

IV

특집

- 2016 그린스쿨-제주발전연구원 국제 컨퍼런스 2020년 이후 新 기후변화체제에 대한
국제적 대응 142
2016 Green School-JDI International Conference Global Responses for Post 2020 Climate Change
Regime

IV. 특집



2016 그린스쿨-제주발전연구원 국제 컨퍼런스
2020년 이후 新 기후변화체제에 대한 국제적 대응

2016 Green School-JDI International Conference
Global Responses for Post 2020 Climate Change Regime



고려대학교 그린스쿨대학원(에너지환경정책기술대학원, 이하 그린스쿨)은 특화전문대학원 연
계 학연협력지원사업의 일환으로 ‘그린스쿨-제주발전연구원 국제 컨퍼런스’를 개최하였다. 그린
스쿨과 고려대학교 지속발전연구소, 제주발전연구원이 공동 주최한 이번 컨퍼런스는 2016년 10월
20일부터 22일까지 3일간 오션스위츠 제주 호텔에서 개최되었는데, 회의 첫날인 10월 20일에는 환

영만찬, 21일에는 본회의가 진행되었으며 마지막 날인 22일에는 제주 도시재생지원센터의 안내로 제주 원도심 재생 프로젝트 현장을 둘러보았다. 2015년 12월 COP21에서 파리협정이 체결됨에 따라 세계는 도쿄의정서로 대변되던 기존의 체제를 벗어나 新 기후변화체제를 경험하고 있다. 이에 대하여 세계 각국은 지역과 경제규모에 따라 상이한 입장을 보일 것이며, 더 나아가 그 대응방안도 다양하게 나타날 것으로 예상된다. 이러한 배경 하에 이번 컨퍼런스에서는 '2020년 이후 新 기후변화 체제에 대한 국제적 대응(Global Responses for Post 2020 Climate Change Regime)'이라는 주제를 설정하고 한국, 중국, 일본, 싱가포르, 베트남, 몽골, 이탈리아 등 7개국의 에너지 및 기후변화 전문가들이 각국의 기후변화 대응 사례에 대하여 발표 및 토론하는 시간을 가졌다. 이번 컨퍼런스는 다양한 국가들의 기후변화 대책을 살펴봄으로써 각 국가가 처한 상황을 이해하는 한편 우수한 정책을 공유하고 국가 간 공동협력 가능성을 모색할 수 있었다는 의의를 갖는다.

개회식 (Opening Ceremony)

개회사	김동환 교수 (고려대학교 신소재공학부/그린스쿨대학원 부원장)
축사	원희룡 도지사 (제주특별자치도)

10월 21일 오전, 그린스쿨 부원장인 김동환 교수의 개회사로 회의가 시작되었다. 김동환 교수는 간략한 개회사를 통해 그린스쿨의 설립배경과 성과를 소개하고 본 회의 주제인 기후변화 대응의 중요성과 시의적절성을 강조하였다. 또한 이번 회의를 조직하기 위하여 수고한 그린스쿨 교수진에게 감사의 인사를 전하며 이후 진행될 세션들을 통해 파리협정 이후의 新 기후변화체제에 성공적으로 대처하기 위한 전문가들의 종합적인 고민과 점검이 이루어지기를 바란다고 밝혔다.

이어진 축사에서는 원희룡 제주특별자치도 도지사가 제주를 방문한 참가자들을 환영한 후, 저탄소 사회를 꿈꾸는 섬인 제주에서 이와 같은 의미있는 행사가 개최되는 것에 대한 기쁨을 표명했다. 원희룡 도지사는 2030년까지 모든 에너지 생산을 기존의 화석에너지가 아닌 신재생에너지로 전환하고자 하는 제주의 '탄소없는 섬(Carbon Free Island 2030)' 비전을 소개하면서 전력 생산과 사용, 저장 등 사회의 에너지 시스템을 바뀌어나가는 제주도의 모델이 전 세계 2,500여 개의 섬과 도시들에 적용될 수 있는 모델로 세계적인 관심을 받고 있다고 밝혔다. 또한 이러한 제주의 경험이 인류 공동의 기후변화 대응체계에 귀중한 자료가 되는 한편 에너지 위기에 처한 북한의 에너지 해결에도 시사점을 제공하여 남북통일에 기여할 수 있기를 소망하였다. 끝으로 원희룡 도지사는 성공적인 에너지 전환을 위해 향후 계속될 제주의 실험과 노력에 국제사회의 관심이 지속되기를 당부하며, 이번 컨퍼런스를 통해 교환되는 각국의 경험과 아이디어들이 제주와 대한민국, 전 세계 기후변화 대응체계에 소중한 밑거름이 될 수 있기를 기원하였다.

IV. 특집

Session I. 기후변화에 대한 아시아 국가들의 대응

(Responses for Climate Change in Asian Countries)

좌 장	김동환 교수 (고려대학교 신소재공학부/그린스쿨대학원 부원장)
발 표	Truong Quynh Trinh 연구원 (Vietnam Environment Administration) Tovuudorj Purevjav 국장 (Ministry of Energy, Mongolia) Melissa Low 연구원 (Energy Studies Institute, National University of Singapore)
토 론	성창모 교수 (고려대학교 그린스쿨대학원) 감상규 교수 (제주대학교 환경공학과) 김태윤 박사 (제주발전연구원 선임연구위원)

첫 번째 세션은 ‘기후변화에 대한 아시아 국가들의 대응’이라는 주제로 진행되었다. 그린스쿨 조용성 교수가 좌장을 맡았으며, 베트남 천연자원 및 환경부(Ministry of Natural Resources and Environment) 산하 베트남 환경국(Vietnam Environment Administration: VEA)의 Truong Quynh Trinh 연구원과 몽골 에너지부(Ministry of Energy)의 Tovuudorj Purevjav 정책기획국장, 싱가포르 국립대학교 에너지연구소(Energy Studies Institute, National University of Singapore: NUS ESI)의 Melissa Low 연구원이 기후변화에 대응하기 위한 자국의 정책을 발표하였다.



Session I의 좌장 및 발표자 (왼쪽 상단부터 조용성 교수, Truong Quynh Trinh 연구원, Tovuudorj Purevjav 국장, Melissa Low 연구원)

첫 번째 발표자인 Truong Quynh Tranh 연구원은 ‘기후변화에 따른 베트남의 생물다양성 보전정책(Vietnam Policies on Biodiversity Conservation in Climate Change Context)’이라는 주제로 기후변화가 베트남의 생물다양성 및 생태계 보존에 미치는 영향과 관할부서인 베트남 환경국의 역할 및 예로 사항 등에 대하여 발표하였다. Tranh 연구원은 생물다양성 보전이 베트남에서 왜 중요한 주제인지에 관한 소개로 발표를 시작하였다. 베트남은 전 세계 육지 면적의 1%에 불과한 토지를 보유하고 있지만 그 안에 서식하는 생물종은 전 세계 생물종의 10%에 달할 만큼 세계 생물다양성 중점지역 중의 한 곳이다. 다양한 생물종은 베트남의 국가경제와 사회를 성장시키는 역할을 해왔다. 생물다양성을 바탕으로 농림·수산업은 2005년부터 2012년까지의 베트남 GNP 중 18-21%를 차지할 만큼의 국가 주요 산업으로 성장하였으며, 많은 지역이 자연보호구역과 국립공원, UNESCO 세계자연유산으로 지정되어 베트남 관광수입 창출에 일조하였다.

그러나 기후변화의 영향으로 베트남의 생물다양성이 감소하고 있다. Tranh 연구원에 의하면 다양한 기후변화의 영향 중 베트남에 특히 심각한 피해를 야기하는 것은 강수량 변화와 해수면 상승이다. 베트남 중·남부 지역의 경우, 우기(9월-11월)에는 약 20%의 강수량 증가(50년 전 대비)와 더불어 대규모 홍수를 일으키는 강력한 폭우가 등장하였으며 건기인 7월과 8월에는 매년 가뭄을 경험하고 있다. 또한 해수면 상승은 베트남 최대 쌀 생산지인 메콩 삼각주에 심각한 타격을 입히고 있다. 결국 이러한 기온 및 강수량의 변화는 서식지 파괴, 식량 자원 감소, 자연재해 등을 발생시켰고, 이로 인하여 급격한 종 감소가 일어나고 있다. 생물다양성 손실에 대응하여 베트남 정부는 람사협약, 생물다양성협약, 기후변화협약, 사막화방지협약, 카르타헤나 의정서, 나고야 의정서 등 여러 국제협약에 가입하는 한편, 수산법(2003), 산림보호및개발법(2004), 생물다양성법(2008) 등의 법률과 국가기후변화전략(2011), 베트남 녹색성장전략(2012), 국가생물다양성전략 2020(2013) 등 다양한 국내 정책을 수립하였다. Tranh 연구원은 이러한 정책 수립을 통해 베트남 정부가 생물다양성 보전의 중요성을 제대로 인지하고 있다는 것은 확인할 수 있지만, 이들 정책이 효과적으로 시행되고 있는지, 생물다양성 감소 해결에 실질적 역할을 하고 있는지에 대해서는 아직 의문점이 존재한다고 지적하였다. 생물다양성을 보전하려는 베트남 정부의 노력이 점점 증가하는 것은 사실이나, 기후변화, 환경오염, 지속가능하지 않은 토지 이용 역시 증가하면서 생물다양성 저해 현상이 계속되고 있다는 것이다.

베트남 정부는 특히 홍수에 직접 피해를 입을 수 있는 농업 부문과 습지의 생물다양성 보전에 관심을 쏟고 있다. Tranh 연구원은 농업 부문 생물다양성 보전 전략을 단기 전략과 장기 전략으로 구분하여 설명하였다. 먼저 단기 전략으로는 토양 보호를 통한 토양 침식 방지, 사전 예방적 관개, 기후변화에 적합한 작물 선택 등을 이야기하였다. 특히, 홍수 피해를 입는다 하더라도 재배를 할 수 있는 신품종 개발의 중요성을 강조하며 그 예로 베트남 환경국과 세계자연기금(World Wide Fund for Nature: WWF)이 공동으로 추진하고 있는 부도(floating rice) 재배 프로그램을 소개하였다. 장기 전략으로는 기후변화에 적합한 작부모형(cropping patterns), 작물 재배 및 목축 기법의 현대화 등을 들

IV. 특집

수 있는데, 이를 위하여 베트남 정부는 현재 지구환경금융(Global Environment Facility: GEF), WWF, 세계은행(World Bank) 등의 국제기구들과 함께 기후변화에 대응하는 작부모형 개발과 시험운영을 하고 있다고 한다. 습지의 경우, 수문체제 개선을 통한 생물다양성 복원을 꾀하고 있다. Tranh 연구원은 적절한 수문 기법은 숲, 늪, 운하, 초지 등 습지 서식처를 복원하는 것을 도와주며, 이는 곧 습지의 생물다양성을 향상시키고 생태관광 및 지역사회 기반의 관광 개발 기회를 창출하는 결과를 가져올 수 있다고 강조하였다.

