

글로벌기술협력기반육성사업(GT)
심층분석보고서

싱가포르의 그린에너지 정책 동향



산업통상자원부

beyond leading technology

KIAT

한국산업기술진흥원

목 차

I. 개요	1
II. 싱가포르의 에너지 산업 현황과 정책	3
1. 에너지 산업 구조와 변화의 물결	
2. 중장기 에너지 정책	
3. 신재생 에너지 도입과 구조적 한계 극복	
4. 탄소배출 저감 정책	
5. 전기차 산업 동향	
III. 결론 및 시사점	25

탄소중립은 거스를 수 없는 범국가적인 대세가 되었다. 각국 정부는 인류 생존과 미래의 사활이 걸린 과제인 기후위기에 대응하기 위해 범정부 추진 체계부터 강력히 구축하여 탄소중립 사회로의 이행 추진 속도를 높여가고 있다. 탄소중립은 이미 세계적으로 요구되는 새로운 경제이고 탄소 국경세 및 각종규제는 국제질서의 주요 범주로 자리 잡혀가고 있다.

UN은 지난 2015년 파리 협정에 따라 각국에 2030년 국가온실가스 감축 목표와 2050년 장기탄소발전전략(LEDs: Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies)을 제출 할 것을 요구하였다. 유럽, 미국 등 주요국들은 2050년 탄소중립 달성을 목표로 선언 하였으며, 대표적인 탄소배출국 중국 또한 2060년 탄소중립 달성을 선언한 바 있다. 각국 정부는 탄소배출권 거래제를 도입하여 기업들의 탄소 배출 저감을 유도하고 있고, 탄소세와 같은 환경세를 도입하여 탄소 배출이 많은 국가에서 생산된 제품에 수출 진입 장벽을 높이고 있다.

싱가포르는 또한 탄소배출 저감이라는 과제를 달성하기 위해 노력하고 있지만 지리적, 경제적, 산업구조적 한계로 인해 탄소중립 달성 시기는 먼 미래인 21세기 하반기로 미루어 둔 상황이다. 2030년 65 MtCO₂e 탄소배출 최대치를 기점으로 2050년까지 절반인 33 MtCO₂e으로 감축하겠다는 목표를 세워 대응하고 있다.

싱가포르는 동남아시아에 말레이 반도 최남단, 적도 근처에 위치한 도시국가로 서울시보다 조금 큰 약 720 km²의 면적을 차지하고 있다. 좁은 국토와 부족한 천연자원에도 불구하고 동남아시아 물류허브라는 지리적 이점과 체계적으로 구축된 금융, 세무, 법무를 통해 글로벌 투자를 적극적으로 유치하였고, 무역, 금융, 석유와 화학제품 트레이딩, 제조업 및 각종 서비스업 등 성공적인 경제구조를 만들었다. 하지만 이러한 경제·산업 구조가 탄소 배출 저감에서는 불리하게 작용하고 있다. UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change)의 데이터에 따르면 싱가포르는 세계 인구의 0.08%를 차지하는데 반해 전세계 탄소배출에 0.11%를 담당하고 있다. 이미 거의 모든 에너지를 해외에서 수입하고 있는 상황에서 좁은 국토면적으로 인해 추가적인 대용량 신재생 에너지

지를 도입하기에는 매우 한정적이다.

연중 습하고 더운 날씨가 지속되는 열대해양성 기후로 주거시설, 상업시설의 냉방시설이 365일 내내 가동되어야하고, 늘어나는 전기차량과 충전시설 도입으로 전력발전시설 가용량이 포화상태에 근접하고 있다. 코로나 팬데믹으로 인한 포장음식과 쓰레기 배출 증가는 또 다른 탄소배출 증가 요인으로 작용하고 있으며, 부족한 소각시설과 매립시설의 수명을 단축하는 결과를 초래하고 있다.

이에 싱가포르는 2050년까지 최대치 대비 절반에 해당하는 탄소 배출량 저감을 목표로 하고 있으며, 이를 달성하기 위해 다양한 전략적인 계획과 체계를 구축하여 대응하고 있다. 국무총리실(Prime Minister's Office) 전략그룹 산하에 NCCS (National Climate Change Secretariat)를 설치하고 2030년 및 2050년 중 장기 목표와 탄소배출 저감 로드맵을 수립하고 이행하고 있다. 또한, 기술적으로 뒷받침하기 위해 국가연구재단 (NRF: National Research Foundation)과 함께 에너지 기술 로드맵 (Energy Technology Roadmap) 발표를 통해 주요 에너지 및 산업기술 영역에서 향후 전략적 추진과 지원방안을 발표하여 경제와 산업의 부흥 그리고 기후변화 대응을 준비하고 있다.

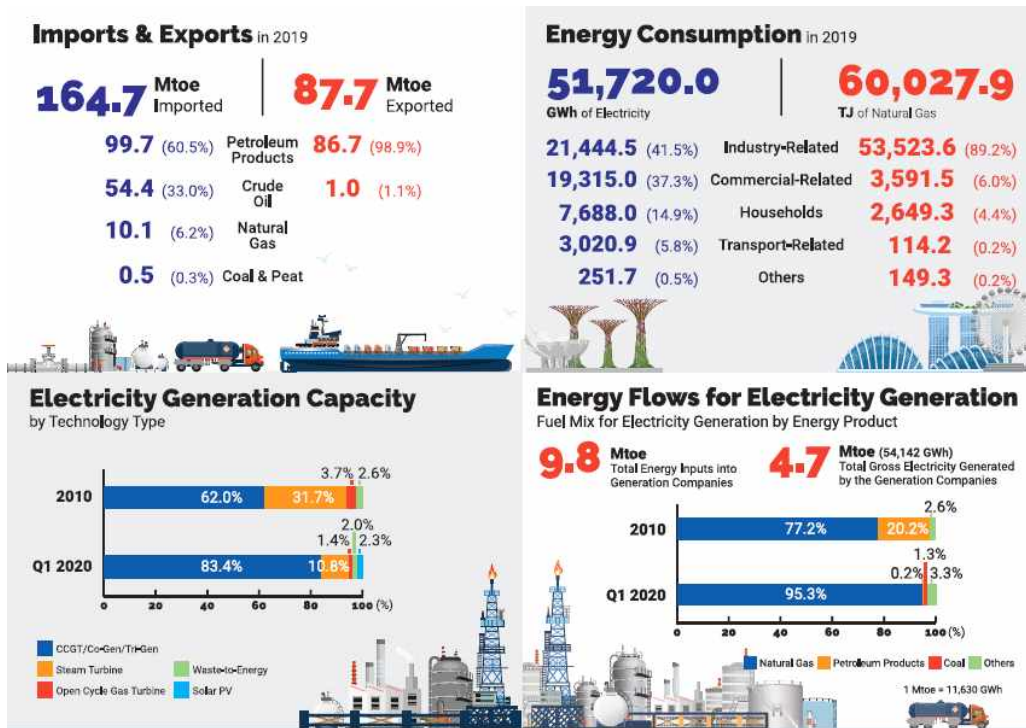
본 보고서는 싱가포르 정부의 다양한 그린에너지 정책과 탄소배출 저감 및 안정적인 친환경 에너지원 도입을 위한 과학기술 그리고 R&D 전략 및 대응방안에 대한 자료를 바탕으로 작성되었다.

