

IV

특집논단



• 지속가능성의 삼중 연계: 물, 에너지, 그리고 기후변화	172
PART I. 에너지 안보와 지속가능성: 의제설정을 위한 분석틀 이재승	173
PART II. 수질오염과 생활만족도 강성진	176
PART III. Post 2020 기후변화 레짐의 형성 정서용	178
• 녹색기술 국제협력의 민관 파트너십: 아프리카의 지속발전예의 함의 이진상	181
• 에너지 메가트렌드와 지속가능한 비즈니스 솔루션 황진택	191

지속가능성의 삼중 연계: 물, 에너지, 그리고 기후변화

Triple Nexus of Sustainability : Water, Energy & Climate Change

고려대학교 그린스쿨대학원(에너지환경정책기술대학원)은 2013년 6월 16일~20일 대구 EXCO에서 개최된 제 36차 세계에너지경제학회 국제학술대회(36th Annual IAEE International Conference)¹⁾에서 「Triple Nexus of Sustainability: Water, Energy & Climate Change」라는 의제로 다음의 3가지 분야로 구성된 세션을 주재하였다.

Part I. Energy Security and Sustainability: A Framework for Agenda-Setting
Part II. Water Pollution and Life Satisfaction
Part III. Post 2020 Climate Change Regime Formation

지속가능성(sustainability)에 대한 논의는 다양한 분야의 이슈들간의 연계성을 담고 있다. 특히 물, 에너지, 그리고 기후변화의 의제는 상호간의 중첩된 영역을 가지고 있으며, 이에 대한 접근 역시 통합적인 시각을 요구한다. 효과적인 기술 개발 및 정책 수립에 있어서 이들 주제들은 종종 하나의 축으로 수렴되며, 이를 궁극적으로 뒷받침하게 될 교육과 연구에 있어서는 특히 지속가능 이슈들간의 상호연계성과 이로 인해 파생되는 다양한 신규 주제들에 대한 보다 진지한 성찰이 요구되는 시점에 와 있다.

금번 IAEE 학술대회는 '에너지 변화와 정책 과제(Energy Transition and Policy Challenges)'라는 대주제 하에, 현 사회·경제체제에서 기후변화의 완화와 지속가능한 성장을 동시에 구현하는 혁신적인 에너지 체계의 구축을 논의하는 데 초점을 두었다. 이에 그린스쿨대학원은 미래의 인류에 위협이 될 3가지 요인인 물, 에너지 및 기후변화를 하나의 의제 틀로 융합하여 지속가능성을 추구하는 정책 방향을 제시하고자 하였다. 기후변화는 물 순환 체계를 파괴하고 에너지 공급 불안을 초래하며, 동시에 물 부족과 에너지 부족은 상호 밀접히 연계되어 있다. 따라서 정책 수립에 있어 이러한 거시적 관점의 통합적 접근은 그 중요성이 점차 증대되고 있다.

동 세션은 에너지, 물, 기후변화의 순서로 발표와 논의가 진행되었다. 이재승 교수는 과거의 수요·공급 측면에서 더 나아가 지속가능성이라는 새로운 시각에서 재조명되고 있는 에너지 안보의 문제와 관련 의제 설정을 위한 분석관점 및 방법론을 설명하였다. 강성진 교수는 수질오염과 생활만족도 사이의 상관관계에 대한 실증적 분석을 통해 지속가능한 발전을 위한 환경적 요인 연구의 의미를 시사하였다. 정서용 교수는 UN기후변화협약이 안고 있는 문제점들을 분석하고, 더반 플랫폼 협의를 효과적으로 실행하기 위한 다양한 접근방법론을 논의하였다. 동 세션의 주요 발표 요지는 다음과 같다.

¹⁾ 제 36차 IAEE 국제학술대회는 고려대학교 그린스쿨대학원 이희성 교수가 대회장(General Conference Chair)으로 회의를 주재하였으며, 40개국 300여명의 학계, 산업계 및 공공부문 전문가들의 참여 하에 총 270여편의 논문 발표가 이루어졌다.

PART I.

에너지 안보와 지속가능성: 의제설정을 위한 분석틀

이재승 | 고려대학교 그린스쿨대학원 교수

Energy Security and Sustainability : A Framework for Agenda-Setting

Jae-Seung Lee | Professor, Green School, Korea University

In addition to traditional elements from supply side and demand side, energy security began to incorporate the elements of sustainability such as environmental degradation, energy access and energy welfare. Energy security is closely linked with these sustainable development goals and special attention is needed in addressing the energy challenges to achieve these goals. As sustainable options are relatively clean and evenly distributed, there is less probability of social conflicts within society as often found in the construction of conventional energy facilities. Rural electrification would be more effective by considering social and environmental context of rural livelihoods. Whereas cross border energy trade has shown a number of obstacles to overcome, soft energy trade and cooperation may more practicable and compatible with the goals of sustainable development. This study highlighted the water-energy nexus and water-food-energy nexus as the cases of sustainability-related energy security agenda. This study also examined the categories and selection criteria in dealing with energy security issues. Future research and education need to be based on a more comprehensive concept of energy security, which will enable a successful interdisciplinary approach toward sustainable development.

에너지 안보에 영향을 미치는 요인은 전통적으로 공급 및 수요 측면에서 분석되어 왔으나, 최근에는 환경 훼손, 에너지 접근성, 에너지 복지 등 지속가능성과 인간안보 차원의 위협 요인에 대한 연구가 확대, 적용되고 있다. 따라서 에너지 안보에 관한 의제 설정은 이전보다 더욱 포괄적이고 통합적인 개념 수립을 요구하게 되었다.

에너지 안보 위협에의 효과적 대응은 지속가능 발전의 필수 요건으로, 사회적·환경적 갈등을 최소화하고 국가간 협력을 효율적으로 이끌어내는 방향으로 접근해야 한다. 전 세계에 비교적 고르게 분포된 소프트 에너지²⁾ 사용을 촉진하는 국가간 에너지 협력의제 발굴을 통해, 기존 자원보유국과 수입국 간의 갈등을 완화하는 동시에 지속가능한 성장을 도모해야 한다.

현대의 에너지 안보는 지속가능성에 연계된 다양한 분야와 밀접한 관계에 있다. 환경적 지속가능성, 에너지효율 개선, 신재생에너지 사용 확대, 원활한 에너지 공급, 에너지 접근성 향상, 사회적 발전, 안정적 에너지 수급을 저해하는 전쟁·재난의 방지, 청정에너지원 사용 확대를 통한 인류의 건강 보호 등을 관련 의제로 설정할 수 있다 (그림 1).

²⁾ 소프트 에너지(Soft Energy)란 재생에너지와 에너지효율 개선을 통한 에너지 절감을 의미하며, 화석연료 및 원자력을 포함하지 않는다.

IV. 특집논단

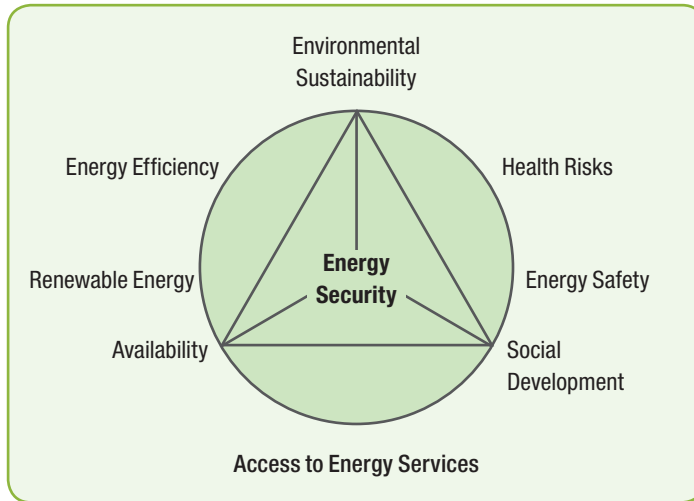


그림 1. 에너지 안보와 지속가능성 관계도

이 중 원활한 전력 및 에너지 공급은 매우 중요한 의제로, 빈곤 지역의 생산성 향상을 통해 수익 증대와 삶의 질 향상을 도모하는 데에 의의를 둔다. 기후변화에 취약한 지역에서는 자원안보, 물 부족 및 인간안보에 관련된 문제들이 동시에 발생하고 있음에도, 이에 대응할 능력이 제한적이고 정치적·사회적으로 부패한 경우가 많다. 이러한 문제를 해소하기 위해 2011년 반기문 UN 사무총장은 “모두를 위한 지속가능한 에너지(SE4All: Sustainable Energy for All Initiative)”라는 슬로건의 정책과제를 발표하였다. 3대 목표는 현대적 에너지 서비스에 대한 보편적 접근 보장, 에너지효율을 현재의 두 배 수준으로 개선, 에너지원에서 신재생에너지의 비중을 현재의 두 배 수준으로 확대하는 것이다.

위와 같은 정책과제의 실현을 위해서는 다음과 같은 실행방안이 뒷받침되어야 한다. 첫째, 국가적 차원에서 이를 감안하여 에너지기본계획을 수립하고 재정 지원을 확대한다. 둘째, 기업 차원에서 자체 운영에는 물론 협력업체에도 에너지효율 개선을 적극 권장하고, 소프트 에너지 공급을 증대한다. 셋째, 학계와 산업계는 에너지 접근성을 향상시키는 연구 및 교육과제를 도출하고 지속적으로 추진한다.

지속가능성에 기반을 둔 에너지 안보에 대한 연구 및 의제 설정은 다음과 같은 세가지 방법론을 활용하여 진행할 것을 제안한다.

첫째, 환경 및 사회문화적 갈등 요인에 대한 조사, 측정 및 모니터링을 수반해야 한다. 측정 대상 요인으로는 온실가스 배출, 산성가스 배출, 대기 오염, 수질 오염, 고형폐기물 및 원자력 폐기물, 생태시스템의 변화, 에너지 수급에 관련된 사회문화적 갈등 등이 있다.

둘째, 안보 위협요인의 분석에 있어 다음의 네 가지 비교분석 틀을 활용한다.

- 국가차원의 요인 vs 비국가차원의 요인
- 내재적 요인 vs 외재적 요인
- 지정학적(정치적) 요인 vs 시장(경제적) 요인
- 인식적·잠재적 위협 vs 실질적 위협

셋째, 선진국 및 개발도상국, 지역내 및 지역간, 국가 기반 및 개인 기반 등 세가지 기준에서 비교분석이 가능한 사례들을 조사하고, 이를 근거로 지속가능성과 에너지 안보를 동시에 추구하는 결론을 추론한다. 특정 기간 또는 사회발전단계를 기준으로 하거나, 개인, 민간, 정부, 국제기구 등 소속집단별로 사례연구를 구성하는 방식도 유용하다.

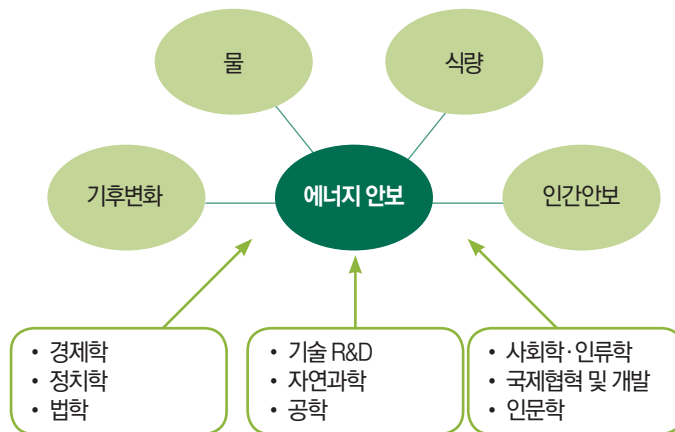


그림 2. 에너지 안보를 위한 학제간 협력

미래의 인류를 위협할 수 있는 에너지, 물, 식량 부족은 국제적 안보 의제이다. 특히 에너지와 물은 서로 밀접히 연계되어 있어, 하나의 공급을 확대하기 위해서는 다른 하나가 필수적인 상호보완적 관계에 있다.

전 세계가 도시화, 인구증가 및 기후변화 현상을 겪고 있는 가운데, 더 적은 것으로 더 많은 것을 창조하고, 지속가능한 생태환경을 조성하는 데 초점을 둔 사회적·환경적 접근의 중요성이 대두되고 있다. 과거의 수요·공급 측면에서 지속가능한 발전으로 에너지 안보에 관한 시각이 확장됨에 따라, 지속가능성에 관련된 다양한 요인들이 의제 설정의 필수 과제로 고려되기 시작하였다. 따라서 다양한 학문을 아우르는 학제간 협력 및 융합과제의 도출이 에너지 안보에 대한 연구 및 교육에 있어 더욱 중요하게 다루어질 필요가 있다 (그림 2).

IV. 특집논단

PART II. 수질오염과 생활만족도

강 성 진 | 고려대학교 경제학과 교수

Water Pollution and Life Satisfaction

Sung Jin Kang | Professor, Department of Economics, Korea University

Using Korea Labor Institute Panel Study for 1998–2011, this study investigates the impacts of water and air pollution on life satisfaction in Korea. Random effect ordered probit model for empirical study is used to consider the ordered property of life satisfaction data and heterogeneity of panel data. The proxy variables to reflect the degree of water pollution are biochemical oxygen demand(BOD) and total phosphorus(T-P) and the indicator for air pollution is combined variables of particles(PM25), nitrogen dioxide and sulphur dioxide. In addition to environmental variable above, other determinants used in various studies on determinants of life satisfaction are used, which are economic characteristics for individuals and social and demographic characteristics. Empirical studies show that the indicators of water and air pollution except for T-P are statistically and negatively significant for life satisfaction. Other indicators such as income, age, house ownership, gender, education are positively related while urban residence and own business are shown to be negatively related.

환경오염은 다양한 측면에서 삶의 질과 인간 생활의 지속가능성에 중요한 영향을 미친다. 전통적 경제학은 양적 변수가 개인의 효용에 미치는 영향에 집중하였으나, 최근에는 질적 변수의 영향력에 관한 연구에 대하여 관심이 높아지고 있다. 그럼에도 불구하고 환경오염, 특히 수질오염이 생활만족도에 미치는 영향에 대한 연구는 많이 부족한 실정이다. 본 연구는 수질 및 대기오염과 생활만족도 사이의 상관관계에 관한 것으로, 1998년~2010년 기간의 KLIPS(한국노동패널조사) 자료와 수질 및 대기오염 자료를 가지고 확률효과 순서형 프로빗(Random Effect Ordered Probit) 모형을 적용하여 진행하였다.

본 연구에서는 맑고 깨끗한 공기, 그리고 오염되지 않은 안전한 물이 인간의 생활만족에 긍정적인 영향을 미친다는 관점에서 개인의 생활만족도를 결정하는 개인적 요인, 가구적 요인, 지역적 요인과 더불어 환경적 요인으로 대기오염과 수질오염을 모두 고려하였다. 강성진(2010)¹의 모형에 대기오염과 수질오염을 포함하여 각 개인의 효용을 나타내는 함수(1)을 구성하고 이를 선형화하여 생활만족도 방정식을 모형화한 후 각 독립변수가 생활만족도에 영향을 미치는 정도를 분석하였다.

$$H_{ijt} = W[U(X_{it}, N_{jt}, Z_{it})] \quad (1)$$

H_{ijt} 는 t 시점에 j 지역에 사는 개인 i 의 생활만족도를 의미하며, $U(\cdot)$ 는 개인 및 가구적 특성, 환경오염(수질오염 및 대기오염)에 의해 결정되는 개인의 효용수준을 의미한다. X_{it} 는 개인 i 의 t 시점에서의 소득수준을, N_{jt} 는 개인이

¹ 강성진, 2010, "한국인의 생활만족도 결정요인 분석", 『경제학연구』 제58집 제1호, pp. 5-36.

