2017 Vol.08
발간월: 2017년 10월



2017-8호

모두를 위한 지속가능한 에너지(SDG 7)
(부제: 100% 재생에너지 전환은 실현 가능할까?)

기후환경실 기경석 과장

Ⅰ. 들어가며 02
Ⅱ. UN의 모두를 위한 지속가능한 에너지(SE4ALL) 04
Ⅲ. 100% 재생에너지 전환으로의 장애와 기회 10
Ⅳ. 앞으로의 전망 14
Ⅴ. 나가며 15
참고자료 16

KOICA 한국국제협력단

Sectoral Issue Report

Ⅰ. 들어가며



〈그림 1 NASA 위성 촬영사진〉

○ NASA가 제공하는 인공위성사진을 통해 국가간 전력불평등이 심각하다는 점을 확인할 수 있음.

○ 그동안 전력공급측면에서 경제성과 효율성을 강조하다 보니 개발도상국의 격오지에 거주하는 많은 사람들이 여전히 전기의 혜택을 전혀 받지 못하는 결과를 초래함.

○ 최근 기술의 진보로 인해 태양광, 풍력과 같은 재생에너지의 가격이 하락하고 분산형 전원 기술이 발전함에 따라 전세계 100% 전력보급률 달성을 위한 기회가 열리게 되었음.

○ 최근의 기후변화 이슈는 재생에너지의 범지구적 확산을 위한 기폭제로 작용하고 있으며, 또한, 최근 인류가 직면한 기후변화 대응의 핵심이슈는 탄소배출을 저감하여 지구온난화를 방지하는 것임.

○ 2012년 UN에서 공표한 모두를 위한 지속가능한 에너지(SE4ALL) 이니셔티브와 2015년 지속가능 개발목표(SDG) Goal 7은 현대식에너지의 접근성 강화와 친환경에너지의 범지구적 확산을 위해 달성해야 할 3가지 주요목표를 제시함.

○ 하지만, 최근 국내외 상황을 고려해보면 기존의 화석연료를 100% 재생에너지로의 전환하는데 낙관적이지만은 않은 상황임.

Sectoral Issue Report

○ 대외적으로는 미국의 셰일가스 개발 그리고 기존의 화석에너지 집단 이기주의로 인해 재생에너지로 전환속도가 목표에 비해 더디게 진행되고 있음.

○ 참고로, 대내적으로는 신규원전을 폐지하고 재생에너지로 전환하자는 정부 정책과 관련하여 여러 이해 관계자들간 의견이 대립되고 있는 상황임.

○ 본고에서는 2017년 4월 개최한 UN 모두를 위한 지속가능한 에너지(SE4ALL) 3차 포럼의 핵심내용을 전달하고, 에너지관련 최근 국내외 동향 및 쟁점사항들을 바탕으로 에너지 분야의 향후 전망을 제시하고자 함.

○ 특히, 미래에 재생에너지가 화석연료를 대체하고 100% 재생에너지로 전환이 가능할지 도전과 기회요인을 분석함으로써 그 시사점을 제공하고자 함.

○ 더불어, 본고를 통해 최근 감소추세에 있는 재생에너지 프로젝트와 관련 에너지 분야 국제동향 및 주요 논의내용에 대한 정보를 공유함으로써 개발협력분야에서 에너지분야 사업의 지원필요성에 대한 인식을 제고하고 향후 국제개발 협력사업에서 에너지사업에 대한 적극적인 발굴이 이루어지기를 기대함.

ㅇ 1992년 기후변화협약(UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change) 채택 이후 장기적 목표로서 산업화 이전대비 지구 평균기온을 상승을 어느 수준으로 억제해야 하는지에 대한 논의가 대두됨.

ㅇ 2015년 기후변화 파리협정(COP 21)에서 국제사회는 '2100년까지 지구 온도 상승을 2도 이내로 억제한다'는 목표에 197개 회원국이 합의함.