1. 에너지 산업 구조와 변화의 물결

싱가포르는 석유와 가스 등의 부존 에너지 자원을 100% 수입에 의존하는 에너지 수입국가이다. 원유와 석유제품이 에너지 수입 비중에서 가장 높지만 이는 대부분 정제, 저장, 유통 과정을 거쳐 석유제품 형태도 상당량이 다시 해외로 수출하고 있다.

또한, 전력 생산에 있어 석유를 통한 화력발전 의존도가 높은 구조에서 청정하고 신뢰성 있는 천연가스 발전 구도로 성공적으로 변모하였다. 현재 천연가스 전력발전이 전체 비중에서 95%를 초과하고 있으며, 5% 이하의 잔여 전력생산의 대부분은 태양광 발전과 폐기물에너지(Waste to Energy) 발전과 같은 신재생에너지가 차지하고 있다.

<싱가포르 2020 에너지 통계 인포그래픽 >



* 출처: 싱가포르 에너지청, EMA: Energy Market Authority Singapore

전력발전에 가장 중요한 자원인 천연가스는 100% 수입에 의존하고 있지만 말

레이시아와 인도네시아에서 연결된 파이프라인 천연가스 (PNG)와 액화천연가스 (LNG) 방식으로 조달 경로를 다변화하고 있다.

싱가포르의 석유화학 산업은 GDP 성장의 5% 이상의 비중을 차지하고 있으며 더불어 파생되는 금융산업, 관련 시설·장비 산업, 일자리 창출 등까지 고려하면 싱가포르 경제에서 제외할 수 없는 큰 부분이다. 그 간, 싱가포르는 석유화학 관련 글로벌 투자의 유치를 통해 세계적인 정제 인프라를 구축하여 아시아 최대이자 세계에서 세 번째로 큰 오일 허브(Oil Hub)로써 자리매김 하였으나, 향후 경제성장과 탄소배출 저감 측면에서는 불리한 점으로 작용하고 있다. 전 세계적인 기후변화 대응과 그린 산업으로의 전환으로 석유의 수요와 공급은 중장기적으로 규모가 축소될 것으로 예측하고 있다. 탄소중립과 친환경 경제로의 전환율이 높아질수록 싱가포르 주룽섬 (Jurong Island)에 구축된 세계적인 규모의 석유화학 시설 운영비는 매몰비용으로 인식될 가능성이 높을 것으로 평가된다.

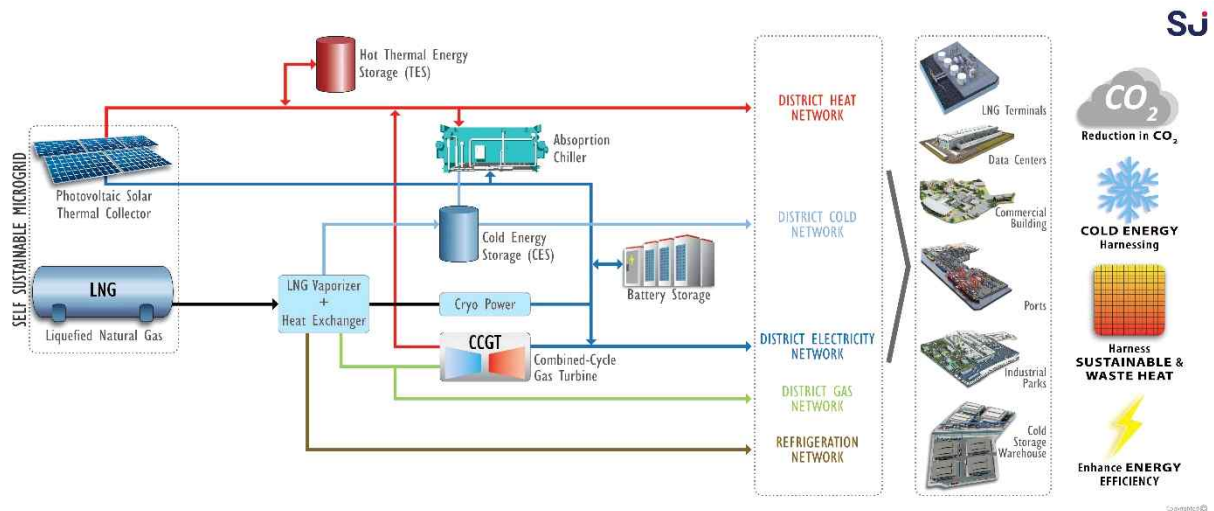
이에 싱가포르 정부는 친환경 에너지 경제 구축이라는 장기 목표 하에 매개체적인 전략으로 천연가스 산업과 경제 육성을 추진하고 있다. 향후 50년간 국가 에너지의 상당부분을 다변화된 천연가스 서플라이 체인 구축을 통해 조달할 계획이다. 인도네시아와 말레이시아로부터 PNG (Piped Natural Gas) 조달을 확대하고, LNG (Liquefied Natural Gas) 수입 라이선스를 기존 2개사 (Shell, Pavilion Energy)에서 4개사로 (21년 3월, Exxon Mobil과 Sembcorp 추가) 확대하여 운영을 시작하였다. 싱가포르는 석유에 이어 글로벌 LNG 트레이딩 허브로 조성하기 위해 기존 천연가스 터미널 SLNG 저장 시설을 확충하고, 추가적인 LNG 터미널 구축을 검토 및 LNG 거래의 활성화를 위해 금융 및 데이터 지원 시스템을 강화해 나갈 계획이다.