거주하고 있는 지역 j 의 t 시점에서의 환경오염도이며 본 연구에서는 수질오염도와 대기오염도를 각각 반영하였다. Z_{it} 는 개인 i 의 소득 수준 이외의 개인 및 가구적 특성, 사회·인구학적 특성을 나타낸다. 마지막으로 $W[\cdot]$ 는 개인의 효용수준인 $U(\cdot, \cdot)$ 의 증가에 따라 함께 증가하는 성질을 가진 것으로 가정한 연속 미분 불가능 함수이다. 식(1)을 선형화하여 설정한 생활만족도 방정식은 다음의 식(2)와 같다.

$$H_{ijt} = \alpha_i + \beta_1 N_{jt} + \beta_2 X_{it} + \beta_3 Z_{it} + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma) \quad (2)$$

식(2)에서 종속변수인 H_{ijt} 는 1에서 5까지 5점 척도의 서수적 순서를 가진 개인의 생활만족도이다. 본 연구에서는 개인의 이질성을 나타내는 개인 고정 효과 α_i 를 확률변수로 간주하고, 교란항 ε_{it} 는 분산 α_i^2 , 평균 0인 정규분포를 따른다고 가정하였다.

실증분석은 서수적 순서를 가진 종속변수의 특성을 고려하고, 패널자료의 이질성을 감안하여 확률효과 순서형 프로빗(Random Effect Ordered Probit) 모형으로 추정하였다. 수질오염도를 반영하는 지표로는 생물 화학적 산소 요구량(BOD; Biochemical Oxygen Demand)과 총인(T-P; Total Phosphorus)을 사용하였으며, 대기오염도는 미세먼지, 이산화질소, 이산화황의 합산농도를 사용하였다.

표 1. 환경적 요인에 대한 실증분석 결과

	내생성 미고려			내생성 고려		
	모형(1)	모형(2)	모형(3)	모형(4)	모형(5)	모형(6)
BOD	-0.009***		-0.010**	-0.011***		-0.014***
	(0.003)		(0.004)	(0.003)		(0.004)
T-P		-0.056**	0.014		-0.064**	0.029
		(0.028)	(0.041)		(0.027)	(0.041)
대기오염도/10	-0.008**	-0.010***	-0.008**	-0.001***	-0.002***	-0.013***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.003)

주1) *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

주2) 괄호안은 표준오차임

주3) 특집논단 지면의 제약으로 인해 다른 설명변수의 결과는 생략함

실증분석 결과에 의하면 T-P의 경우를 제외하고 BOD와 대기오염도는 개인의 생활만족도에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 인류의 지속가능한 발전을 위해서 수질오염 및 대기오염과 같은 환경적 요인을 고려해야 하며, 이에 관한 다양한 조사 및 연구가 반드시 수반되어야 함을 시사한다. 추후 수질 및 대기오염의 대표적 지표 선정과정을 보다 합리화하여 분석할 경우 본 연구의 의의를 보다 확대할 수 있을 것으로 기대한다.

IV. 특집논단

PART III. Post 2020 기후변화 레짐의 형성

정 서 용 | 고려대학교 국제학부 교수

Post 2020 Climate Change Regime Formation

Suh-Yong Chung | Professor, Division of International Studies, Korea University

This presentation is to provide the overview of the new publication, titled with Post 2020 Climate Change Regime Formation (2013). Past experiences of the UNFCCC demonstrated the increasing limitations of the top-down approach of the UNFCCC. Due to the dominance of sovereign interests in front of global efforts to curb GHG emissions, most of large emitters (i.e. Annex I countries and advanced developing countries) have been reluctant to be obliged by legally binding obligations to reduce GHGs under the UNFCCC regime. In this situation, the bottom-up approach, which emphasizes the voluntary country level of efforts to pursue low carbon growth path, could be another attractive model. As this approach emphasizes the possibility of identifying new engines of growth depending on green technology and industry, it could attract more active participation of the countries during the course of realizing low carbon society. Therefore, it must be aggressively sought in designing Post 2020 Climate Change Regime by the UNFCCC.

2011년 12월 UN기후변화협약(UNFCCC; United Nations Framework Convention on Climate Change)의 더반 플랫폼(Durban Platform) 논의에서 모든 회원국을 대상으로 하는 온실가스 배출량 감축 조치가 합의된 이후, 기후변화 레짐 형성을 위한 강도 높은 정부간 협상이 진행 중에 있다. 더반 플랫폼에서 합의된 조치의 법적 효력은 2020년부터 발생할 예정이다. 이를 위해 의무 감축국 목표 설정, 감축기간 및 방법, 녹색기후기금 분담률 및 지원방안 등의 사항들과 구체적인 이행방안에 대한 정부간 합의가 2015년까지 마무리되어야 한다. 그러나 2009년 코펜하겐 협약 이후의 협상 과정이 다양한 정치적, 경제적 이슈로 난항을 겪었듯이, 더반 플랫폼 논의에 따른 정부간 협상이 계획대로 2015년에 마무리지어질 수 있을지는 의문이다. 본 연구는 더반 플랫폼 협의를 효과적으로 실행하기 위한 접근방법론을 제시한다.

UN기후변화협약은 현재 두 가지 문제에 봉착해있다. 첫째, 협약의 집행에 있어 하향식(top-down) 접근법이 가지는 구조적 한계이다. 1997년 채택된 교토의정서는 감축 목표를 제시하고 미국, 일본, EU 등 38개 의무감축국을 대상으로 이행을 요구하는 하향식 접근법을 따랐다. 자발적인 참여를 유도하기 위해 CDM 등 일부 시장 메커니즘을 도입하기도 하였으나, 교토의정서는 실질적인 감축 이행에는 실패하며 하향식 접근의 한계를 드러냈다. 법적 권한을 가진 중앙 권력이 존재하지 않으며 다양한 협력 및 갈등관계가 존재하는 국제사회의 특성상, 하향식 접근으로는 기후변화 문제를 효과적으로 해결하는데에 한계가 있다. 둘째는 신흥 개발도상국을

중심으로 한 세계 경제지형의 변화로, 기존 의무감축국(Annex I) 및 의무면제국(Non-Annex I)의 구분이 적절하지 않게 되었다는 것이다. 즉, 중국, 브라질, 인도, 한국, 멕시코, 남아프리카공화국 등 세계 온실가스 배출의 상당 부분을 차지하는 국가들이 의무면제국으로 배출 감축에 대한 구속력이 없다. 올해부터 시작된 2차 공약기간(2013~2020년)은 현재 세계 온실가스 배출의 약 15%를 차지하는 EU 및 선진국에 의무감축을 요구하고 있다. 이에 따라 캐나다, 일본, 호주 등 불참을 선언하는 국가들이 속속 등장하는 추세이다.

한편, 정책적 관점에서 흔히 오해를 일으키는 '법적 효력(legally binding)'의 의미를 되짚어볼 필요가 있다. 흔히 법적 효력이 존재한다고 하면 온실가스 배출량을 감축해야 하는 법적 의무가 있는 것으로 이해되고 있으나, '법적 효력(legally binding)'은 '법적 구속력을 지닌 의무(legally binded obligation)'와는 다르게 해석되어야 한다. 예를 들어, 정부가 산업계에 온실가스 배출 감축을 유도하는 인센티브를 제공한다고 가정할 때, 이는 법률로 제정되어 법적 효력을 지닐 것이지만 구속력을 가지지는 않는다. 이를 감안하면, 더반 플랫폼 협약이 세계 각국으로부터 얼마나 효과적으로 온실가스 배출 감축을 이끌어낼 수 있을지의 여부는 불투명하다.

위와 같은 문제들을 해소하고, 기후변화 레짐을 효과적으로 형성하기 위한 핵심 논점은 다음과 같다.

첫째, 어떠한 방식으로 선진 개발도상국이 자발적으로 온실가스 배출 감축에 동참하게 할 것인가?

둘째, 어떻게 산업계와 민간의 참여를 유도할 수 있는가?

셋째, 어떻게 기후변화 협상의 핵심을 환경보호에서 경제적 관점으로 전환할 수 있는가?

우선, 상향식(bottom-up) 접근법의 활용을 더욱 확대해야 한다. 기존의 문제는 위로부터 온실가스 감축 의무를 특정 선진국에만 부과하는 것이었다. 앞으로는 모든 국가 차원에서 각각의 상황에 적합한 저탄소 성장전략을 수립하여, 자발적으로 온실가스 감축을 진행해야 할 필요가 있다. 즉, 각 국의 상황에 맞는 기술, 재정, 역량강화 등을 통한 이행 수단을 확립하고, 온실가스 감축과 경제성장을 동시에 실현할 수 있는 전략을 실행하는 것이다. 최초로 국제적 차원의 상향식 접근을 시도하였던 코펜하겐 협약은 실패로 끝났으나, 기후변화 레짐을 보다 효과적으로 형성하는 데에 있어 상향식 접근법의 중요성과 실효성은 최근 더욱 부각되는 추세이다. 하향식 및 상향식 접근의 시너지를 위해 '법적 효력(legally binding)'과 '법적 구속력을 갖춘 의무(legally binding obligations)'의 구분을 명확히 하며, 상황에 따라 탄력적 대응을 가능하게 하는 새로운 국제법의 수립 또한 수반되어야 할 것이다.

기후변화 사안은 과거에는 환경 문제였으나, 최근에는 정치·경제적 성격이 점차 강화되고 있다. 따라서, 향후 기후변화의 논의는 환경 뿐 아니라 세계 정치·경제에서 큰 축을 차지하는 미국 및 중국의 대내외적 상황과, 그 외 각국이 겪고 있는 다양한 이슈에 관한 이해를 수반해야 한다. 더욱 복잡해진 협상의 속성을 파악하기 위해 학제간 협력 및 통합적인 시각이 필요한 이유이다. 또한, 국제사회가 기후변화 레짐을 UN기후변화협약만이 아닌 다양한 국제기구가 상호보완하며 함께 추진하는 형태의 레짐으로 인식할 때 실질적인 온실가스 배출 감축이 가능해진다. 마찬가지로, 기후변화 대응은 정부의 힘 만으로는 이루어질 수 없다. 전략의 초점을 환경보호에서 경제적 측면으로 전환하여 산업계와 민간의 노력을 이끌어내는 것이 2020년 이후 기후변화 레짐의 효과적 형성을 위한 핵심이 될 것이다.

IV. 특집논단

PART IV. Closing Remarks

그린스쿨대학원이 주재한 「지속가능성의 삼중 연계: 물, 에너지, 그리고 기후변화」 세션은 '에너지 안보와 지속가능성', '수질오염과 생활만족도', 'Post 2020 기후변화 레짐의 형성'의 세가지 주제를 중심으로 진행되었다. 본 세션에서는 물, 에너지, 기후변화의 문제가 인류의 지속가능한 발전에 대한 포괄적이고 통합적 관점에서 하나의 틀로 융합되어 정책수립에 있어 고려되어야 함이 제시되었다.

에너지 안보와 기후변화 정책은 지구상 인구의 40%를 차지하는 중국과 인도를 제외하고는 타당한 결론에 이르기 어렵다. 특히 기후변화 문제에 있어 두 국가는 과거 온실가스 배출의 주범이었던 선진국들이 배출 감축의 책임을 우선적으로 부담해야 한다는 주장 하에 의무 감축을 거부해왔다. 중국·인도의 경제 성장과 사회적·환경적으로 지속가능한 발전을 동시에 구현하는 국제적 차원의 의제 도출과 논의가 이루어져야 한다. 또한 미래 기후변화 레짐의 형성에 있어, 하향식 접근과 상향식 접근은 어느 하나만이 아니라 동시에 진행되어야 할 것이다. 하향식 접근이란 국제사회가 합의하고 결정한 기준에 따라 에너지 절감 및 온실가스 배출 감축을 이행해야 함을 의미한다. 상향식 접근은 이를 실질적이고 자발적으로 실행하도록 하는 민간-산업-정부간 협력체계 구축과 청정에너지 기술 개발에의 투자이다. 두 가지 접근방법을 종합적으로 활용하여 기후변화 위기에 효과적으로 대응해야 한다.

인류의 미래를 위협할 수 있는 에너지, 물, 기후변화 문제는 국제적 안보 의제이다. 장기적으로 효과적인 대안을 도출하기 위해서는 지속가능성에 관련된 다양한 분야의 학제간 협력 및 융합연구가 필수적으로 수반되어야 할 것이다.

녹색기술 국제협력의 민관 파트너십: 아프리카의 지속발전에의 함의

이진상 | 고려대학교 국제대학원 교수

*The Possibility of Public-private partnership in International Cooperation for Green Technology:
Implications for Sustainable Development in Africa*

Jinsang Lee | Professor, Graduate School of International Studies, Korea University

1. 서론

우리나라는 2008년 GGGI(Global Green Growth Initiative)를 설립하여 녹색 성장을 추구하는데 앞장서 왔으며 이를 국제기구로 운영하고 있다. GGGI의 중요 역할 중의 하나는 선진국 및 산업국가들이 가지고 있는 녹색관련 기술을 개도국과 공유하여 녹색기술을 협력함으로써 개도국의 경제성장을 도모하는데 지원하고 있다.

아프리카는 대부분 저개발국가로 이루어 졌으며 경제성장 잠재력이 가장 큰 대륙이며 풍부한 지하자원과 에너지 개발 가능성을 가지고 있다. 전체인구가 10억을 넘고, 높은 인구증가로 젊은 층이 두터워 인적자원개발이 이루어진다면 경제발전은 쉽게 달성 될 수 있을 것이다. 경제가 발전하게 되면 에너지와 자원을 필요로 하게 된다. 아프리카 국가들이 새로운 형태의 녹색기술을 활용하게 된다면 기존의 산업국가들이 경험했던 경제 및 사회 개발에서 발생한 환경파괴와 지속가능성에 대한 불확실성으로부터 보다 자유로워 질 수 있을 것이다.

아프리카 국가들은 오랫동안 유럽 및 미국, 일본 등 선진국들의 원조가 있었음에도 불구하고 경제발전은 아시아 국가들에 비해 낮았다. 새로운 차원의 경제성장에서 응용되는 녹색기술의 수준도 낮으며 환경 및 기후변화에 대한 대처도 미약했다.

아프리카의 경제발전에 필요한 에너지 공급과, 자원의 이용에 있어 녹색기술을 접목한다면, 아프리카가 가진 풍부한 지하자원의 활용 및 신재생 에너지 이용으로 지속발전을 이루는데 도움이 될 수 있을 것이다. 이러한 녹색기술의 활용에 국제협력을 접목하되 민간기업이 참여하도록 하는 것이다. 따라서, 본 연구는 녹색기술에 대한 국제적 흐름과, 국제협력에 대한 노력, 국제기구 및 선진국의 민관 파트너십 (Public-private Partnership, PPP)에 대한 사례를 분석해 보고, 우리나라 녹색기술의 국제협력에 민관 파트너십을 아프리카에 적용할 수 있는 방안을 제시해 보고자 한다.

IV. 특집논단

2. 왜 녹색기술인가?

기후변화와 에너지 자원의 안정적 공급은 세계 각국이 당면하고 있는 주요과제이다. 글로벌 차원에서 기후변화에 대한 논의는 1972년 유엔환경계획(United Nations Environmental Program, UNEP)이 출범하고 1987년 세계경제개발회의(World Conference on Economic Development, WCED)에서 채택된 'Our Common Future (Brundtland Report)'에서 지속 가능개발에 대한 활발한 논의가 시작되었다. 지속가능개발(Sustainable Development, SD)은 인류가 가지고 있는 자연자원, 인공적으로 만들어진 자원을 부족함이 없이 현 세대가 이용하고, 다음 세대도 어떠한 제약이 없이 자원을 사용할 수 있도록 하는 것이다.¹⁾

지속가능개발은 경제, 사회, 환경 등 모든 영역에 적용된다. 지속 가능개발은 인구문제, 빈곤, 소득격차, 농업, 수자원, 에너지, 기후변화, 보건, 환경오염 등을 포함하게 된다. 산업화에 따른 환경오염과 인구증가에 따른 도시화, 에너지 소비 증가 등은 지속 가능개발에 가장 큰 장애 요인들이 되고 있다. 화석연료에 의존해 온 에너지 공급이 오존층 파괴에 따른 기후 변화와 이어져 지구촌의 여러 국가들이 자연재해의 빈도 증가, 기후변화 등으로 농업생산에 영향을 주고 있다. 기존의 화석연료 사용을 최소화하고 신재생 에너지 사용은 극대화 하면서 생산 활동에서 쓰이는 에너지 소비를 줄임으로써 지속발전에 기여하게 된다.