ㅇ 부문별 세계 이산화탄소 배출량 비중을 보면 에너지부문(전기 및 난방)이 42%로 가장 높은 비중을 차지함.(IEA)

※ 에너지(42%)〉교통(23%)〉산업(19%)〉가정(6%)〉서비스(3%)〉기타 순임.

II. UN의 모두를 위한 지속가능한 에너지 (SE4ALL)

지속적으로 늘어나고 있는 전세계인구와 무분별한 에너지사용 그리고 그로 인해 발생하는 부작용과 지구온난화로 인해 2012년 반기문 UN 사무총장은 2030년까지 △현대식 에너지의 접근성 개선 △에너지 효율개선 비율 2배 증대 △재생에너지 비중 2배 확대하겠다는 3가지 목표달성을 위한 모두를 위한 지속가능한 에너지(Sustainable Energy for All(SE4ALL) 이니셔티브를 공표함.

1. 목적(Goal)

SUSTAINABLE ENERGY FOR ALL	2030년까지 모두를 위한 지속가능에너지 목표달성

2. 목표(Target)

① 현대식 에너지서비스의 보편적 접근 강화
(Ensuring Universal access to modern Energy Services)

② 글로벌 에너지 효율개선 비율 2배 향상
(Doubling the global rate of improvement in energy efficiency)

③ 전세계 재생에너지 비중 2배 확대
(Doubling the share of renewable energy in the global energy mix)

3. 2017년 제 3차 SE4ALL 국제포럼 핵심내용

○ SE4ALL은 Global Tracking Framework(GTF) 2017 보고서 결과를 공개하고, 현재의 지원 추세대로라면 2030년까지 SDG 7(에너지) 목표달성에 비관적인 상황임을 언급함.

ㅇ 제 3차 UN의 모두를 위한 지속가능한 에너지 국제포럼(SE4ALL)은 2017년 4월 미국 뉴욕에서 개최되었음.
동 국제포럼은 정부, 국제기구 및 에너지 관련 기관 약 1,000여명이 참석한 세계 최대 규모의 에너지 분야 국제포럼임.

Sectoral Issue Report

SDGs Goal 7 목표 (2030)	목표치 (2030년)	전망치 (2030년)	현재 (2014)
(SDG 7.1) 전력접근성 개선	100%	91%	85.3%
(SDG 7.1) 클린쿡스토브	100%	72%	57.4%
(SDG 7.2) 신재생에너지 보급	36%	21%	18.3%
(SDG 7.3) 에너지효율 향상	-2.6%	-2.1%	-2.1%

〈표 1 SDG 7(에너지) 목표치 및 전망치〉

○ 2030년 목표 달성에 미흡하며 이러한 현 상황 극복을 위해선 향후 2030년까지 재생에너지 및 에너지 효율분야에 대한 지원을 현재 약 2,500억 달러대비 약 3~6배 늘려야 함을 강조함.

○ 특히, SDG 7.1에 해당하는 클린쿡스토브 보급률은 여전히 매우 낮은데 대해 이에 대한 지원 확대를 촉구함.

○ 에너지는 경제 발전, 사회적 개발 및 지속가능한 환경을 위해 핵심요소임을 설명하며, 에너지가 빈곤 퇴치, 보건 및 교육환경 개선, 여성권익 신장, 깨끗한 물 및 식량 안보를 포함하여 SDGs 여러분야가 에너지 목표와 크게 연관되어 있음을 강조함.

○ 국가별 온실가스 감축 기여방안(NDCs) 목표달성을 위해서는 친환경에너지로의 전환이 필요하며, 이와 더불어 혁신적인 비즈니스 모델과 재원, 그리고 강력한 파트너십의 중요성을 강조함.