또한, 에너지 공급 측면뿐만 아니라 소비에 있어서도 다양한 효율개선과 탄소배출 저감 계획을 수립하고 있다. 적도에 위치한 국가인 만큼 냉방에너지에 소비되는 에너지가 상당함에 따라 효율화된 빌딩 냉방시스템 설계와 디지털화된 에너지 관리 플랫폼 (BEMS: Building Energy Management System)을 활용하여 냉방에너지 소비를 줄여 나가고 있다.

같은 구역 내 소재한 산업단지 내 재배치를 통해 낭비되는 열(waste heat)을 재활용하여 에너지를 절감하고, 신도시와 디지털 단지 건설 시 설계단계에서 일조량을 분석하여 에너지 효율을 높인 건물을 디자인 하고 있다.

또한, 지역냉방(District Cooling) 인프라 적용 확대를 통해 기존의 개별 빌딩 별로 운영되던 비효율적인 냉방 방식을 개선하고 있다. 이를 위해 LNG (액화가스) 자원의 극저온 냉열을 활용하여 효율적인 지역냉방 시스템을 가동할 계획이다. 대표적인 사례로 신산업 및 주거지 단지인 Jurong Innovation District (JID) 와 Punggol Digital District (PDD)에 다양한 에너지 효율화 및 탄소저감 신기술들이 적용될 예정이다.

< LNG + 신재생 에너지 (Cryo-Polygen) 하이브리드 시스템 개요 >



* 출처: Surbana Jurong

2. 중장기 에너지 정책

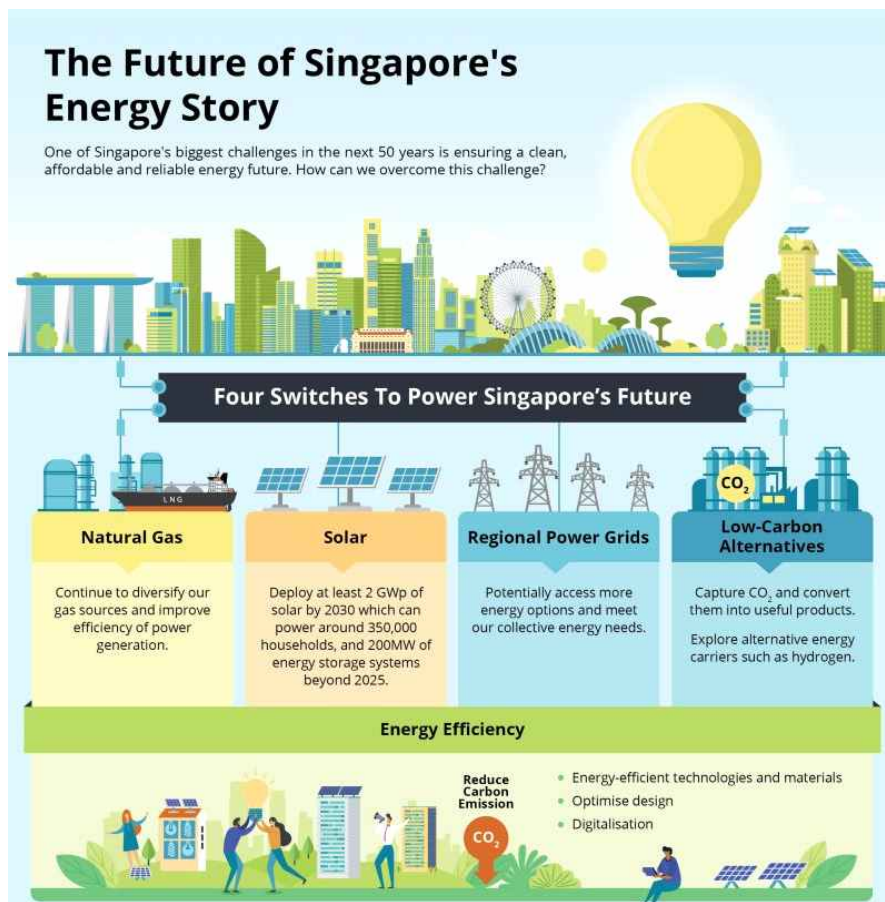
산업화율이 높은 싱가포르의 전력 분야의 탄소배출이 40%에 육박하고 있다. 이를 타개하기 위해 중기적으로 천연가스 비중을 확대하는 것 이외에 미래 저탄소 에너지 균형을 위해 다양한 전략적인 정책과 산업의 전환을 추진하고 있으며, 대표적으로 ①태양광 발전의 확대, ②지역 전력망 구축 그리고 ③저탄소 대체 솔루션 확대가 있다.

① 태양광 (Solar): 싱가포르에서 유일하게 Scale-up이 가능한 재생에너지원으로 2020년 현재 370 MWp (megawatt-peak) 수준에서 2030년까지 약 5.7배 규모인 2 GWp(gigawatt-peak) 수준으로 확대될 전망이다. 또한, 신재생 에너지 간 협성(intermittency)의 취약점을 보완하기 위해 에너지 저장장치 (ESS)를 200 MW규모로 확대할 예정이다.