지속가능개발을 위한 노력은 1992년 UN의 World Summit on Sustainable Development (WSSD)로 시작하여 정기적 세계 환경에 관한 국제 공조를 추구하고 있다. 글로벌 차원의 지속가능개발은 1992년 리오회의에서 152개 국가 대표가 참여하여 Agenda 21을 발표하면서 활발하게 논의하기 시작했다.²⁾ 대부분 각 국가별 지속 가능개발에 대한 노력은 꾸준히 진행되고 있다. 영국정부의 경우 지속가능개발 기구를 설립하여 환경과 관련된 모든 분야의 정책 수립 및 정부 부처간의 협력을 추진하고 있다.³⁾

녹색기술은 환경파괴를 최소화하는 기술이나 환경보호와 연관된 지속 가능한 수단의 경제 활동으로 표현 될 수 있을 것이다. UNCED의 Agenda 21에서 녹색기술은 기후변화에 영향을 주지 않거나 최소화하고 저탄소 기술로 표현된다.⁴⁾ 석유, 석탄과 같이 재생 불가능한 화석연료의 사용에 있어 자원의 소비량은 최소화하고 제품의 생산량은 극대화 하도록 하는 기술을 포함한다. 녹색기술은 재생 가능한 에너지 활용에서 자원을 사용해도 보유량은 줄어들지 않으며 지속적으로 이용이 가능할 수 있도록 한다. 여기에는 최대화하는 것이다.

UN은 녹색기술을 환경 친화적 기술 (environmentally sound technology)로 정의 내리고 있다. 이러한 기술은 경제적 생산 활동에서 환경파괴를 최소화 또는 환경을 보호하고, 오염 물질의 생성을 방지 또는 최소화 하고, 부존자원을 사용하고 유해한 부산물을 방지하는 기술을 말한다.⁵⁾ 에너지 및 자원을 사용하는 과정에서 효율을 극대화하여 지구 온난화와 관련된 오염물질의 생성을 최소화 하는 것도 여기에 해당된다. 에너지 활용에서 화석연료보다는 태양열, 풍력, 지열, 수력발전 등 신 재생에너지 사용관련 기술 등이 녹색기술이 된다.

녹색기술은 대부분 선진 공업국들이 보유하고 있다. 이러한 기술은 개발에 오랜 시일이 소요되고 연구개발을 위한 재정자원과 인적자원의 노력이 투입 된 결과이다. 이렇게 얻어진 기술은 경제적 가치 때문에 다른 나라에 이전될 수

1) 지속가능개발(Sustainable Development, SD)은 여러 방법으로 정의 될 수 있다.

2) 유엔에는 지속가능개발을 위한 부서로 Division of Sustainable Development가 있으며 여기서 세계 지속개발회의(World Conference on Sustainable Development, WCSD)를 주관하고 있다.

3) www.sustainable-development.gov.uk (2013년 6월20일 접속)

4) UNCED(United Nations Conference on Environment and Development)는 1992년 리오에서 출범하였다. Agenda 21은 범세계적인 환경보호에 대한 선언이다.

5) www.un.org/esa/dsd/agenda21 (2013년6월25일 접속)

없게 되며, 기술 이전에는 비용이 발생된다. 기술을 도입하는 개도국들에게는 부담이 될 수 밖에 없다. 이를 글로벌 차원에서 추진한다면, 녹색기술의 가치를 공공재로 전환하여 자원의 이용에 대해 정부 차원의 협력으로 추진하여 개도국에서 녹색기술 활용의 기회를 확대하도록 할 수 있을 것이다.⁶⁾ 예를 들면, 개도국의 일반 가정에서 사용하는 취사 및 난방용 에너지는 나무를 이용하게 되며, 실내에서 사용하여 각종 호흡기 질환에 영향을 주게 된다. 이와 관련된 녹색기술은 환기장치를 설치하여 주거환경을 개선함으로써 질병 발생을 줄이는 것이다.

녹색기술 관련 국제개발협력은 개도국의 지속가능개발, 저탄소 녹색성장, 기후변화 대응을 포함하는 사업이 해당된다. 우리나라는 2008년 동아시아 기후파트너십(East Asia Climate Change Partnership, EACP)을 제안하였고 녹색성장과 국가간의 협력에 대한 필요성을 제안하였으며 대통령직속의 녹색 성장 위원회를 구성 운영해 오고 있다 (녹색성장위원회 2009). EACP 사업은 주로 물관리, 폐기물 관리, 저탄소 에너지, 저탄소 도시환경, 산림 및 바이오 매스 등 동아시아 지역의 개도국에 집중 되어 왔다.⁷⁾

이러한 의미에서 우리나라가 적극적으로 추진하고 있는 GGGI (Global Green Growth Initiative)는 녹색 기술을 국제협력분야에 접목하여, 글로벌 차원에서 공공재의 가치를 늘리는 중요한 역할을 감담할 수 있게 된다. 이를 통해서 개도국의 녹색기술 수준을 높이기 위해 개발에 필요한 지식이나 자본, 전문 인적자원의 부족으로 개발에 참여할 수 있을 것이다.⁸⁾ GGGI가 녹색기술을 공유하고 개도국들이 저탄소 녹색성장을 추구하는데 주도적으로 활동할 수 있을 것이다. 이를 위하여 GGGI는 개도국의 녹색 성장계획을 수립 및 이행하는 사업을 추진하고 있다. GGGI는 선진국과 개도국이 공동으로 참여하여 선진국의 녹색기술을 확산하기 위해 GTK(Green Technology Korea)를 설립하게 되었다.

녹색기술의 국제협력은 녹색기술관련 제품, 기술의 공유로 선진국과 개도국의 기술 격차 해소를 통하여 가능하게 된다. OECD DAC에 가입된 원조 국가 중 환경과 관련된 국제개발협력에서 가장 높은 비율의 원조금액을 지출하는 국가는 일본과 노르웨이이며, 2010년의 경우 일본은 전체 국제협력예산의 63%가 환경과 기후변화, 에너지 효율 등에 관련된 사업이었다. 노르웨이는 38%를 차지하였다. 세계은행은 전체 사업의 14%가 환경 및 자원관리 분야에 지원되었다. 우리나라는 2008년 이후 녹색성장위원회를 설립하여 대 개도국과의 녹색기술 협력에 적극적으로 참여하고 있다. 우리나라의 국제개발협력에서 식수공급, 위생 및 환경관리 분야를 합하면 2010년의 경우 불과 7.7%에 달했다(한국국제협력단 2010:14).

3. 녹색기술과 민간 파트너십

대부분의 PPP는 인프라 개발에서 공공부문이 추진하는 사업에 민간기업이 주도적으로 참여하게 되는 것이다. 사회 인프라 건설에는 많은 자본이 필요하며 제한된 정부 재정의 부담을 줄이기 위해 민간부문을 참여시키는 것이다. 예를 들면, 민자유치를 위한 도로건설에 민기업의 투자하여 수년간에 걸쳐 통행료를 징수하여 투자금을 회수하게 된다.⁹⁾ 전력생산분야도 PPP의 좋은 사례가 된다. 전력생산설비는 막대한 자금이 필요하게 되며, 전력생산 및 송배전은 공공성이 있고, 민간기업이 쉽게 접근하지 못한다. 따라서 PPP를 통하여 민간자본이 발전

6) 공공재는 개인차원의 가치를 인정하지 않고, 공공의 가치를 추구하는 것이며 이는 기후변화나 오존층 등 환경과 직결된다.

7) 한국의 녹색기술관련 국제협력은, 친환경, 산업 폐기물관리, 태양광 이용 펌프, 신재생 에너지 개발, 도시 폐기물 처리, 물관리 등을 포함하고 있다 (한국국제협력단 2012: 16 표 2-7참조). 한국이 아프리카 국가에 제공한 환경 분야 국제협력은 알제리의 산업환경 및 첨단 기술분야 산학 협력 당장성 연구와 신재생 에너지 관련 컨설팅이대표적인 사업이다 (한국국제협력단 2012).

8) GGGI는 2010년 5월 설립되었으며 서울에서 개최된 동아시아 기후 파트너십회의에서 발표되었다.

9) 이와같은 경우 Built-operate-transfer(BOT)라고 한다.

IV. 특집논단

및 송배전 설비를 구축하고 장기간 운영에서 얻어지는 수익으로 투자금을 회수하는 것이다.

PPP의 효율성은 민간기업이 어떠한 조건에서 위험 부담이 있는 사업에 참여하여 본래의 목적을 달성하는가에 좌우된다(OECD 2008). 공공부문은 민간기업과 투자자금의 확보, 건설, 운영 및 유지 관리 등 사업 초기부터 운영관리 까지 협의하게 된다. 공공부문은 과도한 정부의 예산 지출을 경감하되 공공재를 마련하는 계기가 된다. 따라서 민관 협력사업은 유형에 따라 다양한 형식으로 추진 될 수 있다 (OECD 2008).¹⁰⁾

4. 아프리카의 경제변화와 녹색기술관련 민관 파트너쉽

아프리카 국가들은 1950년대 후반 이후 식민지에서 벗어나 독립하면서, 탄생한 여러 신생 독립국가들은, 정치, 경제 및 사회적 불안정과 취약한 경제 인프라, 종족간의 갈등, 높은 인구증가 등 많은 어려움을 겪어왔다. 1960년대 이후 국제사회와 많은 선진국들은, 아프리카에 원조를 실시해 왔으나, 대부분의 국가들은 저개발국에서 벗어나지 못하고 있다. 많은 국가들이 정부의 관리능력 부재와 부정부패가 만연하고 낮은 교육수준으로 국민의 삶의 질을 향상 시키는데 장애요인이 되고 있다. 인종간의 갈등과 군사 구데타, 잦은 내전은 경제발전의 발목을 잡게 되었다. 국민의 삶의 수준은 저하하고, 빈곤의 늪에서 헤어나지 못하고 있으며, 사하라 이남의 국가들은 대부분 빈곤과 식량난이 지금도 계속되고 있다.

1980년대 이후 세계은행을 비롯한 국제기구들은 구조조정계획 (Structural Adjustment Program, SAP)을 추진하기 위해, 아프리카 국가발전에 시장경제 체제를 도입하도록 권고하고, 이를 원조의 조건으로 제시하였다. 그러나 SAP는 아프리카의 경제발전에 크게 도움이 되지 못하게 되었다. SAP에서 가장 성공적인 국가는 가나로 평가 받았으며 국영기업의 민영화, 시장경쟁체제의 도입으로 경제의 활성화로 다른 국가에 비해 높은 경제성장률 기록하게 되었다. 2000년 유엔은 아프리카 발전을 위하여 2015년까지의 사회 및 경제 개발분야에 대한 새천년 개발계획을 발표하였다. 여기서 새천년개발목표 (Millenium Development Goals, MDGs)를 제시하게 되었다.¹¹⁾

2002년 아프리카 전체 국가가 참여하는 아프리카연합기구(Organisation of African Unity, OAU)를 아프리카 연합(Africa Union, AU)로 발전시키는 등, 경제발전을 위한 자구 노력을 추진해오고 있다. 아프리카 지역간의 경제 활성화를 목적으로 아프리카 대륙을 5개 권역으로 구분하여, 지리적으로 근접한 국가들과 경제통합을 이루고 지역별 경제기구를 설립하게 되었다. 서부아프리카의 ECOWAS(Economic Community of West African States), 동부의 EAC(East African Community)과 남부의 남아프리카 경제기구인 SADC(South African Development Community)등이 가장 활발히 운영되고 있는 경제통합기구이다. 이외에도 활동이 저조한 지역별 경제통합기구가 설립 운영되어 왔으며 예산낭비에 원인이 되기도 한다. 이와같은 경제통합에 대한 아프리카 국가들의 노력은 경제활동의 시너지효과를 목적으로 설립하였다. 그러나 한 국가가 여러개의 경제통합기구에 회원국으로 참여하고 재정 부담이 늘게 되었으며, 경제적 환경의 특성상 주변국가와 유사한 또는 동일한 상품을 생산하여 수출해야 하는 등 경쟁상대 국가가 되어있어, 경제통합에 의한 경제적 이익을 가져오지 못했다. 따라서 아프리카가 유럽연합의 경제통합을 벤치마킹한 발전추구와 지역의 경제 통합 정책은 큰 진전을 이루지 못했다.¹²⁾

10) PPP의 형태는 아주 다양하다. OECD(2008)에는 BOM(Build-own-maintain), BOO (Build- own- operate), BDO(Build-develop-operate), DCMF (Design- construct- manage- finance), DBO (Design-build-operate), BOT(Build-operate-transfer), BOOT(Build-own-operate-transfer), BTO (Build-transfer-operate), BBO(Buy-build-operate) 등 다양한 형태를 소개하고 있다.

11) MDGs는 8개의 사회 및 경제 관련 지수에 대해 2015년 까지의 달성 목표를 제시하고 있다.

12) African Union이 성공적이지 못한 주요원인 중의 하나는 대부분의 회원국들이 유사한 상품을 생산하고 수출품목이 비슷하여 경제 통합에서 큰 시너지효과를 가져오지 못하기 때문이다.

지난 1990년대 세계경제의 호황에 힘입어, 아프리카는 세계 주요 경제국들의 진출대상 및 경제협력 대상으로 각광을 받기 시작했다. 이는 아프리카가 가지고 있는 풍부한 자연부존 자원과 에너지 공급원이 되기 때문이었다. 전 세계적으로 자원의 수요가 급등하면서 아프리카의 자원부국을 중심으로 선진국과 신흥공업국들로 부터 투자 및 경제교류에 대한 관심은 더욱 높아지고 있었다.

이러한 세계경제 변화의 틀에서 아프리카에 대한 국제개발협력은 더욱 활성화 되고 있는 것이다. 종전의 단순한 인도적 차원의 원조가 지원사업을 차원을 넘어 아프리카가 경제적으로 발전할 수 있도록 투자 및 기술지원을 병행하고 있다. 여기에 녹색기술 또는 환경, 에너지 효율 분야에 대한 국제기구, 선진국, 중국을 비롯한 신흥공업국들의 국제개발협력이 활성화 되고 있는 것이다.

[세계은행 및 아시아개발은행의 사례]

세계은행은 ‘기후투자기금 (Climate Investment Fund, CIF)을 조성하여 온실가스 감축 및 청정기술에 대한 프로젝트를 지원하고 있다. 전체 기금은 63억달러에 이르며 대부분 미국, 일본, 독일, 영국이 공여하였다. CIF는 청정 기술기금(Clean Technology Fund, CTF)과 전략적 기후기금(Strategic Climate Fund, SCF)으로 구성되어 있다. CTF는 청정기술의 보급 및 이전을 목적으로 신재생 에너지, 저탄소 발전, 수송의 효율성 및 수단의 전환, 에너지 효율, 산업 및 농업 기술 분야의 사업을 지원하게 되며, SCF는 기후 변화관련 사업을 지원한다 (정지원·박수경 2010).

아시아 개발은행(Asian Development Bank, ADB)은 2007년 청정 에너지자원 파트너쉽(Clean Energy Financing Partnership Facility, CEFPPF)을 설립하였다. CEFPPF는 청정 에너지개발을 위한 사업을 지원하며 여기에는 에너지 효율, 신재생 에너지, 온실가스 절감분야에 대한 사업을 지원하고 있다. 2011년 ADB의 청정에너지 분야 투자금액은 21억 달러에 이른다. ADB의 청정에너지 분야의 지원은 민간기업의 참여를 확대하기 위해 PPP를 적극적으로 장려하고 있다. 여기에는 정부, 전력회사, 제조업, 항공사 등 비교적 이산화탄소 배출이 많은 기업 활동에 적극 지원하고 있다 (정지원·박수경 2010).

