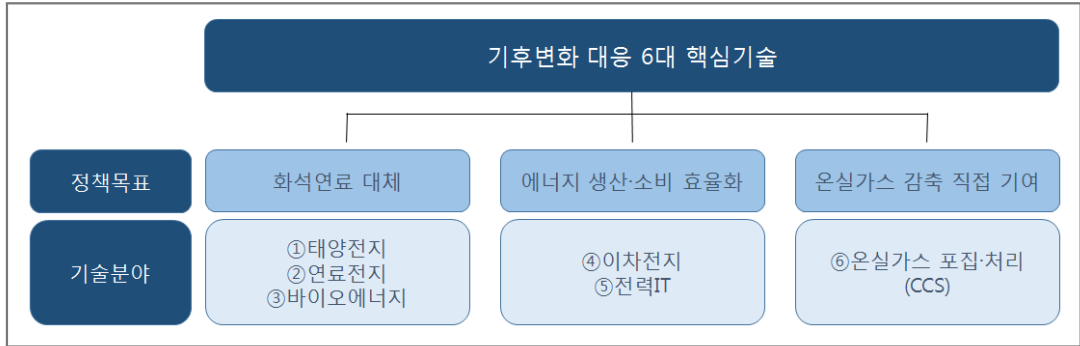
기후변화 대응 기술은 크게 세 가지 분야로 구분할 수 있다. 첫째 기후변화 적응 기술로서 기후변화 감시 및 예측, 영향 평가, 건강, 재난, 농업, 수자원, 생태계 등 각 부문별 적응 기술 등을 포함한다. 둘째 온실가스 감축 기술이다. 석탄 가스화, 수소연료전지, 태양광, 바이오에너지, 수력 등 신재생에너지 기술과 원자력 기술, 녹색수송기술, 그린프로세스 기술, 그린시티·홈 기술, 스마트그리드 기술, 이산화탄소 포집·저장·전환(CCS) 기술 등이 해당된다. 마지막으로 환경보전 및 관리 기술이 있다. 환경오염 모니터링 및 정화 기술, 환경보건 기술, 자원순환 기술 등이 포함된다.

2009년에 한국정부는 100여개가 넘는 기후변화 대응 기술 가운데 중점적으로 육성할 27개의 기술을 선정하여 R&D 종합대책을 수립하여 투자를 강화할 계획을 발표한 바 있다. 현 정부 들어서도 기후변화 대응 기술에 대한 중요성은 지속 강조되었는데, 특히 기후변화 대응 핵심기술 개발을 통해 기후변화에 효과적으로 대응하고 급속히 성장 중인 기후관련 시장에서의 경쟁력 확보의 중요성과 긴급성을 계속해서 부각하고 있다. 지난 2013년 5월 국무회의에서 대통령은 과학기술이나 스마트 그리드 같은 IT기술을 통해 에너지 효율성을 제고하거나 낭비를 막는 방법을 연구하도록 지시했으며, 2014년 2월에는 기후, 환경, 에너지 등 문제에 선제적으로 대비해서 새로운 산업을 창출할 것을 주문하기도 했다. 이에 따라 정부는 2014년 7월 기후변화 대응과 신산업 창출을 함께 달성하기 위해 집중 육성이 필요한 6대 핵심기술을 선정하고 추진 전략을 수립하게 되었다. 6대 핵심기술은 태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력 IT, CCS 등으로 전 세계 시장전망 및 기술력 등을 분석하여 선정되었다. 6대 핵심기술을 집중적으로 육성해서 화석연료를 대체하고 에너지 생산 및 소비 효율을 증진시켜 온실가스 감축에 직접적으로 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

<sup>8</sup> 미국 Energy Policy Act(2005), Climate Action Plan(2013), Clean Power Plan(2015) 등, 중국 국가기후변화프로그램(2007), 12차 5개년 계획



[그림 2] 기후변화 대응 6대 핵심기술



IPCC 5차 보고서에서도 기후변화의 위험을 완화하기 위한 방안으로 기술의 중요성을 강조했다. 국제사회가 목표로 삼고 있는 지구온도 상승을 산업화 이전 대비 2도 이내로 제한하기 위해서는 바이오 에너지, CCS, 수력, 풍력, 원자력 등 기후변화 대응 기술의 도움이 반드시 필요하다. 이러한 기술이 사용되지 않는다면 지구온도 상승 제한 목표는 달성하기 어려울 것이며, 달성한다 하더라도 막대한 비용이 발생할 것이라고 경고하고 있다.

## 2.3 이슈 분석

기후변화 대응 기술에 대한 투자와 발전가능성은 여러 가지 사회경제적 요인에 의해 영향을 받는다. 현재 기후변화 대응 기술 관련 정책을 추진하고 미래 방향을 수립하는데 있어서 고려해야 할 글로벌 이슈를 선별하여 분석하고자 한다. 국제사회의 에너지 및 환경보전에 대한 지속적 관심이 고조되고 있는 가운데 비전통 에너지 혁명, 에너지 패권 변화에 따른 에너지정책의 변화와 기후변화 대응이 강화되고 있다. 셰일가스의 대량생산에 따른 석유 및 천연가스 생산정책의 변화와 에너지경제 주도권이 증동·러시아에서 북미로 전환되는 상황이다. 탄소배출 최대국인 미국·중국의 온실가스 감축 동의와 적극적 대응에 따른 기후변화 대응체계가 변화하고 있다.

결론적으로 기후변화 대응 기술 관련 이슈는 세 가지로 요약이 가능하다. 온실가스 감축과 경제성장을 동시에 추구하는 거시경제적 대응 패러다임의 변화, 기후변화 대응 기술의 국제화가 진행되면서 나타나는 기술협력의 지역적 확대, 중국의 주도적 지위가 견고해지며 자본이 집중되는 현상 등이다.

### 2.3.1 거시경제적 대응 패러다임의 변화

거시적 관점에서 살펴보면 기후변화 대응 기술은 경제여건 변화에 크게 영향을 받는다. 전 세계 청정에너지에 대한 투자는 매년 증가세를 보여 왔지만 지난 2009년에는 처음으로 동결되었고 2012년

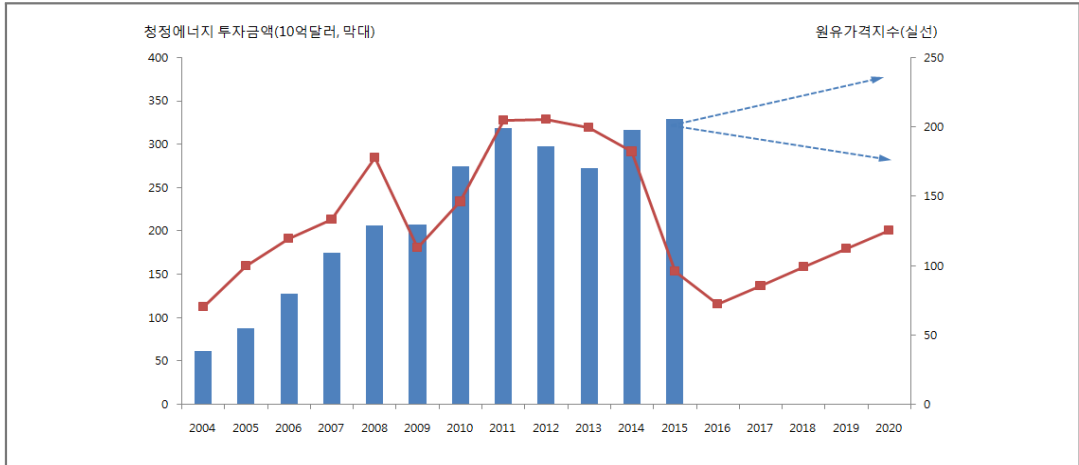
과 2013년에는 2년 연속 감소했다. 지난 2008년부터 발생한 글로벌 경제위기와 이로 인한 주요 국가들의 투자가 둔화되었기 때문이다. 하지만 최근에는 기후변화 대응 기술과 이에 기반한 산업을 육성해서 저성장 위기를 극복하고자 하는 움직임이 나타나고 있다.

2000년대 중반까지는 온실가스 감축을 위한 수단으로 기후변화 대응 기술을 개발하고 투자를 진행해왔다면 2008년 글로벌 경제위기를 계기로 저성장 위기를 극복하기 위한 방안으로 기후변화 대응 기술을 활용하고 있다. 세계경제가 봉착해있는 성장동력 상실에 따른 구조적 침체와 이로 인한 저성장 상태를 벗어나게 할 수 있는 새로운 성장동력으로 기후변화 대응 기술을 적극 육성할 필요가 있다. 즉 기후변화에 대응하기 위한 방어적 성격의 기술개발로부터 신성장 동력이라는 공격적 성격으로 기후변화 대응 기술의 역할이 전환되고 있는 것이다. 이 결과 2015년 전 세계 청정에너지 투자는 전년 3,160억 달러 대비 4.1% 증가한 3,290억 달러로서 사상 최고치를 기록한 것으로 나타났다. 2005년 880억 달러에서 2015년까지 연평균 14.1% 증가한 것인데 중국은 1,110억 달러로 유럽(590억), 미국(560억), 일본(440억) 등 다른 국가보다 압도적인 우위를 차지하고 있다. 투자액 가운데 태양광(1,620억)과 풍력(1,100억)에 대부분 자본이 집중되었고, 소수력, 폐기물 에너지화 등도 빠르게 성장하고 있다.

기후변화 대응 기술에 대한 투자결정 과정에서 중요하게 고려해야 할 변수가 존재하는데, 유가 변화를 주목해야 한다. 유가수준은 기후변화 대응 기술, 특히 청정에너지 분야와 밀접한 관련을 가지고 있다. 유가변화에 따라 청정에너지의 경제성이 확보되거나 약화되기 때문에 투자결정에 지대한 영향을 미친다. 2000년대 이후 청정에너지에 대한 투자가 크게 증가한 배경에는 유가상승이 자리잡고 있다. 2000년대 유가는 2009년 폭락을 제외하면 2011년까지는 지속 상승했고, 이 기간동안 청정에너지에 대한 투자도 지속 증가하는 모습이었다. 하지만 이후 2012년과 2013년에는 글로벌 경기침체와 함께 유가하락이 동반되면서 청정에너지 분야 투자도 감소세를 나타냈다.

이후 다시 증가하기 시작한 청정에너지 투자는 2015년 유가급락, 주요국 경제성장 둔화, 미 달러화 강세 등 투자 위축요인에도 불구하고 기술진보를 통해 확대된 것으로 보인다. 청정에너지기술 진보와 시장 확대를 통해 주요 설비의 생산비용이 빠르게 하락하고 있다. 2009년 이후 대용량 태양광 및 풍력 설비 설치비용은 각각 80%, 60% 하락한 것으로 나타났다. 그동안 유가하락은 청정에너지 투자를 저해하는 요인으로 인식이 되었지만 최근 2년간의 데이터는 반대의 결과를 보여주고 있다. 또한 중국을 중심으로 주요국은 경기침체와 기후변화라는 당면한 이슈에 대응하기 위한 방안으로 청정에너지 투자를 확대하고 있는 것이다.

[그림 3] 원유가격과 청정에너지 투자금액 비교



주) 원유가격지수는 브렌트유 기준가격이며 2005년을 100으로 환산한 수치  
출처 : Bloomberg New Energy Finance; Oxford Economics(2015)

### 2.3.2 기술협력의 지역적 확대

신기후체제 타결을 계기로 가장 주목받는 분야가 기후변화 대응 기술의 국제협력이다. 파리 협정문에는 온실가스 감축과 기후변화 적응에 있어 기술이 핵심수단임을 명확하게 밝히고 있다. 또한 현재의 기술메커니즘을 강화하고 개도국의 기술역량 확대 및 초기기술 이전을 위해 기술협력 분야를 R&D까지 확장할 것을 명시하고 있다. 향후 국가 간 기술개발 및 이전을 위한 실질적인 협력이 촉진될 전망이다. 새롭게 창출될 기회를 잡기위해 정부와 민간 기업은 기후변화 대응기술에 대한 R&D 투자를 확대할 가능성이 높다.

이를 위해 정부에서는 미래부가 중심이 되어 부처별·기관별로 분산된 기술협력 역량을 체계적으로 결집시키고 국내 보유기술 중 기술메커니즘을 통한 협력의 우선순위를 결정하는 등 기술협력을 총괄할 계획이다. 정부가 수립한 기후변화 대응을 위한 글로벌 기술협력 전략은 UNFCCC 기술협력에서의 한국이 역할을 강화하고, 기후변화 대응 분야의 기술협력 프로젝트를 활성화하는 한편, 이를 위한 국내 효율적 민관 협업체계를 구축하는 것을 주요 내용으로 하고 있다.

특히 정부가 2015년 6월 발표한 INDC는 2030년까지 온실가스 배출전망치(BAU)의 37%를 감축하는 것을 목표로 하고 있다. 이 가운데 11.3%는 국제 배출권거래시장이나 해외 온실가스 감축사업과 같은 국제시장메커니즘을 활용해서 달성할 계획이다. 해외 온실가스 감축사업은 국내 기업이나 기관이 개도국을 대상으로 온실가스를 감축하는 사업을 시행하고 감축분에 대해서 한국의 실적으로 인정을 받는 것을 말한다. 이 과정에서 적절한 기술을 발굴하고 기술이전을 위해 당사국과의 협력체계를 구축해야 한다. 즉 한국의 온실가스 감축 목표를 달성하기 위해 기후변화 대응 기술의 투자와 해외협력이 더욱 중요해질 것으로 기대된다. 이를 위해 앞으로 UNFCCC와의 긴밀한 협조체계가 요구된다.

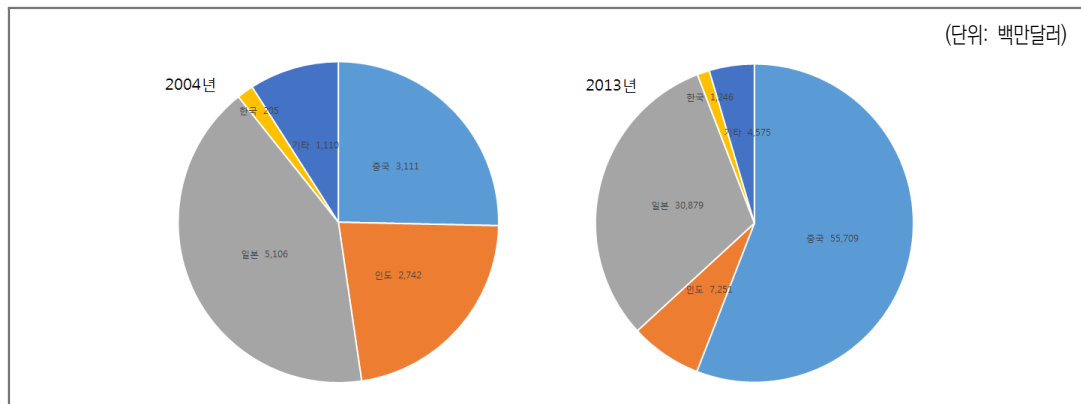
UNFCCC 산하에 기술협력 정책을 담당하는 기술집행위원회(TEC)와 실질적 이행기구인 기후기술센터 및 네트워크(CTCN)에 참여를 확대할 필요가 있다.

### 2.3.3 중국 자본의 집중

기후변화 대응 기술 및 산업분야에서의 중국의 지위가 갈수록 확대되고 있다. 2004년 세계 청정에너지 신규투자금액 451억달러 가운데 중국의 투자는 31억달러로 6.9%에 불과했다<sup>10</sup>. EU 국가 224억 달러, 미국 및 캐나다 64억달러에 비해 중국의 투자규모는 작은 수준에 지나지 않았다. 하지만 2013년 세계 청정에너지 신규투자금액이 2,126억달러로 10년 전에 비해 약 5배 증가했는데, 중국의 투자는 557억달러로 약 18배 증가했다<sup>11</sup>. EU 국가의 투자는 474억달러, 미국 및 캐나다가 381억달러인 점을 감안하면 중국의 투자는 세계 청정에너지분야를 주도하고 있다고 볼 수 있다.

중국은 심각한 환경오염과 자원부족 문제를 해결하기 위해 기후변화 대응 기술을 적극적으로 육성하고 있다. 2005년 발표된 재생에너지법을 시작으로 2006년의 11차 5개년 계획, 2011년 12차 5개년 계획, 2016년 13차 5개년 계획 등 정책적으로 기후변화 대응 기술 개발 및 산업을 육성하고 있다. 중국정부는 2030년을 온실가스 배출량 정점으로 하고 이후 지속적으로 감축할 계획을 발표했다. 하지만 내부적으로는 2025년을 전후로 해서 온실가스 감축이 본격적으로 이루어질 것으로 전망하고 있다. 앞으로 중국의 청정에너지를 포함한 기후변화 대응 기술에 대한 투자는 지속 확대될 전망이다.