ㅇ 분산형 발전: 대규모 장거리 송전시설이 필요없는 소규모 발전소로 최근 태양광 및 풍력 등 신재생에너지 기술이 발전하면서 격오지역의 경우 마이크로 그리드 시스템과 같은 분산형 발전 시스템이 각광받고 있음

1) 전력접근성 개선

○ 2014년 기준 전세계 인구 중 약 10억명이 전기를 이용하지 못하고 있으며, 이보다 많은 약 30억 명이 고형연료에 의존하여 살아가고 있음. 2030년 까지 현대식 에너지 접근성 보장에 대한 목표달성을 위해서는 연간 전기보급률을 0.83%늘리고, 현대식에너지 보급률을 2.66% 늘려야 하지만, 현재 각각 0.27%, 0.46%에 불과해 향후 더 많은 지원이 필요함을 강조함.

○ 기술의 발달, 새로운 비즈니스 모델의 발견, 신규 재정확보 등에도 불구하고 아직 많은 나라들이 분산형 발전*을 도입하고 있지 않음을 설명하며, 전력보급률을 높이기 위해 분산형 전원 확대를 독려함.

○ 한 예로, 아프가니스탄이 2000년 전기보급률이 1%로 매우 낮았는데, 2014년 90퍼센트의 전기보급률을 달성 할 수 있었던 주요 원인이 분산형 발전이었음을 설명함.

○ 친환경 미니그리드 시스템은 중앙전력망으로부터 거리가 멀고 인구밀도가 낮아 전력계통망을 통한 연결이 경제적으로 타당하지 않는 지역에 적합한 시스템으로 이미 격오지역에 있어 미니 그리드 시스템이 비용 효과적으로 전력을 공급하는 수단으로 입증된 바 있음을 설명함.

○ 하지만 이러한 성공사례에도 불구하고 미니그리드의 확산 속도는 SDG 7 목표에서 요구하는 수준보다 매우 더디게 진행되고 있음을 지적하며, 진행을 크게 방해하는 요인으로 규제프레임워크(RegulatoryFramework)와 자금조달(Financing)문제를 주요원인으로 제시함.

2) 신재생에너지

○ REN 21(Renewable Energy Network) 보고서에 따르면 2050년까지 100% 신재생에너지로의 전환이 가능할 것으로 전망하고 있으며, 특히 유럽과 호주 전문가들의 경우 매우 낙관적인 입장을 견지하고 있는 반면 미국, 일본, 아프리카 국가들은 비관적인 입장을 밝힘.

○ 낙관적으로 전망하는 근거로, 신재생에너지 가격이 지속적으로 하락하여 10년 내에 화석연료보다 저렴해질 것으로 전망하고 있으며, 특히 현재에도 태양광 및 풍력의 경우 대부분의 OECD 국가에서는 가격경쟁력을 갖추고 있음을 설명함.

○ 반면, 아프리카, 미국, 일본이 비관적으로 전망하는 가장 큰 이유로는 기존 에너지산업의 기득권의 반발이 큰 원인으로 지목됨.

○ 에너지는 경제 발전, 사회적 개발 및 지속가능한 환경을 위해 핵심요소임을 설명하며, 에너지가 빈곤 퇴치, 보건 및 교육환경 개선, 여성인권 신장, 깨끗한 물 및 식량 안보를 포함하여 SDGs의 여러 분야와 매우 밀접하게 연관되어 있음을 강조함.

○ 근래 개발된 분산형(Distributed) 신재생에너지 기술과 사업모델은 전기 접근성이 떨어지는 열악한 지역에 저렴한 가격대의 안정적인 에너지를 신속히 공급할 수 있는 해결방안으로 제시됨.

○ SE4ALL 이니셔티브에서는 2030년까지 재생에너지 비율을 2배로 확대를 목표로 하고 있으며 이는 최종소비 에너지 가운데 36%에 해당함. 2014년 현재 최종 에너지 소비로 18.3%만이 재생에너지로 공급되고 있으며, 재생에너지의 점유율이 계획보다 더디게 늘어나고 있음. 이는 재생에너지의 보급확산 속도가 충분하지 않다는 점 뿐 아니라 최종에너지 소비량이 지속적으로 늘어나는 측면이 있어 SDG 7.2 재생에너지 점유율을 두배 높이기 위해서는 전체 전력소비량도 함께 제한할 필요가 있음을 강조함.