마지막으로 Tranh 연구원은 효과적인 생물다양성 보전 정책을 저해하고 있는 장애요인들을 소개하였다. 첫째, 인력 및 기후변화 적응 기술의 부족이다. 전 세계적으로 수많은 전문가들과 기후변화 적응 기술이 존재하지만, 그러한 기술들을 어떻게 베트남의 상황에 맞게 응용하고 접목시킬 수 있느냐가 관건이라는 점에서 베트남에 특화된 전문인력과 기술이 부족하다고 밝혔다. 둘째, 통계 데이터의 부족이다. 정책의 효과성 제고를 위해서는 장기간의 모니터링에 기반한 정확한 자료 구축이 필수이고 이를 위해서는 막대한 재정과 인력이 투입되어야 하는데, 현재 베트남 정부는 예산 제약 때문에 모니터링 및 데이터 구축이 어려운 실정이다. 셋째, 부처간 협력 메커니즘의 부재와 비효율적인 업무 처리도 생물다양성 보전 정책의 효과적 이행을 막는 요인이라고 지적되었다.

두 번째 발표자인 Tovuuudorj Purevjav 국장은 ‘몽골의 재생에너지 현황과 정책 및 법제도 (Renewable Energy Development, Policy and Legal Environment of Mongolia)’를 주제로 현재 몽골이 시행 중인 재생에너지 관련 제도, 몽골 재생에너지 정책의 국가 및 지역적 특징과 목표, 그리고 앞으로의 과제들을 소개하였다. 본격적인 발표에 앞서 몽골 에너지 부문 및 보유자원 현황이 간략히 소개되었다. 2014년 기준, 몽골의 발전소 설치용량은 1,178MW, 실제 발전량은 53억 9,200만 kWh이다. 발전소 유형별로 살펴보면 열병합 발전소가 대부분을 차지하는데, 설치용량은 1,050.3MW로 전체의 89%, 실제 발전량은 51억 9,100만 kWh로 전체 발전량의 96%에 해당한다. 재생에너지는 설치용량 기준으로 7%(81.7MW), 실제 발전량은 3.4%(1억 9,230만 kWh)를 차지하고 있다. 고품질의 점결탄(coking coal)을 포함하여 1,600억 톤 이상이 매장되어 있는 석탄이 몽골에 가장 풍부한 에너지 자원이며, 재생에너지 중에서는 1,100GW 정도의 잠재량을 보유한 풍력자원과 연평균 1,400kWh/m²의 에너지량을 보유한 태양광이 훌륭한 자원으로 평가된다. 반면, 지열과 수력은 지역별로 차이는 있으나, 비교적 경쟁력이 떨어지는 재생에너지 자원이라고 설명하였다.

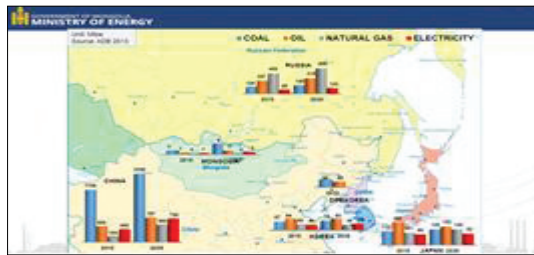
몽골은 2007년 최초로 재생에너지법을 제정하였는데, 동 법이 발효됨에 따라 2008년 490만 kWh(전체 에너지 소비량의 0.1%)였던 재생에너지 소비량이 2014년에는 1억 9,230만 kWh(전체 에너지 소비량의 3.6%)로 증가하는 성과를 얻었다. 몽골 정부는 보다 적극적인 재생에너지 확대를 위해 2015년 동 법의 개정과 함께 2030년까지의 국가에너지정책(State Policy on Energy)을 수립하였다. 몽골 국가에너지정책은 에너지 안보, 효율, 환경 등 세 분야에 초점을 두고 있는데, 에너지 안보 측면에서는 안정적인 에너지 공급 및 호혜적 지역 협력, 효율 측면에서는 에너지 부문의 민영화와 기술

혁신 지원, 환경 측면에서는 재생에너지 비중 확대 및 전통 발전 부문에서의 환경오염 물질과 온실가스 저감을 목표로 내세우고 있다. 또한 이 정책은 2015년부터 2030년까지의 1단계, 2024년부터 2030년까지의 2단계로 나누어 집행될 예정이다. 먼저, 1단계에서는 평시 및 유사시에도 안정적인 에너지 공급이 가능하도록 설비용량을 현재 수준의 2배로 확대하고 재생에너지 개발을 위한 기초 작업 및 법·제도 정비를 시행할 예정이다. 이후 2단계에서는 국유 전력기업들과 배전 서비스의 공기기업화 또는 민영화를 진행하여 에너지 시장을 경쟁시장으로 탈바꿈시키고, 재생에너지 부문을 지속가능하게 개발함으로써 2차 에너지를 수출하고 통합 스마트에너지 시스템을 형성할 것이다. 또한 동북아시아 국가들을 송전망으로 연결하여 몽골에서 생산한 2차 에너지를 수출할 목표를 설정하였다. Purejav 국장은 동 정책 시행으로 2014년 7% 정도에 불과한 몽골 재생에너지 설비용량이 1단계 종료시점인 2023년에는 20%, 2단계 종료시점인 2030년에는 30%까지 증가할 것으로 예상하였다.

곧이어 Purejav 국장은 몇 가지 몽골의 재생에너지 발전설비 구축 사례를 소개하며 몽골이 현재 직면하고 있는 어려움에 대하여 설명하였다. 지금까지 몽골 정부는 재생에너지의 비중을 늘리기 위하여 작 지역에서 수많은 프로젝트들을 진행해왔는데, 대표적인 예로 서부에너지시스템¹의 소수력 발전, 시골 지역의 13개 마을센터에 설치한 소규모 태양광-풍력-디젤 하이브리드 시스템 등을 들 수 있으나, 이들에 대한 평가는 별로 좋지 않은 상황이다. Purejav 국장은 그 이유로 초기 단계에서의 조달 시스템이 잘 구축되지 못했던 점과 장비 품질이 좋지 않았던 점을 꼽았다. 2013년 7월에는 몽골 최초로 전력망에 연계된 풍력발전 프로젝트가 시행되었는데, 이 역시 재생에너지 사용 촉진을 위한 재정 메커니즘 부족, 환율 변동에 따른 발전차액 변동, 주간과 야간의 전력수요 차이 등 해결해야 할 문제들을 드러내고 있다. 반면, 1999년부터 2011년까지 시행되었던 '10만 태양광 게르 사업(100,000 Solar Home)'은 매우 성공적인 사례이다. 몽골 유목민들은 1년에 4~5차례씩 이동하기 때문에 전력망에 연계된 전력 및 난방 공급이 어렵다. 이에 몽골 정부는 게르에 태양광 발전시설을 보급하는 사업을 시행하였고, 사업 종료시점인 2011년까지 102,190채의 게르에 태양광 발전시설을 설치함으로써 유목민의 90%가 본인들의 게르에서 생산된 전기를 사용할 수 있게 되었다.



동북아시아 슈퍼그리드 프로젝트



동북아시아 국가들의 전력 수요

¹ 몽골은 중앙에너지시스템(CES), 서부에너지시스템(WES), 동부에너지시스템(EES), 알타이-올리아스타이 에너지시스템(AUES) 등 4개의 독립적인 에너지시스템이 해당 지역을 관할한다. 규모가 가장 큰 것은 수도인 울란바타르와 몽골 21개 주 중 14개 주를 포함하는 CES로, 몽골 전체인구의 70%에게 전력 공급을 담당하고 있다.

IV. 특집

발표의 마지막 주제는 몽골 국가에너지정책의 2단계 목표이기도 한 동북아시아의 에너지 교역이었다. 현재 전 세계에서는 인접 국가들의 전력망을 통합하여 에너지 연결성을 제고하려는 시도가 이어지고 있다. 이러한 범국가 차원의 에너지 거래의 개념은 재생에너지의 보급이 증가하는 추세와 더불어 지속가능한 에너지를 목표로 설립된 국제연합(United Nations: UN)의 SE4ALL(Sustainable Energy for All) 프로젝트와 국제재생에너지기구(The International Renewable Energy Agency: IRENA)의 REmap-2030 프로젝트와 궤를 같이하고 있다. 몽골 정부는 특별히 고비택에서 생산된 전력을 동북아시아 국가들에 수출하려는 슈퍼그리드 프로젝트를 구상하고 있는데, 이 프로젝트는 일본의 소프트뱅크(SoftBank)가 제시한 아이디어를 몽골 정부가 적극적으로 검토하면서 시작되었다. 2012년 제 1차 워크숍이 개최된 이래, 몽골 정부는 매년 동북아시아 슈퍼그리드와 관련된 회의를 조직하고 있으며, 그 결과 2015년 12월, 아시아개발은행(Asian Development Bank: ADB)이 이 프로젝트의 전략 수립에 중국 및 한국 정부와 공동으로 2년간 175만 달러의 기술지원 투자를 하기에 이르렀다. Purevjav 국장은 동북아시아에는 중국, 한국, 일본, 러시아 등 에너지 다소비 국가들이 집중해 있으며, 이들 국가의 전력 수요가 2030년까지 계속 증가 추세를 보일 것이기 때문에 이 프로젝트가 성공적인 대안이 될 수 있을 것으로 기대하였다. 몽골의 경우, 고비택에서만 15,000kWh의 전기가 생산되므로 몽골의 재생에너지가 동북아시아 국가들의 증가하는 전력 수요를 충족할 수 있다는 것이다. 지정학적인 이유와 더불어 외교 및 각국의 정치 상황, 그리고 경제발전 목표의 충돌 등 여러 요소들이 프로젝트 이행의 걸림돌이 될 수 있으나, 안정적인 에너지 수급을 위해 앞으로 반드시 해결해야 할 도전과제임도 강조하였다.

마지막 발표자인 Melissa Low 연구원은 ‘싱가포르의 기후변화 대응 경험(Singapore’s Experience in Addressing Climate Change)’이라는 주제의 발표를 진행하였다. Low 연구원은 1992년 UN기후변화협약이 체결된 이후 국제사회에서 의미가 있었던 기후변화 관련 협의 및 회의들을 소개하며 이 중 2015년 12월에 체결된 파리협정은 미국과 중국을 포함한 핵심 국가들뿐만 아니라 개발도상국들의 참여까지 포함한다는 점에서 가장 의미가 있는 국제협약이라고 설명하였다. 싱가포르는 전 세계 온실가스 배출의 0.11%만 차지하지만, 2011년 기준 인구 1인당 배출량이 세계 15위권으로, 인구 대비 에너지 사용량이 높다. 그러나 국가적 노력을 통해 2000년부터 2012년까지 경제성장률은 매년 5.7%를 보인 반면 온실가스 배출은 2.1% 증가에 그치도록 할 수 있었다. 이에 파리협정에 따른 자발적 감축목표도 적극적으로 설정하였는데, 2020년까지 Business-as-usual(BAU) 대비 온실가스 배출을 무조건 7~11% 감축, 가능한 16%까지 줄일 수 있도록 노력하는 한편, 2030년까지 2005년 온실가스 배출 대비 36%까지 감축하겠다는 목표를 세웠다. 또한 2030년 이후에는 온실가스 배출 안정화를 통해 국제 온실가스 배출 기여도를 더 이상 높이지 않기로 약속하였다.

Low 연구원에 따르면 현재 싱가포르 정부는 기후변화 대응을 매우 중요하게 생각하고 있다. 최근 국가기후변화사무국이 총리실 직속 기관으로 승격되었으며, 前 환경부 장관이 외교부 장관으로 임명되었다. 싱가포르에서 환경부 장관 출신 인사가 외교부 장관이 된 것은 이번이 처음으로, 싱가포르

포르 정부가 기후변화 및 환경문제에 많은 관심을 기울이고 있다는 것을 확인할 수 있는 사례라고 하였다. 실제로도 싱가포르에서는 기후변화 대응과 관련한 새로운 정책들이 다수 제정되고 있는데, Low 연구원은 각 부문별로 대표적인 정책들을 소개하였다.