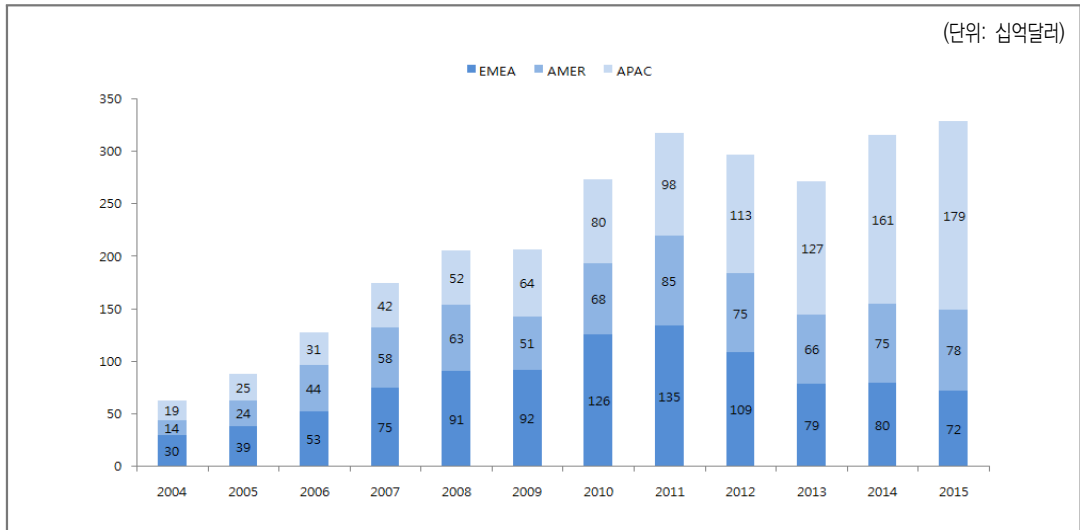
[그림 4] 아시아국가 청정에너지 신규투자 비교



주) 저탄소서비스(탄소시장, 금융 및 법률 서비스 등)와 스마트에너지기술(신에너지, 에너지효율, ESS, 스마트그리드 등) 분야의 정부·민간 연구개발비는 제외  
출처 : Bloomberg New Energy Finance

<sup>10</sup> 본 수치는 청정에너지 총 투자액 가운데 저탄소서비스와 스마트에너지기술 분야의 정부와 민간부문의 연구개발비는 제외된 금액이다.

[그림 5] 권역별 청정에너지 신규투자 추이



주) EMEA(유럽, 중동, 아프리카), AMER(북중남미), APAC(아시아태평양)

출처 : Bloomberg New Energy Finance

## 2.4 한국의 기후변화 대응 기술정책 현황

기후변화 대응 기술 관련 대외적 환경변화와 주요 이슈에 대한 한국의 정책적 대응 현황을 살펴보고자 한다. 최근 국제사회는 거시경제적 차원에서의 대응전략 패러다임이 변화하고 있고, 기술의 국제협력 중요성이 강조되고 있다. 그리고 중국의 기후변화 대응 기술 개발 투자가 커지고 있다. 이러한 환경속에서 한국 정부와 기업은 경제도약을 위한 새로운 성장동력 발굴에 어려움을 가지고 있다. 특히 화학, 중공업, 조선 등 한국 주력산업의 경쟁력 약화와 핵심 원천기술 부족 등에 따른 위기극복을 위한 기술개발과 산업화가 중요한 이슈로 부상하고 있다. 한국의 중장기적인 성장잠재력 확보를 위해서는 기술개발의 효율성 제고와 함께 R&D투자의 지속적인 확대가 필요하다.

더구나 온실가스 감축이라는 의무를 달성해야 하는 상황으로 보다 적극적인 노력이 필요한 시점이다. 최근 온실가스 감축기술을 개발하고 이를 산업에 적용하기 위한 설비투자, 제도 및 정책 등을 정부 차원에서 시행중이다. 2015년부터 시작된 배출권거래제, 신재생연료 의무혼합제도 등을 통해 기술개발의 정책적 효과를 극대화할 것으로 기대한다.

기후변화 대응 기술 관련 3대 이슈에 대한 대응은 다음과 같은 방향으로 진행될 필요가 있다. 첫째 거시경제변화의 영향을 최소화하는 기술개발정책 수립이 필요하다. 둘째 기후변화 대응 기술 R&D 차원의 국제협력 전략 수립이 시급하다. 셋째 지속 확대되는 중국의 영향력에 대한 대응방안 마련이다. 이번 절에서는 한국 정부의 기후변화 대응 기술정책 추진 현황과 성과를 살펴보고 시사점을 모색하고자 한다.

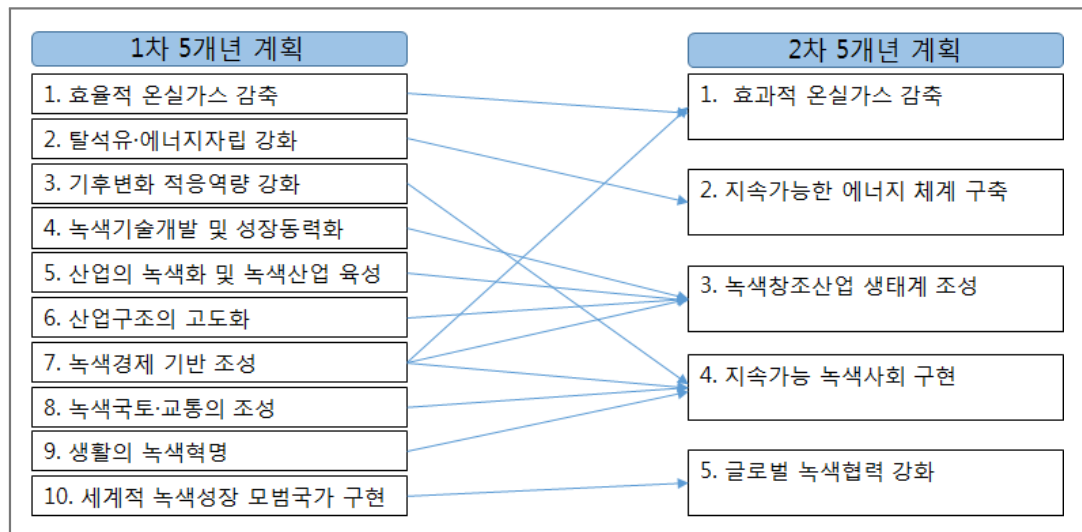
#### 2.4.1 녹색성장 5개년 계획

한국 정부가 추진하고 있는 기후변화 대응 기술 육성전략은 시대환경 변화에 맞게 발전되고 있다. 2009년 11월 정부는 2020년 온실가스 배출전망치 대비 30% 감축목표를 국제사회에 공표하면서 본격적인 기후변화 대응 기술 육성 전략이 시작되었다. 이후 수립된 1차 및 2차 녹색성장 5개년 계획에 따라 기후변화 대응 기술에 대한 투자를 집중적으로 시행하고 있다.

2009년부터 2013년까지 시행된 1차 녹색성장 계획에서는 녹색성장분야의 성장잠재력 제고를 위해 27대 중점기술 분야 중 5대 녹색기술분야 핵심사업에 집중 투자하는 것이 주요 골자였다. 5대 분야는 에너지원기술, 에너지 고효율화기술, 산업·공간 녹색화, 환경보호기술, 무공해 경제활동 기술 등이 해당된다. 특히 민간부분에서의 녹색기술·산업 개발의 활성화 추진 및 지속적인 저탄소녹색성장을 위한 기반 마련을 지향하고자 했다.

2014년부터 시작된 2차 녹색성장 계획에서는 지난 5년간 기 구축된 제도적 기반을 적극 활용하여 실질적 성과 달성에 집중함으로써 녹색성장 정착에 초점을 맞추고 있다. 기후변화 대응 기술 개발·상용화, 혁신적 온실가스 감축 및 에너지 원천기술 조기확보 등을 통해 녹색기술 개발·투자를 확대하는 것을 목표로 하고 있다. 1차 계획에서 제시되었던 10대 정책방향은 2차 계획에서는 5대 정책방향으로 재편성되었는데, 2차 계획의 5대 정책방향은 효과적 온실가스 감축, 지속가능한 에너지체계 구축, 녹색창조산업 생태계 조성, 지속가능 녹색사회 구현, 글로벌 녹색협력 강화 등이다.

[그림 6] 1차 및 2차 녹색성장 계획 비교



출처: 녹색성장위원회(2009) ;관계부처 합동(2014)



#### 2.4.2 기후변화 대응 기술 R&D 혁신 및 신산업 창출

정부는 1, 2차 녹색성장 5개년 계획, 녹색기술 R&D 종합대책, 온실가스 감축목표 달성 로드맵 등 온실가스 감축과 신산업육성을 위한 정책을 연속해서 발표·추진하였다. 그동안의 정책목표와 방향이 기후변화 대응을 위한 국가 마스터플랜을 수립하는 것이었다면 최근에는 기후변화 대응 신기술 및 신산업 창출을 추진하는 방향으로 전환되었다. 현 정부 국정기조인 창조경제 달성을 위해서 기후변화 대응 기술의 개발을 통한 신산업 창출이 매우 중요한 의미를 가지게 되었다.

2014년 7월 국가과학기술자문회의에서 관계부처 합동으로 기후변화 대응 핵심기술 개발 및 신산업 창출 방안이 발표되었는데, 미래부는 핵심기술 개발전략을, 산업부는 기후변화 대응 에너지 신산업 창출을 목표로 설정했다. 기후변화 대응 기술 혁신과 산업화를 위해 정부는 5개의 핵심 추진전략을 제시했다.

첫째, 핵심기술 개발분야를 선정하여 추진하는 것이다. 현장수요에 적합한 과제선정을 위해 6대 분야별로 시장을 기술경쟁력, 기존 산업과의 연관성, 향후 전망 등을 고려하여 분석하고 수요자인 산업계와 연구자의 참여를 통해 추진과제를 확정했다. 6대 기술분야에서 선정된 30개의 핵심 기술개발이 산업적 효과로 체감할 수 있도록 실증 시범사업, 기술 표준화 등 산업화 촉진 방안까지 강구할 계획이다.

둘째, 기술시장 성숙도에 따른 정부역할을 정립하는 것이다. 기술분야별로 시장성숙도를 ‘성숙시장’, ‘초기시장’, ‘미래 신시장’으로 구분하여 정부의 기술개발 및 산업화 지원 전략을 차별화하고 있다. 성숙시장에 대해서는 민간의 가격 또는 품질 경쟁을 측면 지원하고 초기시장에 대해서는 기술 상용화 촉진 및 시장 선점을 지원하고자 한다. 미래 신시장은 핵심기술 확보를 위한 R&D에 집중 투자할 계획이다.

셋째, 효과적 민·관 협업 생태계를 조성할 계획이다. 6대 분야별로 각종 정책과 사업이 효과적으로 실행될 수 있도록 주요 플레이어(기업, 대학, 출연연 등)간 상호 협력 방안을 논의할 것이다.

넷째, 창조경제혁신센터를 활용한 기후변화산업을 지원할 계획이다. 창조경제 확산의 지역별 거점 역할을 하는 창조경제혁신센터가 중심이 되어 기후변화 관련 R&D 성과 확산 및 민간 중심의 산업생태계를 조성할 것이다. 지역별 주력산업, 기업현황, 창조경제혁신센터 운영 기업 등을 고려하여 역할을 설정할 예정이다.

마지막으로 신기후체제 대비 국제협력 플랫폼을 구축하고 글로벌 시장을 공략할 것이다. 한국의 우수한 BT, NT, IT 등 기후변화 대응 핵심 요소기술과 GGGI, GCF 등 국제기구를 토대로 온실가스 감축 논의를 주도할 계획이다. 그리고 도입 또는 성장기에 있는 글로벌 기후변화 대응 시장공략 지원을 위해 선진국과의 기술협력, 개도국으로의 기술이전 및 시장진출 등을 추진할 것이다.

## 2.5 기후변화 대응 기술 R&D 투자 및 성과 현황

2013년 한국 국가 과학기술 R&D 투자는 16.9조원이며 전년 15.9조원에 비해 6.3% 증가했다. 2008년 R&D 투자는 11.0조원이었으며, 지난 5년간 연평균 9.0% 증가했다. 2013년 기준 과학기술 R&D 투자는 국내총생산의 1.2%를 기록했다. 지난 5년간 국가 과학기술 R&D 투자 증가율은 국내총생산 증가율을 상회하는 수준을 기록했는데 이는 R&D 투자의 중요성이 정책적으로 크게 강조된 것을 의미한다.

국가 과학기술 R&D 투자 가운데 기후변화 대응 기술 R&D 투자<sup>12</sup>는 2013년 3.0조원을 기록해 17.9%를 차지했다. 2008년 기후변화 대응 기술 R&D 투자액이 1.5조원이었으므로 5년간 연평균 증가율은 15.8%에 달한다. 국가 과학기술 R&D 투자 증가율보다 빠른 속도로 기후변화 대응 기술 R&D 투자가 증가하고 있다. 2008년 국가 과학기술 R&D 투자에 대한 기후변화 대응 기술 R&D 투자 비율은 13.3%였으나 매년 증가해서 2013년에는 17.9%까지 확대되었다.

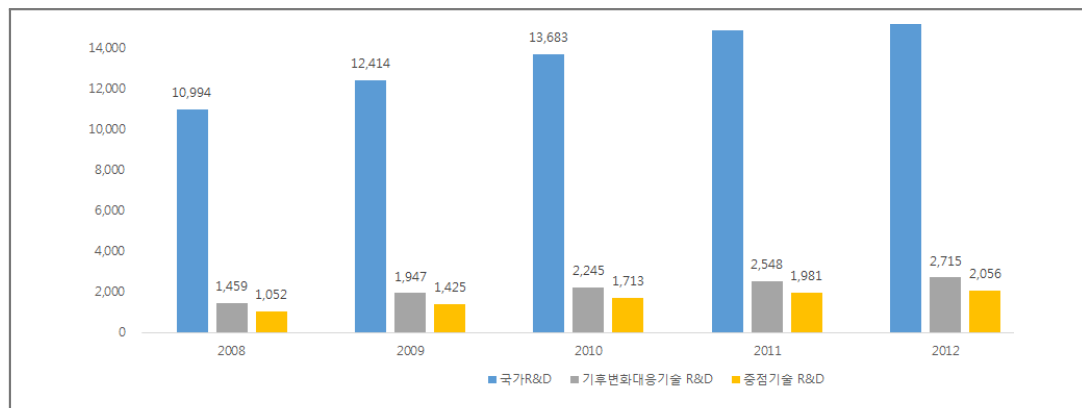
[표 5] 국가 과학기술 및 기후변화 대응 기술 R&D 증가율 추이

(단위: %)

구분	국가R&D	기후변화 대응 기술 R&D	중점기술 R&D
2009	12.9	33.4	35.5
2010	10.2	15.3	20.2
2011	8.6	13.5	15.6
2012	7.1	6.6	3.8
2013	6.3	11.8	12.5

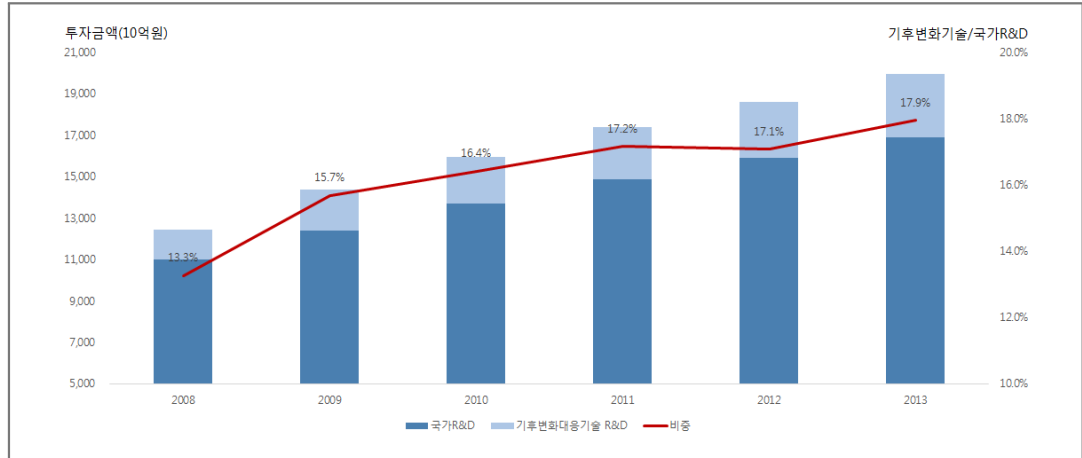
주) 중점기술은 37개 기후변화 대응 기술 가운데 중점적으로 육성하기로 선정한 27개 기술  
출처 : 녹색기술센터(2014)

[그림 7] 국가 과학기술 및 기후변화 대응 기술 R&D 투자 추이



출처 : 녹색기술센터(2014)

[그림 8] 기후변화 대응 기술 R&amp;D 비중 추이



출처 : 녹색기술센터(2014)

기후변화 대응 기술 R&D를 연구단계별로 구분해보면 개발연구 비중이 가장 높은 것으로 나타났다. 2013년 R&D 금액 3.0조원 가운데 기초연구 26.4%, 응용연구 19.7%, 개발연구 47.2%를 각각 차지했다. 2011년에 비하면 기초연구의 비중이 증가한 반면 개발연구의 비중은 상대적으로 감소하고 있다. 기초연구 R&D 증가는 기초연구의 중요성이 강조되는 상황으로 해석되어 바람직하다고 할 수 있다. 하지만 경제성장을 위한 새로운 동력원을 발굴해야 하는 시점에서 개발연구의 중요성 또한 간과할 수 없음을 인식할 필요가 있다.

연구수행 주체별로 보면 2013년 기준 출연연구소의 비중이 가장 높고 중소기업이 다음을 차지했다. 주목할만한 사항은 중소기업의 R&D 비중이 꾸준히 증가하고 있다는 사실이다. 기후변화 대응 기술 개발을 위해 중소기업의 연구역량을 강화하는 것은 균형적인 기업생태계 구축을 위해서 반드시 필요하다. 다만 대기업의 R&D 비중은 2011년 20.6%에서 2013년 12.7%로 감소했는데, 시장창출과 산업화를 주도하는 대기업의 역할이 축소될 우려가 존재한다.