② 지역 전력망 (Regional Power Grid): 다양한 저탄소 및 가격경쟁력이 높은 전력에너지 공급을 위해 주변국과의 양자협력 체계를 구축해 나가고 있다. 양자 전력 거래 협정 (bilateral power trading arrangements)을 통해 싱가포르에서 자체 조달이 불가능한 수력발전과 같은 신재생 에너지 기반의 전력을 공급받을 예정이다. 대표적으로 2020년 하반기에 라오스-태국-말레이시아-싱가포르 전력 통합 프로젝트(LTMS-PIP)를 통해 100 MW의 전력을 자유롭게 거래할 수 있도록 하는 협력 체계를 구축한 바 있다.

③저탄소 대체 솔루션 (Emerging Low-Carbon Alternatives): 싱가포르는 지속적으로 R&D와 신기술 개발과 발굴에 집중하고 있는 국가로 저탄소 기술에 대해서도 꾸준히 연구와 신기술 도입을 수행하고 있다. 대표적으로 탄소포집기술 (CCUS: Carbon Capture, Utilization and Storage), 전탄소 수소와 같은 기술에 많은 관심을 보이고 있다.

< 싱가포르 미래 4대 전력발전 전략>



* 출처: NCCS LEDS (Long-term Low Emissions Development Strategy)

장기적인 에너지 산업의 혁신을 위해 국가기후변화사무국(NCCS)는 2014년부터 ① 태양광 (Solar Photovoltaic), ② 탄소포집저장 (CCUS), ③ 친환경 데이터 센터 (Green Data Centre), ④ 빌딩 에너지 효율화 (Building Energy Efficiency), 그리고 ⑤ 산업 에너지 효율화 (Industry Energy Efficiency)가 포함된 5대 기술을 선정하고 에너지 기술 로드맵 (Energy Technology Roadmaps) 수립을 통해 종합적인 기본 계획을 마련하고 구체적인 투자를 진행하고 있다.

① 태양광 (Solar Photovoltaic): 국토가 좁은 싱가포르에서 2030년 2 GWp 까지 설치량 확대를 달성하기 위해서는 기술의 발전, 적용영역 확대 그리고 경제성 확보라는 3대 요소가 균형있게 확보되어야 한다. 건물 일체형 태양광 (Building Integrated Photovoltaic)과 부유식 태양광 발전 (Floating Solar)의 확대를 통해 제한된 공간의 활용을 최적화하고 기술 발전을 통해 발전효율을 높이고 초기 투자비용과 긴 투자회수기간(Investment Recovery Period)를 축소하고 있다.

② 탄소포집저장 (CCUS): 탄소포집저장 관련 기술 로드맵에서는 수소경제 활성화 방안에 대해서도 중점적으로 다루고 있다. 신재생에너지를 통한 수전해 친환경 수소 생산뿐만 아니라 기존의 화석연료에서 수소를 추출하고, 탄소를 포집하는 기술개발 로드맵을 강화하고 있다. 하지만 탄소포집과 저장에 있어 큰 두 가지 한계가 있는데 싱가포르의 지질과 지형이 포집된 탄소를 지하 매장하기에는 적합하지 않고, 비용이 높아 경제성이 떨어지는 점이다. 이를 보완하기 위해 지속적인 연구개발과 R&D 투자, 기업협력 프로그램을 가동하고 있다.

③ 친환경 데이터 센터 (Green Data Centre): AI와 Big Data가 일상화되는 디지털라이제이션 (Digitalization) 시대에서 데이터 센터는 확장이 꼭 필요한 중요 자산이 되었다. 하지만 거대한 저장용량과 네트워크 연산 하드웨어 시설을 가동하기 위해서는 높은 전력 사용량과 냉각 에너지가 필요하다. 냉각과 전력분배를 위한 장비에만 데이터 센터 에너지의 50% 가까이 소모되고 있어 전력 소비 저감과 냉각 효율 향상을 위해 LNG 냉열과 수소연료전지를 통한 친환경 전력 공급하는 방안 등 다양한 전략적인 에너지 효율화 방법을 제시하고 있다.

④ 빌딩 에너지 효율화 (Building Energy Efficiency): 빌딩 에너지 효율 향상을 위해 크게 5가지의 카테고리를 나누어 미래의 로드맵을 제시한다. 첫째로 신기술이 접목된 설계를 통해 효율을 향상하고 구역별(District) 전력, 냉방, 에너

지 최적화된 통합화된 설계(Integrated Design) 방식의 도입이다. 둘째로는 건물 외벽에 대한 효율화이다. 유럽에서 광범위하게 적용되는 Passive Haus 기준을 도입하여 외벽 관련 에너지 효율화를 향상하고 신축 건물에는 반드시 에너지 고 효율창 설계와 자재를 사용해야 하는 규제도 도입되었다. 셋째로 공조냉난방 시스템 (HVAC: Heating Ventilation Air-Conditioning)에서의 에너지 효율화에 있어서는 가장 에너지를 많이 소모하는 빌딩 냉각시설 (Chiller)에 대한 개선책을 중점적으로 다루고 있다. 넷째와 다섯째는 각각 빌딩 관리와 정보화 시스템 그리고 R&D 우선순위를 설정하여 기술개발에 대한 방향을 제시한다.

⑤ 산업 에너지 효율화 (Industry Energy Efficiency): 에너지 소비 중 산업부문이 60%로 가장 높은 비중을 차지한다. 그 중에서도 전체 산업 에너지 소비의 76%를 차지하는 석유화학 산업에 대한 에너지 효율화 방안을 중점적으로 제시하고 있다. 흥미로운 점은 각 산업의 공정별 구분과 분석을 통해 에너지 효율 향상을 위한 R&D 방향성을 제시한다는 점이다.

< 5대 에너지 기술 로드맵 (Energy Technology Roadmap) >



* 출처: NRF (National Research Foundation)

3. 신재생 에너지 도입과 구조적 한계 극복

앞서 언급한 바와 같이 싱가포르의 신재생 에너지 도입에 구조적인 한계점이 있다. 국토 면적이 협소할 뿐만 아니라 인구밀도가 높고 잉여 토지 또한 부족하기 때문에 새로운 에너지 자원의 도입에 필요한 공간이 한정적이다. 이에, 다양한 친환경 에너지 기술이 존재하지만 지리적, 경제적 이유로 도입이 매우 어려운 실정이다.