[아프리카 개발은행의 사례]

아프리카개발은행 ‘녹색에너지 기금 (Sustainable Energy Fund for Africa, SEFA)’을 조성하여 아프리카 국가들이 신 재생에너지 기술개발 및 확산에 활용하도록 했다. 이 기금에는 덴마크 정부도 부분적으로 참여하고 있다. 이 기금은 중소기업의 신재생 에너지 및 에너지 효율 증진을 위한 기술개발 프로그램에 대한 지원, 상업적으로 개발하기 위한 개발비 등을 지원하고 있다. 기금의 이용은 기술 개발을 위한 기술 자문, 능력개발을 위한 인적자원의 교육훈련, 투자자금의 지원, 생산설비에 대한 투자 등을 포함하게 된다. 특히 민간기업이 적극적으로 참여하도록 지원하고 있으며, 2단계로 프로젝트를 구분하여 지원하고 있다. 첫 번째 단계는 준비성 자본 지원(Component I)으로, 자원의 구입, 기술지원, 민간개발업자의 신재생 에너지 및 에너지 효율화를 위한 프로젝트 등 투자 초기 단계에 필요한 지원이다. 이는 AfDB를 통하여 지원되며 담당 부서는 SEFA사무국과 Energy Environment and Climate Change Department (ONEC)에서 검토한 다음 추진 된다.

두 번째 단계의 지원은 실질적 사업의 착수 및 성장에 관련된 기본 지원으로 Component II에 해당한다. 새로

IV. 특집논단

창업하는 신재생 에너지 기업 또는 에너지 효율화를 위한 중소기업 규모의 자본금이다. 기존의 중소기업 중에서 설비 확장 등을 필요로 할 경우에 지원을 받게 된다. AfDB는 민간기업부(Private Sector Department)에서 담당하고 있다. 기금의 활용은 지속 가능한 에너지 투자에 우선권을 두고 있으며 사업계획서와 투자 팀에 대한 신빙성 및 가능성, 사업분야가 아프리카 대륙에 확산이 가능한 분야에 초점을 두고 있다. Component II 에서 Fund Manager를 통하여 기술 지원을 통한 민간기업의 신재생 에너지 분야 활성화에 목표를 두고 있다.

AfDB의 SEFA에서는 서부 아프리카 신재생 에너지 기업인의 사업계획에 대한 경쟁제도를 운영하고 있다. 이는 WA Forum for Clean Energy Financing (WAFCEF/the Forum) 은 미국의 원조기구인 United State Agency for International Development (USAID)의 ECOWAS Regional Center for Renewable Energy Efficiency (ECREEE)의 여러기관이 참여하고 있다.

[주요국의 대아프리카 녹색관련 투자]

유럽연합은 2008년 유럽아프리카 에너지 파트너십 (EU-Africa Energy Partnership)을 선언하였다. 여기에는 바이오 에너지, 신 재생에너지 개발에 적극적으로 지원하기로 하였다.¹³⁾ 이에 필요한 자금을 충당하기 위해 유럽발전기금 (European Development Fund, EDF)에 6억유로를 책정하였다. 2008년 중 아프리카에 지원된 에너지 및 환경 관련 사업은 77개에 이르며 그 중에서 44개는 신재생에너지 및 바이오 에너지 분야에 대한 것이었다. 영국의 환경식량농촌부(Department of Environment, Food and Rural Affairs)는 남부아프리카 국가에 바이오 에너지 개발을 지원하기위한 별도의 조직을 구성하고 무상원조를 제공하고 있다. 영국의 Di Oils, CAMS그룹, Sunbiofuel등 민간기업이 참여하여 탄자니아에 자트로파와 팜유 생산 및 가공 설비에 투자하게 되었다. 2007년 독일의 원조기구인 BMZ는 '기후와 개발에 관한 행동계획'을 발표하였으며, 수원국가의 환경영향평가, 기후변화, 환경보호 분야의 대외원조에 참여하고 있다(OECD 2010).독일의 대외원조기관인 BMZ(German Federal Ministry of Economic Cooperation and Development)은 남아공에 신재생에너지 사업을 추진하였다.¹⁴⁾ 남아공의 전력공급은 93%가 풍부한 매장량으로 석탄에 의존하고 있으며 세계 15위의 이산화 탄소 배출국가이다. 독일의 BMZ는 남아공 정부와 공동으로 South Africa-German Energy Program (SAFEN)을 설립하고 남아공의 에너지 개발연구, 에너지부 등과 협력으로 환경 친화적 기술개발을 위한 인력양성 프로그램을 운영하고 있다. 에너지 연구센터와 녹색기술 공동연구를 추진해 오고 있다. 신재생 에너지를 이용한 에너지 공급을 통하여 2016년 까지 970만톤의 이산화 탄소 배출량을 감소시키는 목표를 가지고 추진 중에 있다. 남아공 정부는 독일BMZ와 공동으로 South Africa Renewable Energy/ Technology Centre(SAERETEC)을 설립하였으며 2030년 까지 5,000명의 신재생 에너지 기술인력을 양성하기로 하였다.

미국의 Veridium Corporation은 탄자니아에 에탄올 생산 설비를 제공하고 바이오 에너지 생산을 위한 Africa Biofuel 사를 설립하고 자트로파 생산에 참여하고 있다. 미국의 또다른 기업인 Economic Fuel Global사는 르완다에 바이오 연료 생산을 위한 설비에 투자하였으며 2013년 가동을 시작하면 르완다 전체 에너지 생산의 30%를 차지할 것으로 예상하고 있다.¹⁵⁾

중국의 아프리카 시장 진출은 지난 50년간 지속되어 왔다. 1976년 개혁개방이 시작된 이후 중국의 급속한 산업화는 아프리카가 산업생산에 필요한 원자재 확보에 중요한 역할을 하고 있다. 아프리카 시장의 확대와

13) (EU, 2009. Energy Cooperation between Africa and Europe)

14) <http://www.giz.de/themen/en/35680.html> (2013.6.20.접속)

15) (박영호·허윤선 2010:87)

원자재 확보를 위한 노력으로 중국은 에너지 시장에도 진출하고 있다. 2007년 중국은 바이오 에너지 생산을 위하여 중국기업인 ZTE사가 DR Congo에 10억달러 규모의 팜유 생산에 투자하였다. 중국의 기술회사인 FL Engineering은 나이지리아에 바이오 에너지 정제 공장을 설립하기도 하였다 (박영호·허윤선 2010:91). 일본은 환경관련 국제개발협력은 지구온난화, 오존층, 대기 및 수질오염, 사막화와 관련된 원조사업, 물, 대기, 폐기물관리에 중점을 두고 있다. 일본은 2007년 이후 바이오 에너지 분야의 국제협력을 확대하기 위하여 Japan Bio Energy Development Center를 설립하였다. 이 센터는 아프리카 국가들의 바이오 에너지 타당성 조사와 자트로파 생산을 위한 기술협력 등을 추진해 오고 있다. 이와같은 국제기구나 선진국들의 대 아프리카의 환경, 청정기술에 대한 협력과 더불어 아프리카 국가들의 자구노력도 증가하고 있다.

[케냐의 사례]

케냐는 1972년 유엔환경계획(United Nations Environmental Program, UNEP)를 수도 나이로비에 유치하였다. 이는 케냐정부의 환경보호에 대한 적극적인 의지와 노력에 기인하였다. 그러나 경제발전이 더디고 높은 인구 증가율과, 빈곤문제, 부족한 에너지 공급으로 생활 수준은 아직도 저개발 국가 수준에 머물고 있다. 2012년 케냐 정부는 동아프리카의 녹색기술 중심지로 도약하기 위한 케냐 기후혁신센터(Kenya Climate Innovation Center, CIC)를 설립하였다. 이는 지속성장이 가능한 최고 수준의 기후변화 관련 기술발전을 위하여 향후 10년간에 걸쳐 70개의 지속가능 기후변화기술을 지원하고 약 24,000명의 일자리를 창출하는 목표를 세웠다. 이사업에는 세계은행, 덴마크 및 영국 정부의 원조기관 등이 공동으로 참여되 사업은 케냐에서 주도적으로 추진하도록 했다.¹⁶⁾ 세계은행은 기술관련 기업이 정신 및 혁신에 중점을 두고 있다.¹⁷⁾ 여기에는 녹색기술 프로그램(Climate Technology Program, CTP)을 설립하도록 하였으며, 케냐 정부 직속으로 저탄소 발생 및 기후변화와 관련된 신재생 에너지, 농업, 안정적 식수 공급, 에너지 효율 향상 분야 등 다양한 분야에 적극적으로 참여하도록 했다. CIC는 케냐가 2030년 중진국으로 진입하는 장기국가발전계획과 전략에 일치하도록 했다. CIC에는 Strathmore Business School, Global Village Energy Partnership(GVEP), Price Water House, Kenya Industrial Research and Development Institute (KIRDI)등이 참여하고 있다. 따라서 이 사업은 정부기관, 학계, 민간 기업이 공동으로 참여하는 전형적인 PPP모델이 되고 있다.

[가나의 사례]

가나는 1957년 영국의 식민지에서 독립하였으나 다섯 차례의 군사 쿠데타와 정치적 불안정을 계속으로 경제적 어려움을 겪어 왔으나 1991년 이후 지난 20여 년간 정치적 발전을 이룩한 국가이다. 몇 년전 연안에서 석유가 발견되고 2012년부터 석유생산을 시작하였으며 경제발전 가능성을 가지고 있다.

가나 정부는 현재 신재생에너지 비율이 1%에 불과 하지만 2020년까지는 비율을 10%로 증가시키는 목표를 가지고 있다. 영국정부로부터 신재생에너지 분야에 많은 지원을 받고 있다. 영국정부의 지원은 영국민간기업의 투자로 이어져 아프리카 최대의 태양열 발전설비를 건설 중에 있다. 투자규모가 4억달러에 이르며 155MW의 발전용량을 가지게 된다.¹⁸⁾ 이사업은 영국의 투자기업이 100년간 사용권을 갖게 되며, 생산된 전력은 가나뿐만 아니라 주변국가들인 Ivory Coast, Togo, Benin, Nigeria 등에도 공급하게 된다. 이는 전통적인 BOT 방식의 PPP투자가 된다 (DFID 2013).

16) <http://www.allafrica.com/stories/201209270748.html> (2013.6.22.접속)

17) 여기에 참여하고 있는 세계은행의 부서는 'Info Deve' 이다.

18) 태양열 집열판은 183헥타에 걸쳐 조성된다.

IV. 특집논단

5. 아프리카 지속발전에서의 함의

아프리카 대륙은 세계에서 가장 낙후된 대륙이다. 국가에 따라 자원보유국과 자원비 보유국으로 구분되며 풍부한 자원 보유국가들도 인프라 건설의 부족으로 에너지 부족현상을 가지고 있다. 자원은 없으나 대규모의 신재생 에너지 생산의 잠재력을 가지고 있다. 지난 1960년대 이후 선진국의 대 아프리카 원조는 계속되고 있으나 아직도 많은 국가들은 국제개발협력에 의존하여 녹색기술을 활용한 지속성장 가능성을 추구하고 있다.

우리나라가 주도적으로 추진해오고 있는 GGGI와 GTK를 보다 활성화하기 위하여 아프리카 국가들과의 PPP를 통한 국제협력을 강화 시킬 필요성이 있다. 녹색기술과 관련된 사업은 다른 원조국가 또는 국제기구에 조성된 청정기술관련 기금, 기후변화관련 기금 등 특별 목적의 기금을 최대한 이용할 수 있을 것이다. 여기서 아프리카의 지속발전을 도모하는데 녹색기술관련 PPP협력에 대한 방안을 제시해 본다.

[정부차원의 녹색기술 국제협력과 PPP]

정부차원에서는 녹색기술 관련 사업의 타당성 조사(feasibility study), 설계(design), 기술지도 및 전문인력의 개발을 통한 기술 능력 함양(technological assistance and capacity building)등 에 참여할 수 있을 것이다.¹⁹⁾

아프리카 국가들의 경우 신재생에너지 개발, 에너지 효율관련 기술, 바이오 디젤, 바이오 연료 등 다양한 방법으로 추진이 가능하다. 아프리카의 농촌지역은 전통적인 방법의 에너지로 나무를 이용하고 있다.²⁰⁾ 사하라 이남의 아프리카 국가들의 에너지원은 47%가 전통적인 방식으로 수급하고 있는 것으로 나타났다(박영호·허윤선 2010:24). 이는 아시아나 중남미 국가들의 경우 18%와 비교하면 상당히 높은 편이다. 특히 아프리카 농촌지역의 에너지는 93%가 나무를 이용하고 있는 것으로 나타났다. 농촌지역의 에너지 수급에서 높은 나무사용은 사막화를 촉진할 뿐만아니라 홍수피해 및 농산물 생산에도 영향을 주게 된다. 사하라 이남의 국가 중에서 경제적으로 가장 발전한 남아프리카 공화국은 불과 15%만이 나무를 이용하는 것으로 나타났다(박영호·허윤선 2010:25).

아프리카의 전통적인 에너지사용을 전환하기 위하여 유럽, 미국, 일본 등은 바이오 에너지 사업으로 국제협력을 추진해 오고 있다. 바이오 에너지는 옥수수, 콩, 유채 등 농작물이나 나무, 볏짚, 왕겨 등 농업 부산물을 이용하기도 하고, 축산분뇨를 이용한 메탄가스 사용도 포함된다. 이러한 원료는 바이오 디젤, 바이오 가스, 바이오 수소 등으로 구분 된다. 바이오 에탄올은 사탕수수나 옥수수에서 추출하여 자동차 연료로 이용된다.²¹⁾ 이들 바이오 에너지 활용기술은 전형적인 친환경적 녹색기술의 대표적 사례가 된다.

우리나라의 국제개발협력은 국제기구에서 마련한 특별기금을 활용하여 앞서 나열된 녹색기술을 확보한 민간 기업이 참여하는 투자를 추진 할 수 있을 것이다. 여기서 정부차원에서 타당성 조사지원, 전문인력 양성에 참여하고, 실질적인 사업은 민간기업에서 추진하는 PPP의 전형적인 모델로 발전시킬 수 있다.

[전문 인력양성과 국제협력의 PPP]

녹색기술관련 국제협력은 전문인력 양성에 원조국가들이 공동으로 사업을 추진 할 수 있다. 기술교육을 위한

19) 박복영 외. (2007)는 아프리카 개발협력에서 연구 개발분야의 중요성을 강조하고 있다.

20) 여기서 에너지는 대부분 취사용과 난방용이 된다.

21) 브라질은 사탕수수를 이용한 바이오 에탄올을 자동차에 사용하고 있다. 이는 경제적으로 옥수수의 국제가격을 상승 시키는 요인이 되고 있다.

국제협력을 강화하고, 관련된 녹색기술을 활용하는 사업을 추진하는데 민간기업이 참여하는 것이다.

아프리카 인구의 60% 이상은 농촌지역에 거주하고 있으며 지역단위의 녹색기술을 활용하기 위한 인력양성이 필요하게 된다. 국제협력사업을 추진하면서 지역단위의 녹색기술 지도자를 양성하는 프로그램을 구성하고 양성된 인력이 지역으로 돌아가 리더역할을 하면서 부락단위의 소규모 바이오 에너지 활용을 늘려 나갈 수 있을 것이다. 실질적인 사업 추진을 위해 PPP를 이용할 수 있다.

[국제기구 및 원조기관등과 공조(Harmonisation)]

신재생 에너지에 대한 투자는 막대한 규모의 자본이 필요하고 높은 기술이 요구되므로 독자적으로 추진하는 것 보다는 국제기구와 공동으로 추진하는 것이 바람직 할 것이다. 이는 대상국가의 자원 부담을 경감할 수 있고 국제기구의 조직을 활용하면서 전문인력 활용이 가능하게 된다. 다른 국가들과의 협력으로 효율화를 기대할 수 있게 된다. 세계은행의 CTF나 SCF, 아프리카 개발은행의 SEFA, 유럽연합의 EDF 등은 기후변화, 청정기술관련 특별기금을 조성하였다. 미국, 유럽, 일본 등은 국가 단위의 기후변화 또는 환경관련 특별기금을 마련하였다. 이와 같은 자원을 이용하며 민간기업이 직접 참여하는 녹색기술 활용에 대한 투자를 모색할 수 있을 것이다.