먼저, 산업 부문에서는 기업의 자발적 협약과 인센티브, 규제 등을 활용하여 에너지 효율을 높이고자 한다. 싱가포르 정부는 화석연료에 어떠한 보조금도 지급하지 않는다. 이는 곧 높은 전기요금으로 이어져 싱가포르의 기업들이 자국 내에 생산 라인을 운영할 것인지 비용이 저렴한 국가로 이동할 것인지에 대한 결정을 고민하게 한다. 이에 싱가포르 정부는 전기요금을 낮추는 대신 에너지 효율 제고를 위해 국가 에너지효율 파트너십, 레트로피트 프로젝트 등에 참여하는 기업들에 인센티브를 제공하는 정책을 취하고 있다. 또한 에너지보존법(Energy Conservation Act)을 통해 기업들이 국가 공인 자격증을 취득한 에너지관리인(Energy Manager: EM)을 고용하도록 규정하고 있다. 현재 이 규정은 연간 54TJ 이상의 에너지를 소비하는 기업을 대상으로 하여 반도체, 석유화학, 제약 분야 200개 이하의 기업들에만 적용되지만 내년 법 개정을 통해 대상기업이 확대될 예정이다. 이와 더불어 정부 역시 정부 건물을 에너지 절감형 건물로 전환하는 프로젝트를 통해 정부가 먼저 환경적 지속가능성을 위해 노력하고 있음을 보여주고 있다.

싱가포르 정부가 산업 부문만큼이나 신경을 쓰고 있는 부문이 수송 부문이다. 싱가포르 정부는 개인의 승용차 소유를 억제하기 위해 높은 세금을 부과하여 승용차 가격을 매우 높게 유지하고 있다. 따라서 대중교통이 매우 활성화되어 있는 편이다. 그러나 최근 싱가포르 정부는 Car-Free, Car-Lite 등의 보다 공격적인 정책을 취하면서 수송 부문의 탄소배출 감축을 도모하고 있다. Low 연구원은 승용차 규제의 단적인 예를 보여주기 위해 싱가포르 정부가 전기차에 부과한 벌금 사례를 전했다. 전기차는 일반 자동차에 비해 탄소배출량이 적지만, 문제는 싱가포르의 전기가 대부분 천연가스 발전으로 생산된다는 점이다. 이에 싱가포르 정부가 전과정평가 측면에서 천연가스를 승용차의 연료로 사용했을 때 소요되는 비용을 계산하여 해당 전기차 소유자에게 15,000 싱가포르 달러의 세금을 부과했다는 것이다. Low 연구원은 이 사례는 싱가포르 정부가 비교적 오염이 덜한 전기차라 하더라도 최대한 승용차 사용을 억제하려 한다는 메시지를 전한 사례라고 평가했다. 이와 더불어 자전거 사용을 장려하고 있는데, 이에 동참하는 기업들은 싱가포르가 무더운 열대 기후임을 감안하여 자전거 통근자들을 위해 회사에 샤워시설을 도입하는 시도를 하고 있다.

가정 부문에서는 가전제품에 시행하고 있는 에너지 라벨링과 태양광 대여사업을 소개하였다. 특히 흥미로운 것은 태양광 대여사업인 SOLARNOVA 프로젝트이다. 싱가포르 국민의 90% 이상이 30~40층 건물인 공공주택에 살고 있다. 이러한 상황에서 옥상에 태양광 발전 설비를 설치하면 누가 얼마나 돈을 지출할 것이냐 하는 형평성 문제가 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해 해당 건물을 지은 정부가 태양광 설치비를 부담하고, 이를 주민들에게 대여하여 요금을 걷는 형태의 정책을 시행하고 있다. 이 태양광 발전기로 생산한 전기는 개별 가구가 소비하는 전기에 포함되지 않으며 건물

IV. 특집

출입구 조명 등 해당 건물 전체 용도로만 사용되는 것도 특이한 점이다.

Low 연구원은 싱가포르의 사례를 보았을 때 성공적인 정책 시행을 위해서는 투명성이 핵심이라고 지적하며, 관련 정보나 국가적 목표를 투명하고 정직하게 공개되어야 뒤따르는 후발주자들이 각국의 상황에 맞게 목표를 설정할 수 있다고 강조하였다. 이와 함께 싱가포르의 역할을 다시 한 번 정리하였다. 파리협정에 따르면 모든 국가들은 4년마다 온실가스 인벤토리, 감축 및 적응정책과 그 실적 등을 보고서로 제출하고 2년마다 추진실적을 업데이트하게 되어 있는데, 사실상 이 보고서를 제출할 수 있는 역량을 갖춘 개발도상국들이 매우 소수이다. 싱가포르는 UN기후변화협약 상 개발도상국으로 분류되어 있지만 선진국 수준의 산업국가이기 때문에 개발도상국들 및 싱가포르와 유사한 상황에 처해 있는 도서국가들이 벤치마킹할 수 있도록 싱가포르의 경험을 전수하고 혁신적인 기후변화 대응방안을 함께 고민하는 역할을 수행할 것이라며 발표를 마쳤다.

발표자들의 발표 이후, 그린스쿨 성장모 교수, 제주대학교 환경공학과 감상규 교수, 제주발전연구원 김태운 선임연구위원의 토론 및 질의가 이어졌고, 발표자들이 이에 대한 답변을 하는 시간을 가졌다.

성장모 교수는 한국 정부의 기후변화 피해에 따른 생물다양성 보전 방안과 저탄소녹색기술(고효율기술, 재생에너지 등)에 대해 간략히 설명하였다. 한국 정부는 생물다양성 관리를 위하여 가축관리시스템을 정비하였으며, 화학비료 사용을 줄이고 친환경적인 유기농비료로 대체함으로써 탄소배출을 저감하고 생물다양성을 유지하려 하고 있다. 또한 농업 부문 에너지 효율 개선 및 온실가스 배출 저감을 위해 민-관이 상호협력하는 사례를 소개하였다. 즉, 정부 산하 기관들이 녹색농업기술을 민간업체나 개인과 공유함으로써 부족한 농업 인력을 지원하고, 각각의 사업체는 온실가스 배출량과 사용중인 농기계의 에너지 효율 등에 관한 정보를 정부 기관들에 보고함으로써 정부의 농업 부문 온실가스 관리에 기여하고 있다. 특히, 한국정부는 기술 개발에 집중하고 있는데, 한 가지 예로 한국과학기술연구원(Korea Institute of Science and Technology: KIST)에서는 스마트농장 프로젝트를 통해 빅데이터 활용기법과 사물인터넷(Internet of Things: IoT) 기술을 온실가스 배출 감축 및 시스템 효율 개선에 접목시키는 방안을 연구 중에 있다. 성장모 교수는 Tranh 연구원이 지적한대로 베트남과 같은 개발도상국들의 경우 자국의 현실에 알맞은 기후변화 적응 기술을 확보하는 것이 중요한 과제임에 동의하며 녹색기후기금(Green Climate Fund: GCF)과 기후기술센터 네트워크(Climat Technology Centre and Network: CTCN)를 통해 국가 간 기술 이전을 활성화할 필요가 있다고 주장하였다. 또한 한국 역시 앞서 언급한 스마트농장 기술과 에너지저장시스템 기술을 보유하여 이를 베트남과 같은 개발도상국에 이전할 계획이 있다고 말했다. 이에 대하여 Tranh 연구원은 한국의 선진 기술이 베트남에 적용되기를 희망하며, 앞으로 기후변화 대응에 있어 UN 및 산하기구, 개별 국가 간 효과적인 협력이 이루어지기를 기대한다고 밝혔다.



Session I의 토론자 (왼쪽부터 성창모 교수, 감상규 교수, 김태운 박사)

감상규 교수는 몽골의 미래 에너지믹스에 대해 질의하였다. 감상규 교수는 몽골의 풍부한 천연 자원, 특히 대량 매장되어 있는 발전용 유연탄의 존재가 재생에너지를 확대하려는 몽골 정부의 에너지정책을 오히려 방해하는 요인으로 작용할 가능성을 제기하였다. 특히, 석탄 발전이 대기오염 물질 및 온실가스를 배출하는 주범인 상황에서 몽골이 국가에너지정책의 3가지 핵심 중 하나로 환경보호를 천명하고 있다는 점에서 정책과 현실의 괴리가 나타나는 것 아니냐는 질문을 하였다. 또한 재생에너지의 낮은 기술력과 시장 부재를 감안할 때, 재생에너지는 아직 초기 투자비용과 발전 단가, 그리고 전력 생산성에서 경제성이 낮기 때문에 재생에너지 투자 장려가 쉽지 않을 것으로 전망하였다. 따라서 몽골 정부가 제시한 2030년까지 총 에너지원 사용의 30%를 재생에너지로 전환한다는 계획이 과연 현실화될 수 있을지, 이에 따른 효율적인 에너지 믹스는 무엇일지 질의하였다. Purejav 국장은 이러한 질문에 대하여 국가에너지정책의 1단계가 마무리되는 2023년까지 몽골의 재생에너지 비중을 20%까지 높일 수 있다는 데 자신감을 보였다. 2015년에 수립된 다양한 에너지 정책 및 계획들이 재생에너지 발전에 집중하고 있으며, 그 예로 20MW급 태양광 발전소가 곧 완공되어 내년부터 가동될 것이라고 설명하였다. 이어서 몽골을 포함한 개발도상국들에게 재생에너지보다 저렴한 석탄이 경제적으로 매력적인 대안인 것은 사실이지만, 석탄을 다량 보유하고 있다는 점이 곧 석탄 발전에 의존한다는 것을 의미하지는 않는다고 답변했다. 즉, 국가에너지정책에 따라 효율 높은 기술을 이용하여 석탄의 비중을 점차 줄이고, 반대로 재생에너지 비중을 높이는 방안을 모색해 나가겠다고 하였다.