① 풍력 (Wind): 싱가포르의 평균 풍속 (2~3 m/s) 수준과 제한적인 잉여 부지를 고려하면 풍력은 싱가포르에서 가용 가능한 친환경 에너지가 아니다. 싱가포르

포르의 바다는 선박이 지속적으로 이동하는 무역항이기에 해상풍력 개발 또한 쉽지 않다.

② 태양광 (Solar): 가장 활발하게 도입되고 있는 신재생 에너지이다. 하지만 적도에 위치한 국가임에도 불구하고 의외로 일조량이 낮고 흐린 날이 많아 발전 설비 이용율 (Capacity Factor)이 낮은 편에 속한다. 이를 극복하기 위해 다양한 특화된 기술을 개발하고 있다.

③ 원자력 (Nuclear): 안정적이고 장기적인 저탄소 에너지를 공급을 위해 가장 경제적인 발전원이지만, 정부는 타당성 조사를 토대로 원자력의 도입이 힘들다고 결론 내렸다. 가장 큰 이유는 거주지와 발전소간의 안전거리 확보가 불가능하고, 방사선 폐기물 처리가 싱가포르 내에서는 불가능하다는 점이었다.

④ 바이오매스 (Biomass): 싱가포르는 도시 고형 폐기물의 대부분을 소각장의 폐기물 발전 (Waste to Energy) 원료로 사용하고 있다. 이를 통해 2017년에는 약 2.3%의 전력을 생산하였다. 하지만 농업 부산물같은 친환경 공급원료 (Feedstock)의 조달 부족으로 경제성 있는 저탄소 바이오매스 발전의 스케일 업은 달성하기 어려운 과제이다.

⑤ 수력 (Hydroelectric) 및 지열 (Geothermal): 평균 지형 고도가 15m 이하의 저지대에 위치한 섬도시 국가로 대규모 저수지와 수로 확보가 되어있지 않고, 지열자원 또한 경제성 있는 발전소 건설이 불가능하다.

⑥ 조력발전 (Tidal and wave power): 약 4m 수준의 조수간만의 차이가 있어야 경제성 있는 조력발전이 가능하나, 싱가포르 해안선의 조수간만 차이 평균은 1.7m 정도에 불과하다. 또한, 대부분의 해안선이 항만, 산업단지와 해안도시로 활용되고 있고, 외각 지역은 매립을 통해 지속적으로 확장 중에 있어 안정적인 조수간만의 차를 활용할 장소가 없는 실정이다.

태양광 발전은 싱가포르에서 가장 현실적이고 활발하게 설치가 이루어지고 있는 신재생 에너지 자원으로 평가되며, 태양광 발전에 전략적인 선택과 집중을 통해 구조적인 한계를 극복할 수 있는 체계를 마련하고 있다.

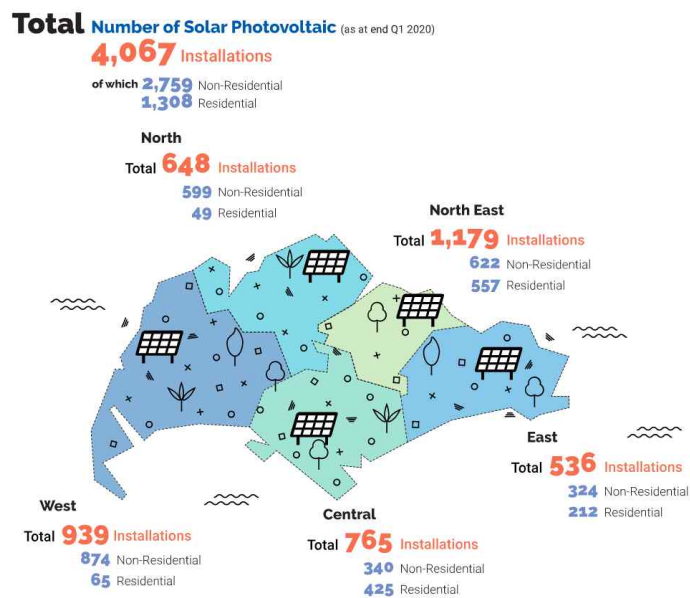
① 설치규모: 싱가포르의 태양광 발전 규모는 2013년 약 15 MWp에서 2000

년 1분기 기준으로 377 MWp까지 드라마틱한 증가를 이루어냈다. 지난 10년간 전력계통에 연결된 태양광 설비는 30여곳에서 약 4,070군데로 증가했고 이중 32.2% 달하는 패널이 주거지역에 설치되었다. 2030년까지 2 GWp 규모로 확대를 위해 다양한 방법을 연구하고 있다.

② 정책과 규제 개선: 싱가포르 정부는 솔라노바(SolarNova) 프로그램을 통해 정책적으로 태양광 발전을 지원하고 있다. 규제를 완화하고 옥상 공간에 태양광 패널 설치를 확대하고 있는데 인구가 가장 많이 거주하고 있는 싱가포르 주택청(HDB: Housing & Development Board) 아파트 단지 옥상면적의 절반 이상을 태양광으로 덮겠다는 계획을 수행해 나가고 있다.

<싱가포르 태양광 발전 설치 현황, 2020.1Q 기준 >

Distribution of Solar Installations in Singapore



* 출처: 싱가포르 에너지청, EMA: Energy Market Authority Singapore

③ 발전공간 확대: 옥상 공간만으로는 태양광 설치량 증가의 한계가 있다. 이에 빌딩 외부에도 도입가능한 건물일체형 태양광 (BIPV: Building Integrated Photovoltaic) 설치량을 늘려가고 있다. 이를 위해 기존의 실리콘 소재 태양광 패널 대신 곡선면에도 적용 가능한 플렉서블 패널 도입과 블라인드와 태양광 일체형 제품도 빌딩에 설치하고 있다. 그리고 저수지와 근해의 수상면을 활용하기 위해 수상 태양광도 확대하고 있다. 2021년 3월에는 싱가포르 북부 우드랜드(Woodland) 근해에 5 MWp의 수상 태양광 발전 시설 가동을 시작하였다.