최근 수년간 세계적인 국제협력의 흐름은 2005년 의 파리선언에서 강조하는 5가지의 기본 목표에 근거하고 있다.²²⁾ 여기에서 강조되고 있는 수원국의 경제 사회적 환경을 고려한 원조사업이 되도록 주장하고 있다. 대부분 아프리카 국가들의 경우 에너지 공급이 절대적으로 부족한 형편이다. 아프리카 국가들은 석유수출국과 석유 수입국, 또는 자원 보유국가들과 자원이 희박한 국가들로 구분하여 추진할 수 있을 것이다.

북부 아프리카 국가들은 일부 풍부한 화석연료의 에너지 자원을 가지고 있거나, 사하라 사막에 위치한 국가들은 풍부한 태양열 발전의 가능성을 가지고 있다.²³⁾ 동부 아프리카 국가들은 남북으로 펼쳐져있는 수천킬로미터의 드리프트 계곡(Drift Valley) 대규모 풍력 발전 가능성을 가지고 있고, 지열발전의 가능성도 있는 것으로 조사 되었다. 중부아프리카의 경우 콩고강은 일년 내내 풍부한 수량을 가지고 있으며, 수력댐을 건설할 경우 아프리카 전체의 에너지 공급을 할 수 있는 것으로 조사되었다. 동부 아프리카가 발원지인 나일강 유역의 수력발전 잠재성도 큰 것으로 나타났다.²⁴⁾ 이러한 사업들은 막대한 자본이 소요되므로 아프리카 국가들은 재원마련에 어려움을 가지고 있으며 기술적인 수준도 부족한 실정이다. 따라서 국제기구와 원조기구, 공여국들과 공동으로 PPP를 활용한 사업으로 추진 할 수 있을 것이다.

6. 결론 및 시사점

아프리카의 5대 석유생산국은 나이지리아, 리비아, 알제리, 수단과 앙골라가 된다. 남아공은 대량의 석탄을 가지고 있고, 나이지리아를 비롯해서, 알제리, 이집트 및 리비아 등이 천연가스를 생산하고 있다.

2008년 세계 금융위기로 인하여 세계 경제가 침체되면서, 아프리카에 대한 관심이 자원과 에너지에 대한

22) 파리선언에서는 Ownership, Alignment, harmonization, results, accountability를 포함하고 있다. 이는 2008년 Accra Agenda for Action(AAA)으로 이어진다.

23) 독일의 Siemens에서는 사하라 사막에 태양열 발전 시설을 통하여 아프리카 전역에 전력을 공급하고 유럽에 까지 수출할 수 있을 정도의 잠재력을 가진 것으로 타당성 조사를 한적이 있다.

24) 최근 나일강 상류의 Blue Nile에는 에티오피아에서 대규모 수력발전을 건설하고 있으며 이는 에집트의 수자원공급에 차질을 우려하여 국가간의 분쟁이 되고 있다.

IV. 특집논단

중요성 때문에 선진 공업국 및 신흥 공업국들의 아프리카 개발에 대한 의지는 지속되고 있다. 우리나라의 아프리카 진출에, 기회가 있을 것으로 판단된다. 특히 우리나라의 경제개발경험은 많은 아프리카 국가들에게 벤치마킹 대상이 되고 있어, 우리나라가 가지고 있는 여러 가지 경제개발, 산업기술을 녹색기술과 접목하여 아프리카 국가의 신재생 에너지개발에 연계할 수 있을 것이다.²⁵⁾

지난 2008년 이후 우리나라가 국가차원에서 추진해온 GGGI의 국제적 활동범위를 늘리기 위해서 우리나라의 경제개발 경험을 개도국들과 공유하되 녹색기술과 관련된 국제개발협력을 추진함으로써 아프리카의 경제발전에 지속가능 개발을 도모 할 수 있을 것이다. 우리나라는 미국, 유럽, 일본, 중국 등 원조규모면에서 비교할 수 없으나, 녹색기술에 특화된 민관국제협력을 추진한다면 원조의 효과성 극대화에 도움이 될 것이다. 국제기구나 다른 원조국들이 마련한 청정기술기금, 기후변화기금, 녹색기금 등 다양한 형태의 자금을 활용하여 민간기업이 참여하는 PPP 사업을 추진한다면 우리나라의 국제개발협력의 차별화에도 기여할 수 있을 것이다.

[참고문헌]

박복영·채욱·이제민·이근·이상철. 한국경제발전 경험의 대 개도국 적용가능성: 아프리카에 대한 시사점을 중심으로. 대외경제정책연구원 연구보고서 07-13.

박영호·허윤선. 2010. 아프리카 바이오에너지 개발 잠재력 및 발전 전망. 대외경제정책연구원 연구자료.

정지원·박수경. 2010. 개도국의 기후변화 대응을 위한 국제사회의 지원:논의 동향 및 쟁점분석. 대외경제정책연구원

홍미영·황기하·홍정석·이경재. 2011. 중점녹색기술 기술수준현황과 시사점. 한국과학기술평가기원.

한국국제협력단. 2008. 우리나라 개발원조의 민관협력 활성화방안:PPP와 개발 컨설턴트 활용을 통한 민간과의 파트너십 강화. KOICA 연구자료 2008-5-83.

한국국제협력단. 2012. 녹색ODA 현황분석 및 활성화 방안연구. KOICA 연구보고서 03-232.

한국국제협력단. 2012. 우리나라의 기술협력 공적개발원조사업 개선방안. KOICA 연구보고서 24-256.

EU. 2009. Energy Cooperation between Africa and Europe. EU

KDI. 2010. Energy Efficiency Improvement and New and Renewable Energy Development Strategies for Ukraine. KDI KSP Report. Seoul, Korea.

Organisation for Economic Cooperation and Development(OECD). 2008. Public Private Partnership: In Pursuit of Risk Sharing and Value for Money. Paris, OECD.

UNESCAP. 2012. A Feasibility Study on the Application of Green Technology for Sustainable Agriculture Development: Assessing the policy impacts in selected member countries of ESCAP-APCAEM. China.

<http://www.allafrica.com/stories/201209270748.html> (2013.6.22.접속)

www.un.org/esa/dsd/agenda21 (2013년6월25일 접속)

UN. 2012. Earth Summit Agenda 21: The United National Programme of Action from Rio (Rio de Janeiro, 1992).

www.faststartfinance.org (2013년 6월25일 접속)

DFID. 2013. UK Fast Start Climate Change Finance. DFID, London, UK.

<http://www.giz.de/themen/en/35680.html> (2013.6.20.접속)

www.sustainable-development.gov.uk (2013년 6월19일 접속)

25) 한국국제협력단.2012. 우리나라의 기술협력 공적개발원조사업 개선방안.

에너지 메가트렌드와 지속가능한 비즈니스 솔루션

황진택 | 고려대학교 그린스쿨대학원 교수

Energy Megatrends and Sustainable Business Solutions

Jintaek Whang | Professor, Green School, Korea University

I. 에너지 Overview

1. 에너지 무엇이 문제인가?

이 시대에 에너지는 그 단어 자체가 화두이다. 경제활동을 뒷받침하는 기본 요소이자, 기후변화와 환경오염을 수반하는 공공의 적으로서의 얼굴을 가진 에너지에 요즘 들어 공급의 안정성에 원전사고 같은 안전문제의 주역 역할이 부각되고 있기 때문이다.

에너지의 중요성이 시간이 갈수록 더 커질 것을 의심하는 사람은 없다. 그런 에너지가 최근 격동의 한 중앙에서 있다. Shale Gas 등 비전통에너지의 부상, 2011년 3월 일본 지진해일로 인한 원전안전 관련 공포 확산과 국내 원전의 총체적 난맥상 노정, 멕시코 만 해저유전 사고 등 에너지 안보는 예측을 불허하는 양상을 보이고 있다. 이에 더해 중동지역(Middle East-North Africa)의 정정불안에 따른 고유가로 세계경제는 심각한 영향을 받고 있다. 과거에 비해 에너지부문의 불안정성은 급격하게 늘어나고 있다. 또한 경제구조의 변화와 함께 에너지의 사용패턴도 급격하게 달라지고 있다. 그간 세계의 에너지 소비를 주도해왔던 미국과 유럽의 정치·경제적 파위는 BRICs, 중동, 아시아의 개도국이 성장해 가면서 힘의 균형이 이동하는 중이다. 오히려 공급부문에서 새로운 강자로 등장하는 미국이 중동과 아시아시장을 놓고 큰 싸움을 벌일 전망이다.

현재까지의 기술적 분석에 의하면, 화석연료는 금세기에도 에너지 공급의 주종을 이루고, 이는 급격한 온실가스의 증가로 이어질 전망이다.¹⁾ 이러한 추세는 온실가스 농도의 안정화, 에너지 사용구조의 저탄소화, 에너지 효율과 신재생에너지의 기술혁신이 필요하다는 것을 의미한다. 이는 지구촌의 지속가능성을 위해서는 피할 수 없는 선택이 되고 있다. 이처럼 안보, 환경, 성장의 모든 축에서 중요성이 증대되는 에너지의 미래 모습은 그 에너지를 둘러싼 정책과 규제, 기술, 시장을 지원하는 법정책의 수립과 그 효율적 운영에 상당부분 달려있다.

본고에서는 중요성이 더해 가는 에너지 문제를 보는 다양한 시각을 정리해 보고자 하였다. 무엇보다도 글로벌 에너지 트렌드는 무엇이고, 기후변화 시대에 에너지 정책의 큰 줄기는 어떤 모습을 가져야 하는지를 살펴볼 것이다. 이어서 전력, 산업, 수송, 건물, 소비자 등 에너지 5대 분야의 핵심이슈와 시장여건 등을 조망할 예정이다. 에너지 기후변화 시대를 이끌어 갈 법정책이 성공하려면 에너지 그 자체에 대한 분석, 에너지 정책의 Mega-Frame에 대한 확실한 설정, 분야별 시장의 여건과 전망에 대한 깊이 있는 연구가 기본이다. 시장여건과 글로벌 Framework에 어긋나는 정책추진은 그 실효성을 담보할 수 없고 국가와 산업에 심각한 경쟁력 문제를 안겨줄 수밖에 없다.

1) IEA, ETP 2010(Energy Technology Perspectives 2010, 2010년 에너지기술전망)에 의하면 BAU 기본시나리오로 전망시 2050년에 에너지관련 이산화탄소 배출량은 2007년 대비 두배, 발전부문의 화석연료는 2/3, 건물부문은 두배, 산업부문은 50%의 온실가스 증가를 예상

IV. 특집논단

2. 변화의 방향

기후변화와 에너지 위기에 대응하기 위해 전문가관에서 주장하는 궁극적 해법 중의 하나는 저탄소 에너지기술에 혁명적 변화가 이루어져야 한다는 것이다. 이는 한 나라나 몇 개의 새로운 정책으로 해결될 수 있는 문제는 아니다. 글로벌 시장이 변해야 하고, 거대 연구개발과 투자자가 참여해야 이루어질 수 있는 변화이다. 국제에너지기구(IEA)의 전망보고서인 'Energy Technology Perspectives 2010'(ETP 2010)에서는 2050년 세계의 온실가스 총배출이 14 기가탄소톤(GtC)에서 안정화되는 것이 지구적 온실가스 관리의 핵심이라고 보고 있다.²⁾ 이 경우 지구적인 기후시스템의 파국을 막을 수 있는 마지노선인 550ppm의 이산화탄소 농도를 유지할 수 있을 것으로 파악하고 있다. 이산화탄소를 감축하는 활동과 경제성장은 서로 trade-off 관계에 있고, 양자 간의 탈동조화 소위 decoupling을 모색하는 것이 지속가능성장으로 가는 열쇠가 되고 있다. 온실가스 배출을 안정화시키면서 성장동력으로서 역할을 기대한다면 전력, 산업, 수송, 빌딩, 소비부문의 5대 영역에서 기술과 시장의 획기적인 변화가 필요하다.

현 추세가 바뀌지 않는다면 2010년 약 30GtC에서 2050년에는 약 57GtC의 온실가스가 방출될 걸로 IEA 시나리오는 전망하고 있다. 전력부문은 안전하고 충분한 저탄소 전력이, 수송은 고효율 수송수단과 새로운 연료기술이 주요 과제다. 급속한 도시화에 따른 빌딩의 에너지 소비증가, 2050년 90억 인류의 소비를 지탱할 산업부문의 에너지 과제, 20년 후 지금의 3배로 증가하는 중산층³⁾의 급격한 에너지 소비증가에 대응하는 일은 에너지 정책에 피할 수 없는 과제를 던져주고 있다. 에너지 부문의 메가트렌드에 대응하는 근본적인 대책이 요구되는 이유이다. 이는 바로 에너지 관련 법정책이 긴 호흡으로 풀어가야 할 가장 중요한 과제임을 말하고 있다.

3. 에너지 정책의 한계

기후변화와 에너지의 변화의 방향을 인식한다고 해서 에너지 문제가 풀리는 것은 아니다. 에너지 정책의 지형을 바꾸기 위해서는 에너지 정책이 안고 갈 수밖에 없는 근본 문제에 대한 이해가 선행되어야 하기 때문이다. 저탄소 기술의 연구개발과 확산을 위한 투자가 일어나려면 비즈니스 차원의 수익성이 전제되어야 한다. 에너지 관련 투자는 수요도 규제도 안정적이어야 일어난다. 저탄소 기술 또는 에너지 관련 기술의 혁신은 여타 다른 부문에 비하면 경제적인 인센티브가 약할 수밖에 없는 태생적인 문제가 있다. 그 중 몇 가지를 보면,

먼저 저탄소기술은 기존의 경제성만을 기준으로 하는 기술들에 비해 고비용일 수밖에 없다. 특히 탄소에 가격이 설정되어 있지 않은 경우나 화석연료에 보조금이 주어지는 경우에는 더욱 그러하다. 다음으로 에너지 부문의 혁신은 제품 차별화를 위한 혁신과는 차원이 다르다. 결과적으로 전력과 같은 동일한 제품을 만들어 내는 upstream 과정에 대한 투자이기 때문에 대규모일 수밖에 없다. 따라서 개별기업이 도전하기에는 많은 무리가 따른다. 또 다른 심각한 문제는 저탄소 기술이 상업적으로 성숙하려면 많은 시간이 소요될 수밖에 없고 또 이미 널리 퍼져 최적화된 기존의 경제성 있는 기술들과 경쟁을 해야 된다는 점이다. 물론 기업 간 경쟁을 촉발하거나 시장메커니즘을 이용하는 경우 어느 정도 성과를 기대할 수도 있다. 그러나 기후변화 완화가 긴박하게 요구되거나 에너지 시장의 속성상 일정 규모의 혁신을 촉진하려면 공공정책이 나서야 한다. 결국 더 큰 보상과 인센티브가 없는 기술과 시장에서의 혁신은 한계가 있을 수밖에 없는 것이다. 일시적으로 정부의 보조금에 의해 부양되는 시장이 안정적인 시장으로 연결되지 못하는 사례는 주변에 넘친다. 휴대폰과 같은 일반 제품의 차별화에 따른

2) IEA, ETP 2010(Energy Technology Perspectives 2010, 2010년 에너지기술전망)은 2050 Blue Map에서 베이스라인배출량이 57GtC에 이르러 이를 14GtC로 줄이기 위해서는 43GtC의 감축이 에너지 효율, CCS, 원자력, 신재생 등의 도입을 통해 일어나야 하고 30%는 OECD, 70%는 비OECD 국에서 이루어져야 한다는 전제를 하고 있다.

3) World bank, Global Economic Prospects, 2007 구매력지수 기준 소득수준이 년 4,000불~17,000불 사이의 소득계층으로 2005년 4억에서 2050년 12억으로 증가

시장형성과 저탄소 기술시장의 차이에 대한 명확한 이해가 에너지 정책 수립의 전제조건인 것이다.

II. 에너지 부문에 주어진 메가 정책과제

현재의 에너지 구조를 저탄소형으로 바꾸어 가자면 분야별, 지역별 접근도 필요하지만 보다 넓은 관점에서 정책과 프로그램이 효율적으로 조화되어야 한다. 현재 실행되고 있는 수많은 에너지 관련 법과 정책이 국제적인 차원에서 일관성 있는 체계를 잡아가는 것이 중요하다. 예컨대 탄소시장이 EU에서만 존재한다면 시장으로서의 효과는 제한적일 수밖에 없다. 글로벌 탄소시장으로 확대되어야 지역별 시장도 활성화되고 일관된 가격신호를 전 세계 참여자에게 보낼 수 있다.