마지막 토론자인 김태운 박사는 파리협정 체결만으로 기후변화 문제가 해결될 것이라고 생각하는 것에 경종을 울렸다. 김태운 박사는 이탈리아 베니스의 모세 프로젝트(MOSE Project)를 언급하였는데, 이 프로젝트는 기후변화의 영향으로 베니스 지역의 해수면이 상승한다고 생각하여 인공적으로 해수면 상승을 억제하는 대규모 프로젝트이다. 그러나 실제 조사 결과, 기후변화보다 과도한 지하수 사용에 따른 지반 침하가 베니스를 물에 잠기게 만드는 요인이 밝혀졌음을 이야기하며 기후변화 이면에 숨겨진 요소들을 간과해서는 안 되고 종합적이고 지속가능한 정책들이 시행되어야 한다고 강조하였다. 뒤이어 김태운 박사는 Low 연구원이 언급한 투명성의 중요성에 대해 깊이 공감

IV. 특집

하며 설명을 덧붙였다. 투명성이 확보된다는 것은 정부의 역할뿐만 아니라 시민들의 역할과 참여가 보장되는 것을 의미한다. 환경문제 해결을 위해서는 시민들이 얼마나 정보를 공유하고 그 이면에 깔려있는 가치를 인식하는지, 정책 결정에 어느 정도나 참여할 수 있는지가 관건이지만 현실적으로 많은 어려움이 존재한다. 제주의 경우, 제주국제자유도시 사업을 진행하면서 성장과 공존이라는 가치를 정책의 핵심에 놓고 문제를 해결하기 위해 시민들과 함께 노력한 결과 목표와 추진방향이 천차만별이던 제주 내 59개 계획 간의 마찰을 해소하고 적절한 정책을 수립할 수 있었다고 설명하였다. 김태운 박사는 이러한 사례를 한국의 신재생에너지 목표 달성으로 확장시키면서 현재로서는 신재생에너지 11% 목표 달성이 요원해 보이지만 시민들의 참여를 이끌 때 정책이 성공할 수 있다고 강조하였다. 이에 대해 Low 연구원은 시민 참여가 매우 중요한 요소임은 인정하지만 여러 가지 한계가 있다고 답변하였다. 대표적인 한계는 시민들의 무관심인데, 싱가포르의 경우 기후변화에 대한 정부의 대응을 논의하기 위한 학회 및 공청회가 자주 열리지만 대다수 사람들은 별 관심이 없으며 자발적 감축의무에 대한 이해도도 낮다고 한다. 이러한 시민들의 무관심에는 다양한 이유가 있겠지만 싱가포르의 안정적인 에너지 수급이 에너지·환경 문제에 대한 위기의식이 낮은 수준을 야기하였으며, 오히려 기후변화 대응 정책에 불만을 표출하게끔 만들었다. 이에 Low 연구원은 정책 연구자로서 연구도 중요하지만 대중매체를 통해 정책시행에 따른 효과를 국민들이 실감할 수 있는 정도로 세세히 만들어야 한다는 의견을 표하면서 첫 번째 세션을 마무리하였다.

Session II. 2020년 이후 新 기후변화체제에 대한 국제적 대응

(Global Responses for Post 2020 Climate Change Regime)

좌 장	이재승 교수 (고려대학교 국제학부/그린스쿨대학원)
발 표	강진영 박사 (제주발전연구원 책임연구원) Angelo Moreno 박사 (Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development) Mika Ohbayashi 국장 (Renewable Energy Institute, Japan)
토 론	임재규 박사 (에너지경제연구원 기후변화정책연구본부 본부장) 권필석 연구교수 (고려대학교 그린스쿨대학원) 김성진 연구교수 (고려대학교 그린스쿨대학원)

그린스쿨 이재승 교수의 사회로 진행된 두 번째 세션은 '2020년 이후 新 기후변화체제에 대한 국제적 대응'이라는 주제로 진행되었다. 본 세션에서는 제주발전연구원의 강진영 책임연구원과 이탈리아 신기술에너지환경청(Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development: ENEA)의 Angelo Moreno 박사, 일본 재생에너지연구소(Renewable Energy Institute)의 Mika Ohbayashi 소장의 발표가 이어졌다.



Session II의 좌장 및 발표자 (왼쪽 상단부터 이재승 교수, 강진영 박사, Angelo Moreno 박사, Mika Ohbayashi 소장)

첫 번째 발표자인 강진영 박사는 ‘탄소 없는 섬 조성 추진 전략(Promotion Strategies for Establishing a Carbon-Free Island)’이라는 주제로 제주특별자치도를 순탄소배출량이 없는 ‘카본프리 아일랜드’로 조성하기 위한 비전과 전략에 대하여 발표하였다. 강진영 박사는 발표 서두에 카본프리, 탄소 중립, 탄소 무배출 등 유사한 개념들의 정의를 명확히 하면서 제주 프로젝트의 성격을 규명하였다. 이들 개념 모두 기후변화의 원인인 온실가스 감축을 그 대상으로 한다는 점에서 공통점을 보유하고 있지만 탄소 무배출이 주로 폐기물 분야에서 탄소를 배출하지 않는 개념으로 사용되는 반면 탄소 중립의 경우 탄소 배출은 존재하더라도 배출된 탄소를 재이용하거나 산림이 흡수하는 등 상쇄되는 탄소량이 배출량과 같아 결과적으로 탄소 배출이 없는 상태를 의미한다. 제주의 카본프리 개념은 이 중에서 탄소 중립에 가까우며, 특히 에너지 부문에서 화석연료의 사용을 제한하는 것에 중점을 두고 있다.

강진영 박사는 선진국들의 최근 기후변화 대응 정책의 중심에 지방자치단체가 위치해 있다고 설명하였다. 전 세계적으로 에너지 소비의 70%와 온실가스 배출의 70%가 도시에서 발생하는 만큼 도시를 빼고는 효과적인 기후변화 대응을 논할 수 없기 때문에 세계 각국은 대표적인 도시들을 기후변화 대응 및 친환경 도시로 탈바꿈시키려는 시도를 하고 있다. 예를 들어 호주는 멜버른을 2020년까지, 덴마크는 코펜하겐을 2025년까지 탄소 중립도시로 조성하겠다는 계획을 발표하였다. 한국 역시 이러한 국제적 추세에 동참해야 한다는 필요성이 제기되었고, 결국 한국 정부는 2015년 파리

IV. 특집

협정 이후 제주도를 탄소 없는 섬으로 만들겠다고 발표했다.

천혜의 자연 경관을 보유한 제주는 대표적인 관광도시로 매년 인구 및 관광객이 증가 추세를 보이고 있으며, 현재 25만 명 정도인 인구가 2030년에는 70만 명 이상이 될 것으로 전망된다. 이러한 인구와 관광객의 증가는 환경 부하를 증가시키는 한편 전력 소비 역시 증가시키며, 이는 필연적으로 온실가스 배출의 급증을 가져오게 된다. 제주발전연구원의 예측에 따르면, 2030년까지 전력 수요는 약 230% 증가할 것이며, 온실가스 배출량은 약 59% 증가할 것이다. 한편, 모든 도서지역이 그렇듯이 제주 역시 기후변화에 매우 취약하다는 것을 확인할 수 있다. 제주는 화산섬이라는 특성상 그동안 홍수가 발생하지 않았는데, 2007년에 태풍에 의한 범람이 처음으로 발생하였다. 또한 육상에서는 구상나무림이 축소되고 있으며, 해양에서는 생물다양성이 감소하고 있다고 한다.

그렇다면 이렇게 불리한 상황 하에서 어떻게 제주를 탄소 없는 섬으로 조성할 수 있을 것인가? 강진영 박사는 제주의 탄소 없는 섬 조성 전략이 풍력 발전, 전기자동차, 스마트그리드를 중심으로 이루어지고 있다고 설명하였다. 먼저, 풍력 발전은 바람이 많이 불기로 유명한 제주에서 오래 전부터 시행되고 있는 발전 형태이다. 과거와 달라진 점은 수익 배분 방식인데, 과거에는 대기업이 풍력 발전시설을 설치하고 그로부터 얻은 수익을 역외로 유출하는 형태였다면 2013년부터는 주민들 및 마을의 공모를 받아 사업지를 선정하고 해당지역 주민에게 풍력 발전 수익을 환원하는 주민참여형 방식이 시행되고 있다. 2016년 6월부터는 처음으로 해상풍력단지에 주민참여형 체계가 도입되었다. 전기자동차 역시 든든한 정책적 지원을 받고 있으며, 그 결과 2016년 현재 전국에 보급된 전기자동차의 44%, 충전 인프라의 45%가 제주에 있다. 스마트그리드의 경우, 많은 기업의 투자를 유치하여 실증단지를 조성하였으며 2018년까지 제주도 전 가구에 스마트미터기 보급을 목표로 하고 있다. 제주도는 현재 가파도에 신재생에너지와 전기차, 스마트그리드 등 3가지 요소들을 집적하여 운영하고 그 결과를 모니터링함으로써 향후 제주도 본섬에 본격적으로 추진하기 위한 준비를 하고 있다. 한편, 강진영 박사는 제주의 탄소 없는 섬 조성이 에너지 부문에 집중되어 있는 점에 대해 다소 우려를 표명하였다. 즉, 에너지 부문에만 집중한다고 탄소 배출을 원천적으로 막을 수 있는 것이 아니기 때문에 건물, 폐기물 등 에너지 이외 부문을 간과해서는 안 된다고 강조하였다.

마지막으로 강진영 박사는 탄소 없는 섬 조성을 위한 제주의 구체적인 전략과 시민참여 촉진을 위한 전략들을 소개하였다. 첫째, 현재 화석연료를 기반으로 생산되는 전력을 신재생에너지 발전으로 전환할 것이다. 2030년까지 3~4개소의 친환경에너지타운을 추가로 조성할 예정이며 신재생에너지를 통한 에너지 자립성 조성을 위해 노력할 것이다. 둘째, 제주 내 모든 자동차를 전기차로 전환하고, 신재생에너지원으로 생산된 전력을 전기차에 충전하도록 할 것이다. 시민들이 이 정책에 동참할 수 있도록 전기차 소유자에 대한 혜택을 마련할 예정이며, 제주를 전기차의 메카로 만들기 위해 다양한 전기차 산업 지원정책을 실시하고자 한다. 셋째, 기후변화 적응의 일환으로 생물다양성을 보전하고, 관련 데이터를 축적하여 안전한 자연환경을 조성할 것이다. 축적된 데이터는 시민

들에게 공개할 예정이다. 넷째, 제주의 경험과 전략이 전 세계적으로 활용될 수 있도록 준비할 것이다. 제주는 이러한 전략들이 그 추진력을 잃지 않도록 중앙정부와 MOU를 체결하여 매년 이행계획과 성과보고서를 발간하고 그 내용을 홍보할 예정이다. 또한 「제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법」 제353조²에 탄소 없는 섬 조성에 관한 법률을 추가함으로써 확실한 제도적 체계를 갖출 예정이다.

두 번째 발표자인 Angelo Moreno 박사는 ‘COP21 목표를 달성하기 위한 수소와 연료전지의 역할 (The Role of Hydrogen and Fuel Cells in Contributing to COP21 Goals)’이라는 주제로 가장 청정한 연료이자 무한한 자원인 수소와 이를 이용한 연료전지의 중요성에 대해 발표하였다. Moreno 박사는 2015년 말 파리에서 개최된 제21차 UN기후변화협약 당사국총회(COP21)의 가장 중요한 성과 중 하나로 EU 및 22개국 정부가 공동으로 출범시킨 ‘Mission Innovation’ 이니셔티브를 꼽았다. 한국과 이탈리아도 동참하고 있는 이 이니셔티브는 민·관이 힘을 합쳐 전 세계의 청정에너지 혁신을 가속화함으로써 청정에너지 비용을 절감시키는 것을 목표로 한다. Moreno 박사는 다양한 청정에너지 중 수소 및 연료전지를 중심으로 발표를 진행하였다. 수소는 다른 오염물질 없이 순수한 물만 배출하는 가장 청정한 연료이며, 바이오매스 및 바이오연료, 신재생에너지원으로부터 생산된 전력으로부터 생산될 경우 이산화탄소 배출이 없는 녹색 연료도 될 수 있다. 또한 수소를 이용한 연료전지 역시 관련 기술군에서 가장 효율적이고 청정한 기술로 평가받고 있다. 이에 유럽은 2014년 디젤 및 휘발유를 전기, 수소, 가스, 바이오연료 등으로 대체하는 것을 골자로 하는 대체연료지침(Alternative Fuel Directive)을 제정하였고, 185개 프로젝트에 14억 유로를 투입하는 등 수소 및 연료전지 연구 개발을 적극적으로 지원하고 있다. 또한 수소연료전지차 보급과 수소충전소 구축을 확대해가고 있다.