④ 에너지 효율 개선 및 R&D 투자: 현재 시장에서 상용 중인 태양광 패널의 효율은 18~23% 수준으로 지속적인 기술개발을 통해 효율과 가격 경쟁력을 높이고 있다. 싱가포르 국립연구재단 (NRF: National Research Foundation)은 기본 케이스 (Baseline Progress)와 가속화 케이스 (Accelerated Development)로 나누어 태양광 패널의 효율을 2030년까지 25~30%, 2050년까지는 26~35% 수준의 중장기 기술개발 목표를 설정하였다. 난양공대 에너지 연구소 (Energy Research Institute @ NTU)에서는 2010년부터 신소재 태양광 패널인 페로브스카이트 (Perovskite) 패널 개발에 지속적으로 자원과 시간을 투입하고 있다.

< 싱가포르 북부 Woodland 근해 5MWp 수상 태양광 발전 시설 >



* 출처: Sunseap Group

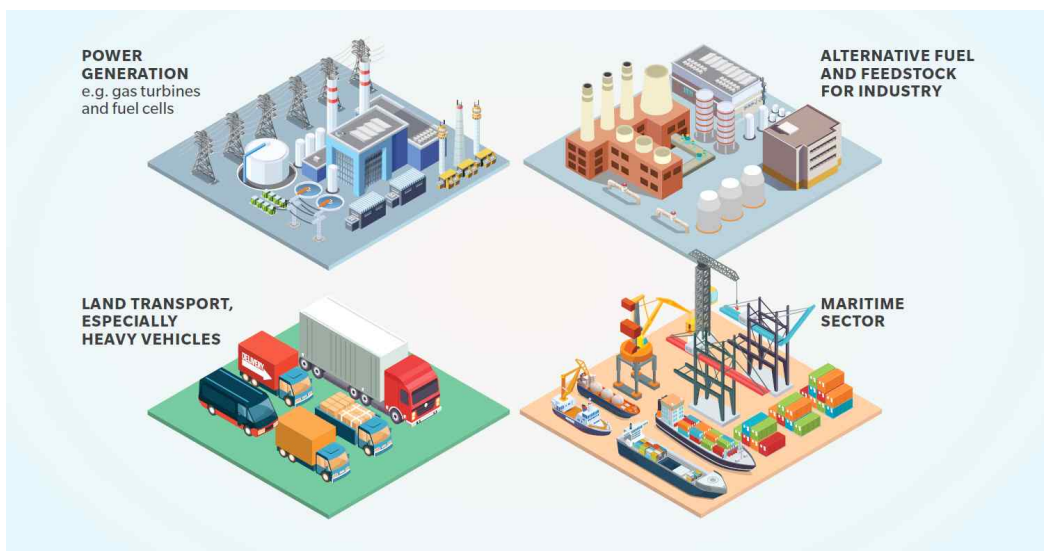
⑤ 에너지 저장장치 (ESS: Energy Storage System): 싱가포르의 전력수요 피크 (Peak Demand)는 7 GW 이고 수요 저점은 5 GW 수준이다. 최저점과 피크치 대비 최대 30%의 갭을 에너지 저장기술의 효율적인 활용을 통해 발전설비 증설 없이 탄력적으로 전력을 관리할 수 있고 간헐성이 높은 신재생에너지 비중 확대도 가능하다. 이에 싱가포르 전력청 (EMA: Energy Market Authority)은 2025년까지 200 MW급 에너지 저장장치 보급을 목표로 세우고 시스템 설치를 추진하고 있다. 현재 배터리형 ESS에서는 리튬이온 배터리의 기술 성숙도와 경제성이 가장 우수하지만 2030~2050년까지 장기적인 시계열로 리튬-황 (Sulfur) 전지와 금속 공기 전지 (Metal air battery) 기술 등을 개발하여 추가적인 경제성

을 확보 할 계획이다.

⑥ 균형 잡힌 전력 수요와 공급 체계 구축: 싱가포르 전력산업은 전력청(EMA)의 주도 하에 2000년대 초반부터 점진적으로 시장을 열어 자율 경쟁 체계를 도입한 선진시장이다. 2021년 현재 도매시장 (Wholesale) 시장뿐만 아니라 소매시장 (Retail) 까지 상당히 높은 수준의 전력거래 자율 체계가 구축되어 있다. 소비자들은 OEM (Open Electricity Market)에서 전력 판매사를 선택하여 다양한 옵션과 가격에 전기를 구매할 수 있다.

전 세계적인 수소 시대의 트렌드에 발맞추어 싱가포르 또한 수소 경제로의 전환에 대비하고 있다. 하지만 수소 경제가 성숙되기까지는 기술발전과 경제성 확보가 큰 과제로 남아있는 만큼 싱가포르는 신중하게 선택적 소규모 수소 기술 적용을 추진하고 있다. 현재 싱가포르에서 다량의 그린 수소 생산은 불가하지만 대규모 석유화학 단지와 산업단지를 활용한 저탄소 수소 생산 체계 구축에는 유리한 점이 있다. 그리고 대부분의 전력생산이 천연가스 발전이기 때문에 Gas turbine에 직접 수소연료를 공급하는 Fuel Mix, Alternative Fuel 기술적용이 가능하다. 또한, 동아시아의 무역 허브로 대규모 항만시설과 중장비들에 적용 가능한 경제성 있는 수소 기술이 있을 경우 짧은 시일 내에 선순환되는 수소 경제 사이클을 구성할 수 있다는 장점이 있다.