[표 6] 기후변화 대응 기술 R&amp;D 단계별 추이

(단위: 십억원, %)

구분	2011		2012		2013		연평균 증가율 ('11~'13)
	금액	비중	금액	비중	금액	비중	
기초연구	543	21.3	632	23.3	803	26.4	21.6
응용연구	479	18.8	533	19.6	599	19.7	11.9
개발연구	1,289	50.6	1,319	48.6	1,432	47.2	5.4
기타	237	9.3	231	8.5	202	6.7	-7.6
합계	2,548		2,715		3,036		9.2

출처 : 녹색기술센터(2014)

[표 7] 연구수행 주체별 기후변화 대응 기술 R&D 추이

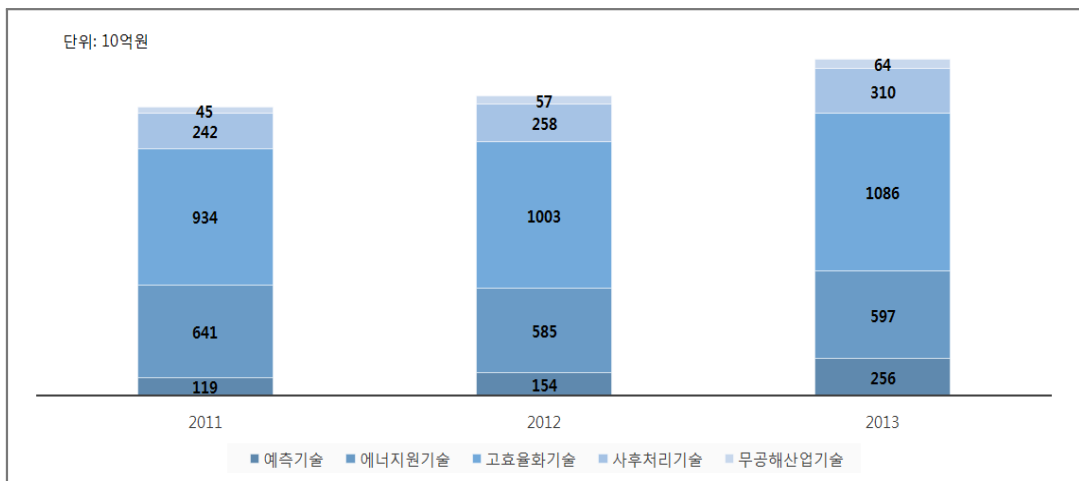
(단위: 십억원, %)

구분	2011		2012		2013	
	금액	비중	금액	비중	금액	비중
출연연구소	857	33.6	828	30.5	1,073	35.3
대학	481	18.9	524	19.3	528	17.4
대기업	526	20.6	501	18.5	386	12.7
중소기업	435	17.1	510	18.8	594	19.6
기타	249	9.8	352	12.9	455	15.0
합계	2,548		2,715		3,036	

출처 : 녹색기술센터(2014)

기후변화 대응 중점기술 분야별<sup>13</sup> R&D 투자 추이를 분석한 결과, 고효율화기술에 대한 투자가 1.1조원으로 가장 많았으며, 에너지원기술이 0.6조원으로 다음을 차지했다. 고효율화기술과 에너지원기술은 절대 금액으로 가장 크지만 최근 3년간 큰 폭의 증가 없이 일정 수준을 유지하고 있다. 반면 예측기술과 사후처리기술에 대한 투자는 빠른 속도로 증가하고 있다. 예측기술에는 기후변화 예측 및 영향평가 기술이 포함되고 사후처리기술에는 대기오염 및 수질환경 모니터링, 폐기물, 환경보존 기술 등이 해당된다. 기후변화 대응 차원에서 전통적으로 강조되었던 에너지 및 효율향상 분야보다 기후변화 적응 또는 환경보존 방향으로 R&D 투자가 증가하고 있는 것으로 보인다. 장기적인 관점에서 바람직한 움직임인 것으로 판단되지만 최근 중국이 청정에너지 분야 투자를 빠르게 확대하고 있는 점을 감안하면 에너지원에 대한 R&D 투자를 지속 강화해야 할 필요가 있다.

[그림 9] 기후변화 대응 중점기술 분야별 R&D 투자 추이



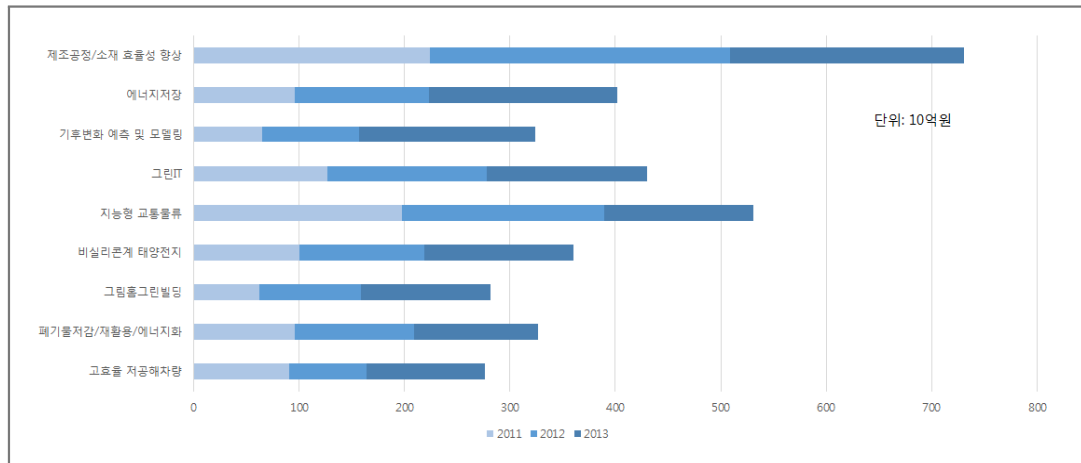
출처 : 녹색기술센터(2014)

[표 8] 세부 중점기술별 R&amp;D 투자 변화율

상승률 상위 기술(%)		감소률 상위 기술(%)	
기후변화 예측 및 모델링	59.7	태양열	-32.7
수력	46.3	연료전지	-24.0
석탄 액화 및 가스화	45.1	Non-Co2모니터링 및 처리	-21.9
그린홈/그린빌딩	40.5	수자원확보	-20.7
에너지저장	36.1	전기기기효율성향상	-20.5

주) 변화율은 2011~2013년 3년간 R&D 투자금액의 변화율을 의미  
 자료: 녹색기술센터(2014)

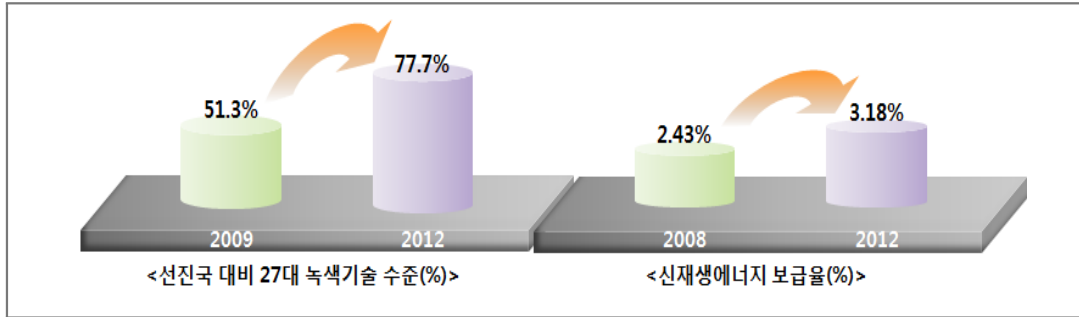
[그림 10] 세부 중점기술별 R&amp;D 투자 추이



자료: 녹색기술센터(2014)

지난 5년간 기후변화 대응 기술 R&D 투자에 대한 성과는 발전했지만 기대에는 다소 미치지 못하는 것으로 보인다. 선진국 대비 27개 중점 기술수준은 2009년 51.3% 수준이었으나 2012년에는 77.7%로 크게 향상되었다. 국내 신재생에너지 보급률은 2008년 2.43%에서 2012년 3.18%로 다소 증가한 수준에 그쳤다. 하지만 양적인 성과 측면에서는 만족할만한 결과를 기록했다. 2013년도 전체 국가 R&D 사업 중 기후변화 대응 기술 R&D 분야의 SCI 논문 건수는 19.6%를 차지했고 연구비 10억원당 1.7편의 논문을 생산했다. 이는 국가 과학기술 R&D 평균인 10억원당 1.6편보다 다소 높은 수치이다. 국내 특허 출원 성과는 10억원당 1.6건으로 국가 과학기술 평균 1.4건보다 우월한 결과를 기록했다. 그러나 기술계약건수 또는 사업화건수 성과는 기대에 미치지 못하는 실적을 보였다. 기술계약 성과는 10억원당 0.05건, 사업화 성과는 0.32건으로 전체 국가 과학기술 R&D 사업보다 기술상용화 실적이 열등했다.

[그림 11] 기후변화 대응 기술 투자 주요 성과



자료: 관계부처 합동(2014)

지금까지의 기후변화 대응 기술 R&D 투자 및 성과를 종합해보면 R&D의 양적성과는 우수하지만 3대 현안이슈를 고려한 전략적 R&D 투자 및 사업추진의 체계성이 미흡한 것으로 판단된다. 기후변화 대응 기술 R&D 투자를 전략적으로 강화하여 사업화 성과를 진흥시킴으로서 새로운 성장동력을 발굴하기에는 미흡한 것으로 보인다. 특히 중국이 집중적으로 투자하고 있는 청정에너지 분야에 대한 대응 전략이 부재하여 향후 이 부분에서의 원천기술 및 산업화 부진 우려가 있다. 기초·응용·개발연구에 대한 균형적인 투자가 필요하며, 온실가스 감축과 경제적 효과를 모두 고려한 전략적 기술개발 방향 설정이 필요하다. 현안이슈에 대응할 수 있는 R&D 투자 포트폴리오의 전략적 구성 및 분야 간 융합을 통한 기술혁신을 모색해야 한다.

[표 9] R&D 투자의 성과 비교

(단위: 십억원 당 건수)

	SCI 논문	국내 특허	기술계약	사업화
국가 R&D	1.6	1.4	0.3	0.9
기후변화 기술 R&D	1.7	1.6	0.1	0.3

자료: 녹색기술센터(2015)

### 3. 결론

세계 각국은 신기후체제 출범과 성장둔화에 대비하기 위한 방안으로 새로운 성장 모멘텀 발굴을 위해 기후변화 대응 기술의 경제적 및 산업적 측면에서의 역할을 강조하는 추세이다. 신기술의 경쟁우위를 위한 기초 및 융합연구에 중점 투자하고 이를 바탕으로 신산업·신시장 창출을 위한 정부와 민간의 협업 생태계를 조성하고 있다. 국가의 중장기적인 성장잠재력 확충을 위한 국가 R&D 투자 및 사업화 지원을 확대하고, 미래 성장기반 확보를 위한 양질의 인력 육성 및 일자리 창출에 집중하고 있다.

지금까지 기후변화 대응 기술 관련 국제사회의 주요 이슈를 살펴보고 이에 대한 한국정부의 기후변



화 대응 기술 R&D 현황과 성과를 분석했다. 향후 COP21 이후 청정에너지 관련 산업의 지속성장 가능성을 주목해야 한다. 이를 위해 다음과 같은 세 가지 시사점을 제시하고자 한다.

## 1) 신산업 창출을 위한 기술간 융복합 지원

정부가 설정한 2016년 국가 과학기술 R&D 투자방향 가운데 에너지 신산업 창출이 중요한 비중을 차지한다. 특히 기후·에너지 분야의 신시장 및 신산업 창출을 위해 다음의 3개 기술분야에 대한 지원이 절실하다. 첫째 혁신기술을 에너지산업에 접목한 온실가스 저감 R&D 지원을 강화해야 한다. 둘째 에너지소비 저감을 위해 ICT 기술과 연계한 건물·수송·산업 분야 에너지 효율 향상 기술이 중요하다. 제로에너지빌딩 기술, 전기차 기술, ICT와 연계한 에너지 다소비 산업공정 개선 기술 등이 포함된다. 셋째 차세대 청정에너지 기술에 대한 중점 지원이 필요하다. 태양전지, 연료전지, 바이오에너지 기술 등이 유망한 기술로 인식된다.

## 2) 선순환 구조의 산업생태계 구축

원천기술 개발은 정부주도로 투자와 연구가 이루어지지만, 기술의 상용화 및 시장확대를 위해서는 기업의 참여가 필수적이다. 기업 참여를 확대할 수 있도록 인센티브와 규제의 균형있는 정책설계가 필요하다. 정부연구소와 학교에서 개발한 원천·기초기술을 기반으로 기업은 응용기술개발, 제품생산 및 시장창출이라는 선순환 구조를 정착해야 한다. 산학협력체계를 강화해서 기후변화 대응 기술의 ‘오픈이노베이션’ 개념을 수립하고 확산할 필요가 있다. 이를 위한 컨트롤타워(또는 중개역할자)가 필요한데 현재의 녹색기술센터 기능을 강화할 필요가 있다. 지속적 역량강화를 통해 산업 클러스터나 독일의 프라운호퍼 연구기관같은 종합기능기관으로 발전시킬 필요가 있다.

기업은 기후변화 위험을 상시위험으로 경영에 반영하고 비용이 아닌 투자로 인식할 필요가 있다. 단기적으로 사업거리가 되는 기후변화 핵심기술(신재생에너지, 에너지효율증진 등)에 대한 투자도 중요하지만, 장기적으로 경영 및 생산 전 과정에 걸쳐 공정을 혁신할 수 있는 분야에 대한 연구 및 투자를 고려해야 한다. 현재는 정부나 국제사회에서 탄소세, 녹색관세 등 규제가 본격화되지 않았지만 향후 이러한 제도들이 실행될 가능성이 농후하다. 즉 지금부터 멀리보고 준비할 필요가 있으며, 이러한 분야에 대한 투자에 대해 정부는 세제감면, 지원확대 등 인센티브를 부여할 필요가 있다.

산업생태계 측면에서 보면 대기업에 비해 중소기업의 기후변화 대응 기술 준비가 부족한 상황이다. 생태계가 건전하게 성장하기 위해서는 중소기업의 역량강화 정책을 적극적으로 구사할 필요가 있다. 이를 위해 대기업 또한 중소기업에 대한 경쟁력 강화를 위해 노력해야 한다. 중소기업과의 기술협력연구를 강화하고 국제사회로의 진출도 적극 지원해야 한다.

### 3) 포괄적 국제기술협력 확대

국제사회가 모두 연결이 되어가고 있는 시대에 한국에서만 적용가능한 기술은 무의미하다. 국제사회는 COP21 이후 미래에 필요하게 될 기술과 이의 개발을 위한 정책 설계를 위한 경험 논의를 활발하게 진행하고 있다. 이러한 측면에서의 국제적 공조가 더욱 강조될 가능성이 높은 상황인데, 특히 국제화되어 상업화가 가능한 기술을 주목하고 있다. 신재생에너지, CCS, 에너지 효율제고 기술 등의 연구개발 측면에서의 국제협력을 강화하고 포괄적 정책설계와 같이 연계할 필요가 있다. 기존의 메커니즘은 정부 중심이었지만 이외의 주체들과 같이 연동하여 공동대응해야 한다. UNFCCC의 TEC과 CTCN과 같은 기술메커니즘의 활동도 잘 활용해야 한다. 또한 해외 기술이전사업에 있어서도 유관 기관 사이의 협력을 가속화해야 하며 연구소들도 상용화, 실용화가 일체적으로 이루어지는 시스템을 마련할 필요가 있다.

#### 참고문헌

- 관계부처 합동. 2014. 제2차 녹색성장 5개년 계획.
- 기상청 보도자료. 2015.6. "건조하고 역대기온이 가장 높았던 5월"
- 녹색기술센터. 2014. 2013년도 녹색기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서.
- 녹색기술센터. 2015. 녹색기술 국가연구개발사업 성과분석 보고서.
- 녹색성장위원회. 2009. 녹색성장 5개년 계획.
- 미래부 보도자료. 2015.11. "정부, 기후변화 대응을 위한 글로벌 기술협력의 기본방향과 원칙 정했다!"
- 온실가스종합정보센터. 2015. 국가 온실가스 인벤토리 보고서.
- IPCC. IPCC 1st ~ 5th Assessment Report.
- 기상청 <[www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr)>
- UN기후변화협약 <<http://unfccc.int>>
- Oxford Economics <[www.oxfordeconomics.com](http://www.oxfordeconomics.com)>
- Bloomberg New Energy Finance <[www.bnef.com](http://www.bnef.com)>



## 기후변화 영향에 대한 적응방향

송영일 | 한국환경정책평가연구원 선임연구위원

### 1. 서론

기후변화는 일정 지역에서 오랜 기간에 걸쳐 진행되는 기상의 변화를 말하는 것으로 최근 지구온난화로 인해 전 지구적으로 폭염과 가뭄, 홍수 등 극한 기상현상의 발생이 증가하고 있는 현상이 기후변화에 해당된다. 전 지구적으로 평균기온 및 해수면 상승, 강수량 증가, 빙하면적 감소 등이 나타나고 있으며, 이러한 속도는 점차 증가하고 있다. 우리나라 또한 연평균 기온과 강수량 증가, 해수면의 상승이 나타나고 있으며, 연평균 기온의 경우 전 지구 평균보다 약 2배 높게 관측되었다<sup>1</sup>. 이러한 기후변화로 인한 영향은 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 해양/수산업, 물관리, 생태계 등 다양한 분야에 걸쳐 나타나 이에 따른 사회경제적 피해가 날로 증가하고 있다. 특히, 우리나라는 기후변화로 인해 생태계 분포와 종의 변화, 식량 생산 저하, 질병발생 및 사망자 증가 등 다양한 분야의 변화가 일어나고 있는 것으로 밝혀졌으며, 향후 이로 인한 영향이 더 심각해질 것으로 전망된다. RCP 8.5 시나리오에 따르면 현재(1981~2010) 대비 21세기 후반기(2074~2100) 우리나라 기후는 기온은 5.3℃, 강수량은 15.8%, 폭염은 4배, 열대야는 14배, 호우는 60% 증가할 것으로 전망되었다. 예시로 폭염에 의한 서울 지역의 사망자를 전망한 결과, 현재 대비(2001~2010) 미래(2036~2040)에는 인구 10만 명당 0.7명에서 1.5명으로 약 2배 이상 증가할 것으로 분석되었다. 또한, 부산(해운대구)지역의 경우 해수면이 1 m 상승할 경우 이로 인한 경제적 손실액이 약 3,963억 원에 이를 것으로 추정되었다.