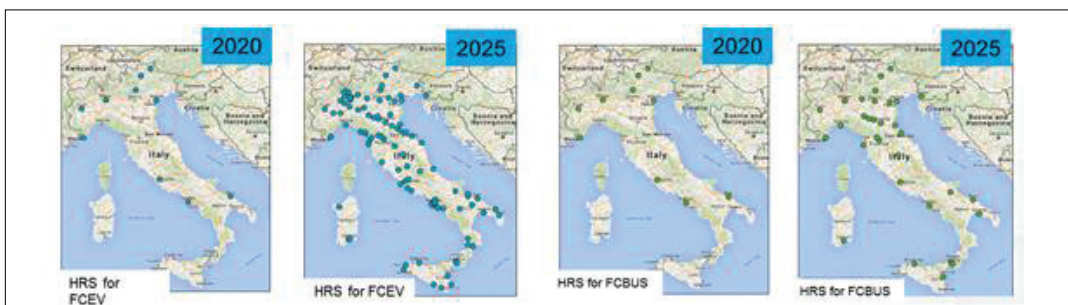
Moreno 박사에 따르면 유럽 시민들과 각국 정부는 환경의식이 비교적 높아 신에너지인 수소에 대해 관심이 많다. 이에 수소 관련 기술 보급과 실생활에서 수소 및 연료전지를 이용하려는 시도가 증가하고 있는데, 영국, 독일, 프랑스, 이탈리아, 네덜란드, 덴마크, 노르웨이 등 14개국에서 수소 및 연료전지 관련 국가계획이 채택되었다. Moreno 박사는 유럽의 대표적인 수소 및 연료전지 지원 프로그램 2가지를 소개하였다. 첫 번째 프로그램은 2016년 5월부터 2022년 6월까지 유럽 8개국이 공동으로 추진 중인 ‘제2단계 유럽 수소교통(Hydrogen Mobility Europe 2: H2ME 2)’ 프로그램이다. 이 프로그램은 수소충전소와 연료전지 승용차 및 상업용 차량의 현실 활용가능성을 테스트하는 대규모 프로그램으로, 유럽은 이 프로그램을 통해 유럽 내 연료전지자동차가 1,230대 정도 늘어나고 수소충전소 20개소가 건설될 것으로 전망하고 있다. 이 프로그램에는 약 1억 620만 유로의 비용이 발생할 것으로 예측되는데, 현재 정부의 펀딩은 3,500만 유로 수준이다. 차액은 다임러, 아우디, 혼다, 닛산, 르노 등의 자동차 회사, Intelligent Energy, McPhy Energy, Symbio FCell 등 에너지 기술 회사 등 37개 기업의 참여 및 투자로 충당하고 있다. 두 번째 프로그램은 ‘경쟁력 있는 유럽 가정용 연료전지 시

² 현재 제353조의 내용은 저탄소 녹색성장의 이념이 구현된 도시의 조성에 관한 내용임.

IV. 특집

장으로의 경로(Pathway to a Competitive European FC mCHP Market: PACE) 프로그램으로, 비용은 낮추고 성능은 높은 차세대 가정용 연료전지를 개발하고 이를 대량 생산하고자 하는 프로그램이다. 3,400만 유로 상당의 EU Horizon 2020 보조금으로 진행되는 이 프로그램은 향후 벨기에, 이탈리아, 네덜란드, 영국 등 4개국에 가정용 연료전지 시장을 조성할 계획이며, 이를 위해 Bosch, COGEN Europe, Solid Power, Vaillant 등 9개의 참여기업이 보다 경쟁력 있는 공급망 구축을 위해 노력하고 있다. 유럽은 이 프로그램을 통해 2020년 이후 매년 10,000대의 가정용 연료전지가 보급될 것으로 전망한다.

뒤이어 Moreno 박사는 자국인 이탈리아의 현황에 대해 소개하였다. 이탈리아에서는 1980년대 초 기부터 수소와 연료전지 기술에 관한 R&D가 진행되었으며, 연구자들이 기초연구에만 그치지 않고 이탈리아의 연료전지 산업을 지원하는 역할을 한다. 또한 ELECTROPOWER System, Genport, Dolomitech, SOFCPOWER 등 4개 회사에서는 이미 시장에서 경쟁 가능한 연료전지 제품을 출시하고 있으며, 기존의 열병합발전 기술을 연료전지 시스템으로 대체하려는 시도를 하고 있다고 소개하였다. 수송 부문의 경우, 이탈리아에서 운행 중인 3,700만 대의 차량 중 약 1,850만 대 정도가 10년 이상 된 차량이고 EURO 6 기준을 따르는 차량이 30만 대 정도에 불과하므로 보다 청정한 수송으로의 전환이 시급히 필요하다고 강조하였다. 이에 이탈리아 수소 및 연료전지 협회는 2015년 6월부터 MH2IT 프로그램을 시행하여 이탈리아 내 연료전지자동차 보급을 위해 노력하고 있다. 구체적으로 EU 기준을 준수하는 안전 기준을 마련하고 수소 수송시의 압력을 버스는 350바, 승용차는 700바로 정하는 작업을 하고 있으며, 신재생에너지로부터의 수소 생산과 수소 생산 비용 절감(1kg당 10유로 이하, 더 바람직하게는 5~6 유로 정도)을 도모하고 있다. 이탈리아는 또한 3단계의 수소충전소 구축을 계획하고 있는데, 2020년까지의 1단계에서는 국가 보조금을 주로 하여 수평으로는 트리노에서 베니스, 수직으로는 밀라노에서 시칠리아까지의 경로를 따라 수소충전소 20개소(승용차용 10개소, 버스용 10개소)를 건설할 예정이고, 2021년부터 2025년까지의 2단계에서는 민·관 협력으로 200개의 수소충전소, 2030년 이후의 3단계에서는 민간 자본으로만 1,000개소의 수소충전소를 구축할 예정이다. Moreno 박사는 수소 생산 비용이 아직까지는 매우 높지만 시간이 지나면서 점차 낮아질 것으로 예상하며 이탈리아 내 수소를 연료로 하는 승용차 및 버스 운행이 확대될 것을 기대하였다.



이탈리아의 수소충전소 구축 계획

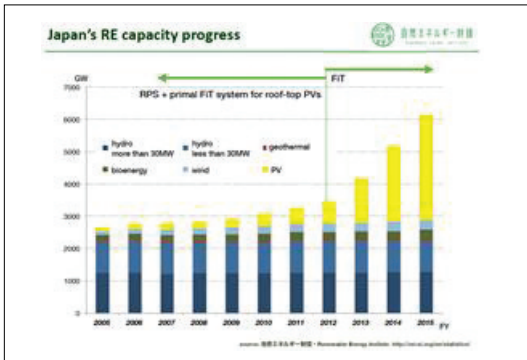
세 번째 발표자인 Mika Ohbayashi 소장은 ‘태양광 시대로 전환하는 일본의 전략(A Way Forward for Sola Century the Energy Turnaround in Japan)’이라는 주제로 후쿠시마 원전사고 이후 에너지 문제에 깊은 관심을 가지게 된 일본이 태양광을 차세대 에너지로 사용하기 위해 추진하고 있는 전략에 대하여 발표하였다. Ohbayashi 소장은 전 세계적으로 재생에너지 보급이 급증하고 있다는 데이터를 보여주면서 그 이유로 재생에너지 발전비용이 저렴해지고 있는 점을 들었다. 또한 전 세계적 추세와 일본의 현황을 비교하며 설명하였다. 먼저 태양광의 경우, 2015년까지 전 세계적으로 230.6GW가 설치되었는데, 그 중 일본에 설치된 용량은 35.4G로 세계 3위에 해당하며, 풍력의 경우, 전 세계 설치량 432.9GW 중 일본은 3GW를 차지한다. 여기에서 볼 수 있듯이, 일본은 태양광 분야에 집중 투자하고 있으며 아직 풍력 발전 보급은 미흡한 실정이다. 2010년부터 2015년 말까지 수력발전을 포함한 일본의 재생에너지 비중은 9.7%에서 14.8%로 증가하였으며, 수력발전을 제외할 시 1.1%에서 5%로 증가하였다. Ohbayashi 소장은 지난 10년 간 향후 일본의 재생에너지 비중은 10% 정도를 유지할 것이며 이 중 대부분은 대형 수력발전이 차지할 것이라는 의견이 대부분이었던 데 반해 2012년 이후 수력발전을 제외한 다른 재생에너지의 비중이 확대되고 있다는 것은 매우 놀라운 현상이라고 설명하였다.

이미 언급했듯이, 일본에서는 태양광 발전의 약진이 돋보인다. 일본의 태양광 발전은 2012년 신 재생에너지 의무할당제(Renewable Portfolio Standard: RPS)가 고정가격매입제도(Feed-in Tariffs: FIT)로 전환되면서 급격하게 성장하였으며, 태양광 모듈 생산 역시 일본기업이 강세를 보이고 있다. 일부에서는 외국에서 생산된 저렴한 태양광 모듈이 일본 태양광 시장을 점유할 것이라는 우려를 하고 있는데, Ohbayashi 소장에 따르면 일본 기업이 외국 공장에서 생산한 후 다시 일본 시장에 판매하는 것이기 때문에 일본 기업이 내수 시장을 지배한다고 보는 것이 맞다. 태양광 모듈의 가격 역시 1W 당 가격이 2011년 180센트에서 2015년 106센트로 점점 감소하고 있어 그리드 패리티에 거의 도달하였다.

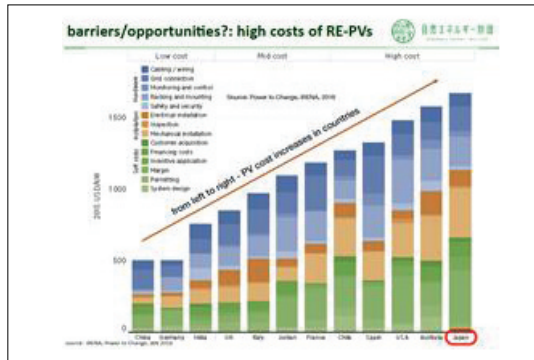
그러나 일본의 재생에너지 부문 역시 해결해야 할 과제를 지니고 있다. 일본 정부가 발표한 계획에 따르면 2030년까지 재생에너지의 비중을 22~24%로 늘리게 되어 있다. Ohbayashi 소장은 현재 재생에너지의 비중이 15% 정도이므로 목표 달성을 위해서는 비중을 7%p 이상 증가시켜야 하는데 이는 결코 쉬운 일이 아니라고 진단했다. 또한 일본 정부는 2030년까지 감축할 온실가스 목표를 2013년 수준의 26%, 1990년 수준의 18%로 설정했는데 이 역시 어려움을 내포하고 있다. Ohbayashi 소장은 일례로 일본 전역에 총 23GW 상당의 신규 석탄화력발전소 48개소 건설이 계획되어 있고, 실제로 10개 발전소가 건설 중에 있다고 설명하며 계획대로 48개 발전소가 모두 건설되어 가동된다면 탄소 배출량이 1990년 수준의 6배가 될 것이라고 전망하였다. 충분한 전력 공급이 어렵다는 점도 일본의 재생에너지 부문이 직면하고 있는 어려움이다. 대표적인 예가 주간과 야간 발전량의 차이인데, 풍력 발전을 통해 야간 전력 수요를 어느 정도 충족시키고는 있지만 총 전력수요를 감당하기 위해서는 기존 화력발전소들의 운영을 통한 보완이 필요한 실정이다. 그러나 다행인 것은 2011년 이

IV. 특집

후 전력수요가 해마다 감소하고 있다는 점이다. 도쿄전력이 전기를 공급하고 있는 칸토 지방의 경우, 지난 5년간 여름철 전력 피크수요가 약 10GW 감소하였다. 또한 재생에너지 생산을 월별로 살펴보면 4월과 5월에 발전량이 많은 것을 확인할 수 있는데, 2016년 5월에 20%를 초과함으로써 2030년까지 22~24% 목표를 달성할 수 있다는 희망을 가지게 되었다.