미래의 지속가능한 에너지정책구조를 만들어 가자면 반드시 갖추어야 할 필수적인 요건이 있다. 이는 개별적인 정책들이 혁신을 추구하며 진화하는 과정에서 언제나 대조하여야 할 기본이고 국제사회가 공통으로 풀어가야 할 현재와 미래의 핵심과제이다.

첫째, 수량적으로 나타낼 수 있는 30~50년을 내다보는 장기 에너지/온실가스 시나리오가 각국이나 에너지 정책을 펼치는 단위에서 만들어져야 한다. 이러한 장기전망(long-term pathway)이 제대로 존재하고 활용될 수 있어야 비로소 국가별 법정책, 기술개발과 확산(RD&D), 산업계의 참여가 기준을 가지게 된다. 장기전망은 최근의 연구, 기후변화의 영향, 국가나 지역성을 반영하는 사회경제적인 수단들도 주요 변수로 활용해야 하겠지만, 무엇보다 믿을만한 과학적인 백그라운드를 가져야 한다. 이 전망은 정기적인 평가를 통해 점검되어야 하고, 장기전망의 기초가 되는 어떠한 변수의 변동도 감안해 가는 지극히 과학적인 분석이 필요하다.

현재 각 에너지 정책단위에서는 중장기 계획을 수립하고 있다. 그러나 5개년, 10개년 계획은 실제 추진되는 정책과는 독립된 경우가 대부분이다. 장기전망은 국가계획뿐만 아니라, 산업분야 같은 부문별 프로그램, 개발이 필요하거나 특수한 관리가 필요한 특정 지역의 지속가능발전전략 등을 수립하는 기본 출발점이 되어야 한다.

둘째는 탄소시장과 탄소가격의 존재이다. 저탄소경제로의 전환은 시간이 소요되는 장기 프로세스이다. 이 프로세스의 존재 기반은 경제적 보상 즉, 탄소에 가격이 존재해야 하고, 거래되는 시장이 존재하여야 한다. EU의 배출권거래시장은 EU 참여 각국의 에너지/온실가스 정책과 산업계의 투자 등 경영방식의 전환에 큰 역할을 해왔다. 하지만 아직까지 시장의 규모나 운영체계의 불안정성으로 기술개발의 큰 전환을 유도하거나, 발전소나 제철소 등의 투자시 주요 고려사항이 되거나, 소비자의 선택을 변화시키는 충분한 유인은 되지 못하였다. 이는 탄소시장과 가격이 아직 제 모습을 갖추지 못하고 있다는 충분한 증거다.

탄소시장은 모든 정책주체가 정책개발과 프로그램을 추진할 때 기본을 삼아야 할 중심인 동시에 모든 정책이 제대로 존재해야만 설 수 있는 성격을 가지고 있다.

셋째는 신재생으로 대표되는 저탄소 에너지원의 경제성 확보와 기존 에너지원의 효율성을 제고하는 것이다. 2050년 90억의 인구가 필요로 하는 전력을 안정적으로 그것도 환경친화적으로 공급해야 한다면 화석연료를 대체할 에너지원의 경제성 확보 그를 위한 기술개발은 필수사항일 수밖에 없다. 이와 더불어 수송, 건물,

IV. 특집논단

산업부문에서의 에너지 소비의 효율성 확보는 에너지 정책의 핵심이 된다. 전문가관의 예측에 따르면 2030년 에너지 효율개선으로 얻어질 에너지 절감량이 현재의 석유에너지 소비를 초과하는 것으로 전망하고 있기도 하다.⁴⁾

넷째는 지구적인 온실가스 감축목표를 달성하기 위해서 현재의 각 부문 기술개발 노력 이외에 기가톤(Gigaton)급 변화를 가져오는 수퍼기술의 필요성이다. 현재 탄소포집저장(CCS)과 4~5세대 원자력기술 등에 저탄소 미래의 희망을 걸고 있지만, 이 기술이 촉망받는 진정한 주자가 되기 위해서는 안전성, 경제성과 더불어 기술한계, 지적재산권 등의 장벽을 극복해야 하는 과제가 있다. 제기되고 있는 제반 문제점에도 불구하고 인류 공동의 과제이고, 탄소시장, 신재생 등 여타 메가정책 과제가 풀 수 없는 지구환경적 해법을 도출하기 위해서는 필수적인 과제이다. 한계돌파형 첨단기술을 개발하기 위해서는 소위 죽음의 계곡이라고 일컬어지는 장기투자의 리스크를 어떻게 극복할 것인지, 이를 지원하기 위한 지구적 차원의 금융, 기술 협력시스템이 필요한 지도 검토되어야 한다. 자칫 무리한 일개 국가차원의 한계기술 돌파시도는 국가의 경쟁력에도 커다란 영향을 미칠 수 있다.

마지막으로는 소비자 행동양식의 변화 같은 수요측면의 혁신은 메가에너지정책의 중요한 한 축이 된다. 그간 우리를 포함한 각국의 에너지 정책 중 수요와 소비는 공급이 지탱해주어야 할 대상이지 그 자체가 혁신의 대상은 아니었다. 공급부문의 안정성이 삶의 질의 지표처럼 인식되었기 때문에 소비부문의 진정한 혁신은 존재하지 못했다. 기존 에너지 원, 제품과 서비스 생산부문의 영역지키기의 가장 큰 명분이 바로 소비와 삶의 질의 동일시였다. 그렇지만 저탄소사회로의 전환을 위해서는 소비분야의 일대 전환이 불가피하다. 거대기술과 시장의 동력은 기후변화 그 자체 보다는 기후변화와 에너지를 소비자 측면에서 어떻게 인식하고 있느냐에 더 영향을 받을 것이기 때문이다. 단순한 절약캠페인과 인센티브 발굴 차원을 넘어 소비자의 인식(perception) 변화에 기초한 수요관리의 혁신이 바로 메가 정책과제가 되어야 한다. 이는 에너지 정책의 기본 틀에 대한 근본적인 개혁이 전제될 때라야 가능하다.

III. 에너지 분야별 메가트렌드와 시장

에너지 분야의 메가트렌드를 에너지·전력의 공급, 산업, 수송, 건물, 소비자의 5대 분야로 나누어 분야별 시장여건과 정책과제를 살펴보자

1. 에너지·전력 부문의 메가트렌드와 시장

(1) 미래의 도전과 과제

2050년경에는 전체 에너지 소비는 현재보다 2배 정도 늘어나지만 전력분야의 수요는 3배 정도 증가할 것으로 추산되고 있다. 개도국의 경제가 성장하고 삶의 질이 향상될수록 전력수요는 더 빠른 속도로 늘어나게 되기 때문이다. 그러나 전력생산 방법은 현재와 같을 수 없고 탄소배출은 현재보다 1/4 수준에서 이루어져야 한다고 보고 있다.⁵⁾ 따라서 전력의 탄소집약도를 현저하게 낮춰야 하는 심각한 도전에 직면하고 있다. 전력은 가정 및 상업용 에너지 캐리어로서 가장 선호되는 수단이기 때문에 미래 低탄소 경제로의 전환에 핵심적인 역할을 담당할 것은 의심의 여지가 없다. 최종에너지에서의 전력비중은 지금까지 빠른 속도로 늘어났고 앞으로도 그런 추세는

4) 2030년까지 에너지효율부문에서 얻을 수 있는 이득은 전체 에너지수요 증가의 65%를 차지할 수 있다. 이 효율부문의 증진은 2030년 석유나 석탄 등 어느 에너지원의 전체 소비보다도 큰 양이다. 'Outlook for Energy, A View to 2030' p 16, Exxon Mobil Corp. 2009, www.exxonmobil.com

5) 'Vision 2050' Energy and Electricity, World Business Council for Sustainable Development 2010, www.wbcsd.org

지속될 전망이다. 전기를 공급하는 방식이 개선되고, 업무용 빌딩이나 제조업, 그리고 수송부문에서까지도 응용분야가 계속 늘어나고 있기 때문이다. 전력의 공급과 소비부문에 변화가 일어나려면 막대한 투자가 소요된다. 탄소 무배출 또는 저배출 에너지원 발굴, 온실가스 배출을 직, 간접적으로 관리하는 분야, 발전기술에서의 효율, 최종 전기소비제품에서 에너지 효율 같은 분야에서의 투자가 그것이다.

전력 인프라 문제는 세계 각국이 가장 신경을 쓰는 분야다. 충분한 전력을 생산하면서도 온실가스를 감축해야하는 이율배반적인 목적을 달성하기 위해서는 3가지 분야에서의 기술혁신이 중심적인 역할을 해야 할 것으로 기대되고 있다. 3가지 분야는 신재생에너지, 원자력, 그리고 탄소포집저장을 포함하는 청정석탄기술을 말한다. 에너지 인프라의 전환은 투자의 틀을 바꾸어야 하고, 정책이 이행되는 다양한 메커니즘도 만들어야 하기 때문에 단기간에 이루어지기 어렵다. 이러한 메커니즘으로는 전통적인 전원개발정책 외에도 기후변화협약과 함께 진화하는 다양한 법정책수단이 동원될 것으로 기대하고 있다. 예를 들어 탄소세, 배출 부과금, 배출권거래제, R&D 지원, 재정지원, 배출제한 또는 목표 등을 들 수 있다. 또한 신재생에너지 의무비율 부과(RPS 등), 그린전력의 구입 등 에너지믹스의 수준을 결정해야 한다. 이와 같은 정책수단들이 각기 얼마나 강력한 온실가스 저감효과를 가지는지에 대한 상당한 수준의 분석이 상시로 진행되고, 조정하는 작업은 정책의 신뢰성 차원에서 항상 필요한 과제이다.

전력 인프라에서도 신재생은 특히 복잡하다. 소규모 분산형 신재생에너지의 비중이 높아지면 현재의 계통(grid)보다 훨씬 유연하게 접속할 수 있는 시스템이 필요하다. 원자력 등 중후장대한 원거리 집약형 전원을 중심으로 계획된 계통으로는 소규모 분산형 전원을 감당하기 어렵기 때문이다. 또한 태양광, 풍력 등은 중앙 급전시스템에 의해 가동되는 것이 아니기 때문에 계통시스템 관리기술이 훨씬 정교해야 한다. 전체 시스템에서의 신재생 비중이 높아질수록 시스템의 안정성을 위협하는 도전은 커진다.

(2) 시장변화와 비즈니스 대응전략

발전설비는 한번 건설하면 보통 수명이 40~60년 정도 가동하는 매우 수명이 긴 자산이다. 일본의 후쿠시마 원전이나 우리의 고리1호기처럼 연장 운영하는 경우가 보통이다. 따라서 정책시계(policy horizon)가 매우 길며 장기적인 시각을 가지고 투자를 해야 하는 특성이 있다. 개도국의 경제발전에 따라, 발전설비는 대폭 증설되고 있다. 뿐만 아니라 2차 세계대전 이후 설치된 선진국노후 발전소의 대체 압력이 날로 커지고 있다. 많은 투자가 필요하지만 동시에 저탄소 기술로 전환할 수 있는 좋은 기회이기도 하다. 저탄소발전 분야는 앞으로 상당기간 커다란 투자시장을 예상할 수 있다. 발전설비는 방대한 규모의 투자가 필요하고, 저탄소형으로 바꾸려면 더욱 많은 투자가 소요된다. 국제에너지기구(IEA)의 추산에 따르면 2050년까지 전 세계 에너지 인프라에 270조 달러 이상의 투자가 필요할 것으로 보고 있다.⁶⁾

전력은 에너지 분야의 새로운 도전 가운데 중요한 의미를 갖는다. 에너지 부문 온실가스의 40%가 전력 부문에서 발생한다. 저탄소 발전기술은 현재 빠른 속도로 개발되고 있고, 성공적인 상업화 가능성도 높아지고 있다. 현재와 같은 고유가 시대가 지속되면 경제성도 앞당겨질 것이다.

미래 전력시장이 지속가능하면서 안정적이 되기 위해서는 기본적으로 넘어야 할 몇 가지 과제가 있다. 투자,

6) IEA Energy Technology Perspective 2010, 2030년까지 인프라 투자 중 2/3가 전력분야 투자

IV. 특집논단

에너지 복지, 수요관리, 저탄소 고효율은 알려진 과제이자 새 시장이다.

먼저 적절한 투자수익(ROI)을 보장하면서도 에너지 안보, 공급 안정성, 공급가능성의 가치가 유지되도록 할 수 있는 정책의 안정성이 투자재원 확보의 대전제가 된다. 간헐성이 높고 분산화된 전원인 신재생에너지 전원의 비중이 높아지면 계통의 신뢰도를 높이고 송전손실을 줄이기 위한 막대한 투자 역시 위에서 언급한 바와 같다. 이러한 투자수요와 전력가격의 인상문제는 물가안정과의 조화 또는 조세제도의 개혁을 통해 조만간 타협의 실마리를 찾아야 한다.

다음으로, 에너지는 복지의 큰 영역이다. 따라서 수요자에게 전력을 저렴하게 그리고 원활하게 필요한 전력을 공급하는 것은 경제정책이자 사회정책이다. 저소득 계층의 에너지 빈곤문제는 선진사회로 가는 여정에서 반드시 넘어야 할 과제이다.⁷⁾ 충분성과 경제성은 현재 저탄소와 Trade-off 관계이다.

전력의 수요관리가 만들어 갈 시장변화는 아직 정확한 크기를 가늠하기 어렵다. 하지만 이론적으로 에너지의 소비 측면에서 사용을 줄이는 방법은 매우 다양하며 실효성도 큰 것으로 알려져 있다. 정부정책이 국민의 에너지 소비패턴을 개선하도록 인센티브를 제공하는 방식은 지금보다 훨씬 정교하면서도 강하고 지속적인 형태가 요구된다. 제품과 서비스 변화를 통한 시장규모는 아직껏 상상하기 어려운 큰 규모가 될 수도 있다. 이렇게 할 때 소비절약이나 효율개선도 생산 이상의 역할을 할 수 있다.

발전부문의 혁신적인 변화를 가져올 것으로 기대되는 저탄소 고효율 유망한 기술이 개발되어 상용화되기까지 넘어야 할 많은 영역에서 공공부문의 재정지원 등 public-private partnership이 핵심이기 때문에 기존의 R&D 정책의 혁신적인 변화는 시장의 전제조건이다.

모든 국가는 전원 정책방향을 올바르게 수립해 나가기 위해서 기술개발 투자와 객관적인 평가를 하고 있다. 다만 각 국가별로 부존하는 에너지와 전력수요의 패턴에 따라 현재까지의 최선의 정보(best knowledge)를 통한 개략적인 발전방향이나 기술개발에 치중하고 있는 것이다.⁸⁾

발전부문의 녹색투자를 촉진하는 시장기반 정책은 다음과 같다.

- 녹색전기요금제
- 세금공제 및 감가상각율 조정 등 인센티브
- 공공재정을 통한 보조
- 재생에너지 인증제도
- cap-and-trade 시스템 등을 통한 온실가스 배출권거래제
- 정부조달부문에 온실가스 감축을 우대하는 방법

7) 현재 약 15억의 인구가 전력공급을 받지 못하고 있다. 'Outlook for Energy, A View to 2030' p 16, Exxon Mobil Corp. 2009, www.exxonmobil.com

8) 예를 들면 영국에서는 원자력 에너지와 바닷가의 풍력발전을 미래 에너지 대안으로 생각하고 있고, 일본에서는 원자력 대신 천연가스의 비중을 늘림으로써 전원믹스에서 탈탄소화(decarbonization) 방향을 모색하고 있다. 또한 미국, 호주, 중국, 인도와 브라질 등에서는 후쿠시마 전에는 원자력 에너지에 대한 관심이 증가하고 있는 현상이 관찰되었지만 지금은 셰일가스 등 비전통에너지에 관심이 커지고 있다.

2. 산업 부문의 메가트렌드와 시장

(1) 미래의 도전과 과제

산업부문은 인구증가와 지속적인 세계경제성장으로 더 많은 에너지를 소비할 것으로 예상되고 있다. 저탄소사회로 가기 위해서는 산업생산에 필요한 에너지 소비효율을 상당 수준으로 개선해야 하고 저탄소 연료로의 전환도 요구되고 있다.