화석연료의 사용에 따른 이산화탄소의 방출 증가 및 이로 인한 대기 중 이산화탄소 농도 증가가 지구 온난화의 주요 원인으로 분석됨에 따라 현재까지 기후변화 원인물질인 이산화탄소 방출을 어떻게 줄일 것인지에 입각한 완화의 관점 중심으로 기후변화 대응 노력이 진행되어 왔다. 그러나 기후변화 원인물질인 온실가스의 배출이 현저히 줄어들더라도 현재까지 방출된 온실가스 만으로도 최소 수 십년 동안 지구온난화는 지속될 것으로 전망됨에 따라 기후변화로 인한 피해를 완화시키고 이를 기회로 활용하고자 하는 적응의 관점에서의 접근도 이루어져야 한다. 따라서 본고에서는 적응의 개념 및 필요성에 대해 살펴하고, 그 사례와 기대효과를 들어 기후변화 적응의 관점을 심도 있게 논의하고자 한다.

<sup>1</sup> 지난 133년간(1880~2012년) 지구평균기온은 0.85℃ 상승하였고, 우리나라의 경우 지난 100년간(1911~2010년) 6대도시의 평균기온은 1.8℃ 상승

## 2. 적응의 개념

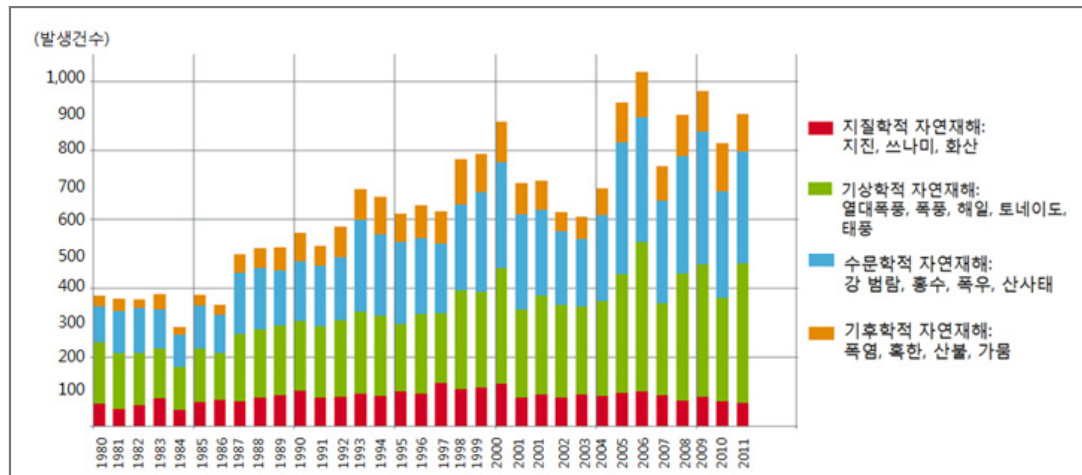
UNFCCC에서는 기후변화 적응을 ‘기후변화에 의한 부정적 영향을 줄이고 사회 및 생태계가 변화하는 기후 조건에 대응해 나갈 수 있도록 돕는 행동’으로 정의하였다. 예상되는 기후변화의 영향에 대한 반응으로써 생태학적, 사회적, 경제적 시스템을 조정하는 것을 의미하며, 기후변화와 관련한 잠재적인 피해를 완화하고 위기를 기회로 활용하는 과정으로 보고, 적응의 구성요소로서 ‘관찰(기후 및 비 기상 요소의 관찰)’, ‘평가(기후 영향 및 취약성 평가)’, ‘계획’, ‘이행’, ‘모니터링(적응 행동의 평가)’을 제시하였다. 즉, 기후변화 적응은 기후변화로 인한 생물다양성 감소, 재난·감염병·질병 발생 증가 등과 같은 위험을 최소화하고, 변화하는 기후를 새로운 발전 기회로 최대한 이용하려는 행위이다. 이는 기후변화로 인한 피해를 완화시킬 뿐만 아니라, 더 나아가 유익한 기회로 촉진시키는 활동을 말하고 있다. 기후변화는 이미 일어나고 있는 현상이지만 현명한 적응으로 기후변화로 인한 위험을 극복하고, 신산업 창출을 통해 국가 경쟁력을 향상시킴으로써 위기를 새로운 발전의 기회로 활용할 수 있다.

## 3. 기후변화로 인한 피해 현황

### 3.1 전 지구 자산피해 증가 추세

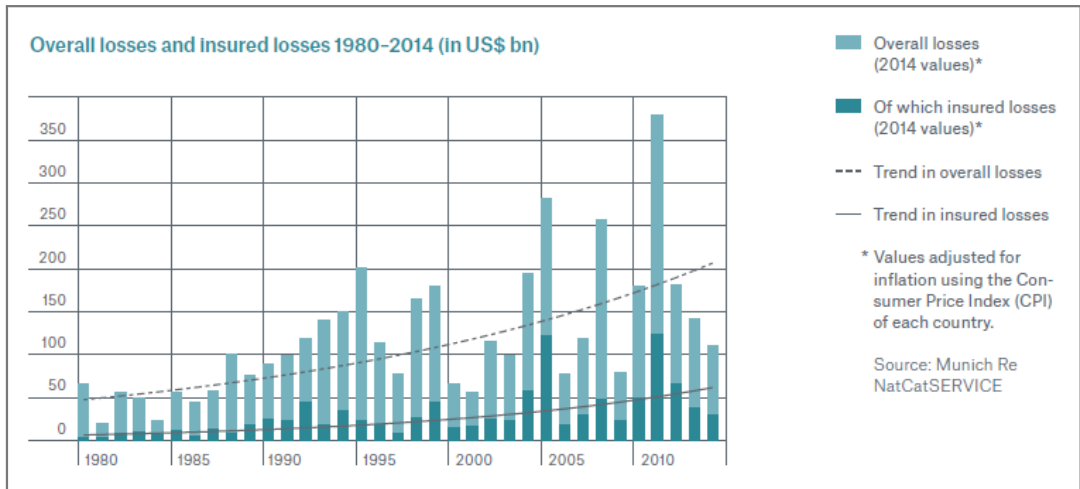
전 세계적으로 자연재해로 인한 피해 발생은 증가추세에 있으며, 이 중 상당수는 기후와 관련이 있다. 2012년 전 세계에서 자연재해로 인한 피해가 905건 발생한 것으로 확인되며, 이 중 840건(93%)은 폭염, 홍수, 폭설, 한파 등과 같은 기후와 관련한 것으로 나타났다.

[그림 1] 전 세계 자연재해 발생빈도



이상과 같이 기후변화 현상이 심화됨에 따라 자연재해 등으로 인해 인프라를 포함한 자산 피해가 증가하는 추세이다. 독일의 손해보험사 Munich Re에 따르면(그림 2), 1980~2014년 동안 발생한 전 세계 자연재해 연평균 피해액은 330억 달러 정도이며, 최근 10년(2003~2014년) 동안의 연평균 자연재해 피해액은 580억 달러로, 전체 평균의 2배 수준에 달한다. 2014년 발생한 전 세계 자연재해 피해액은 1,100억 달러로 집계되었으며, 폭풍과 홍수에 의한 피해가 73%(폭풍 46%, 홍수 27%)를 차지하였다.

[그림 2] 자연재해로 인한 전 세계의 피해액(1980-2014)



출처 : Munich Re(2015)

### 3.2 기후변화로 인한 인프라 피해 해외 사례

영국 공영방송 BBC에 따르면 2014년 5월 헝가리, 슬로베니아, 보스니아, 세르비아 등 동유럽 국가들은 사상 최악의 홍수 피해를 입었다. 보스니아 국가의 약 3분의 1 상당이 침수되면서 가정집, 도로, 철도 등이 침수되어 주요 인프라들은 제 기능을 상실하게 되었다. 이러한 홍수 피해로 인해 동유럽 지역에서는 총 36억 달러의 재산피해가 발생하였으며, 86명의 사망자가 발생한 것으로 Munich Re은 추정하고 있다(그림 2).

2014년 2월 일본에서는 기록적인 겨울철 한파와 폭설로 인해 상당한 피해가 발생하였다(그림 3). 도쿄의 경우 45년 만에 27cm의 기록적인 폭설이 내리면서 도심 일대가 마비되었다. The Japan Times에 의하면 이번 폭설로 인해 비행기가 지연되고 철도 운행이 중단되는 등 교통 인프라의 피해가 발생하였다. 통신 역시 장애를 겪었다. 폭설로 인해 정전, 전송로 고장 등이 발생하면서 NTT도코모, KDDI(au), 소프트뱅크 등 통신사들은 홈페이지 등을 통해 일부 지역에서 휴대전화 음성통화와 데이터 통신 이용이 어렵다고 안내하였다. 독일 손해보험사 Munich Re에서는 2014년 2월 폭설로 인해 일본은 총 59억 달러 상당의 피해가 발생한 것으로 추정하고 있다.

[그림 3] 슬로베니아 사바(Sava)강 일대에 홍수 예방을 위한 임시 수방 설치



출처 : BBC(2015)

[그림 4] 일본의 겨울철 한파 및 폭설 피해



출처 : The Japan Times(2015)

### 3.3 국내 인프라 피해 사례

국내 또한 기후변화에 의한 인프라 영향이 발생하고 있다. 이미 기후·기상 현상으로 인한 국내 인프라 피해 발생은 한두 해의 일은 아니게 되었다.

2014년 8월 부산지역에서는 시간당 최고 100mm의 집중호우가 내리면서 도시철도 1,2호선 등이 침수되었다. 역사 및 노선 침수로 인해 지하철 운행이 중단 및 지연되면서 시민들이 큰 불편을 겪어야만 했다(그림 4). 2014년 2월 동해안 지역에 내린 1m 이상의 폭설에 의해 강릉 등 동해안 지역의 주요 고갯길에서 차량통행에 대한 통제와 재개가 반복되었으며, 6개 시·군의 초·중·고 207곳 가운데 80%인 166개 학교가 이날 임시 휴업에 나서는 등 도시 기능이 마비되었다.

[그림 5] 부산 지하철 침수 사건

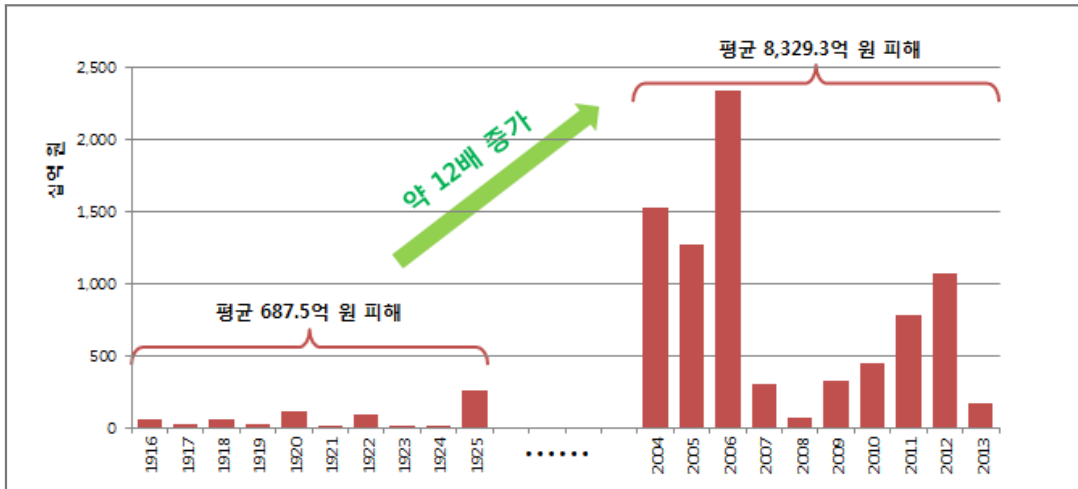


출처 : 연합뉴스(2014)

실제로 기상·기후 현상으로 인한 공공시설 피해는 증가해 왔다. 소방방재청의 재해연보(2013)에 따르면 최근 기상·기후현상으로 인해 발생한 공공시설 피해액은 20세기 초반 대비 상당히 증가한 것으로 나타났다. 1916~1925년 동안 발생한 자연재해로 인한 공공시설 평균 피해액은 약 25.5억 원 정도로 전체 재산 평균 피해액 687.5억 원 중 3.7%를 차지하는 수준이었다. 하지만 최근 2004~2013년 사이에 발생한 공공시설 평균 피해액은 약 5,146.9억 원으로, 20세기 초반 대비 200배 이상 증가하였고 이는 동기간 발생한 전체 재산피해액의 65.0%를 차지한다. 이를 토대로 볼 때 공공시설에 대한 피해의 비중이 상당히 높아진 것을 알 수 있다(그림 6,7).

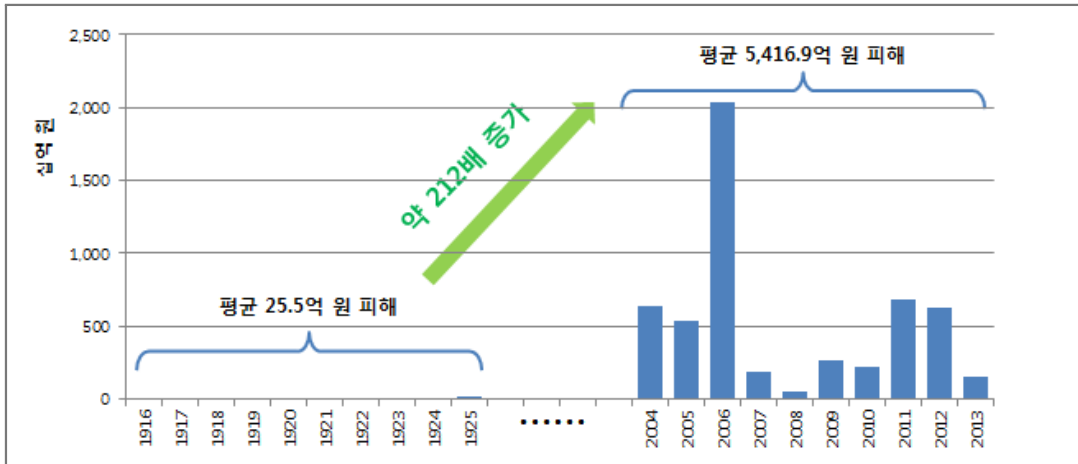


[그림 6] 한반도 기후변화 자연재해 피해액



출처 : 소방방재청(2013)

[그림 7] 한반도 기후변화 공공시설 자연재해 피해액



출처 : 소방방재청(2013)



## 4. 기후변화 적응의 필요성

최근 IPCC에서 발간한 제5차 평가보고서에서는 이산화탄소의 20% 이상이 1,000년 이상 대기 중에 남아있을 가능성이 높다고 밝혔다. 전술한 바와 같이 기후변화의 원인물질인 온실가스 발생을 감축한다 하여도 이미 배출된 온실 가스는 대기 중 잔류시간이 약 50~200년 정도로 지속적으로 기후변화를 일으킨다. 이 때문에 온실가스 배출을 줄이는 노력과 동시에 변화하는 기후에 대한 적응이 함께 이루어져야 한다. 현재 추세로 가감 없이 온실가스를 배출하는 경우(RCP 8.5) 21세기 후반 기후변화로 인한 우리나라의 누적 경제적 피해액은 최대 2,800조원(국내총생산(GDP)의 2.8%) 정도로 추정되나, 기후변화 적응을 위하여 300조원 상당의 투자가 이루어지는 경우 2100년까지 누적 피해비용을 800조 이상 감소시킬 수 있는 것으로 전망된다.

기후변화로 인한 피해의 관점에서 벗어나 이를 적절히 활용하는 경우 그동안 가능하지 않거나 경제성이 없었던 사업(산업)의 활성화가 가능하다. 예를 들어, 기온상승에 따라 망고와 같은 아열대성 작물의 재배 면적이 확장되며, 수온 상승에 따라 고등어, 참다랑어 등 난류성 수산 자원의 확보가 가능하게 되어 경제적 효과가 발생할 수 있다. 산업적인 측면에서는 농업재해보험, 풍수해 보험이 활성화 되어 금융업에 긍정적인 영향을 미치게 되며, 나아가 기상산업의 활성화로 인해 신규 일자리 창출 및 경제 성장에 기여할 수 있다. 또한 기후변화 적응과 완화를 연계하여 공동편익(Co-benefit)을 도모할 수 있다. 공동편익이란 대기 중 온실가스 농도를 완화하는 동시에 인간 건강과 생태계에 긍정적인 영향을 미치는 활동으로부터 얻을 수 있는 이익을 말한다. 즉, 온실가스 감축 정책이 본래의 목적인 감축 이외에 화석연료 연소과정에서 발생하는 대기오염 물질로부터의 피해를 저감할 수 있는 데에 따른 건강 및 생태계의 편익을 일컫는다. 적응 정책이 건강에 미치는 영향에 대한 과학적 분석이 이루어지고, 온실가스 완화를 위한 비용과 공동편익 사이의 균형점을 찾게 된다면, 온실가스 배출을 줄이는 동시에 적응을 고려하여 공동편익을 극대화할 수 있을 것이다.

## 5. 기후변화적응을 위한 해외 동향

### 5.1 국제기구의 기후변화 적응

기후변화의 부정적인 영향이 지속됨에 따라 국제사회에서 기후변화 적응의 중요성이 강조되고 있으며, 이와 관련한 논의가 심화되고 있다(표 1).