일본의 재생에너지 보급 추이



국가별 태양광 가격 비교

일본 태양광 산업이 겪고 있는 또 한 가지 문제는 독일, 중국 등과 비교했을 때 모듈과 설치비용 등이 비싸다는 것이다. Ohbayashi 소장은 아직 태양광 산업이 완전히 성숙한 단계는 아니고 대규모 발전을 경험할 시간이 짧았기 때문에 기술들 역시 아주 세밀하고 정교한 상태는 아니라고 진단했다. 따라서 태양광 기업들은 기술 표준화, 태양광 설치의 효율 제고 등에서 많은 가능성이 열려 있다고 설명했다. 또한 Ohbayashi 소장은 일본 정부가 정책적으로 대규모 태양광 발전을 지원하는 것과 더불어, 시민들 역시 60% 이상이 원자력 발전소 재가동에 반대의견을 표명하는 등 안전한 에너지에 대한 의식 수준이 높아졌으므로 태양광 산업은 앞으로 크게 성장할 것이라 예상하였다. 추가적으로 동북아 슈퍼그리드 사업에 대해 간략히 언급하며 일본 내에서도 일본형 슈퍼그리드가 조성되기를 바란다는 희망을 전함으로써 발표를 마무리하였다.

이어진 패널 토론에서는 에너지경제연구원 임재규 기후변화연구본부장, 그린스쿨 권필석 연구교수와 김성진 연구교수가 해당 발표들에 대한 의견을 개진하고 질문을 하였다. 먼저 임재규 박사는 新 기후변화체제 이후 각국이 다양한 정책을 수립하고 있으며, 한국 또한 온실가스 37% 감축이라는 목표를 설정하였다고 말문을 열었다. 이에 여러 가지 온실가스 감축 정책들이 수립되고 있는데 제주의 탄소 없는 섬 조성사업도 이러한 정책의 일환이라고 소개하였다. 임재규 박사는 다양한 에너지 수요 전망과 온실가스 배출 전망을 통해 이 사업의 실현가능성을 분석하였다. 에너지경제연구원의 분석 결과, 제주의 전력 소비량은 빠르게 증가할 것이며, 온실가스 배출에서 발전과 수송 부문이 각각 34%씩을 차지할 것으로 전망된다. 이런 측면에서 LNG 발전을 도입하고 전기차 등의 친환경 수송수단을 적극 보급함으로써 석유 소비량을 낮추기로 한 제주의 정책은 상당히 의미있는

정책이라고 평가하였다. 한편, 제주는 현재 신재생에너지로의 전환에 있어 풍력을 주로 개발하고, 나머지 부분을 태양광 발전으로 충당하겠다는 계획을 가지고 있는데, 제주의 신재생에너지 잠재량 258GW 중 풍력이 차지하는 잠재량이 예상 외로 낮기 때문에 앞으로의 계획에 이 점을 감안해야 한다고 조언했다. 임재규 박사는 마지막으로 지금까지 한국은 중앙정부와 지방정부 모두 공급 위주의 정책을 수립하였으나, 앞으로는 효과적인 온실가스 감축을 위해 다른 국가들과 마찬가지로 수요 관리를 통한 효율 향상에 집중할 필요가 있으며 제주의 탄소 없는 섬 조성사업 역시 수요와 효율 관리를 최우선으로 고려해야 한다고 강조하였다. 이에 대하여 강진영 박사는 기술 발달을 고려한 신재생에너지 믹스와 수요 관리 및 효율 제고의 중요성에 깊이 공감하였다. 그러나 신재생에너지 분야의 기술 발달이 예상치 못할 만큼 급속도로 이루어지고 있기 때문에 현재 상태를 기준으로 계획을 수립할 수밖에 없는 것이 현실이라고 답변하였다. 또한 도민들에게 금전적인 인센티브를 제공할 수 있는 신재생에너지 발전 방식을 고민하는 등 탄소 없는 섬 조성사업에 대한 주민 참여 확대를 위한 노력을 지속할 것이라고 밝혔다.



Session II의 토론자 (왼쪽부터 임재규 박사, 권필석 연구교수, 김성진 연구교수)

권필석 연구교수는 Moreno 박사의 발표내용 중 휘발유 대신 수소를 이용하는 것이 깨끗한 환경을 위해 더 유익하다는 것과 특히 중장비 차량에서 수소연료전지차가 효과적이라는 것에 동의하였다. 그러나 승용차의 경우, 배터리 차량이 수소연료전지차보다 효율 측면에서 유리할 수 있다는 점과 수소충전소 확충에 있어 이탈리아와 한국의 상황이 다르다는 점을 짚었다. 이탈리아는 유럽 대륙을 연결하는 국가로 충전소 수를 늘리는 것이 수소연료전지차 증가에 도움이 되지만 한국은 비교적 좁은 영토를 가진 국가여서 한 번에 4,400km씩 운전할 일이 거의 없다. 이러한 측면에서 한국, 특히 제주는 오히려 인프라가 어느 정도 구축된 전기차가 수소연료전지차보다 더 적합할 수 있다는 의견을 제시하였다. 이에 대해 Moreno 박사는 제주와 같이 작은 섬에서는 전기차가 유리할 수 있다는 의견에는 동의하였다. 그러나 전기차와 수소연료전지차는 각각 보유하고 있는 장점이 다르기 때문에 경쟁 관계에 놓여있지 않으며, 전기차가 항상 수소연료전지차보다 효율적이라고 말하기에는 곤란한 점이 있다고 덧붙였다. 대표적인 것이 충전소인데, 전기차의 긴 충전시간을 고려할 때 전기차 수백만 대를 충전하기 위해서는 충전소 역시 수백만 개소가 필요하다고 하였다. 또한 다량의 전기차를 충전하는 데서 오는 전력망의 과부하도 고려해야 하는 등 전기차 도입에는 여러 가지 감

IV. 특집

안해야 할 점이 많다고 설명했다.

뒤이어 김성진 연구교수는 한국과 일본이 화석연료 중심의 제조업 강국이라는 점에서 유사점을 지니기 때문에 Ohbayashi 소장이 발표한 일본의 재생에너지 정책들이 한국에 중요한 함의를 가진다고 언급하였다. 김성진 연구교수는 2011년 후쿠시마 원전 사고 이후 비약적 성장을 이룬 일본의 태양광 발전에 대해 3가지 질문을 하였다. 첫 번째 질문은 태양광 발전으로 인한 순간적인 계통 과부하에 대한 질문이었다. 태양광은 설치가 용이하고 접근성이 뛰어나다는 점에서 매력적인 재생에너지원이지만 낮 동안에만 전력을 생산할 수 있기 때문에 하루 중 몇 시간 동안 생산량이 급증하고 송전망에도 과부하가 생기는 현상이 벌어질 수 있다. 김성진 연구교수는 이러한 현상이 심각할 시 송전망 관리를 위해 재생에너지의 계통 접속을 통제해야 할 수도 있음을 설명한 뒤 이러한 문제에 대한 일본 정부의 접근방향을 질문하였다. 둘째, 대규모 태양광 발전을 위해서는 대규모 토지를 확보해야 하는데, 대부분의 경우 부동산 가격과 토지용도 변경 문제 등이 걸림돌이 되곤 한다. 이러한 측면에서 일본 정부는 태양광 발전과 관련하여 토지구제를 어떻게 시행하고 있는지 질문하였다. 셋째, 2001년부터 2014년까지 재생에너지 부과금으로 인해 전기요금이 25배 상승했던 독일의 사례를 예로 들며, 재생에너지 확대에 따른 전기요금 부담을 감당해야 하는 소비자들의 반응에 대하여 질문하였다. 이에 대해 Ohbayashi 국장은 규슈의 경우, 태양광 발전으로 생산된 잉여 전력을 다른 지역으로 보내기 때문에 아직까지는 송전망 과부하가 일어나지 않고 관리가 가능한 수준이라고 설명했다. 그러나 향후 재생에너지가 확대될수록 계통에 접근하는 발전회사들이 증가하고 발전량 또한 증가할 것이므로 장기적으로는 일본 에너지 시스템의 변화가 필수적이라고 답변하였다. 한편, 전기요금 상승에 관한 김성진 연구교수의 우려에는 공감을 표했다. 단지, 독일 국민들 역시 산업용 전기요금이 가정용 전기요금에 전가되어 훨씬 비싸진 것에 대해 불만을 가진 것이지 재생에너지 확대에 대한 불만을 가진 것은 아니었음을 조사자료를 통해 제시하고 일본 역시 이와 마찬가지로 설명하였다.

Session III. 한국, 중국 및 일본 내 6개 메가시티의 에너지 · 환경 체계

(Energy and Environment Systems in Six Mega-Cities of Korea, China and Japan)

좌 장	강기춘 박사 (제주발전연구원 원장)
발 표	정태용 교수 (연세대학교 국제학대학원) Xin Wang 교수 (UNEP-Tongji Institute of Environment for Sustainable Development, China) Kae Murakami 연구원 (Hiroshima City Government / Graduate School for International Development and Cooperation, Japan)
토 론	강성진 교수 (고려대학교 경제학과/그린스쿨대학원) 김세용 교수 (고려대학교 건축학과/그린스쿨대학원) 이명균 박사 (GGGI 지식전략본부 본부장)

세 번째 세션은 ‘한국, 중국 및 일본 내 6개 메가시티의 에너지·환경 체계’라는 주제의 세션이었다. 본 세션은 이번 컨퍼런스의 공동주최 기관인 제주발전연구원의 강기춘 원장의 사회로 진행되었으며, 연세대학교 국제학대학원의 정태용 교수, UNEP-Tongji 지속가능개발을 위한 환경연구소(UNEP-Tongji Institute of Environment for Sustainable Development: UNEP-Tongji IESD)의 Xin Wang 교수, 일본 히로시마 시청 공무원이자 히로시마대학교 국제개발협력대학원(Graduate School for International Development and Cooperation: IDEC)의 박사과정 연구원인 Kae Murakami 연구원의 발표가 차례대로 이어졌다.