○ 재생에너지의 경우 전력부분이 전체 재생에너지 발전량의 22.3%로 가장 높은 비중을 차지하지만, 전기는 에너지소비의 20%만 차지하고 열 및 운송수단이 80%를 차지함에 따라 다양한 분야로 재생에너지의 보급방식을 발전 이외에 교통, 난방 등 다양한 곳에 보급이 필요함

○ 또한, 과거 화석연료 가격이 급락하였을 때, 재생에너지의 투자가 늘어난 점을 사례로 재생에너지 보급률은 시장상황 및 정책에 매우 민감하게 반응을 하고 있음을 설명함.

○ 브라질과 아르헨티나의 경우 바이오매스와 수력발전 이외에도 태양광 및 풍력 등 신재생에너지 기술을 도입하기 위한 강력한 정책을 도입하고 있음을 예로 들며, 재생에너지 보급 확대를 위해서는 정부차원의 발전차액지원제도(FIT, Feed In Tarffs)와 같은 재생에너지 확대를 위한 정책의 필요함을 강조함.

3) 에너지 효율

○ 아프리카 등 저개발 국가는 전통적인 바이오매스 사용으로 인해 전 세계적으로 가장 높은 에너지 집약도가 높은 국가로 분류되고 있어 에너지 집약도*를 낮추는 것이 개발도상국에게 있어서 매우 중요한 문제로 인식됨

* 에너지 집약도: 1,000달러 생산을 위해 투입되는 에너지양

○ 송전 및 배전분야의 에너지 효율은 2014년 기준 9%에 이르며 개선속도는 매우 더디게 진행되고 있으며, 특히 고소득 국가(7%)와 저소득 국가(19%)의 송배전 손실의 차이는 매우 큰 상황임

○ 2030년까지 연평균 -2.6%의 에너지 집약도가 개선되어야 하며, 목표달성을 위해서는 현재의 3~6배에 달하는 에너지 효율에 대한 투자가 늘어날 필요가 있음을 강조함.

○ 에너지 효율의 경우 2012-2014년에 국제사회에서 목표로 하는 수치에 유사하게 도달한 유일한 영역이지만 2030년 목표를 달성하기 위해서는 아직 진행률이 더딘 상황임을 설명함.

Sectoral Issue Report

○ 지속가능한 에너지를 위한 규제 지표(RISE)에 따르면, 대부분의 국가가 에너지 효율관련 정책을 수립하지 않은 상황이며, 표면적인 수준에서 활동하는데 그침에 따라 에너지 효율부분에 더 높은 정책 우선순위를 부여해야 한다는 점을 튀니지와 중국의 성공사례를 제시하며 설명함.

○ 대부분의 국가들은 재생에너지 정책에만 집중하고 있는 실정이며, 에너지 효율과 관련하여 인센티브는 9%에 불과하여 에너지효율개선에 대한 인센티브 확대의 필요성을 강조

Ⅲ. 100% 재생에너지 전환으로의 장애와 기회

○ 전문가들은 향후 유가가 50~60달러의 '박스권'을 벗어나기 힘들 것으로 예측한다. 기술 발달로 원유 생산 단가가 낮아졌고, 이른바 '셰일 밴드(Shale Band)' 이론이 작용할 거란 이유에서다. '셰일 밴드'는 국제유가가 50달러를 넘으면 셰일업체들이 생산을 늘려, 유가가 60달러를 넘지 못한다는 이론이다..