[표 1] 국제사회의 기후변화적응 관련 활동 동향

국제기구	적응관련 활동
UNFCCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2007년 COP13의 발리 행동계획에서부터 적응에 대한 관심 고조</li> <li>- 2010년 개도국의 기후변화 취약성을 줄이고 회복탄력성을 높이기 위하여 '간극적응체제' 채택</li> <li>- 2014년 COP20의 리마 선언은 각 국가의 자발적 기여 공약(INDCs)에 온실가스 감축과 기후변화 적응의 내용의 포함을 고려하도록 결정</li> </ul>
GCF	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 녹색기후기금은 기금의 50%를 적응에 할당하여 100억 달러 이상의 초기재원을 바탕으로 국제사회의 기후변화 적응 지원</li> </ul>
IPCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화의 부정적인 영향에 대한 과학적 근거 제시, 기후위험과 취약성 감소를 위한 지역별·부문별 다양한 적응방안 제시</li> <li>- AR5에서 기후변화 인한 주요위험(key risk)과 지역상황에 따른 효과적인 적응행동, 공동편익을 위한 정책 우선순위 강조</li> <li>- 사회·경제·기술·정치적 의사결정 행동변화를 통한 기후 회복경로 기반 구축 강조</li> </ul>
UN(SDGs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UN은 2030년까지를 위한 지속가능발전목표(SDGs)에 기후변화 영향 방지를 위한 긴급조치 추진(Goal 13)을 제시</li> <li>- 기후변화 적응과 회복성, 기후변화 관련 교육과 인식 개선의 필요성을 강조하여 기후변화 적응이 지속가능발전의 필수 요소를 제시</li> </ul>

출처 : KEI 국가기후변화적응센터(2013)

## 5.2 주요 국가의 기후변화 적응정책

대표적인 선진국들을 2000년대 초부터 국가 기후변화적응을 위한 전략을 마련하고, 적응정책을 지원하기 위한 법적·제도적 방안을 마련하였다. 독일은 2005년 기후보호 프로그램(Climate Protection Program) 마련하였으며, 이를 토대로 DAS(국가 기후변화 적응전략)와 APA(실행계획)를 수립하고 적응을 위한 6대 원칙 제시, 4번째 원칙에서 적응의 주류화(main streaming)를 제시함으로써 국가 모든 분야에서 기후변화 적응을 고려토록 하고 있다. 영국은 2008년 기후변화법(Climate Change Act)을 제정하였으며, 이에 근거하여 기후변화적응 행동체계, 기후변화 리스크평가, 국가적응프로그램 등을 수립하고 있다. 또한 기후변화법에 의거 기후변화에 따른 리스크 대응 및 적응역량 강화를 위해 핵심 공공기관을 대상으로 기후변화 영향 및 리스크 평가, 적응계획 수립을 주요 내용으로 하는 적응보고서(ARP)를 준비토록 하고 있다. 미국은 2009년 행정명령 13514호에 따라 부처합동 기후변화 적응 테스크포스(ICCATF) 구성하였고 2012년 연방부처 및 기관별 기후변화 적응 계획 수립하였다. 기후변화 영향 및 적응에 대한 주류화 달성을 위하여 연방부처들이 개별 기후변화 적응계획(CCAP)을 수립토록 하고 있다(표 2).

**[표 2] 주요 국가별 적응정책 종합비교**

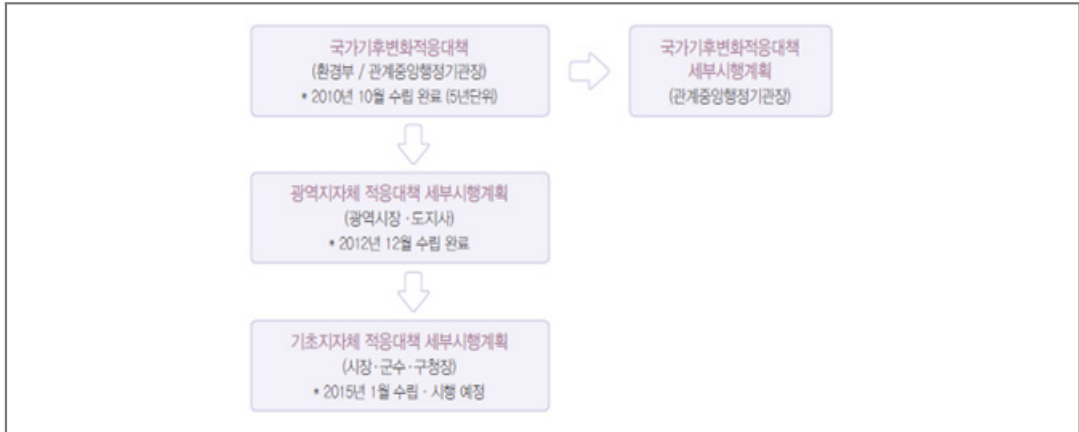
국가	법/제도	정책 및 전략	핵심부서	연구기관/사업
미국	- 지구변화연구법 (Global Change Research Act 1990)	- 국제기후변화평가 (National Climate Assessment) - 국가행동계획 (National Action Plan)	- 기후변화적응대책위원회 (CCATF) - 국가해양대기관리청(NOAA) - 환경보호청(EPA)	- 지구변화연구프로그램 (U.S Global Change Research Program)
영국	- 기후변화법 (Climate Change Act 2008)	- 기후변화적응프로그램(ACC) - 국가적응전략(NAP, 2013) - 기후변화위험평가 (CCRA, 2012) - 적응보고권한(APR,2011)	- 환경식품농무부(DEFRA) - 환경청(EA) - 적응분과위원회(ASC)	- 기후변화적응연구기관 (Tyndall Centre, Met Office) - 기후변화영향프로그램 (UKCIP)
독일	- 관련법 부재	- 기후변화 적응전략 (DAS, 2008) - 적응행동계획(APA, 2011)	- 환경연방청(BMU) - 관계부처간 작업반(IMA) - 기후변화영향적응대책반 (KomPass)	- 헬름홀츠협회의 기후서비스 센터(CSC) - 연방교육연구부(BMBF)
일본	- 지구온난화 대책 추진에 관한 법률	- 현명한 적응(WACC, 2008) - 기후변화 적응에 대한 접근법 (ACCA, 2010)	- 기후변화영향·적응연구위원회 (CCCIAR) - 기후변화적응 접근위원회 (CACCA)	- 혁신프로그램(IPCCP) - 기후변화적응 연구프로그램 (RPCCA)

출처 : KEI 국가기후변화적응센터(2013)

## 6. 우리나라의 기후변화적응 정책

우리나라에서는 「저탄소녹색성장기본법」에 근거하여 법정 국가대책인 “국가기후변화 적응대책”을 수립하고 있다. 동 대책은 5개년 단위의 연동계획(Rolling Plan)으로 관계부처 및 지방자치단체 세부 시행계획 수립을 위한 기본계획(Master Plan)의 성격을 띠고 있으며, 「저탄소녹색성장기본법」 시행령을 근거로 정부부처 실무협의회, 분야별 전문가 간담회, 심포지엄 등을 통해 '10년 10월 제1차 ‘국가기후변화적응대책’(11~15)이 수립되었다. 이후 동 대책은 신 시나리오(RCP)에 따른 영향분석, 기후변화에 상대적으로 취약한 사회·경제적 소외계층 보호대책 보강, 통합적 적응대책 수립을 위한 관계부처 협력 강화, 기후변화 유망산업 발굴 및 기업의 적응역량 강화 지원 등을 골자로 수정·보완(12.12)되었다. '15년 말에 제1차 국가기후변화적응대책이 만료됨에 따라 '14~15년 중에는 제2차 국가기후변화적응대책 수립이 범정부 차원에서 수행되었으며, '16년 1월 현재 제2차 국가기후변화적응대책이 발효 중에 있다. 지방자치단체에서는 기후변화 현황 분석과 예측, 취약성 평가를 포함한 기후변화 적응을 위한 과학적 근거 및 정책마련까지의 전반적인 사항을 국가 적응대책과 연계하여 세부시행계획을 수립하여야 한다. 16개 광역지자체는 [저탄소 녹색성장기본법]에 따라 2012년까지 제1차 세부시행계획 수립을 완료하였고, 기초자자체는 '15년 말까지 세부시행계획을 수립하였다. 우리나라의 기후변화 적응대책 추진체계는 그림 8과 같다.

[그림 8] 기후변화적응대책 추진체계



출처 : 환경부(2015)

## 7. 기후변화적응 정책 방향

기후변화적응대책은 국가, 지역, 민간 등 다양한 계층과 단계에서 적용되므로 국가기후변화적응대책 수립·이행 시에는 계획 이행의 효과성 제고를 위한 원칙의 수립이 필요하며, 원칙 수립 시에는 다음과 같은 내용에 대한 고려가 필요하다. 첫째, 기후변화적응은 기후변화로 인한 악영향에 대비하고 기후변화를 기회로 삼는 행동 및 과정도 포함하고 있으므로, 계획 수립 시 경제의 성장, 사회의 안정과 통합 및 환경의 보전이 균형을 이루는 지속가능발전 원칙에 부합하도록 하여야 한다. 둘째, 적응계획 수립 시 그 효과가 장기간에 걸쳐 구현되며 계획 이행 시 많은 비용이 수반됨을 고려하여 기후변화 취약지역·계층에 대한 배려 및 우선순위에 따른 부문별 대책 실행계획 등이 고려되어야 한다. 선택과 집중에 관련해서는 재난·재해, 폭염, 매개체 질병에 대한 취약계층 지원, 기후변화 민감 생물종 관리 및 침수 취약지역에 대한 관리 등 자연·생활부문 대응력 제고 등에 대한 심도 있는 고려가 필요하다. 셋째, 기후변화 적응대책은 경제분야, 자원분야, 사회분야의 다양한 계획과 연계되므로 기존 정책과의 연계성 확보 및 통합적 접근을 통한 시너지 창출이 가능토록 계획하여야 하며, 동 위계의 유관계획과의 정합성 및 수용성 여부에 대한 고려가 필요하다. 넷째, 기후변화 적응대책 수립시 기후변화가 가지는 불확실성을 고려해 적응대책은 계획 수립과 이행단계에서의 모니터링 및 객관적인 평가를 거쳐 수정·보완이 가능한 체계를 구축할 필요가 있다. 기후변화적응정책은 기후 위협의 빈도나 규모를 바꾸지는 못하지만 기후변화에 대처할 수 있는 능력을 향상시켜 기후변화의 영향이 임계치에 도달하는 시간을 벌어주는 역할을 한다. 그러나 상호보완적인 완화와 적응의 관계를 고려하지 않고 개별적으로 접근하는 경우 잘못된 적응(Maladaptation)이 일어나 온실가스 발생이 증가하는 부정적인 효과가 발생할 수 있다. 이에 최근 국제사회에서는 완화와 적응의 상호보완성을 강조하고 주요 대응에서 발생할 수 있는 공동 편익(Co-benefit), 상승효과 및 상승효과(Trade-off)에 주목하고 있다. 기후변화적응대책은 경제·사회

-환경의 다양한 부분에 대한 선순환을 고려한 것으로 공동편의 추구를 통하여 국가의 지속가능한 발전을 도모 할 수 있도록 이행될 필요가 있다.

## 8. 맺음말

기후변화로 인한 피해가 증가하고 있는 현 시점에서 기후변화적응은 기후변화 대응에 있어 선택이 아닌 필수적인 수단으로 평가되어 지고 있으며, 기후변화적응대책은 기후변화로 인한 피해에 대처하고 지속가능한 사회 구현을 위한 유용한 수단으로 평가되고 있다. 본고에서는 기후변화로 인한 피해 및 이에 대처하기 위한 국내 및 해외의 기후변화적응대책에 대하여 살펴보았다. 우리나라에서는 2010년 이래로 국가 및 지자체 단위에서 기후변화적응대책을 수립·이행하고 있으며, 이 과정에서 시행착오도 경험하였다. 이러한 과거의 경험을 토대로 현재에는 제2차 국가기후변화적응대책이 이행되고 있다. 이러한 대책이 성공적으로 이행되어 기후안전사회 구축 및 국민행복에 이바지 할 수 있기를 기대해 본다.

### 참고문헌

- 기상청. 2013. 한반도 기후변화 전망보고서.
- 교통통신사. 2014.2.9. “日 수도권에 기록적 폭설…도심 적설량 ‘27센티’(종합)”. (<http://www.47news.jp/korean/environment/2014/02/083509.html>)
- 국가기후변화적응센터, 2013. “기후변화 적응전략 종합연구”.
- 소방방재청. 2013. 『재해연보』.
- 양지훈, 하종식. 2013. “기후변화로 인한 고온의 미래 사망부담추정”. 한국환경보건학회 39(1).
- 연합뉴스. 2014.02.10. “122cm 폭설 동해안 ‘마비’… 고립·휴업 피해 ‘눈덩이’”. (<http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=103&oid=001&aid=0006745796>)
- 연합뉴스. 2014.08.25. “부산 지하철, 집중호우로 침수.. 1,2호선 운행 중단 피해 속출”. (<http://www.joongboo.com/news/articleView.html?idxno=941558>)
- 이수연, 최진무. 2011. “해수면 상승에 따른 경제적 손실: 부산시 해운대구를 사례로”. 대한지리학회지 45(5).
- 채여라. 2012. “우리나라 기후변화의 경제학적 분석”. KEI.
- 환경부. 『기후변화적응정책 가이드북』.
- 환경부, 2015. 『기후변화적응 뉴스레터 Vol.2, (통권 37호)』.
- BBC. 2015.05.17. “Bosnia and Serbia floods: Death toll rises”. (<http://www.bbc.com/news/world-europe-27454669>)
- CNET Korea. 2014.02.17. “日 폭설 피해 속출…통신장에 ‘패닉’”. (<http://www.cnet.co.kr/view/52403>)
- Munich Re. 2015. “Topics GEO: Natural catastrophes 2014 Analyses, assessments, positions”. ([http://www.munichre.com/site/corporate/get/documents\\_E1018449711/mr/assetpool.shared/Documents/5\\_Touch/\\_Publications/302-08606\\_en.pdf](http://www.munichre.com/site/corporate/get/documents_E1018449711/mr/assetpool.shared/Documents/5_Touch/_Publications/302-08606_en.pdf))
- The Japan Times. 2014.02.13. “Five dead, more than 600 injured as heavy snow hits Japan”.



## 신기후체제의 도래와 에너지·기후변화 정책방향

임재규 | 에너지경제연구원 기후변화정책연구본부장

### 1. 서론

프랑스 파리에서 개최된 제21차 기후변화협약(UNFCCC) 당사국총회(COP)에서 국가들 간의 의견 대립 및 격론 끝에 파리협정(Paris Agreement)을 채택함으로써, 신기후체제가 출범하게 되었다. 선진국과 개도국의 의무 차별화, 선진국의 재정지원, 글로벌 장기목표 등 주요 현안에 대한 국가 간 입장 차이를 극복하고 새로운 기후변화 대응체계가 구축된 것이다. 이에 따라, 우리나라를 비롯하여 세계 모든 국가들이 자국의 여건에 적합한 저탄소 개발전략을 수립하고 시행하기 위해 빠르게 움직일 것으로 예상된다.

신기후체제의 핵심은 기존의 교토의정서 체제와 달리 각국이 자국의 기후변화 대응 기여방안을 스스로 결정하고 차질 없이 이행하도록 하는 상향식 접근방식이다. 따라서 앞으로 우리나라도 에너지정책 뿐만 아니라 경제발전 패러다임의 적극적이고 자발적인 변화를 통해 국제사회의 흐름에 빠르게 대응할 필요가 있다. 또한 저탄소 경제로의 경제발전 패러다임 전환과 기존 공급 중심에서 수요자 중심으로 에너지시스템의 구조적 변화가 진행될 것으로 예상된다. 이는 제조업 특히 에너지다소비 업종에 대한 의존도가 높은 우리 경제에 심각한 도전으로 다가옴에 따라 산업생산 시스템 전반의 변화를 요구할 것이다.

그 동안 우리의 기후변화 대응 정책은 기업의 자발적 참여를 유도하기에 미흡하고, 구조전환 및 경제 체질개선에 대한 명확한 신호와 방향성을 제공하지 못하는 한계를 가지고 있었다. 즉, 규제 중심의 정책으로 산업계 경쟁력 저하 우려 등을 불식시키지 못함에 따라 산업부문의 자발적 참여가 미미하였으며, 단기 감축 성과위주의 정책이 장기적 경제구조 전환과 방향성을 반영하지 못함으로써 경제발전과 기후변화 대응 정책이 서로 엇박자를 내고 있었던 것이 사실이다. 한편, 산업부문 이외의 건물, 수송 부문에서도 온실가스 감축을 위한 다양한 정책들이 시행되고 있으나, 이들 부문에서의 온실가스 감축 효과가 제대로 도출되지 않는 상황에서 국민들의 부담만 계속 가중되고 있다.

이제 전 세계 모든 국가가 부담의 차이는 있겠지만 예외 없이 저탄소경제로 상징되는 신기후체제에 기여해야 한다. 우리나라도 온실가스 배출량을 2030년까지 BAU대비 37% 를 감축하는 국가기여방안

을 제출한 바 있으나, 국내 에너지 수요의 97%가 수입기반이며, 에너지다소비 업종 중심의 산업구조 및 현재의 높은 에너지 효율 수준 등을 감안할 때 이러한 목표를 달성하는 것이 결코 쉽지 않은 상황이다. 따라서 본고에서는 우리나라의 에너지 수급 및 온실가스 배출 추세에 대한 구조적 분석 및 검토를 통해 우리나라의 온실가스 감축 가능성 및 문제점 등을 분석하고, 이를 기초로 향후 우리나라의 신기후체제 대응을 위한 에너지·기후변화 정책의 중장기 추진방향을 제시하고자 한다.