현재 산업과 제조업 부문은 정유, 자동차, 시멘트, 화학, 철강을 포함하는 다양한 사업영역을 포함한다. 오늘날 우리나라는 전체 에너지 소비의 59%를 차지하고 있고, 세계 평균 약 32%와 비교하면 에너지 소비의 산업부문 집중도가 상당히 높은 편이다.⁹⁾ 산업부문 에너지소비의 대부분은 선진국의 산업, 제조기반에서 소비되었지만 중국의 세계공장화로 지칭되는 BRICs 국가와 개도국에서의 생산시설 확장이 주요 도전과제가 되고 있다. 세계경제의 글로벌화에 따른 생산기지 이전 등 제품 생산과 에너지 수요가 증가함에 따라 상당규모의 온실가스 저감을 이루어야 한다는 중요한 과제가 개도국의 선장문제와 함께하고 있다. 발전부문에 비해 훨씬 다양한 에너지 소비패턴을 가진 산업부문에 요구되는 기술적인 진보는 다음과 같이 요약될 수 있다:

- 지속적인 에너지효율 개선과 화석연료 의존도를 경감하려는 노력.
- 자본집약적 산업부문에의 장기투자 시 저탄소 생산방식을 위한 획기적 RD&D¹⁰⁾의 추진
- 개도국에서 필요한 최신 온실가스 감축기술을 이전, 전파시키는 문제

산업부문의 에너지효율 증대와 온실가스 배출량 감축을 위해 다양한 정책들이 시행되어 왔다. 이 중에서도 EU에서 실행중인 배출권 거래제도가 있고, 그 외에 최첨단 기술기준, 에너지효율 벤치마킹, 정부와의 자발적 협약, 특정 프로젝트에 대한 세금감면 등이 있었지만 획기적인 변화를 추구하는 공동의 기술개발과 정책개발 노력은 미미하였다.

(2) 시장변화와 비즈니스 대응전략

에너지와 기후변화 문제를 다루기 위한 실질적인 논의구조의 부재는 탄소저감을 위한 국가차원의 대응에 어려움을 증폭시키고 있다. 글로벌 기업들은 전 세계적으로 서로 다른 국가별 규제기준, 산업별 기준, 자발적/의무적 목표 등 거미줄처럼 복잡한 상황에 직면해있다. 이런 요인들 때문에 환경적, 경제적 비효율, 투자의 불확실성, 국제시장 경쟁력 왜곡 등의 문제가 생길 수 있고, 국가간 산업이 이동하는 누출(leakage)이라는 문제¹¹⁾를 야기하기도 한다. Carbon Leakage는 온실가스 저감이라기 보다는 지역간 이동이다. 이러한 문제는 상품이 차별화되지 않고 표준화된 산업이 가격경쟁을 하는 글로벌 시장에서 흔히 나타날 수 있는 현상이다. 이 문제는 동종 산업별로 부문별 접근방법을 개발하여 해당부문에서의 온실가스 감축방식을 해당지역, 국가 그리고 국제적 차원에서 동일하게 설정, 적용함으로써 문제 해결의 실마리를 찾을 수 있다. 부문별 접근 방법에는 고려해야 할 많은 이슈들이 있다. 목표는 부문별로 합의된 우선순위에 근거하여, 감축 절대량, 효율 목표, 첨단기술성과기준에 따라 구성하거나, 이산화탄소의 직접적 배출감축과 같은 방안들로 수립할 수도 있을 것이다. 의무적인 감축 요구나 벌과금 부과가 없는 자발적 행동, 또는 혁신적 기술을 적용하는 것이 중요한 경우 연구개발과 확산(RD&D) 지원 등과 연계된 형태가 될 수도 있다.

9) '에너지 정책의 집행경과 및 결과' 지식경제부 국회 보고자료, p3, 2011. 5

10) Research, Development and Deployment의 약어로 최근 R&D보다 기술의 시장 확산을 강조하며 많이 쓰이고 있다.

11) 규제가 강한 국가에서의 생산비용 부담을 회피하기 위해 규제가 상대적으로 느슨한 국가로 생산기지를 이동시키는 현상.

IV. 특집논단

3. 수송 부문의 메가트렌드와 시장

(1) 미래의 도전과 과제

미래의 수송부문의 변화는 여타 분야보다 훨씬 역동적일 것으로 전망되고 있다. 2050년이면 전 세계의 자동차 대수는 20억대 이상으로 증가하고, 수송거리 역시 같은 비율로 증가할 것으로 전망된다. 특히 개도국 경제성장이 지속됨에 따라 자동차 수는 급속히 증가할 것으로 예상된다. 수송에너지에는 높은 세금과 지속적인 탄소규제가 존재하고 있고, 수송수단과 교통체계의 기술발전 속도도 타 분야를 압도한다.

2025년 경 북미와 EU에서는 연료전지 자동차가 4백만 대 이상의 출현할 것이고, 하이브리드나 최신 디젤기술을 장착한 자동차, 바이오연료를 사용하는 자동차 역시 전 세계적으로 보급이 확대될 것으로 예상된다.

2050년에는 전력생산과 연료의 직접연소로 전 세계에서 약 14Gt의 온실가스가 방출될 것이지만¹²⁾, 수송부문의 방출량은 2002년과 비교하여 10% 정도 떨어질 것으로 보인다. 특히 육상수송부문에서의 성과는 이 보다 훨씬 클 것으로 예상되는데, 이는 전기차와 연비, 연료부문의 혁신 그리고 철도수송과 바이오 연료로의 전환이 주된 역할을 할 것으로 예상된다.

수송 내부의 과제는 항공부문에 있다. 항공은 도로와 비교하였을 때 자본회전이 느리고, 기존의 화석연료를 대체하는 대규모의 가능한 대안이 없기 때문이다. 게다가 지속적으로 증가하는 수요로 인해 이 기간 동안 항공부문의 온실가스 배출은 3배가 될 것으로 전망되고 있다.

대중교통수단의 확대는 대부분 나라에서 수송에너지정책의 핵심이 되고 있다. 철도수송은 업무용 경차에 비해 7배까지 효율적일 수 있다. 많은 나라에서 철도수송을 개별수송에 맞서는 효율적이고 매력적인 대안으로 만들기 위해 상당한 투자가 진행되고 있다.

수송부문의 에너지 문제를 풀기 위한 정책 과제는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 온실가스 배출을 최소화하는 운송수단의 선택, 최적관리에 대한 정보를 알리고 소비자 행동변화를 유도하는 정책 발굴
- 수송연료 기술개발을 지원하고, 필요에 따라 세금 및 각종부담금을 차별화함으로써 육상운송 부문의 연료공급을 다양화하는 문제
- 연료 사용에 대한 규제, 주유세와 탄소세 등 부과금을 기반으로 CO₂ 인증제를 도입하여 친환경연료의 개발 및 사용을 촉진하고 고효율 운송수단의 조기도입 촉진
- 항공, 해운 등 선단식 운용을 하는 운송부문에 첨단 기술과 대체연료를 도입하고 온실가스 관리 프로그램의 적용 등

12) IEA, EPT 2010. 'Blue Map scenario

(2) 시장변화와 비즈니스 대응전략

우리나라의 경우 수송부문 전체소비 중 97%에 달하는 거의 전량이 석유임에서 볼 수 있듯이 수송부문은 1차 에너지원인 석유제품에 전적으로 의존한다.¹³⁾ 이러한 이유와 함께 수송수요의 증가로 CO₂ 배출은 세계 모든 지역에서 증가 추세에 있다. 자동차 대수의 증가, 매년 늘어나는 자동차당 이동거리 그리고 안전성과 편의설비를 위한 차량중량의 증가, 여러 나라에서 관측되고 있는 SUV에 대한 소비자 선호 등의 요인은 지속적인 고효율 운송수단의 개발과 수송연료 부문의 개선에서 이루어지는 성과를 압도하고 있는 것이 사실이다.

수송부문은 산업이나 발전부문과는 달리 소비자가 온실가스 배출 수준에 충분한 영향을 끼칠 수 있고 중추적인 역할을 할 여지가 많다. 운송수단의 선택(차종의 선택, 개인 이동수단과 대중교통 수단 간의 선택)은 종종 소비자가 추구하는 라이프스타일의 표현이기도 하다. 고연비 자동차의 선택, 교통수단의 선택과 대안에 대한 고려는 소비자의 역할이 큰 수송부문에서의 온실가스 저감에 정책부문이 공헌 할 수 있는 영역이다. 아직껏 수송부문에서는 적극적인 온실가스 저감정책의 경험이 없는 것이 우리의 현실이다.

온실가스 감축을 유도하기 위한 가장 효과적인 정책방안으로는 이를 통해 기술개발과 자본투자가 이루어지도록 유도하는 것이다. 수송부문의 배출권거래제도는 타 부문에 비해 효과를 기대할 수 있는 부문이다. 수송부문의 배출권거래제는 개인 육상운송부문과 선단식 운송부문으로 구분해 볼 필요가 있다. 개인 육상운송부문보다 선단식 운송업부문의 경우에는 이 제도의 장점을 살리기 위한 노력이 효과를 기대할 수 있다. 항공부문의 경우 배출권 거래제도가 더 적합하다. 항공의 경우 운송업자가 항공일정 조정, 경로에 따른 비행기종의 선택, 그리고 지상 운영의 권한을 갖는 공항 관계자와의 협력을 통해 조업방식을 조절할 수 있다. 선단식 운송업 부문은 배출권 거래제, CO₂ 인센티브나 세금 등의 다양한 옵션을 사용할 수 있지만, 규제의 목표가 온실가스 배출에 대해 직접 책임을 질 수 있고, 또 이는 탄소가격의 신호에 대해 반응할 수 있는 분야에서만 가능하다.

오늘날 수많은 도시 교통계획들이 있지만 많은 대도시는 항상 교통 혼잡과 배출가스 문제로 고민하고 있어, 경쟁적으로 대중교통 체계를 개선하려하고 있다. 그러나 급속히 발전하는 중·소도시들은 통합된 이동수단 네트워크를 구축하기보다는 개인이동수단이 증가하는 수송수요를 채우고 있다. 이들 도시 중에는 수십년 내에 대규모 도시가 될 곳들도 있지만, 지속가능한 수송부문 체계를 개발할 수 있는 기회를 저버리고 있는 것이다. 전 세계적으로 수송부문의 정책은 대도시뿐만 아니라 아직 변화를 상대적으로 쉽게 적용할 수 있는 소도시나 중국과 같이 신도시 개발이 활발한 지역이 경제적으로 효율적일 수 있다.¹⁴⁾ 향후 진전될 도시화와 고령화는 수송시장의 주요 도전과제이기 때문이다.

4. 건물 부문의 메가트렌드와 시장

(1) 미래의 도전과 과제

급속한 도시화의 진전과 개인의 삶의 질 향상 욕구에 따라 건물부문의 에너지 소비는 급격하게 증가할 것으로 전망된다. 미래 건물 내부의 가전기구나 냉난방, 그리고 이 밖의 다양한 용도로 에너지 사용이 늘어날 것이기

13) 2010 에너지·기후 전망, 에너지관리공단 2010.7.

14) 중국의 자동차 보유는 현재 1,000명당 27대 이고, 미국은 780대이다. 향후 중국의 빠른 경제성장으로 중국 등 개도국의 light-duty vehicle 수요는 급증할 수밖에 없다. 'Outlook for Energy, A View to 2030' p 21, Exxon Mobil Corp. 2009, www.exxonmobil.com

IV. 특집논단

때문에 온실가스 배출을 줄여야 하는 압력과 효율개선을 달성해야 하는 도전에 직면하게 될 것이다.¹⁵⁾

2050년경 건물부문의 에너지 사용은 질과 양의 측면에서 전혀 다른 형태를 가질 것으로 전망된다. 우선 에너지 사용량이 크게 늘어날 것이다. 그 이유는 첫째 전기기기의 종류와 양이 크게 늘어날 것이기 때문에 전기에너지 소비증가가 가속화될 것이다. 특히 정보화의 진전에 따른 정보기기 및 인프라에 소요되는 전기의 소비가 증가한다. 두번째는 경제가 성장하면서 서비스 부문의 비중이 점차 커지고 이에 따라 상업용 빌딩의 수가 크게 늘어난다. 세 번째는 중국과 인도와 같은 개도국을 중심으로 농촌에서 도시로 이주가 빠른 속도로 전환되는 것도 주요 증가 요인으로 꼽히고 있다.

건물은 다량의 에너지를 소비하기 때문에 온실가스 배출 문제에서 중요하게 다루어야 할 대상이다. 건물부문에서 에너지 효율을 개선하고 탄소집약도를 낮추기 위해 할 수 있는 법정책 영역은 매우 넓다. 특히 빌딩을 신축할 때 에너지를, 저탄소 설계를 적용하는 것이 보다 효과적이기 때문에 설계나 인허가 단계에서부터 이러한 변화가 시작되어야 한다. 에너지 관련 신기술이 등장해도 기존 건물에 그 신기술을 적용하기는 쉽지 않다. 에너지 소비의 원가비중이 높은 발전소나 공장의 경우에도 경제성이 없는 경우가 대부분이다. 따라서 급속한 도시화와 개발이 일어나는 시점에서 가능한 빨리 변화가 일어나야 증장기 관점에서 온실가스 저감과 에너지 절약에 위한 대응비용이 낮아질 수 있다. 법정책 운용시 세심한 분석을 통한 법적용의 강도와 시점이 중요한 영역이 바로 건물에너지 부문이다.

(2) 시장변화와 비즈니스 대응전략

미래의 건물부문 에너지 소비증가에 대응하기 위한 주요 정책적 영역을 살펴보면,

- 건물의 전기설비와 조명에 적용되는 에너지효율 표시, 표준
- 건물에너지 부문의 혁신을 유도하는 인센티브 프로그램, 시장원리에 기초한 에너지관리시스템(Energy Management System)의 개발
- 건축과정 또는 에너지 소비패턴에 변화를 촉진하기 위한 교육 프로그램
- 온실가스 저배출형 건축자재의 사용을 촉진하기 위한 정책 등을 들 수 있다.

건물의 설계 및 자재부문의 혁신은 우선순위가 높은 과제다. 건물은 수십 년 동안 에너지 수요와 탄소 배출에 영향을 미치기 때문이다. 건축 결정은 한번 내리면 미래 에너지 환경이 급변하더라도 바꾸기가 어렵거나 막대한 비용을 감수해야 한다. 따라서 초기의 인허가 정책이 중요한 역할을 하게 된다. 정책의 방향은 건설사가 에너지 효율적인 건물을 시공할 수 밖에 없는 환경의 설정이다. 건물의 가이드라인, 효율성 성과지표, 다양한 기준설정을 통하여 빌딩부문을 혁신할 수 있도록 지원하는 것이다. 이러한 의무나 지원이 없다면 건축주가 자발적으로 에너지 절약 설비를 하기는 어렵다. 예컨대 최첨단의 설계기술을 적용하면 기존 빌딩을 보수하는 경우 약 50%, 신규 건물의 경우 약 80%까지 에너지를 절감할 수 있는 기술이 개발되는 등 건물에너지 기술은 급속히 발전하고 있다. 또한 라이프 사이클 기법을 활용하여 수송에너지를 감안, 건축자재를 가능한 현지에서 생산되는 재료로 조달하고, 목재 등 인증된 자재를 사용하면 이산화탄소를 감축하고 자원절약에도 기여할 여지가 있는 등

15) "건물부문의 에너지 소비가 현재 속도로 계속 증가할 경우 2050년 경에 이르면 건물부문의 에너지 소모가 산업부문과 수송부문의 에너지 사용을 합한 수준에 이를 것으로 전망된다. 이를 기술개발과 적극적인 대응으로 방지하는 일이 매우 필요하다" WBCSD Energy Efficiency in Buildings(2006). "A world where buildings consume zero net energy"

정책적인 다양한 옵션이 산업분야나 발전분야보다 충분한 영역이기도 하다.