장애요소

1) 셰일가스(Shale gas)

○ 최근까지 인류는 석유가 고갈될 미래를 걱정하였으며, 화석연료를 대체할 만한 주력 에너지가 등장하지 않은 상황에서 석유가 고갈될 경우 전세계 경제가 마비될 것을 염려하였음.

○ 하지만, 최근 셰일가스 추출기술의 개발(수압파쇄공법)로 인해 셰일가스의 생산원가를 배럴 당 40달러까지 낮춤으로서 본격적인 셰일 가스 시대가 열리게 되었음. 이로 인해 원유가격이 떨어졌으며, 재생에너지의 보급 확산에 부정적인 영향을 미침.

○ 가격경쟁력에서 밀려 한동안 고전을 면치 못할 것으로 예상된 재생에너지의 가격은 유가하락과 함께 기술의 혁신을 거듭하여 생산단가를 지속적으로 낮췄으며, 현재 '셰일 밴드'에 묶여있는 화석연료 가격과 경쟁구도가 이어져가고 있음. 하지만 셰일 가격이 낮아질 경우 재생에너지 보급·확산에 있어 타격이 불가피함.

○ 지구에 매장되어 있는 셰일가스는 약 200조㎥로 추정되나 정확한 매장량은 아직 아무도 모르는 상황임. 셰일가스는 기존 천연가스처럼 일부 지역에만 매장되어 있는 것이 아니라, 전 세계 곳곳에 고르게 분포되어 있으며, 오바마 전 미국대통령은 인류가 향후 100년 넘게 쓸 수 있는 새로운 형태의 가스로 셰일가스를 소개한 바 있음.

○ 천연가스의 일종인 셰일가스는 추출하는 과정에서 막대한 양의 용수가 필요하며 화학약품 및 첨가제로 인해 토양, 지표수에 심각한 환경 오염을 유발함.

2) 미국의 기후변화협약 탈퇴

○ 도널드 트럼프는 기후변화협약 탈퇴를 선언함에 함께 최근에는 오바마 정부 시절 추진되었던 친환경에너지 정책을 폐지하겠다고 밝힘.

○ 온실가스 배출주범국가중 하나인 미국이 파리 기후변화협약을 탈퇴할 경우 그동안 국제사회에서 합의해온 온실가스 감축목표 달성은 요원해 질 수 있음.

○ 트럼프 행정부는 자국 석탄사업에 유리한 정책들을 추가로 마련하고 있으며, 지난 9월 릭 페리 에너지부 장관은 석탄 및 원자력 발전소에 보조금을 지원해 청정 발전보다 경쟁력을 높이는 방안을 제시함.

○ 미국의 친화석연료 에너지정책이 장기화될 경우 타 국가들에게도 영향을 주게 되고 궁극적으로 전세계적인 재생에너지 보급 확산에 장애물로 작용할 것임.

2. 기회요소

1) 공급단가 하락

○ 대표 재생에너지원 중 하나인 태양광의 공급단가를 살펴보면, 2009년 대비 2016년에 태양광 에너지 공급단가는 기존대비 약 62%로 하락함.

○ 태양광 모듈가격 뿐만 아니라 공급체인에 해당하는 모든 부분에서 가격이 하락하고 있으며 2025년에는 태양광이 세계 대부분의 장소에서 화력발전소보다 더 저렴한 에너지원이 될 것으로 전망되며, 지속적인 가격하락으로 인해 2009년에 비해 약 5분의 1 가격으로 떨어질 것으로 예상됨.

○ 태양광 패널의 효율은 1953년 당시 태양광 입사량의 단 4.5%만을 전기에너지로 변환할 수 있었지만, 2012년 기술개발로 인해 약 15%의 효율을 달성하였으며, 2015년 현재는 약 23.5%의 효율로 1953년과 비교하여 약 5배 이상의 효율을 개선하였다.

○ 현재 지구 전체에서 사용하는 전력량을 태양에너지로 대체할 경우 태양광 패널의 설치면적은 우리나라 국토 면적(99,720km2)의 약 3분의 2를 필요로 한다.