< 잠재적 수소 적용 가능 산업 분야 >



* 출처: NCCS LEDS (Long-term Low Emissions Development Strategy)

4. 탄소배출 저감 정책

4.1. 탄소배출 저감 중기 로드맵

2021년 2월 10일 싱가포르 정부는 기후변화에 대응하고, COVID-19 이후 급변하는 대내외적 상황 하에서 지속가능한 국가의 중기 미래 방향성 설정을 위한 'Singapore Green Plan 2030'을 발표하였다. 본 계획은 싱가포르가 친환경적이고 인간이 안락하게 거주할 수 있는 지속가능한 국가를 수립하기 위한 저탄소 발전 전략을 제시하고 있다. 2030년까지 온실가스 최대배출량을 65MtCO₂e로 설정하며 다음과 같이 구체적인 7개의 목표를 설정하였다.

① 자연속의 도시 (City in Nature): 2026년 말까지 공원 규모를 기존 170 ha에서 300 ha까지 176% 늘려 2030년까지 싱가포르 어느 지역에 거주하는 시민도 도보 10분 내로 녹림에 접근가능 하도록 한다.

② 그린 정부 (Green Government): 정부와 공기업이 앞장서서 Sustainability 운영 체계를 구축하고, 공공 분야에서는 탄소배출 최대 피크시기를 앞당겨 2025년 이후로는 총 온실가스 배출량이 감소되도록 한다.

③ 지속가능 한 삶 (Sustainable Living): 친환경 책임 프로그램 (Eco-Stewardship Program)을 교과 과정으로 도입하고 학교의 탄소배출량을 2030년까지 2/3 절감하는 한편, 최소 20%의 학교가 탄소중립을 달성하도록 한다. 2030년까지 시민들의 75%가 출퇴근 시간 공공교통을 이용할 수 있도록 도심철도를 기존 230 km에서 360 km로 늘리고 기타 교통 인프라를 확충한다. 단위 면적별 폐기물 발생량을 2026년까지 20%, 2030년까지 30% 절감하여 소각재로 매립되는 세마카우섬 (Semakau Island)의 수명을 연장한다.

④ 에너지 재설정 (Energy Reset): 디젤택시의 등록을 2025년부터 중단하고 2030년부터 등록되는 모든 일반차량과 택시는 친환경 차량이 되도록 한다. 이를 위해, 2030년까지 전기차량 충전소 60,000 여곳을 확보한다.

⑤ 80% 그린 빌딩화 달성: 'Singapore Green Building Master plan'에 기반한 80-80-80 in 2030 달성을 슬로건으로 내세웠다. 2020년 기준으로 43%의 그린 빌딩 비중 대비 2030년에는 80%를 달성할 수 있도록 계획을 수립하였다. 에

너지 실적 데이터를 능동적으로 수집하고 공개하여 타 빌딩 오너들이 벤치마킹할 수 있도록 한다. 신규 건물과 기존 건물에 대한 최소 에너지 효율 요구사항을 2005년 수준 대비 각각 50%, 40% 더 상향할 수 있도록 규제 할 예정이다.

* 80% 초저에너지 빌딩 (SLEB: Super Low Energy Building): 2030년부터 신축되는 모든 빌딩의 80% 이상을 SLEB가 될 수 있도록 규제화하고 관련 절차를 공식화

* 80% 에너지 효율화율 달성: 2005년 기준 현재까지 우수한 에너지 효율화 증대 수준이 65%로 2030년까지 80%의 에너지 효율화가 가능하도록 60여개 이상의 혁신 기술을 도입

⑥ 친환경 경제 (Green Economy): 2030년까지 궁극적인 태양광 발전 설치량 2 GWp 달성의 중간 마일스톤으로 2025년까지 1.5 GWp 설치를 중간 목표로 신규 태양광 발전소를 확충하고, RIE 2025와 연계하여 신재생 에너지 R&D와 저탄소 신기술 도입 투자를 늘려 친환경 전력 생산을 확대한다. 녹색금융 실행 계획 (Green Finance Action Plan)의 이행을 위한 금융 시스템을 구성하여 아시아의 Green Finance Centre가 되도록 한다.

⑦ 회복 가능한 미래 (Resilient Future): 50억 싱가포르 달러의 예산을 편성하여 해수면 상승에 취약한 저지대 해안선을 따라 간척지와 제방을 건설하여 본토를 보호한다. 좁은 국토로 인한 높은 식량자원 수입 의존도를 2030년까지 국내 식량 자원 조달율 30% 달성한다.

⑧ 전기차의 확대 (Encouraging Electric Vehicle(EV) Adoption): 향후 5년간 SGD 3,000만 달러를 투자하여 2030년까지 전기차 충전시설을 60,000개까지 증축하기로 결정됨에 따라 싱가포르 전기차 시장이 본격적으로 확대될 예정이다. 전기차 도입을 위한 전기차량과 충전소에 대한 혁신부터 사람과 차량을 연계해주는 인터넷 플랫폼, 차량과 충전소/교통 인프라간 능동적으로 통신을 주고받을 수 있는 커뮤니케이션 하드웨어, 소프트웨어 그리고 보안기술 등의 혁신이 적용될 것으로 전망된다.

⑨ 식량 안보 (Food Resilience): 에너지뿐만 아니라 식량안보 확보를 위한 농식품 부문 투자도 적극적으로 이루어질 예정이며, 싱가포르 정부는 농식품 부문

의 기술혁신을 지원하기 위해 SGD 6,000만 달러 규모의 농식품 클러스터 전환 기금(Agri-Food Cluster Transformation Fund)을 조성할 계획이다. 이를 통해, 스마트 팜 (Smart Farm), 도심농장 (Urban Farm)과 열대지역 소규모 농작물 생산 기술과 농산물 생산, 유통, 관리에 필요한 로봇 기술혁신이 가시화될 것으로 보인다.

⑩ 그린채권 (Green Financing): 활발한 그린채권 발행과 투자자 유치를 통해 최대 SGD 190억 달러 규모의 공공 부문 그린 프로젝트가 착수될 예정이며, 공공 건물, 인프라 시설, 산업단지에 필요한 친환경 에너지/전력 생산, 에너지 효율화 증진과 삶의 질을 증진시킬 수 있는 기술에 필수적으로 투자가 이루어질 예정이다.