## 2. 에너지 소비 및 온실가스 배출 추세

### 2.1 에너지 소비 추세 및 시사점

지난 2000~2013년 동안 우리나라의 경제는 약 63% 성장하였으며, 같은 기간의 총에너지 소비는 약 45% 증가하였다. 경제성장과 총에너지 소비의 부분적인 탈동조화는 우리나라의 에너지원단위(총에너지/GDP)를 약 11.2% 낮추는 역할을 하였으며, 2000년대 초반부터 1990년대까지의 추세를 탈피하여, 이와 같은 탈동조화가 본격화되기 시작하였다. 그러나 다른 선진국들과 비교할 때 여전히 에너지원단위가 높은 수준에 있음을 확인할 수 있다.

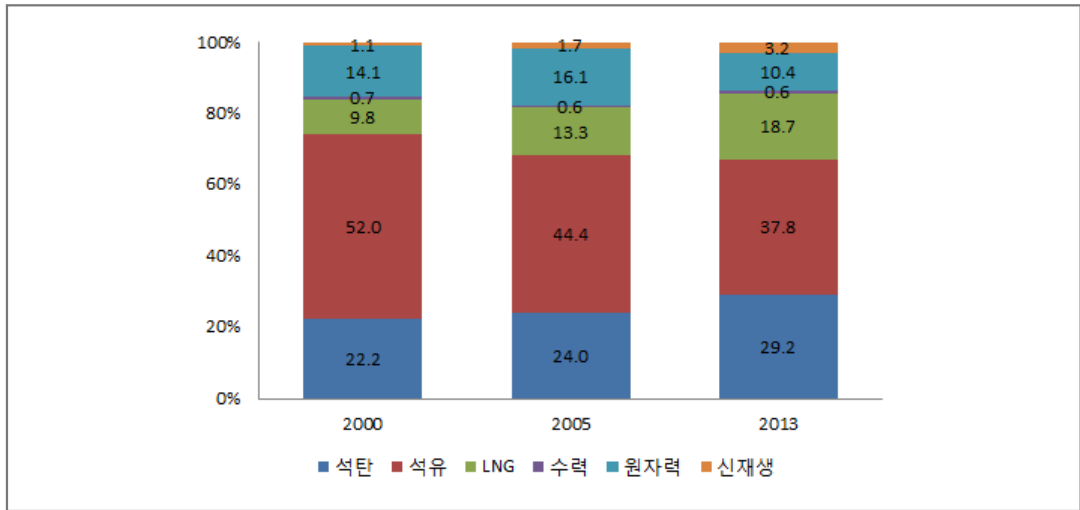
[표 1] 에너지 관련 주요지표 변화, 2000년~2013년

	GDP (2005년,십억)	총에너지 (천TOE)	최종에너지 (천TOE)	총에너지/GDP (TOE/백만원)	수입의존도 (%)	석유의존도 (%)
2000	694,628	192,887	149,852	0.278	97.2	43.5
2005	865,241	228,622	170,854	0.264	96.6	34.4
2010	1,043,666	263,805	195,587	0.253	96.5	27.9
2013	1,134,853	280,290	210,247	0.247	95.7	25.2
'00-'13	3.8	2.9	2.6	-0.9	-0.1	-4.1

주) 석유의존도는 총 에너지 소비 중 납사 제외.  
출처 : 에너지경제연구원(2014)



[그림 1] 총 에너지원별 비중 변화, 2000년~2013년



출처 : 에너지경제연구원(2014)

우리나라의 총 에너지 소비는 2012년에는 세계경제 성장세 둔화와 높은 국제유가 수준의 지속으로 인하여 전년대비 소폭 증가하였고, 2013년에는 경기부진과 동절기 온난한 기온의 영향 등으로 0.6% 증가하는데 그쳤다. 한편, 총에너지 공급에 있어서 석유의 의존도는 지속적으로 하락하여, 2000년 약 52.0% 에서 2013년에는 약 37.8% 까지 낮아진 반면, 최근 몇 년간 총에너지 소비의 30% 내외 수준을 보이고 있는 석탄은 산업부문의 원료탄 수요확대로 인해 그 비중을 유지하고 있다. 상대적으로 친환경 에너지원인 LNG도 발전용 수요의 꾸준한 증가와 함께 가스 제조용 수요가 크게 증가함에 따라 비중이 확대되는 추세에 있다. 원자력의 비중은 2006년 15.9% 로 정점을 기록한 후 점차 낮아지는 추세를 보여 2013년에는 10.4% 까지 하락하였다.

[표 2] 주요국의 총에너지 소비 변화, 1980년~2013년

(단위: 백만TOE)

	1980	1990	2000	2013	연평균 증가율(%)	
					1980~2000	2000~2013
프랑스	191.8	223.9	251.9	253.3	1.37	0.04
독일	357.2	351.4	337.3	317.7	-0.29	-0.45
일본	344.5	439.3	519.0	454.7	2.07	-1.01
한국	41.2	93.1	185.7	263.8	7.82	2.74
영국	198.4	205.9	222.9	190.9	0.58	-1.19
미국	1,804.7	1,915.0	2,273.3	2,188.4	1.16	-0.29
OECD	4,051.0	4,479.1	5,233.9	5,299.6	1.29	0.10

출처 : IEA(2015)

한편, 주요 선진국들의 총에너지 소비는 1980~2000년 동안 연평균 1~2%의 증가세를 기록하였으나, 2000년대에는 대부분 하락세로 전환되었다. 우리나라는 2000년 이전에 연평균 7.82% 증가하였으며, 2000년대에도 증가세는 약화되었으나 여전히 연평균 2.74%의 높은 증가세를 유지하고 있다. 따라서 선진국들의 에너지원단위(총에너지/GDP)는 지속적으로 개선되고 있으며, 특히 미국과 영국의 원단위는 2000년대 들어 타 선진국과 비교해 빠르게 개선되고 있다. 우리나라의 에너지원단위도 2000년대 이후 개선되고 있지만, 여전히 선진국에 비해 상대적으로 에너지원단위와 일인당 에너지 소비가 많이 높은 상황이다.

**[표 3]** 주요국의 에너지소비 지수 비교, 2013년

	총에너지/GDP (TOE/천달러,PPP)	일인당 에너지소비 (TOE)	전력소비/GDP (kWh/달러)	일인당전력소비 (kWh)
프랑스	0.12	3.84	0.21	7,382
독일	0.11	3.87	0.18	7,022
일본	0.11	3.57	0.21	7,836
한국	0.17	5.25	0.44	10,428
영국	0.09	2.98	0.13	5,409
미국	0.15	6.92	0.28	12,987
OECD	0.13	4.20	0.25	8,072

출처 : IEA(2015)

**[표 4]** 부문별/원별 최종에너지 소비 변화, 2000년~2013년

(단위: 백만TOE)

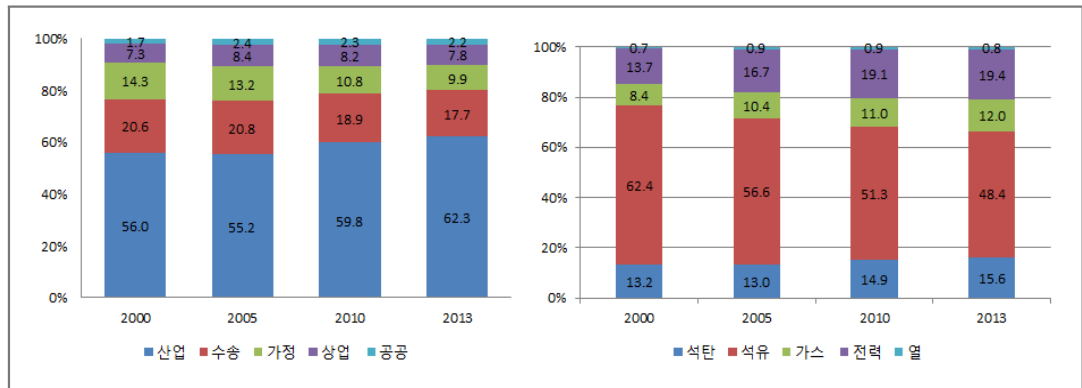
구 분	2000	2005	2010	2013	연평균 증가율 (%)	
최종에너지	149.9	170.9	195.6	210.2	2.6	
부 문 별	산업	83.9	94.4	116.9	130.9	3.5
	수송	30.9	35.6	36.9	37.3	1.5
	가정	21.4	22.5	21.2	20.9	-0.2
	상업	11.0	14.3	16.1	16.4	3.1
	공공	2.6	4.1	4.5	4.6	4.5
원 별	석탄	19.8	22.3	29.2	32.6	3.9
	석유	93.6	96.7	100.4	101.8	0.6
	가스	12.6	17.8	21.6	25.3	5.5
	전력	20.6	28.6	37.3	40.8	5.4
	열	1.1	1.5	1.7	1.7	3.4
	신재생	2.1	3.9	5.3	7.9	10.7

출처 : 에너지경제연구원(2014)

우리나라의 최종에너지 소비는 2000년~2013년 동안 연평균 2.6% 증가하였는데, 1990년대까지의 빠른 증가세가 2000년대부터 약화됨으로써 저에너지 시스템으로의 전환이 시작되었음을 감지할 수 있다. 그러나 2000년대 들어 최종에너지 소비가 감소추세로 전환된 선진국들과 비교할 경우 우리나라는 여전히 가장 높은 증가세를 유지하고 있다. 산업부문과 공공부문의 에너지소비 증가세가 각각 연평균 3.5% 와 4.5% 로 가장 높았으며, 반면에 가정부문의 에너지소비는 2000년대 중반부터 하락세로 전환되었다.

이런 높은 에너지소비 증가세는 산업부문의 최종에너지 소비 증가에서 기인한다. 특히 2009년도 이후 금융위기 극복 과정에서 철강, 석유화학, 조립금속업(반도체·기계·자동차 등)의 생산 활동이 활발 해지면서 더욱 두드러지게 나타났다. 에너지 수요 증가를 주도하고 있는 주요 에너지다소비산업이 우리나라의 경제성장에 중요한 역할을 담당하고 있고, 원료용 에너지(납사) 소비가 산업부문 에너지 소비의 46.4% (2012년 국내통계 기준)를 점유하고 있는 현실을 고려하면, 단기적으로 산업부문의 에너지 수요를 줄이는 데에는 많은 어려움이 존재한다. 따라서 산업 정책적 측면에서 에너지 저소비형 고부가 가치 산업 육성을 통한 산업구조 개편을 중장기적 과제로 지속 추진할 필요가 있다.

[그림 2] 부문별/원별 최종에너지 비중 변화, 2000년~2013년



출처 : 에너지경제연구원(2014)

산업부문의 빠른 에너지 소비 증가세는 산업부문 최종 에너지 소비의 약 96% (2013년 기준)를 차지 하는 제조업에 의해 견인되었다. 제조업의 최종에너지 소비는 1990~2013년 동안 농·축수산, 건설, 광업 등 산업부문의 다른 업종보다 높은 연평균 약 5.8% 의 증가세를 기록하였다. 제조업의 부가가치는 같은 기간에 연 평균 7.1% 증가하였는데, 이와 같은 증가세가 제조업의 에너지 소비를 증가시킨 중요한 원인 중의 하나로 작용하였으나, 제조업의 에너지원단위는 전체적으로 개선되었다.

최종에너지의 증가세는 전력, 도시가스 및 석탄의 높은 소비 증가세에 기인하는데 특히, 낮은 전력 요금수준, 전력 다소비 업종의 생산 호조, 전기 기기의 보급 확대, 이용의 편리성 등으로 다른 최종 에너지원과 비교하여 상대적으로 가장 빠른 증가세를 보이면서 우리나라의 전력화(electrification) 현

상이 가속화되었다. 그러나 최근의 전력 소비는 경기둔화와 공급능력의 한계로 인한 수요관리의 강화, 기온의 영향으로 인한 냉방용 및 난방용 전력수요 부진 등의 요인으로 증가율이 크게 둔화되는 모습을 보이고 있다. 이러한 증가세 둔화가 향후 계속 지속될 것인가에 대한 불확실성이 존재하는 바, 증가세 완화를 위한 에너지 수요관리 정책의 개발과 강화가 필요한 상황이다.

국가 차원의 에너지 효율 지표인 에너지원단위(총에너지/GDP)는 2000년 이후 지속적으로 개선되다가 2008년 이후에는 오히려 악화되고 있으며<sup>1</sup>, 여전히 선진국에 비해 높은 수준으로 2013년 기준으로 OECD 평균 대비 약 23.5% 높다. 철강, 석유화학 등 에너지 다소비 업종의 사업호조로 인한 생산량이 증가, 에너지 전환 손실이 큰 전력소비가 산업 및 상업부문을 중심으로 빠르게 증가하고 산업부문의 원료용 에너지소비(납사, 원료탄) 비중이 상대적으로 높은 것이 주요 요인들이다.

**[표 5]** 에너지원별 가격 및 소비 증감률, 2002년~2013년

구분 (가격:원)	등유(원/ℓ) (554 → 1,367)	경유(원/ℓ) (678 → 1,730)	도시가스(원/㎡) (398 → 856)	전력(원/kWh) (75.21 → 106.33)
가격증감률(%)	147%	155%	115%	41%
소비증감률(%)	-67%	1%	71%	71%

출처 : 온실가스종합정보센터(2015)

한편, 지난 2000년~2013년 동안 우리나라의 경제는 63.4% 성장(실질GDP기준, 2005년 불변가격)한 반면, 총에너지소비는 45.3%, 전력소비는 98% 증가하였다. 이는 석유, 가스 등 타 에너지원에 비해 전기요금 상승률이 상대적으로 크게 낮아 상대적으로 가격이 저렴한 전력으로 수요의 편향성이 발생했기 때문이다. 또한 제품 출하액 대비 에너지비용 지표를 보더라도 2000년대 중반 이후 전력비의 비중이 지속적으로 상승하여 제조업 에너지투입구조가 전력 중심으로 재편 중이다.

전력소비의 급증은 국가 에너지효율의 악화, 전력수급 불안, 발전설비 확충에 따른 사회적 비용 증대 등의 부작용을 초래하고 있다. 전력생산과정에서 발생하는 에너지전환손실로 인해 전력소비의 급증은 에너지이용효율을 저해함으로써 에너지원단위를 악화시키며, 수요급증으로 인한 공급비용 상승 및 동하절기 전력난 등 수급 불안을 야기하였다. 또한 환경오염, 공급설비 확충을 둘러싼 이해당사자 간의 갈등 등 사회적 비용도 급격히 높이고 있는 실정이다.

[표 6] 온실가스 배출 관련 주요지표 변화, 1990년~2013년

구분	1990	2000	2010	2011	2012	2013	1990 대비 증감율 (%)	2012 대비 증감율 (%)
총배출량 (백만톤CO <sub>2</sub> )	292.3	498.8	653.1	680.6	684.3	694.5	137.6	1.5
GDP (천억원)	3,690	6,946	10,437	10,821	11,042	11,349	207.6	2.8
추계인구 (천명)	42,869	47,008	49,410	49,779	50,004	50,220	17.1	0.4
1인당 총배출량 (톤CO <sub>2</sub> /명)	6.8	10.6	13.2	13.7	13.7	13.8	102.9	1.1
GDP당 총배출량 (톤CO <sub>2</sub> /10억)	792.1	718.1	625.7	629.0	619.7	612.0	-22.7	-1.2

출처 : 온실가스종합정보센터(2015)의 표-9와 표-10의 내용 재정리

## 2.2. 온실가스 배출 추세 및 시사점<sup>2</sup>

우리나라의 2013년 온실가스 총배출량은 694.5 백만톤 CO<sub>2</sub>eq.을 기록하였는데, 이는 1990년 대비 137.6% 증가하였고 2012년 대비 1.5% 증가한 규모이다. 2013년에는 원전시설 점검에 따라 원자력발전의 비중이 감소하고 화력발전 비중이 높아진 영향으로 전년대비 증감율이 2012년 보다 1%p 높게 나타났다. 온실가스 배출량의 전년대비 증가율이 국내총생산(GDP) 증가율보다 낮게 나타남에 따라 배출원단위(총배출량/GDP)는 개선되는 추세를 보이고 있는데, 2013년의 배출원단위가 1990년 대비 22.7% 개선되었다. 따라서 에너지의 경우처럼 배출량과 경제성장 간의 탈동조화가 계속 진행되고 있는 것으로 평가된다<sup>3</sup>. 한편, GDP 증가율이 인구증가율을 상회하고 있어서, 1인당 온실가스 총 배출량은 지속적으로 증가하는 추세에 있다.

우리나라의 온실가스 총 배출량이 1990년부터 1997년까지는 매년 5% 이상 증가하였으며, 1998년 국내 금융위기에 따른 경기 침체로 배출량이 크게 감소(전년대비 14% 감소)한 후, 경기회복과 함께 배출량이 다시 증가하는 추세를 보이고 있다. 2009년에는 세계 금융위기로 인한 경기악화 때문에 배출량이 전년대비 0.6% 증가하는데 그쳤으나, 2010년 이후 경기회복과 함께 산업용 및 냉난방용 전력 수요가 증가함에 따라 증가율의 폭은 점진적으로 좁아지고 있으나 배출량의 증가세는 유지되고 있다.

<sup>2</sup> 우리나라 온실가스 배출량 추세에 대한 전체적인 내용은 온실가스종합정보센터에서 발간한 「2015 국가 온실가스 인벤토리 보고서」에 기초하여 작성되었다.