〈그림 3 태양광 공급단가 추이(출처: IRENA, 2016)〉

2) 기술의 진보

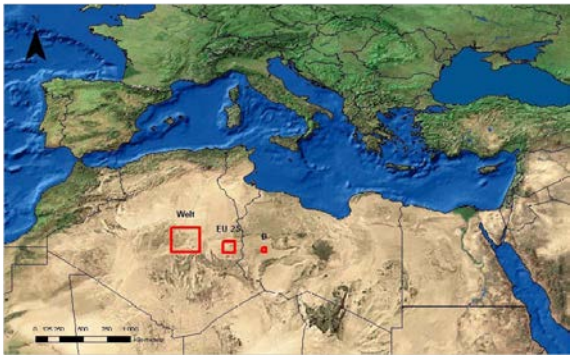
○ 태양광 패널의 효율은 지속적으로 개선되고 있으며, 이는 같은 면적에서 더 많은 양의 에너지 생산이 가능해졌음을 의미함.

○ 특히, 에너지저장장치(ESS) 또는 전력중개를 통해 태양광 에너지 발전량의 조절 및 분배가 가능해짐에 따라 전력망이 연결되어 있지 않은 격오지에 전력공급이 용이해졌고, 계통연계에서는 전력중개를 통해 태양광 에너지의 조달 및 분배가 효율적이 되었음.

3) 풍부한 잠재량

○ 지구로 입사되는 태양에너지는 현재 전세계 인구가 사용하는 전력을 충분히 감당하고도 남을 정도의 에너지량임.

○ 일례로 사하라사막에 전세계 전력량을 충당할 수 있는 태양광 패널을 설치한다고 가정시, 독일 브라운 슈바이그 대학 연구팀에서는 그 설치면적을 아래 [그림 4와] 같이 제시함.



〈그림 4 전세계, 유럽연합 25개 회원국, 독일의 전력공급량에 상응하는 태양광발전 설치면적(출처: Nadine may)〉

○ 붉은색의 가장 큰 사각형이 전세계 발전량을 감당할 수 있는 정도의 태양광 설치면적이며, 두 번째가 EU 25개 회원국 그리고 가장 작은 면적이 독일 전체 전력량에 해당하는 면적임.

○ 태양광 잠재량만을 고려하더라도 지구로 입사되는 태양에너지의 양은 100% 재생에너지로 전환하는데 충분하며, 그 외 소수력 및 풍력 등 기타 재생에너지의 잠재량까지 합산한다면 지구 전체에 전력을 공급할 수 있는 재생에너지 잠재량이 매우 충분하단 점을 알 수 있음.

Ⅳ. 앞으로의 전망

○ 미국의 국제사회의 기후변화 관련 재원 지원을 중단함으로써 국제사회의 기후재원 조성에서 미국의 역할 축소가 불가피할 것으로 전망됨. 특히 미국이 향후 녹색기후기금(GCF)을 포함한 관련 기금 제공에 소극적이거나 계획을 완전 취소할 경우, 국제사회가 목표하고 있는 2020년까지의 연간 1,000억 달러 기후재원 조성은 난항을 겪을 것으로 예상됨.

○ 하지만, 미국 트럼프 행정부가 파리 기후변화협정을 탈퇴하고 친화석연료 에너지정책을 추구하고는 있지만 파리 기후협정 탈퇴에 4년이라는 기간이 소요되기 때문에, 미국이 UN기후변화협약 자체의 탈퇴를 통해 파리협정을 무효화할 가능성이 존재함.

○ 더불어, 미국내 청정에너지 활용을 지지하는 다수 국민여론, 그리고 책임 있는 기후정책을 강조하고 있는 국제사회의 요구를 완전히 외면하기는 어려울 것으로 전망됨.