Session III의 좌장 및 발표자 (왼쪽 상단부터 강기춘 박사, 정태용 교수, Xin Wang 교수, Kae Murakami 연구원)

첫 번째 발표자인 정태용 교수는 ‘서울의 도시개발 경로에 관한 요인분석(Factor Analysis: Seoul's Urban Development Pathway)’라는 주제로 서울의 발전에 영향을 미친 요인들에 대해 발표하는 시간을 가졌다. 정태용 교수는 연구결과를 발표하기에 앞서 연구의 배경을 간략히 설명하였다. 아시아는 도시 개발이 매우 활발하게 이루어지는 지역으로, 특히 개발도상국들 중심으로 같은 아시아 내 선발개도국들의 도시개발 경험 학습 수요가 높아지고 있다. 이에 한국, 중국, 일본의 학자들로 이루어진 정태용 교수 연구팀에서는 한국의 서울과 인천, 중국의 베이징과 상하이, 일본의 도쿄와 요코하마 등 동북아 6개 메가 시티(mega city)를 대상으로 이 도시들의 개발 과정에 영향을 미친 중요한 인자들은 무엇인지, 그리고 과연 저탄소 개발, 기후변화에 대한 회복탄력성이 있는 개발이 이루어졌는지 살펴보는 프로젝트를 진행하고 있다. 정태용 교수는 이번 컨퍼런스에서 서울의 사례를 발

IV. 특집

표하였다.

정태용 교수는 이번 연구에서 도시개발 평가에 필요한 지수(index)의 자의적 선택을 방지하고자 요인분석(factor analysis)을 이용하여 자료를 분석하였다. 먼저 서울시와 통계청, 한국은행 등으로부터 약 100개 변수에 대한 1990년부터 2015년까지의 서울 데이터를 수집한 다음 전제조건(preconditions), 조력 요인(enablers), 결과(outcomes) 등 3개 그룹(7개 세부그룹)으로 변수를 분류하였다. 전제조건은 서울이 발전하기 위해 갖춰줘야 하는 조건들로 인구, 가구당 인구, 나무 수, 최저기온 등 7개 변수가 이 그룹에 해당한다. 조력 요인은 크게 교통과 인터넷 등을 포함하는 네트워크, 에너지 및 수도 공급과 관련된 유틸리티, 예산 및 사회·환경 인프라를 포함하는 정부 등으로 나누어지며, 결과는 실업률, 주거가격 등의 경제 지수, 다양한 대기오염 물질과 폐기물, 온실가스 배출량을 포함하는 환경 지수, 범죄율, 건강보험, 교통사고율 등의 사회적 지수로 구성하였다. 이렇게 구성된 데이터를 바탕으로 요인분석을 실시하여 최종적으로 7개 그룹의 54개 변수가 선정되었다. 최종 변수는 다음 표와 같다.

그룹	세부그룹	변수
	전제조건(7)	의존율, 인구, 가구당 인구, 최저기온, 녹지면적, 하천, 나무 수
조력 요인 (26)	유틸리티(9)	전기공급, 재생에너지 생산, 도시가스 판매, 석유 판매, 상수도관 길이, 누수율, 가구당 물 수요, 폐기물 수거량, 시민들이 부담하는 폐기물 처리비용
	네트워크(10)	도로 길이, 자동차 통행, 버스 운행, 지하철 운행, 택시 운행, 항공기 승객, 항공화물, 주차장, 자전거 도로, 인터넷 사용량
	정부(7)	지방채, 공무원 1인당 시민수, 예산, 환경 예산, 사회(복지) 예산, 인프라 예산, 문화예술 예산
결과 (21)	경제(8)	실업률, GRDP, 공실률, 재정제도, 서비스 GRDP, 경제활동인구, CPI, 주택가격
	환경(7)	SO ₂ , CO, NO ₂ , 미세먼지, 오존, 폐기물발생량, 온실가스 배출량
	사회(6)	범죄율, 교통사고율, 건강보험 수급자, 여성시설, 연금, 사회보장제도 수급자

※ 진한 글씨는 서울의 발전에 영향을 많이 미친 변수.

정태용 교수는 7개 세부그룹의 15년간 변화추이를 그래프로 나타내어 설명하였는데, 전반적으로 증가 추세를 나타내나, 유틸리티 그룹은 다소 감소 추세를 나타내었다. 흥미로운 결과는 정부와 환경에서 나타나는데, 정부의 경우 서울시장이 누구냐에 따라 그 결과치가 유동적이었으며, 환경의 경우 대기보전특별법 등의 강력한 정책 시행효과로 1999년에서 2000년 사이 오염 지수가 급격히 하락하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 정태용 교수는 서울의 도시 발전에 큰 영향을 미친 변수들을 추렸는데, 그 결과는 위에 제시된 표에 나타나 있다. 마지막으로 정태용 교수는 다른 도시들을 대상

으로도 이러한 연구를 진행하여 각 도시별 발전 경로와 발전의 핵심 요인 차이를 규명해내는 작업을 후속 과제로 제시하며 발표를 마쳤다.

정태용 교수의 뒤를 이어 Wang 교수는 ‘중국 태양광 정책의 진화: Golden Sun Project부터 분산에너지까지(The Evolving of Solar PV Energy Policy in China: From Golden Sun Project to Distributed Energy)’라는 주제 하에 상하이의 도시개발 사례에 대하여 발표하였는데, 지난 3년간 중국의 도시화로 인한 전력 수요 정책 및 국가 주도 태양광 사업에 대해 설명하면서 ‘Golden Sun Project’를 중점적으로 소개하였다. Wang 교수는 중국 경제발전의 경우, 다른 선진국들에서 30년 동안 이루어졌던 것들이 3년 내에 축약되어 진행되었다고 해도 과언이 아닐 정도로 그 속도가 매우 빠르다고 하였다. 어느 정도 도시화와 경제발전이 달성됨에 따라 이제 중앙정부 차원에서는 녹색 성장을 지향하고 있으나, 지방정부 수준에서는 아직 지역경제 활성화가 더 큰 이슈이기 때문에 오염이 여전히 심각한 문제이다. 특히나 이농현상이 점점 가속화되면서 주요 도시 뿐만 아니라 그 인근의 위성 도시들에서도 난개발이 일어나는 문제점이 지적되어 중국 중앙정부는 급격한 도시화로 인한 악영향과 온실가스 배출을 줄이는 지원정책을 수립하고 있다.

다양한 정책들 중 Wang 교수는 중국의 태양광 정책에 대해 보다 심도있는 논의를 이끌었다. 중국의 태양광 내수 시장이 본격적으로 성장한 것은 2008년 이후부터이다. 2008년까지 중국은 세계의 태양광 공장이라고 불릴 만큼 전 세계 태양광 설비 수요를 다 감당할 정도의 생산량을 보였는데, 2008년 선진국들의 반덤핑 제재로 인해 해외 수출에 제동이 걸리면서 해외 시장보다는 내수 시장에 초점을 맞추게 되었다. 그 결과 중국 내 대형 태양광 프로젝트가 실시되기 시작하였고, 특히 2009년에 정부 주도로 Golden Sun Project가 시행되면서 옥상태양광 설치가 증가하기 시작하였다. 중국 정부는 반덤핑 제재로 난항을 겪고 있던 기업들 중 100MW 이상의 설비를 갖춘 기업들을 이 프로젝트에 참여시키고 자금을 지원했다. 그러나 이 프로젝트는 2013년 6월 말에 중단되고 말았는데, Wang 교수에 따르면 정부의 재원 부족으로 보조금이 확보되지 못했고 필수적인 기술 개발과 설치에 들어가는 비용을 감당하지 못한 것이 사업 중단의 주 원인이었다. 또 한 가지 아쉬운 점은 보조금이 주로 설치비에 집중 투자되어 전력 생산 이후의 계통 연계 부분은 잘 신경쓰지 못했기 때문에 소비자들이 태양광으로부터 생산된 전력의 혜택을 체감할 수 없었다는 점이다. Wang 교수는 Golden Sun Project가 몇 가지 한계를 지닌 것은 분명하지만 그럼에도 불구하고 고도 수처리시설 완비, 기술 표준화 도모 등 기술 혁신을 도모한 점, 또 이를 통해 건설비를 저감할 수 있었다는 측면에서는 높게 평가받아야 한다고 설명하였다.

Golden Sun Project 하에서의 대형 태양광 사업 기간을 거쳐 2013년 이후의 중국에서는 분산형 태양광 발전을 지향하고 있다. 각 지방정부는 중앙정부와 별개로 지방정부 수준의 보조금을 지급하는 한편, 전기요금도 다르게 시행하고 있다. Wang 교수는 본인이 직접 참여했던 태양광 프로젝트 2건을 소개하였다. 푸둥 지역에서 실시했던 프로젝트의 경우, 태양광 패널을 설치하더라도 반사율

IV. 특집

이 낮아지는 현상이 없다는 점을 실증하였고, 소비자들이 사용하는 전력량에 따라 보조금을 지급 받기 때문에 5년 내에는 태양광 발전의 초기 비용을 상쇄하게 되어 경제성도 충분히 확보할 수 있다는 점을 발견할 수 있었다고 하였다. 또 다른 프로젝트는 신장 지역에서 실시한 솔라 시티 시범사업으로, 사업지의 모든 가정에 옥상 태양광을 설치하여 전기를 생산하는 미래형 도시 사업이다. 마지막으로 Wang 교수는 중국 정부가 태양광 보조금을 축소시키면서도 이와 같이 활발한 태양광 정책을 시행하고 있는 배경으로 태양광 설비 자체 비용이 계속 감소하고 있기 때문이라고 설명하였다.

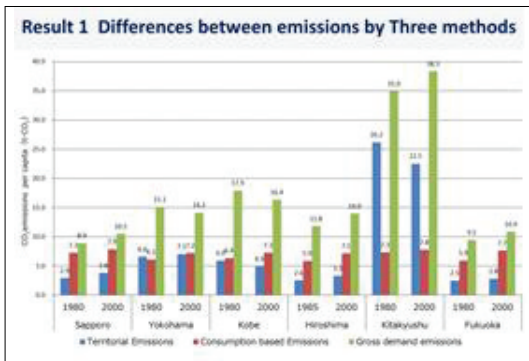
세 번째 발표자인 Murakami 연구원은 ‘우연인가 필연인가? 1980~2000년 일본 6개 대도시 탄소 저감 대응책의 유사성과 안정성(Coincidence or Corollary? Similarity and Stability of Carbon Mitigation Response Over Six Japanese Large Cities from 1980 to 2000)’이라는 주제의 발표를 하였다. 발표의 주요 내용은 일본의 이산화탄소 배출량 감소 현상이 과연 관련 정책들의 효과인지 우연의 일치인지를 규명하기 위해 일본의 6개 주요도시를 중심으로 이산화탄소 배출량 측정방법과 감축 정책 등을 살펴보는 것이었다.

먼저, Murakami 연구원은 탄소 배출량 측정에 있어 생산 기반의 배출량과 소비 기반의 배출량을 구분하였다. 생산 기반의 배출량은 현재 국제 기후변화 협상 및 자국의 기후변화 정책 수립 등에서 널리 사용되고 있는 배출량으로 국가 혹은 특정 지역의 경계 내에서 생산되고 축적되는 배출량을 의미한다. 그런데 이 개념을 적용할 경우, 생산 공장이 몰려있는 개발도상국들은 탄소 배출량 저감에 큰 부담을 느끼게 되므로 개발도상국을 중심으로 특정 제품 생산으로부터 발생한 배출량을 제품 생산지가 아니라 최종 소비된 지역의 배출량으로 측정해야 한다는 소비 기반의 배출 개념이 논의되기 시작하였고, 이 개념이 파리협정에 반영되었다. Murakami 연구원은 이러한 측면에서 다량의 재화와 용역이 생산 및 소비 행위가 발생하는 도시야말로 전 세계 이산화탄소 배출량의 70% 이상에 대한 책임을 지고 있으므로 도시 차원의 기후변화 정책이 매우 중요하다고 강조했다.