정책의 가지 수에서 타 분야를 압도하는 다양한 건물에너지 정책의 존재가 시장을 즉각적으로 활성화시킬 수 있는 것은 아니다. 사려깊지 못한 단기적 건물에너지 정책과 일관성 없는 인센티브가 커다란 건물에너지 시장의 형성을 저해한 측면도 다수 존재했다. 본질적으로 전기가격을 포함한 체계적이고 일관성있게 건물에너지 정책을 재정비하는 일은 향후 건설시장과 건물에너지 관련 기술의 확산에 중요한 모멘텀을 만드는 일이 될 것이다.

IV. 기술개발과 확산

규제나 가격정책만으로 기후변화와 에너지 문제에 온전하게 대응할 수는 없다. 가격과 규제가 자발적인 기술개발을 일부 촉진할 수는 있지만, 첨단이나 거대기술 개발은 정부의 지원이 없이 이루어지기는 힘들다. 정부규제, 에너지와 탄소의 가격, 신기술의 3가지는 어느 하나 소홀히 할 수 없는 저탄소 녹색성장을 위한 기본과목이다. 저탄소 사회로 가는 지금껏 경험하지 못한 여정에서 기술이 갖는 의미는 막중하다. 규제나 시장의 영향에 의해 만들어지는 영역¹⁶⁾과 기술이 선도하여 이끌어 가는 영역¹⁷⁾은 그 생성 프로세스도 다르고 실제 운영에서도 많은 차이를 보인다. 이러한 기술개발과 확산의 과정에서 정책설계자가 항상 기준으로 삼아야 할 근본적인 화두가 존재한다.

첫째, 극복하지 못한 큰 기술 영역에서의 한계돌파형 신기술이 개발되고 시장에서 상업화 되어야 한다.

둘째, 기존에 존재하지만 여러 이유로 확산되지 못하는 저탄소, 고효율 기술이 보다 넓게 확산되어야 하고, 시장 정책수단으로 도입이 가능한 신기술¹⁸⁾이 실질적으로 적용되어야 한다.

셋째, 에너지 효율에 있어 획기적인 진보는 필수적이다. 전력생산, 수송, 제조, 건물 부문의 획기적인 효율개선이 없이 에너지, 온실가스 문제의 해결은 불가능하다.¹⁹⁾

넷째, 에너지 및 온실가스에 대한 소비자의 인식과 이해가 증진되어야 모든 수준에서 기술개발에 대한 수요가 확대될 수 있다.

1. 기술시장의 여건

이미 에너지나 온실가스 의존도가 높아진 세계 경제의 방향을 그 반대로 돌리려면, 신재생 에너지, 차세대 원자력, 석탄청정화, 탄소포집저장(CCS), 수송부문 등에서 거대 기술의 한계돌파에 기댈 수밖에 없다. 한계돌파형 기술의 개발과 확산은 정부와 민간의 협력시스템이 효과적으로 작동할 때라야 가능하다. 기술에 따라서는 다국간의 기술연합이 필요할 수도 있다. 먼저 개발단계를 보면 개발에 드는 비용은 민간부문이 독자적으로 부담하기에는 너무 큰 경우가 대부분이다. 이 경우, 기술이 시장에 들어갈 수도, 상용화되기도,

16) 시장수요 증가가 기업의 innovation에 대한 투자기회를 만들 수 있다. 이 기회들이 innovation의 성공적 리턴을 만들고, 새로운 저탄소기술의 비용을 저감하는 선순환의 고리를 만들어 갈 수 있다. 그러나, 지식기반이나 기술수용 역량이 없는 market-pull 정책은 공공자원의 효율적 이행을 어렵게 할 수 있고, 최적 기술의 선택을 못하게 할 수도 있다.

17) 과학적 이해수준이 높아지면 기초연구와 Demonstration Program에 대한 innovation과 정부지원의 방향과 수준이 결정된다. 이러한 발전이 한계돌파형 기술이나 공적으로 연결될 수도 있다. 그러나, 시장실패 요인 때문에 성과없는 혁신에 끝날 가능성도 존재한다.

18) 개발되어 실증은 거쳤지만 아직 시장에서 확산되지 않은 신기술

19) 한계돌파형 거대신기술이 아닌 기존부문의 이용효율에 혁신적인 개선을 가져오는 기술적 진보를 의미한다. 2050년 에너지 효율부문의 온실가스 감축잠재력이 현재의 석유 소비에서 나오는 온실가스를 능가하는 양으로 평가되고 있다.

IV. 특집논단

현실적으로 불가능하다. 따라서 신기술의 연구, 개발, 실증, 보급, 확산의 전 단계에서 생길 수 있는 '죽음의 계곡'을 극복하기 위하여 각국 정부에서는 오래전부터 과학기술의 R&D 지원체계를 가동하고 있다. 하지만 각국의 과학기술정책은 나름의 역사적인 배경과 경제적 상황에 영향을 받는 종속변수의 위치를 벗어나지 못했던 그간의 상황이다. 최근들어 기후변화, 에너지 문제에 대응하기 위한 기술개발은 기존과는 다른 새로운 협력과 독립적인 지원체계를 요구하고 있다.

기술은 기술별로 상이하기 때문에 상용화하려면 각각 다른 정책 수단이 필요할 수 있다. 이미 비용절감효과가 입증된 기술의 경우, 정책은 투자장벽이나 시장진입 장애 요인을 중점적으로 해결해야 한다. 빨리 확산시켜야 할 긴급한 기술의 경우는 보조금, 세금혜택, 금융지원, 감가상각률 개선, 인증, 관세와 같은 경제적 인센티브의 조정이 필요한 경우가 많다. 지리적 특수한 상황을 고려하여, 풍력이나 수력 등을 집중 지원하려는 정부라면 기술의 개발과 확산에 관한 전 분야에 대하여 종합적인 지원정책을 고려해야 할 경우도 있다. 석탄청정화 기술이나 차세대 원자력 기술처럼 장기간의 한계돌파가 필요한 것은 전 과정 즉 기초연구, 개발, 시범도입, 확산, 상용화 등 전체 과정을 통해 종합적인 지원 로드맵이 필요할 것이다. 기업과 파트너로 산관협력을 하는 것도 좋고, 국가간 협력체제가 효과적인 경우도 있을 것이다. 기술의 확산을 촉진하기 위해서는 시장과 소비자의 행동을 변화시키기 위한 적절한 정책이 필요하다. 예컨대, 대부분의 저탄소 무탄소 배출기술은 탄소시장의 거래가격이 적정하지 못하거나 정부의 직접지원이 없으면 사업이 성공하기 어렵고, 처음부터 투자의 대상조차 되지 못하는 경우도 많다. 보험, 정부보증 이나 장기간의 금융지원 등으로 기술개발 value-chain에 존재하는 소위 '죽음의 계곡'을 넘어가는 지원이 필요한 것이다.

2. 개발된 기술이 사업화로 연결되려면

민간부문은 그들의 비즈니스 모델을 수립하기 위해 기업가적 혁신을 끊임없이 추구한다. 미래의 먹거리를 찾기 위한 신사업의 발굴은 기업의 역사이다. 최근 전세계 많은 국가와 기업이 온실가스를 감축하기 위한 기술개발에 집중하는 것도 그것이다. 하지만 새로운 비즈니스의 실제적인 진척은 여전히 답보 상태에 머물러 있다. 기술개발에서 사업화에 이르는 길이 그만큼 지난하기 때문이다. 기업은 투자하기 전에 미래를 가늠해 본다. 정부가 정책을 통해 에너지 효율이나 저탄소 투자가 기업이나 사회에 가치를 가져올 수 있다는 신호를 보내지 못한다면, 기업은 비즈니스 모델을 바꾸어 투자하려 하지 않을 것이다. 그러므로 기술개발의 초기 단계에서는 공공부문의 투자나 기술개발과 확산을 유도하는 정책이 기업참여를 유도하는 핵심 요소가 될 수밖에 없다. 정부는 기술개발 투자의 불확실성을 줄여줘야 한다. 온실가스 배출을 저감하는 시스템은 장기간 고비용이 수반될 수밖에 없기 때문이다. 투자의 장애요인과 불확실성을 제거하고, 시장이 효율적으로 작동하게 하여 기술혁신과 투자가 맞물려 일어나게 하는 곳에 정부지원이 집중되어야 하는 것은 세계의 공통적 흐름이다.

V. 맺음말

에너지 관련 정책은 모든 나라에서 가장 활발하게 논의되고 있지만 과거 어느 때보다 불확실성이 최대로 커지고 있는 최근의 상황이다. 이러한 가운데 항상 주고받는 두 개의 질문이 있다.

- 지속가능한 미래에 도달하려면 어떻게 하여야 하는가?²⁰⁾
- 그렇다면, 목표한 시점에 이러한 변혁을 달성하려면 어떤 정책과 거버넌스가 필요한가?

쉽게 답을 할 수 없는 지난한 질문이자, 본고에서 부분적으로 답하고자 세워둔 중심 질문이었다.

본고에서는 에너지 정책을 글로벌 시각에서 조망하려고 시도하였다. 세세한 정책 이슈에 대한 분석과 평가보다는 에너지와 관련된 근본적인 문제는 무엇이고, 앞으로의 변화 방향은 무엇인지, 그리고 기존의 에너지 정책이 가진 한계는 어떤 것들이고 이로 인해 우리나라가 안고 있는 상황은 무엇인지에 개괄적인 조망을 해보았다. 이어서 에너지 정책의 발전 과정에서 항상 대조해야 할 도량형의 원본과 같은 5대 메가 정책과제를 제시하였다. 에너지 온실가스에 대한 장기전망, 탄소시장과 가격의 존재, 신재생에너지의 경제성 확보와 에너지 효율, 수퍼 에너지기술의 필요성, 소비자·수요측면의 혁신의 다섯 가지가 그것이다. 이어서 에너지의 5대 분야 별로 도전요소와 비즈니스 대응전략, 정책과제를 일별하였는바, 에너지·전력, 산업, 수송, 건물, 소비자 선택의 5대 영역이 앞으로도 오랜 기간 지속될 비즈니스의 핵심 영역으로 보았기 때문이다. 또한, 에너지 기술의 연구개발과 확산이 저탄소 사회로의 전환에 핵심요소를 강조하기 위해 기술개발과 확산과 관련한 정책과제도 부분적이거나 제시하였다. 마지막으로 교토의정서와 메커니즘으로 알려져 있는 국제적 프레임워크와 국내 프레임과의 관계설정에 대한 짧은 소견으로 구성하였다.

각국 에너지, 탄소정책의 원본이 되는 교토의정서에 대한 평가는 다양하다. 1997년에 탄생하여 그 당시에는 썩 괜찮은 아이디어로 받아들여졌던 국제 프레임이었다. 결국 미국이 비준하지 않고, 다른 주요 참여국도 배출감축에 대한 Kyoto Target을 달성하기 어려워지자 교토의정서의 매력은 급격하게 시들어 가고 있는 중이다. 교토메커니즘의 핵심으로 등장했던 배출권거래제도에 대해서도 선진국의 은신처 론 또는 환경파괴행위에 대한 ‘벌금이나 요금이나’의 논쟁, 지구적 윤리와 공동의 책임감 약화문제 등에 답해야 하는 도덕적인 문제²¹⁾도 역시 남은 과제가 되고 있다.

하지만 지난 15년간 전 세계가 학습한 탄소배출과 관련한 정책시도²²⁾는 대단한 가치를 지닌 경험이었다. 이는 2012년까지의 COP협상 또는 그 뒤의 새로운 기후협약체제에 교훈으로 남게 될 것이다.

앞으로 우리나라의 에너지 정책도 2015년까지 완성될 Post-Kyoto체제로 변화하는 흐름 속에서 새로운 프레임을 잡아가야 되는 과제를 안고 있다. 그것은 교토체제라는 동전의 뒷면을 살펴보는 데서 출발해야 될 것이다. 이를테면 top-down 접근 대신 bottom-up에 더 중심을 두어야 하고, 다국간 공동의 실행도 중요하지만 국가별 내부 정책의 건강성에 좀 더 집중할 필요가 있다거나, 기술협력이나 녹색금융을 통한 개도국 지원 문제도 새로운 체제에서는 우선적으로 깊이 고려할 사항이 되었다. 무엇보다 국가중심의 정책전개가 갖는 한계를 민간부문의 역할 확대에 전환해야 하고 나라별로도 보다 강력한 측정·보고·검증 시스템이 시장과 가격의

20) WBCSD, Executive member update, March, 2011

21) Public philosophy: Essays on Morality in Politics, Harvard Univ, Press, Michel J. Sandel 2010 by the Korean Economic Daily

22) 탄소의 회계시스템, 배출권거래제, 관련 금융산업의 성장 등

IV. 특집논단

전제조건이 된다는 것 등이 아마도 지난 기간 교토의정서에서 얻은 큰 교훈이라 할 것이다.

우리의 에너지 정책은 큰 전환기에 서있다. 후쿠시마 원전사고로 촉발된 불안감이 에너지 정책의 근본적 수정을 요구하고 있는 것이다. 특히, 최근의 원전비리, 밀양송전탑 등 지역주민과의 갈등, 하루하루 걱정을 놓을 수 없는 전력난이 장기적 문제들과 문제해결을 더욱 어렵게 하고 있다. 장기에너지믹스에서 원전비중을 수정해야 하고 그에 따른 온실가스 배출시나리오도 큰 폭의 조정이 불가피한 상황이다. 그동안 수요관리와 에너지 효율개선 목표에 대한 진지한 연구성과가 부족한 것도 정책조정에 커다란 장애요소가 될 전망이다. 정부가 2차 국가에너지기본계획을 수립해놓고도 아직껏 국민들의 수용성의 벽을 넘지 못하는 것이 이를 반증한다. 신재생의 비중을 어느 정도로 가져가는 것이 합리적인지, 한계돌파형 수퍼에너지기술의 정책변수를 어떻게 설정할 것인지, 비리의 종합판 처럼 인식되고 있는 원전의 비중은 과연 어느 수준이 적정인지, 에너지효율개선의 목표설정과 관련하여 어떤 정책변수를 고려할 것인지, 가장 중요하면서도 아직도 주요정책변수로 대접받지 못하고 있는 수요관리를 앞으로 어떻게 할 것인지 등이 우리의 에너지 정책이 풀어 나가야 할 핵심 과제이다.

[참고문헌]

- 김규판, 이형근, 김은지, 이동은. 2011. "일본 대지진의 경제적 영향과 시사점." *오늘의 세계경제*, Vol.11, No.7, 대외경제정책연구원.
- 에너지관리공단. 2010.7. '2010 에너지·기후 편람',
- 지식경제부. 2010.12. 에너지정책전문위원회 회의자료.
- 지식경제부. 2011.5. 국회보고자료, 「에너지정책 집행경과 및 결과」
- 허인, 안지연, 양다영, 강은정. 2011. "일본의 지진사태로 본 자연재해와 거시경제." *오늘의 세계경제*, Vol.11, No.8, 대외경제정책연구원.
- 황진택 외. 2009. "기후변화가 비즈니스를 바꾼다." 삼성지구환경연구소.
- Aimee McKane. Nov. 2010. "Building sustainability into energy efficiency," Lawrence Berkeley National Lab.
- Bjorn Stigson, Executive member update, Jan, 2008 – May, 2011, World Business Council for Sustainable Development, WWW.WBCSD.ORG
- Exxon Mobil Corp. 2009. "Outlook for Energy, A View to 2030." www.exxonmobil.com
- Hochrainer, S. 2009. "Assessing the Macroeconomic Impacts of Natural Disasters – Are there Any?" World Bank Policy Research Working Paper 4968, Washington, DC, United States: The World Bank.
- IEA, ETP(Energy Technology Perspectives), 2010.
- ISO 50001. Energy Management systems.
- Michael J. Sandel. 2010. "Public philosophy: Essays on Morality in Politics." Harvard Univ, Press, by the Korean Economic Daily.
- WBCSD. 2006. Energy Efficiency in Buildings, "A world where buildings consume zero net energy."
- WBCSD. 2010. "Innovating Green Growth," www.wbcds.org
- WBCSD. 2010. "Vision 2050: Energy and Electricity." www.wbcds.org
- World Bank. 2007. "Global Economic Prospects." www.worldbank.org