○ 최근 주요 산유국들의 오일 감산에 합의함에 따라, 유가가격이 상승하고, 이로 인한 석유화학업계가 부활하고 일자리 창출 그리고 오일 머니로 인한 세계경제 호황기에 진입할 것으로 전망됨.

○ 이는 재생에너지가 확산하는데 있어 기회로 작용할 수 있으며, 전문가들의 예측대로 2025년이면 대다수 국가 및 지역에서 재생에너지의 가격이 화석연료에 비해 낮아질 것으로 전망됨. 최근 국제사회에서 재생에너지의 투자가 증가하고 있으며 특히 개도국을 중심으로 이러한 추세가 두드러지고 있음을 주목할 필요가 있으며, 향후 전 세계적으로 재생에너지의 보급 및 확산은 지속적으로 이어질 것으로 전망됨.

Ⅴ. 나가며

○ 미국의 기후변화 파리협정 탈퇴, 셰일가스 개발, 원전 옹호론자 등 국내외 상황을 봤을 때 국제사회가 목표하는 재생에너지 전환목표 달성이 순탄치만은 않은 상황이다.

○ 2017년 제 3차 UN SE4ALL 이니셔티브 포럼에서 전문가들은 현 추세대로라면 SDG 7.에너지 목표달성이 어려울 것으로 분석하고 있으며, 이를 위해 에너지 분야에 대한 국제사회의 지원이 현재대비 약 3~4배 늘어나야 한다고 주장하고 있다.

○ 국제사회에서는 기술과 경제성이 따라주지 않아 그동안 전력에서 소외되어 온 개도국 격오지역에 주목해야한다고 말하고 있다. 최근 재생에너지 가격하락과 함께 기술 개발로 인해 격오지역에 비용 효과적으로 전기을 보급할 수 있는 길이 열렸기 때문이다.

○ 과거 KOICA 에너지분야 지원실적을 보면 동아시아 기후파트너십사업(EACP) 종료 이후 재생에너지 지원이 감소추세에 있다. 반면 EACP사업이 활발히 추진되던 2010년과 비교하여 현재 태양광 설치비용이 반으로 줄어들어 비용대비 사업효과성이 높아진 상황이다. 현재 태양광 공급단가는 지속적으로 하락추세에 있으며, 이와 더불어 기술의 안정성도 크게 향상되었다.

○ 에너지가 빈곤 퇴치, 보건 및 교육환경 개선, 여성인권 신장, 깨끗한 물 및 식량 안보를 포함하여 SDGs의 여러 분야와 매우 밀접하게 연관되어 있다. 이에 따라 향후 개발협력분야에서 친환경에너지에 대한 지원이 확대되어 문명의 이기인 전기를 통해 그동안 전력으로부터 소외되어온 개도국의 많은 사람들이 경제·사회적인 혜택을 함께 누릴 수 있게 되길 기대한다.

참고문헌

문진영·김은미. 2017. “미국 트럼프 정부의 에너지환경 정책과 시사점”, 서울: 대외경제정책연구원

Nadine May, 2005. “ Eco-Balance of a Solar Electricity Transmission from North Africa to Europe” Diploma Thesis, Technical University of Braunschweig, Germany

IEA. 2014, “World Energy Outlook 2014”, Paris, International Energy Agency, OECD

IRENA, 2016. “The power to Change: Solar and wind cost reduction potential to 2025”, Abu dhabi, International Renewable Energy Agency.

REN21. 2016, “Renewable 2016: Global Status Report”, Paris, Renewable energy Network 21.

SE4ALL. 2017. “Global Tracking Framework” New york, Sustainable Energy for All Initiative available at http://www.se4all.org/global-tracking-framework (접속일: 2017.09.20.)

Zachary Shahan. 2014. “Solar Panel Efficiency has come A Long Way(Infographic)” available at https://cleantechnica.com/2014/02/06/technological-advancements-drove-solar-panel-prices/(접속일: 2017.10.10.)