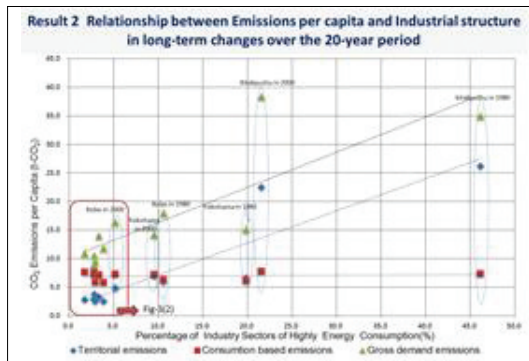
Murakami 연구원은 본 연구를 통해 삿포로, 요코하마, 고베, 히로시마, 기타큐슈, 후쿠오카 등 일본 내 6개 대도시에서 발생하는 탄소 배출량을 정량화하고 1인당 배출량과 도시 개발 사이의 관계를 이해하고자 한다고 밝혔다. 이를 위해 기존의 투입 산출 표와 에너지 밸런스 표를 통합하여 분석하는 환경 투입 산출(Environmental Input-Output: EIO) 모형을 사용하였으며, 1980년부터 2000년까지의 각 도시 데이터를 이용하여 탄소집약도와 탄소 균형, 생산 기반 배출량인 지역 배출량, 소비 기반 배출량, 직·간접적 탄소 배출을 모두 포함하는 총수요 배출량 등을 계산하였다.

그 결과 기타큐슈를 제외한 5개 도시에서 지역 배출량보다 소비 기반 배출량이 더 많았음을 발견하였다. 그리고 1980년부터 2000년까지 20년 동안의 변화 추이를 살펴본 결과, 요코하마에서 총수요 배출량, 고베에서 지역 배출량과 총수요 배출량, 기타큐슈에서 지역 배출량이 감소했을 뿐 나머

지 부분에서는 모두 증가한 양상을 보여주었다. 그 다음으로 1인당 이산화탄소 배출량과 도시의 산업구조 간 관계를 살펴보았는데, 선형관계를 나타내어 에너지 다소비 산업의 비중이 높을수록 1인당 이산화탄소도 증가하는 경향을 보였다. 이를 통해 Murakami 연구원은 일본 도시들의 다양한 탄소 저감 정책에도 불구하고 지난 20년간 소비 기반의 1인당 배출량은 비슷한 수준으로 유지되거나 다소 증가하는 추세를 보였다고 진단하였다. 그리고 쉽게 예상할 수 있는 결과이지만 1인당 지역 배출량과 총 수요 배출량은 에너지집약도가 높은 산업의 비중이 높을수록 같이 증가하는 경향을 보였다. Murakami 연구원은 이러한 점을 고려할 때 도시의 탄소 저감 정책은 소비 기반의 배출량을 저감시키는 새로운 패러다임 및 정책 구상이 필요하며, 대도시의 이산화탄소 배출에 대한 지표를 만들어서 이에 대한 시민들의 인식을 제고하는 것이 필요하다고 강조하였다.



일본 6개 도시의 배출량 비교



1인당 배출량과 산업구조 간 상관관계

이러한 패널 토론에서는 그린스쿨 강성진 교수와 김세용 교수, 글로벌녹색성장기구(Global Green Growth Institute: GGGI)의 이명균 지식전략본부장이 각각의 발표에 대한 토론을 진행하였다.



Session III의 토론자 (왼쪽부터 강성진 교수, 김세용 교수, 이명균 박사)

강성진 교수는 도시화 과정에 영향을 주는 요인들의 선정기준 및 가중치 부여 원리에 대하여 부연설명을 요구했으며, 각 요소들을 그룹화하는 과정에서 지속가능발전의 3대 목표와 사용된 지수

IV. 특집

들 간에 어떤 연관성이 있는지 등이 연구의 당위성이 확보될 수 있는 결정적 근거에 대해 질문하였다. 이에 대해 정태용 교수는 이번 연구는 저탄소와 기후 변화에 대한 적응이라는 측면에 주로 초점을 맞췄는데, 향후 학문적인 기반 수립을 위한 정확한 증거들을 확보할 수 있는 추가적인 연구가 필요한 실정이라고 답변하였다.

두 번째로 김세용 교수는 대량 소비 시대에서 대형 도시 형성이라는 구조가 바뀌지 않으면 지속 가능한 발전은 근본적으로 불가능할 것이라고 지적하며 메가시티의 확산은 전 지구적인 회복탄력성에 악영향을 미칠 것이라고 하였다. 회복탄력성이라는 의제를 유지·발전시키기 위해서는 압축도시(Compact City)를 지향하는 도시 개발 정책을 수립하여 패시브 하우스(Passive House)와 카셰어링(Car Sharing) 프로그램의 확산 등이 필수적이다. 따라서 김세용 교수는 정작 도시의 규모는 방치한 채 오로지 장려책에 의존하는 신재생에너지 정책은 재고와 수정이 필요하다고 논평했다.

마지막으로 이명균 박사는 Murakami 연구원에게 1990년대에서 2000년대에 이르는 자료를 사용한 이유를 질문한 후, 철강 산업 등에서 사용한 원자재들이 건설, 조선업에도 사용되었기 때문에 이 중계산으로 인해 수치 산정에 오류가 있을 수 있다고 지적하였다. 또한 새로운 정책접근법에 대해 염두에 둘만한 구체적인 틀이 있는지에 대해서도 추가 질문하였다. 이에 대하여 Murakami 연구원은 2010년 이후로는 국가 통계가 부족하여 데이터 접근에 한계가 있었으나 'Global CO2 Budget'이라는 전 세계적으로 상용되는 자료를 이용하였기 때문에 자료의 공신력에 대해서는 문제가 없다고 답변하였다. 그리고 새로운 정책 접근에 관해서는 충분한 논의와 장기적 연구가 필요하다고 답했다.

Discussion Session. 新기후변화체제로의 전환과 그 의미 (Technology, Innovation and Energy Transition)

좌 장	김경남 교수 (고려대학교 그린스쿨대학원)
패 널	김신종 교수 (고려대학교 그린스쿨대학원)
	하윤희 교수 (고려대학교 그린스쿨대학원)
	강수일 박사 (미래창조과학부 기후기술협력팀 전문위원)

마지막 토론 세션은 '新기후체제의 전환 그리고 그 의미'라는 주제로 별도의 발제 없이 종합토론이 진행되었다. 그린스쿨 김경남 교수가 좌장을 맡았으며, 그린스쿨의 김신종, 하윤희 교수, 미래창조과학부 기후기술협력팀 강수일 전문위원이 토론에 참여하였다.



Discussion Session의 좌장 및 패널 (왼쪽 상단부터 김경남 교수, 김신종 교수, 하윤희 교수, 강수일 박사)

첫 번째 토론자인 김신종 교수는 1978년부터 산업자원부에 재직했던 전직 공무원의 시각에서 파리협정의 의미와 정책적 시사점에 대해 설명하였다. 김신종 교수는 1992년 체결된 UN기후협약은 발효되기까지 2년, 1997년 교토의정서는 7년이 걸린 데 비해 파리협정은 합의한지 1년 만에 발효를 앞두고 있다고 하면서 이는 곧 전 세계가 화석에너지 사용으로 인한 기후변화의 심각성을 크게 느끼고 있다는 것을 보여주는 증거라고 하였다. 또한 김신종 교수는 파리협정의 의의를 기후변화에 대한 정책적, 기술적 패러다임 변화라고 정의했다. 즉, 선진국과 개도국이 함께 노력하는 시스템, 화석연료 중심에서 신재생에너지 중심으로의 에너지 수급 변화, 중앙집중적 에너지 시스템에서 분산형 에너지 시스템으로의 변화가 명시적으로 드러난 것이다. 한편, 미래의 대체에너지는 양적인 측면에서 화석에너지와 경쟁할 수 있고 경제성이 보장되며 지역적 편재성이 적은 자원이어야 함을 설명하며, 현재 수준에서는 실질적으로 화석에너지를 대체할 만한 에너지원이 없기 때문에 기술개발 투자의 확대만이 가장 확실한 정책 수단이라고 강조하였다.

이에 이어 하윤희 교수는 新 기후변화체제에서의 기후변화 대응이 성공하기 위해서는 굉장히 커다란 변화가 필요하다고 역설하였다. 즉, 기후변화가 산업화 시대의 부산물임에는 틀림없지만, 이산화탄소 배출을 산업화 시대의 관점으로만 대응하면 의미있는 변화를 일으킬 수 없기 때문에 패러다임 전환과 거버넌스의 변화가 중요하다는 것이다. 탄소배출권거래제를 포함하여 지금까지 한국의 녹색성장 관련 정책은 대부분의 경우 수혜자가 일부 기업으로 제한적이었으며, 국민들에게

IV. 특집

는 이해관계에 대한 상세한 설명조차 없었던 것이 사실이다. 따라서 앞으로는 국민들의 관점에서 정책이 변모해야 하며, 기존의 녹색성장 정책이 하향식(top-down)에서 상향식(bottom-up)으로 바뀌어야 한다고 강조하였다. 또한 녹색성장 관련 비즈니스 모델을 구축하고 지방정부나 시민들이 쉽게 참여할 수 있는 제도적 창구를 마련하여 혁신적인 비즈니스에 재정 지원이 용이한 미국의 사례를 소개하며 한국 역시 정부 재정 지원 메커니즘에 근본적인 변화가 필요하다고 지적하였다.

마지막으로 강수일 박사는 기술 메커니즘의 역사와 미래창조과학부 내 기후기술협력팀의 역할에 대해 설명하였다. 기술 메커니즘이 처음 등장한 것은 1992년 UN기후변화협약 조항에 국가 간에 기술의 이전·개발·적용·확산을 촉진하고 협력해야 한다는 규정이 포함되면서부터이다. 이후 1997년 교토의정서에는 친환경 기술을 개발하고 이전·촉진해야 한다고 명시하였으며, 2001년에는 기술이전프레임워크(Technology Transfer Framework)라는 전문가 그룹을 만들어 기술 이전의 촉진을 장려하기도 하였다. 그러나 그 동안 개도국은 선진국의 기술 이전을 원하는 반면, 선진국은 지식재산권 문제와 결부지어 기술 이전에 부정적인 입장을 보이면서 국가 간 기술 이전은 많은 어려움을 겪어왔다. 그러나 최근에 기술 메커니즘에 대한 중요성이 재조명되면서, 2010년 UN기후변화협약 산하에 기술 메커니즘 부서가 개설되었다. 해당 부서의 이행기구인 CTCN은 전 세계 160개국의 국가지정기구(National Designated Entity: NDE)와 기술 지원에 대하여 협력한다. 한국의 협력기관으로는 미래창조과학부 내 기후기술협력팀이 지정되었다. 이에 따라 기후기술협력팀은 앞으로 개도국의 기술 수요를 검토하고, 미래창조과학부 산하 정부출연연구기관과 협력하여 한국 기업의 기술 수출 지원 업무를 맡게 되었다고 설명했다. 또한 기후변화에 대응하기 위해서 개도국의 기술 개발 및 이전을 촉진함으로써 개도국과 선진국이 함께 성장할 수 있는 기회를 만드는 것이 중요하다고 강조함으로 토론을 마쳤다.



2016 그린스쿨-제주발전연구원 국제 컨퍼런스의 발표자 및 참가 교수진