<sup>3</sup> 2013년 GDP 증가율보다 배출량 증가율이 낮은 이유는 온실가스-에너지 목표관리제의 이행, 액화천연가스(LNG)의 사용 증가, 고유가 등 다양한 요인에

[표 7] 분야별 온실가스 배출량 및 흡수량

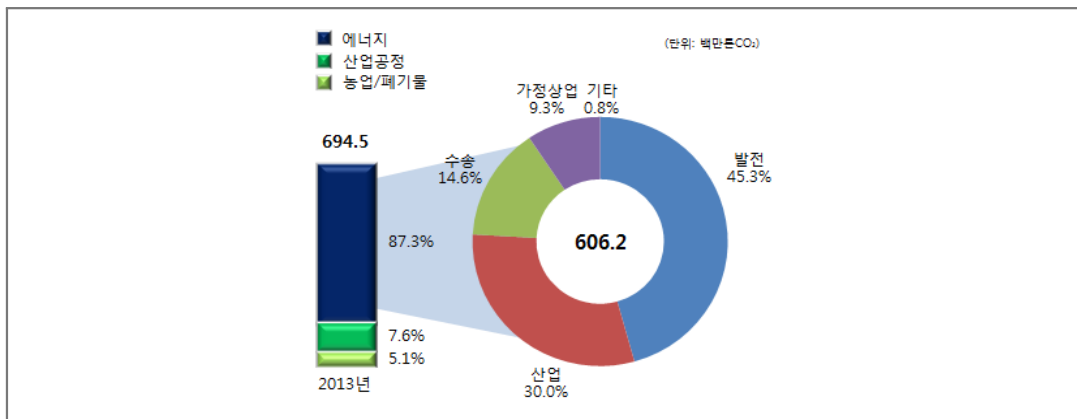
(단위: 백만톤 CO<sub>2</sub>eq.)

분야	온실가스 배출량					1990년대비	2012년대비
	1990	2000	2011	2012	2013	2013년증감율	2013년증감율
에너지	241.3	410.4	594.1	597.3	606.2	151.2%	1.5%
산업공정 농업	20.4	49.8	51.8	51.5	52.6	158.2%	2.1%
	20.8	20.8	20.2	20.7	20.7	- 0.2%	0.006%
LULUCF 폐기물	34.2	58.9	48.7	44.8	42.9	25.3%	4.4%
	9.8	17.8	14.6	14.8	15.0	52.2%	1.2%
총배출량 (LULUCF제외)	292.3	498.8	680.6	684.3	694.5	137.6%	1.5%
순배출량 (LULUCF포함)	258.1	493.9	632.0	639.5	651.7	152.5%	1.9%

출처 : 온실가스종합정보센터(2015), 표-1

우리나라의 온실가스 총 배출량에서 에너지 분야가 차지하는 비중이 약 87% 를 상회하고 있는데, 에너지 분야의 온실가스 배출량은 1990년 대비 151.2% 증가하였다. 한편, 에너지 분야에서 연료연소에 의한 배출이 2013년 기준으로 약 99.2% 로서 에너지 분야 배출량의 대부분을 차지하고 있다. 2013년의 연료연소에 의한 배출량의 부문별 비중을 살펴보면, 에너지산업 45.3%, 제조업 및 건설업 30.0%, 수송 14.6%, 기타 부문이 9.3% 순으로 나타났다.

[그림 3] 에너지 분야 부문별 배출량 비중, 2013년



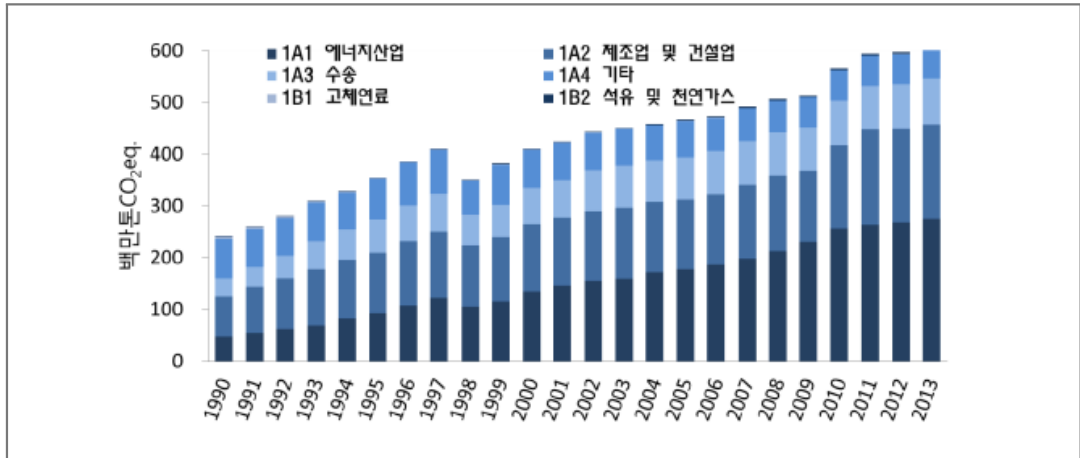
출처 : 온실가스종합정보센터(2015)

한편, 광물산업과 할로카본 및 육불화황 소비를 통해 배출되는 산업공정 분야의 경우 배출량이 1990년 대비 무려 158.2% 증가하였는데, 광물산업 부문 배출량은 1990년 초·중반 급증(연평균 8.9%) 한 후 1998년부터는 소폭 증가(연평균 1.4%) 하고 있다. 할로카본 및 육불화황 소비 부문은 1990년 이후 2013년 기준까지 연평균 1.4% 증가한 것으로 나타났다. 한편, 2013년 기준 산업공정 분야 배출량의 99.2%가 연료연소에 의한 배출량인 것으로 나타났다.

꾸준히 증가(연평균 26.9%) 하였으나, 2011년부터 반도체·디스플레이 업종의 저감장치 사용 확대, 중 전기기의 육불화황 사용량 감소와 회수율 증가 등에 따라 배출량이 둔화되는 추세로 전환되었다.

에너지 분야 온실가스 총 배출량은 1990년부터 꾸준히 증가하다가 금융위기가 있었던 1998년 감소한 후 이듬해부터 다시 배출량이 증가하는 경향을 보였다. 에너지 분야 내의 배출 비중을 살펴보면, 2013년 총 배출량에서 연료연소에 의한 배출 비중이 99.2%로 배출량의 대부분을 차지하였다. 연료연소 내에서는 에너지산업 부문(45.7%), 제조업 및 건설업 부문(30.3%), 수송 부문(14.7%), 기타 부문(9.4%)의 순으로 배출량 비중이 큰 것으로 나타났다.

[그림 4] 에너지 분야 온실가스 배출량, 1990년~2013년



출처 : 온실가스종합정보센터(2015), 그림 2-10

에너지 분야의 최근 3년간 전년대비 배출량 증가율이 2010년 10.3%, 2011년 5.1%, 2012년 0.5%, 2013년 1.5% 를 기록함으로써, 온실가스 배출량은 계속 증가하고 있으나 증가율은 감소하는 경향을 보였다. 과거와 달리 온실가스 배출량 증가율이 낮아지고 있는 것은 에너지산업 부문, 제조업 및 건설업 부문, 기타부문에서 액화천연가스(LNG)의 사용 비중이 증가했기 때문인 것으로 분석되고 있다.

우리나라의 온실가스 배출 추세에서 보듯이, 경제성장 과정에서 에너지 소비 및 산업구조의 변화에 의해 에너지 소비의 경우와 같이 온실가스 배출량의 증가 추세가 완화되고 있으며, 경제성장과 온실가스 배출 간의 탈 동조화도 진행되고 있는 것으로 평가된다. 그러나 산업구조, 에너지 소비구조 등의 근본적인 요인으로 인해 여전히 온실가스 배출량은 증가하고 있으며, 이러한 증가세는 우리나라 온실가스 총배출량의 87% 이상을 차지하고 있는 에너지 분야(특히 연료연소)의 배출량 증가에 기인하고 있다. 한편, 에너지 분야의 연료연소에 의한 온실가스 배출의 많은 부분을 차지하고 있는 발전을 포함한 에너지산업과 제조업의 온실가스 배출량이 지속적으로 증가하고 있음에 따라, 향후 신기후체제 하에서의 우리나라 온실가스 배출량 관리는 에너지산업과 제조업에서 어떻게 효율적이고 비용 효과적으로 온실가스를 감축할 수 있는지를 우선적으로 살펴볼 필요가 있다.



## 2. Post-2020 온실가스 감축목표의 시사점

지난 2009년 우리나라는 기후변화협약(UNFCCC)의 교토의정서(Kyoto Protocol) 체제 하에서 2020년까지 온실가스 배출량을 BAU대비 30% 감축하기로 중기 온실가스 감축목표를 설정한 바 있는데, 이러한 목표는 IPCC(2001, 2007)가 개발도상국에 권고한 감축 범위(BAU대비 15~30% 감축)의 최고 수준이었다. 이와 같은 목표를 달성하기 위한 법적체계로서 2010년에 「저탄소녹색성장기본법」을 제정하였으며, 2011년 국가 목표를 산업·건물·수송 등으로 세분화한 부문·업종별 세부 감축목표를 설정하고, 2012년에는 목표관리제를 시행하는 등 온실가스 감축제도를 본격적으로 시행하였다.

2020년까지 BAU대비 30% 온실가스 감축목표 달성을 위한 7개 부문의 온실가스 감축목표를 설정하였는데, 산업 및 전환부문의 온실가스 배출량을 BAU대비 각각 18.2% 와 26.7% 감축하기로 결정하였다. 건물의 경우 가정과 상업에서 총 26.9%를 감축하고, 수송부문에서는 34.3%의 높은 감축률이 결정되었다. 수송·건물 등 非산업 부문 감축률이 상대적으로 높게 나타나지만, 총 감축량 대비 비중은 산업·전환 부문이 50% 이상을 차지하였다. 감축 주체들의 경제적 부담을 최소화하도록, 초기에는 저비용 수단 위주로 감축 방안을 적용하고 고비용 감축 방안은 단계적으로 적용하였다<sup>4</sup>.

그러나 기존의 교토의정서 체제는 미국, 중국, 인도 등 온실가스 다(多)배출국들이 감축의무 대상국에서 제외되고, 일본, 캐나다 등 일부 선진국들이 제2차 공약기간의 감축의무 이행을 포기함으로써 실질적으로 실효성이 없게 되었다. 따라서 국제사회는 2020년 이후의 교토의정서 체제를 대체할 새로운 체제의 구축 필요성에 동의하고, 선진국 주도의 교토의정서 체제와 달리 모든 당사국들이 함께 참여하는 새로운 기후변화 대응체제 구축에 합의하였다. 동 합의를 기초로 기후변화협약 당사국들은 2020년 이후의 기후변화 대응 국가별 기여방안(Intended Nationally Determined Contribution, 이하 INDC) 를 제출하고, 파리에서 개최된 제21차 당사국총회(2014년) 에서 파리협정을 채택함으로써 신 기후체제를 출범하게 되었다.

**[표 8]** 주요 당사국들의 Post-2020 온실가스 감축목표

당사국	목표형태	감축목표	목표년도	기준년도
EU	절대량	-40%	2030	1990
미국	절대량	-26 ~ -28%	2025	2005
중국	원단위	-60 ~ -65%	2030	2005
한국	BAU	-37%	2030	-
일본	절대량	-26%	2030	2013

출처 : UNFCCC(2015)

<sup>4</sup> 감축목표를 달성하기 위해 단계적으로 산업·수송·건물의 에너지 효율 개선, 산업공정 개선 및 불소계 온실가스 흡수·제거, 저탄소에너지(신재생에너지)

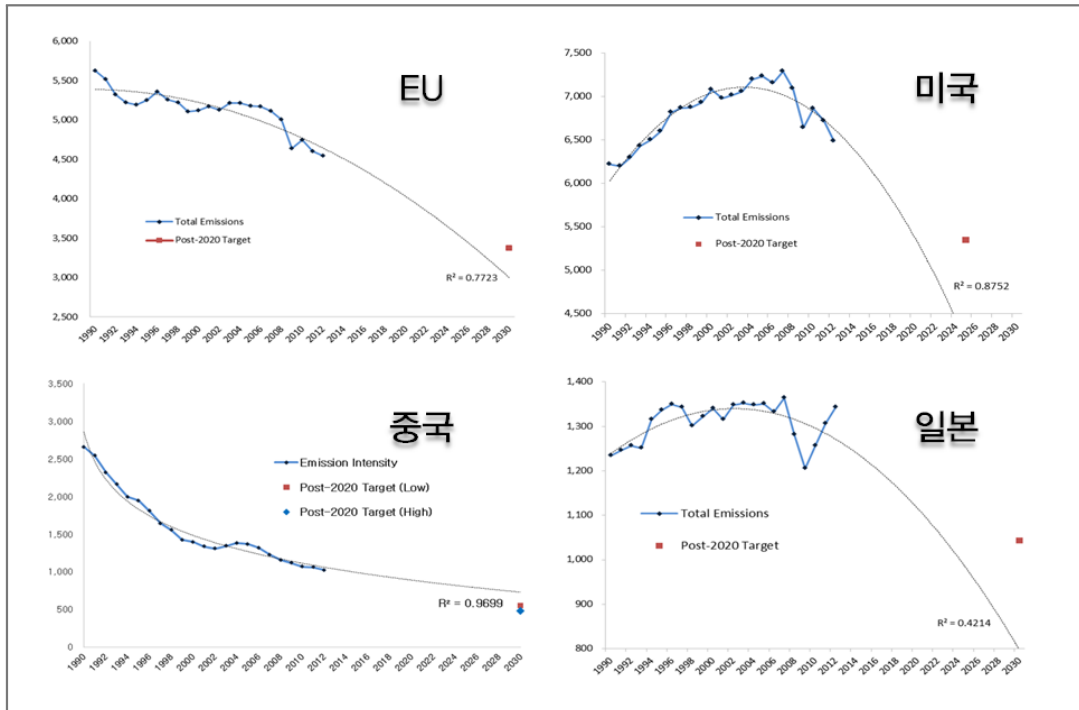
각국이 자국의 기후변화 대응 기여방안을 스스로 결정하는 상향식 접근방식을 채택한 신기후체제에서 우리나라는 2030년까지 BAU(851백만톤) 대비 37% 감축하는 온실가스 감축목표를 설정하였다. 정부는 공론화 과정에서 제기된 의견과 에너지 신산업의 적극적 육성 기반 마련, 우리나라의 국제적 위상 등을 고려, 기존에 제시된 4개 목표안보다 의욕적인 수준으로 감축목표를 결정한 것이다. 한편, 온실가스 감축목표 이행과정에서 부담을 완화하기 위한 보완조치로서 국제 탄소시장 메커니즘<sup>5</sup>을 활용한 해외감축을 감축수단으로 활용함으로써 추가적인 감축잠재량을 확보하는 방안을 제시하였으며, 산업부문 감축률은 12% 수준을 초과하지 않도록 하고, 온실가스 배출권거래제법 등 관련 법·제도를 개선하도록 하였다.

파리협정을 채택하는 과정에서 주요 당사국들이 제시한 자발적인 기여방안을 검토해보면, 미국, EU, 일본, 중국 등 온실가스 다(多)배출국가들의 목표는 감축목표의 달성가능성 측면에서 다소 긍정적으로 평가되지만, 목표의 의욕성 측면에서는 상당히 부족한 것으로 평가된다(그림 5)<sup>6</sup>. 즉, 이들 국가의 온실가스 배출량 변화 추세 상, 추가적이고 획기적인 온실가스 감축노력이 없더라도 감축목표 달성에 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다. 이와 같은 평가는 주요 국가들이 제시한 Post-2020 온실가스 감축목표의 수준이 기후변화 대응을 위한 주요 국가들의 선도적이고 획기적인 노력과 지원이 필요하다는 국제사회의 요구에 부합하지 못한다는 주장과 같은 맥락에서 이해될 수 있다.

<sup>5</sup> 국제 탄소시장 메커니즘(IMM: International Market Mechanism)은 신기후체제의 주요 감축수단 중 하나이며, 파리협약에서는 기존 교토의정서 체제 하에서의 시장 메커니즘과 더불어 다양한 형태의 메커니즘의 활용을 허용하였다.

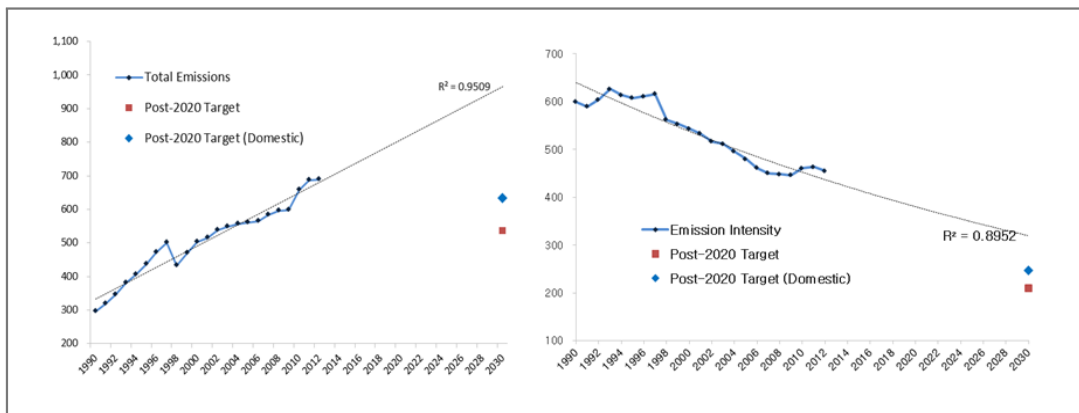
<sup>6</sup> 주요 국가들의 Post-2020 온실가스 감축목표의 의욕성(Ambitious)과 달성가능성(Achievable)에 대한 평가는 저자와 에너지경제연구원의 분석에 기초

[그림 5] 주요 당사국들의 Post-2020 온실가스 감축목표 평가



출처 : 에너지경제연구원 내부자료(2015)

[그림 6] 우리나라의 Post-2020 온실가스 감축목표 평가



출처 : 에너지경제연구원 내부자료(2015)

한편, 우리나라가 설정한 Post-2020 온실가스 감축목표(BAU 대비 37% 감축)의 의욕성과 실현가능성에 대한 평가 결과, 감축목표를 달성하기 위해서는 온실가스 배출 증가세를 억제하고 빠른 시일 내에 감소세로 전환해야 하는데, 이는 획기적인 국내 온실가스 감축노력이 전제되어야 한다(그림 5). 특히

경제성장 과정에서 배출원단위(배출량/GDP)의 개선속도를 가속화 할 필요가 있는데 산업부문의 높은 에너지 효율 수준을 고려하면, 개선의 여지가 크지 않은 것이 사실이다. 실제 Bloomberg New Energy Finance(2015)는 우리나라의 Post-2020 온실가스 감축목표에 대한 평가에서 아래와 같이 국내 산업부문의 높은 에너지효율 수준으로 인해 많은 어려움에 직면할 것으로 예측하였다<sup>7</sup>.

그렇다면 우리나라의 온실가스 감축여건은 어떤 수준인지 살펴볼 필요가 있다. 우리나라의 온실가스 배출량은 2013년 기준으로 이미 635.6백만 tCO<sub>2</sub>e<sub>q</sub>.로서 1990년 대비 두 배 이상 증가한 상황이며, 최근 증가율이 둔화되는 경향이 관찰되나 아직 배출량 증가가 둔화되었다고 단정하기에는 무리가 있다. 이러한 상황에서 온실가스 감축목표의 이행은 제조업 중심, 수출주도형 경제로부터의 전환이라는 장기적 과제와 깊이 연계되어 있는 바, 온실가스 감축의 속도를 적절히 조절할 필요가 있다. 즉 우리나라는 부가가치 기준으로 높은 제조업 비중과 에너지다소비업종의 비중을 유지하고 있으며, 이들 산업의 효율성이 매우 높다는 점을 충분히 감안할 필요가 있다.

한편, 우리나라 제조업의 경제성장 기여율은 매년 30%를 상회하는 수준이며, 특히 세계경제 위기를 돌파하는 데 제조업이 주도적 역할(2010년 성장기여율 55.4%)을 한 바 있다. 높은 제조업 비중과 에너지 다소비 업종 중심의 산업구조 특성 상, 단기적인 감축효과를 기대하는 것은 불가능하며, 저탄소 경제구조로의 전환을 통해 장기적이며 점진적으로 감축성과를 도출하는 것이 현실적일 것이다<sup>8</sup>. 따라서 규제보다는 시장과 기술을 통해 산업계가 자발적으로 온실가스 감축 노력을 할 수 있도록 지원제도를 개선하고, 규제를 과감히 정비할 필요가 있다. 즉, 제도정비, 기술개발, 시장형성의 선순환 구조를 통해 산업부문의 자발적 감축을 유도함으로써 산업계의 자발적인 감축행동과 정부의 감축목표가 조화되어야 할 것이며, 감축목표를 이행하기 위한 합리적이며 창의적인 이행방안이 마련되어야 할 것이다.

## 4. 결론 및 정책적 시사점

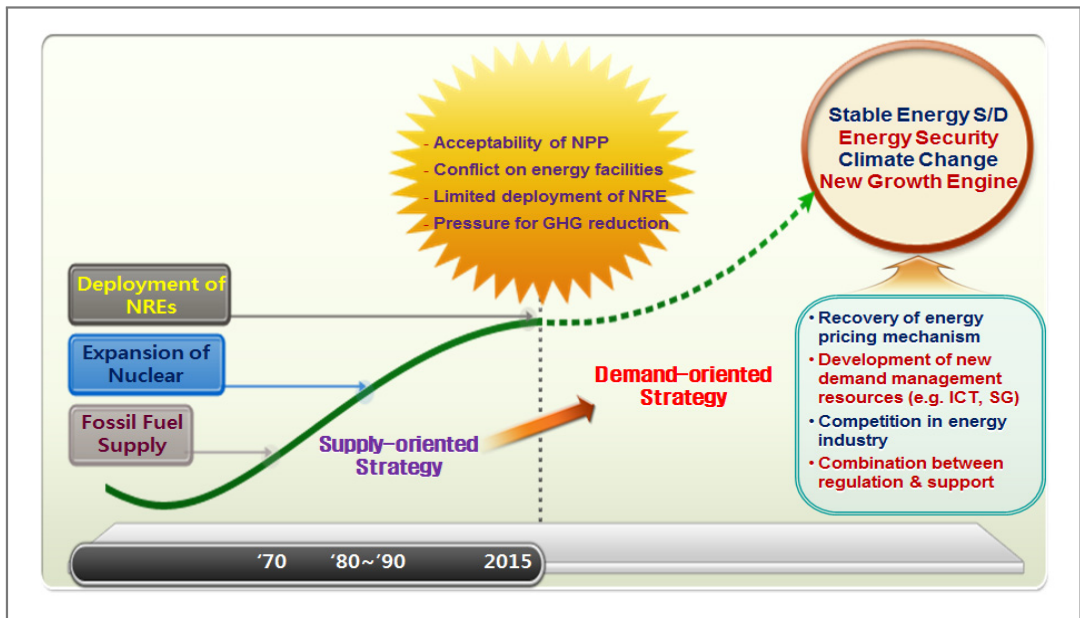
신기후체제의 출범은 앞으로 우리의 에너지정책 뿐만 아니라 경제발전 패러다임을 변화시키는 중요한 전환점이 될 전망이다. 저탄소 경제로의 경제발전 패러다임 전환과 기존 공급 중심에서 수요자 중심으로 에너지 시스템의 구조적 변화가 빠르게 진행될 것으로 예상된다. 이는 제조업 특히 에너지 다소비 업종에 대한 의존도가 높은 우리 경제에 심각한 도전으로 다가옴에 따라 산업생산 시스템 전반의 변화를 요구할 것이다. 따라서 신기후체제 대응을 위한 우리나라의 에너지·기후변화 정책은 아래와 같은 방향으로 추진되어야 할 것으로 판단된다.

<sup>7</sup> Significant abatement and reduction in emissions intensity will be required to 2030, if it (South Korea) wishes to hit the target. This will, however, likely prove difficult, as there are few cheap abatement options in the South Korean economy. The efficiency of its industrial sectors are among the best in the OECD. (BNEF, 2015.10, p.18)

<sup>8</sup> 주요 선진국의 제조업 비중이 30% 수준이었던 때는 1950-60년대로 현재의 서비스산업 중심 경제구조에 이르는 데 60여년에 가까운 시간이 소요된

첫째, 기존 공급중심의 에너지 정책을 수요중심으로 과감히 전환해야 할 것이다. 원전을 비롯한 에너지 공급시설에 대한 사회적 수용성 악화, 제한적인 신재생에너지의 역할 등 최근의 에너지정책 환경은 신기후체제의 출범을 계기로 더욱 악화될 것으로 예상되는 바, 기존 공급중심의 에너지 정책은 더 이상 지속가능하지 못할 것으로 예상된다. 따라서 제 2차 에너지기본계획에서 밝힌 바와 같이 정부는 기존의 에너지 정책을 수요관리 중심으로 과감한 패러다임 전환을 추진해야 할 것이다. 에너지 수요관리는 에너지 수급안정과 기후변화 대응 등을 동시에 충족시킬 수 있는 핵심적 대안임을 상기할 필요가 있다.

[그림 7] 수요관리 중심으로의 에너지정책 패러다임 전환



출처 : 에너지경제연구원 내부자료(2015)

둘째, 신기후체제에 대한 에너지·산업부문의 대응은 기후변화 대응 정책과 산업정책의 조화·융합을 통한 고효율·저탄소의 가치사슬을 창출하는데 집중할 필요가 있다. 온실가스 감축 정책과 제조혁신의 통합적 추진으로 산업생산시스템 전반에서 에너지 효율화와 저탄소화가 필요한데, 이는 스마트공장 보급 및 에너지관리 서비스 활성화 등을 통한 생산, 유통 등 산업 가치사슬에서의 효율 개선과 온실가스 감축 지원의 연계를 통해서 현실화 될 수 있을 것이다.

또한, 온실가스 감축지원을 통한 주력산업 및 에너지 다소비 업종의 체질개선도 동시에 이루어져야 한다. 조립금속 등 주력산업과 철강, 석유화학 등 에너지 다소비 업종은 저성장 국면에 진입하고 있으며 온실가스 감축 정책으로 인한 경쟁력 저하의 우려에 직면하고 있는 것이 사실이다. 따라서 온실가스 감축과 연계한 친환경 공정기술 또는 저탄소 대체 물질개발 등 주력산업 및 에너지다소비 업종 친환경

공정 전환 추진 및 경쟁력 강화를 위한 제도도 도입할 필요가 있다. 이러한 측면에서 온실가스 감축과 산업계의 체질개선을 동시에 추구할 수 있는 온실가스 배출원단위 관리체계의 도입을 적극적으로 검토할 필요가 있다. 이러한 관리체계는 새로운 규제가 아닌 배출원단위 개선 성과에 대한 인센티브를 제공하는 지원시스템으로 도입되어야 할 것이다.

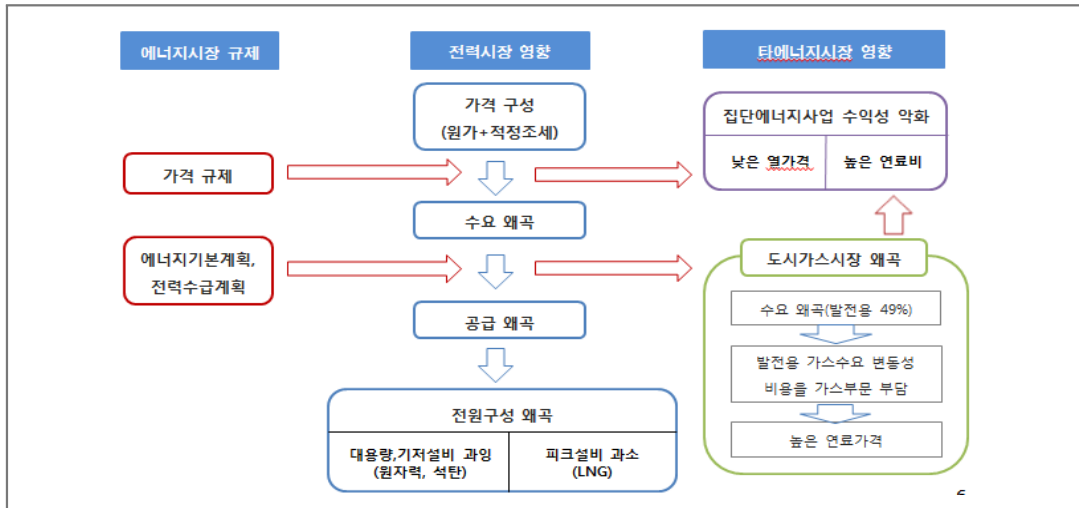
셋째, 신기후체제가 우리에게 새로운 중장기 경제성장 모델을 제시함에 따라, 저탄소·고효율 에너지 기술개발과 더불어 이러한 체제를 새로운 도약의 기회로 전환하는 매개체로서 최근 정부가 추진하고 있는 ‘에너지 신산업’에 주목할 필요가 있다. 현재 우리나라의 핵심 온실가스 감축 정책은 배출권거래제이다. 그러나 배출권거래제는 평가가 매년 이루어지는 일종의 단기 정책으로서, 제도의 속성상 감축기술 장기 투자에 대한 충분한 유인을 제공하지 못하며, 단기 경기변동 요인에 의해 많은 영향을 받는다. 따라서 온실가스의 장기적·실질적 감축을 이끌어 내기에 배출권거래제는 한계가 있다. 이러한 측면에서 에너지 신산업은 기술개발의 유인을 시장을 조성함으로써 제공하기 위한 것으로, 배출권거래제의 약점을 보완하는 장기적인 방안으로서 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

에너지 신산업은 온실가스 감축을 통한 기후변화 대응, 에너지안보 강화, 에너지 효율향상 등 에너지 분야의 핵심 이슈들을 효과적으로 해결함과 동시에 기존 에너지산업과 다른 산업과의 융복합을 통해 새로운 비즈니스 모델과 부가 가치를 창출할 수 있을 것으로 기대된다. 이런 전환은 민간투자 및 소비자의 역할 증대 가능성과 소비자의 잠재적 욕구충족이라는 관점에서 접근할 필요가 있는데, 특히 민간의 투자확대와 소비자의 에너지 소비패턴에 대한 변화가 전제되어야 한다. 이는 민간의 다양한 신규 에너지 인프라 기반에 대한 투자가 선행되는 가운데 이에 기반한 소비자의 소비행동 변화가 새로운 기술개발 유인을 제공하기 때문이다. 따라서 에너지신산업 확대는 에너지시스템의 전반적인 변화과정 속에서 추진되어야 한다.

에너지 신산업은 그 동안 정부의 주도로 전력부문에 ICT 기술을 적용하고, 신재생에너지 등을 결합한 융·복합 기술을 통해 새로운 형태의 비즈니스 모델로 개발되어 왔다. 에너지 신산업은 민간이 자발적으로 참여하는 경쟁적 시장구조 하에서 효율성 제고와 경쟁을 통해서 활성화될 수 있다. 그러나 현재의 에너지 시장은 과도한 가격규제와 독점적 산업구조에 따른 신규 사업자 진입제한 등으로 민간 주도의 시장형성이 불가능한 상황이며, 또한 낮은 에너지 요금구조(특히 전기요금)로 인해 에너지신산업이 활성화되기 어려운 구조적 취약성을 가지고 있다. 이러한 경직적인 산업구조 및 가격왜곡으로 시장진입이 제한되고 신기술의 개발 도입과 새로운 시장창출의 기회도 제한적인 상황에 처해 있다.



[그림 8] 규제로 인한 에너지시장의 상호왜곡



출처 : 이유수(2015)

따라서 에너지 시스템의 효율제고와 에너지 신산업의 활성화를 위해서는 에너지 가격기능 정상화가 가장 시급한 과제이다. 에너지 수요와 공급에 의해 가격이 결정되고 가격에 의한 적절한 자원배분이 이루어지는 시스템이 구축이 필요하다. 이를 위해 규제화된 에너지요금 체계를 개편하여 보다 유연하게 에너지 시장의 수급이 이루어지도록 해야 한다. 한편, 에너지 시스템 전반의 규제완화와 시장개방을 통해 소비자의 역할을 증대시킬 필요가 있다. 특히, 전력 소매시장의 개방은 민간의 전력시장에 대한 투자활성화와 소비자에 대한 공급자의 선택권 확대를 통해 다양한 판매자와 소비자의 참여기회를 제공한다는 측면에서 에너지 신산업의 활성화를 위한 선결과제이다.

넷째, 우리의 에너지·산업 경쟁력 확보뿐만 아니라 에너지 신산업의 활성화를 위해서는 산업과 에너지 시스템을 대상으로 한 융합 R&D를 적극적으로 추진할 필요가 있다. 수요자 중심의 미래 에너지 시스템 전환에 대비해서 융복합기술과 시장중심기술 개발에 주안점을 둔 R&D가 확대되어야 한다. 기존 단위기술 중심의 R&D는 산업 및 에너지 시장 전반의 요구에 적절히 대응하는 유연성을 갖추지 못하는 한계를 가지고 있었다. 따라서 기후변화 대응과 산업 경쟁력 제고의 융합적 관점에서 기존의 에너지 공급 및 수요관련 요소기술 고도화(예: 초고효율 송·배전)를 위한 R&D를 지속하는 동시에, ICT와 에너지기술·빅데이터·디자인 등 다부문 융·복합을 통한 시장중심 R&D를 별도로 추진하는 Two-Track 시스템이 구축될 필요가 있다.

국제사회는 신기후체제로 빠르게 전환하고 있다. 새로운 체제가 요구하는 저탄소 에너지시스템으로의 전환은 우리가 앞으로 국제사회에서의 환경적 책임에 대한 부담을 최소화하는 동시에 저탄소 경제 성장 체제로의 패러다임 전환 과정에서 새로운 성장 동력을 창출할 수 있는 기회도 제공할 수 있다. 앞서 강조한 바와 같이 (1) 에너지 수요관리 중심의 정책 패러다임 전환, (2) 기후변화 대응 정책과



산업 정책의 조화·융합, (2) 에너지 신산업의 활성화, (3) 요소중심 R&D와 시장중심 R&D의 Two-Track 시스템 구축 등의 과제들을 어떻게 현실화시키느냐에 따라 신기후체제에 대응하는 우리나라의 에너지·기후변화 정책의 성패가 결정될 것이다. 기존 규제중심의 정책은 신기후체제 하에서 더 이상 지속가능하지 못할 것이다. 민간/산업계의 자발적인 참여와 투자를 통해 새로운 시장, 비즈니스 및 부가가치가 창출될 수 있도록 법·제도적 기반을 마련해주는 정부의 정책 패러다임 전환이 필요하다.

#### 참고문헌

관계부처합동 보도자료. 2015. “신기후체제 협상 극적 타결. “파리협정” 채택”.

에너지경제연구원. 2014. 『에너지통계연보』.

에너지경제연구원. 2015. 내부자료.

온실가스종합정보센터. 2015. “2015년 국가 온실가스 인벤토리 보고서”.

이유수. 2015. “에너지신산업 활성화를 위한 선결과제(에너지경제연구원 내부자료)”.

임재규. 2015a. “한국의 Post-2020 온실가스 감축목표: 도전과 기회(기후변화 WEEK 발표자료).”

임재규. 2015b. “에너지신산업 시장 키우려면 어떻게?”. 『나라경제』.

Bloomberg New Energy Finance(BNEF). 2015.10.2. “How Ambitious are the Post-2020 Targets? Assessing the INDCs: Comparing Apples with Oranges”.

IEA. 2015. Energy Balances of OECD Countries.

UNFCCC. 2015.12.12. Adoption of the Paris Agreement, FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1.