< 싱가포르 GREEN PLAN 2030 >

SG GREEN PLAN

The Singapore Green Plan 2030 is a national sustainability movement which seeks to rally bold and collective action to tackle climate change.

It is a living plan which will evolve as we work with Singaporeans and partners from all sectors to co-create solutions for sustainability. Let's work together to make Singapore a green and liveable home.

City in Nature
Green, Liveable and Sustainable Home for Singaporeans
✓ Plant 1 million more trees, and have every household within a 10-minute walk from a park by 2030
✓ Develop over 130 ha of new parks, and enhance around 170 ha of existing parks with more lush vegetation and natural landscapes by end-2026
✓ Add 1000ha of green spaces by 2035

Green Government
Public sector will lead on sustainability
✓ Be exemplary in taking sustainability action, including to peak public sector carbon emissions around 2025, ahead of national target
✓ Encourage and enable citizens and businesses to adopt sustainability practices, such as through green procurement

Sustainable Living
Strengthen Green Efforts in Schools
✓ Introduce an Eco Stewardship Programme to enhance environmental education in all schools
✓ Work towards two-thirds reduction of net carbon emissions from schools sector by 2030
✓ At least 20% of schools to be carbon neutral by 2030
Green Commutes
✓ 75% of trips during peak periods to be on mass public transport by 2030
✓ Triple cycling path network to 1,320km by 2030, from 460km in 2020
✓ Expand rail network to 360km by early 2030s, from around 230km today
Green Citizenry:
Reduce waste and consumption
✓ Reduce amount of waste to landfill per capita per day by 20% by 2026, and 30% by 2030
✓ Reduce household water consumption to 130 litres per capita per day

Energy Reset
Cleaner-energy Vehicles
✓ New diesel car and taxi registrations to cease from 2025, with all new car and taxi registrations to be of cleaner-energy models from 2030
✓ Further revise road tax structure to bring down road tax for mass-market electric cars
✓ Target 60,000 electric vehicle (EV) charging points by 2030, with 8 EV-Ready Towns by 2025
Greener Infrastructure & Buildings
✓ Green 80% of Singapore's buildings (by Gross Floor Area) by 2030
✓ 80% of new buildings (by Gross Floor Area) to be Super Low Energy buildings from 2030
✓ Best-in-class green buildings to see 80% improvement in energy efficiency (over 2005 levels) by 2030
Sustainable Towns & Districts
✓ Reduce energy consumption in HDB towns by 15% by 2030
Green Energy
✓ Quadruple solar energy deployment to 1.5 gigawatt-peak by 2025
✓ Tap on cleaner electricity imports, and increase R&D on renewable energy and emerging low-carbon technologies

Green Economy
Sustainability as New Engine of Jobs and Growth
✓ New Enterprise Sustainability Programme to help local enterprises adopt sustainability practices
✓ Develop Singapore to be a carbon services hub, and a leading centre for green finance in Asia and globally
✓ Develop Jurong Island to be a sustainable energy and chemicals park
✓ Leverage opportunities in sustainable industries to create good jobs for Singaporeans
New Investments to be Carbon and Energy Efficient
✓ Seek new investments to be among the best-in-class in energy/carbon efficiency

Resilient Future
Safeguarding our Coastlines against Rising Sea Levels
✓ S\$5b dedicated to coastal and drainage flood protection measures
✓ Formulation of coastal protection plans for City-East Coast, North-West Coast (Lim Chu Kang and Sungai Kadut) and Jurong Island by 2030
Safeguarding Food Security
✓ Produce 30% of our nutritional needs locally and sustainably by 2030, through developing land and sea space and skilled workers, funding support, and promoting R&D
Keeping Singapore Cool
✓ Moderate the rise in urban heat, such as with cool paint and by increasing greenery

Jointly led by:
Ministry of Education Singapore, Ministry of Sustainability and the Environment Singapore, Ministry of Trade and Industry Singapore, Ministry of Transport Singapore

www.GreenPlan.gov.sg

* 출처: Singapore Green Plan 2030

4.2. 탄소저감 2050 계획

싱가포르는 2020년 3월 파리협정에 따라 '국가 온실가스 감축목표(NDC: Nationally Determined Contributions)'와 '장기저탄소발전전략(LEDs: Long-Term Low Emissions Development Strategy)'을 수립하고 제출했다. 가장 눈에 띄는 점은 탄소중립에 대한 선언을 21세기 하반기로 여지를 남겨놓은 점인데, 그만큼 싱가포르의 국토, 지정학적 위치, 경제와 산업 구조가 탄소저감에 있어 불리하다고 볼 수 있다. 장기저탄소발전전략의 핵심내용 요약은 다음과 같다.

- 싱가포르는 2030년까지 온실가스 최대배출량을 65 MtCO₂e로 설정하고, 배출집약도는 2005년 대비 36%를 감축하기로 하고, 2050년까지는 2030년 배출량을 절반으로 33 MtCO₂e까지 감축하기 위한 중장기 목표를 설정
- * 파리협정의 당사국 대부분은 NDC 수립과 2050년까지의 장기저탄소발전전략을 수립하였고, 대부분의 선진국들은 2050년까지 탄소중립 달성을 선언
- * 신재생 에너지 자원이 풍부하고 이미 잘 구축되어 있는 유럽 선진국의 경우 탄소중립 달성을 더 빠른 시기로 선언하였는데 핀란드는 2035년, 아이스랜드는 2040년, 독일과 스웨덴은 2045년으로 설정한 상황
- 싱가포르는 이미 온실가스 배출 감축을 위해 전력발전을 석유에서 천연가스 체제로 전환 하였고, 수송부문에서는 차량 증가를 억제하기 위해 1990년부터 차량등록 쿼터제를 시행하여 연간 자동차와 오토바이의 증가율을 제한하고 있음

싱가포르 장기저탄소발전전략(LEDs)은 기후변화위원회 (IMCCC), 국가기후변화사무국 (NCCS) 등의 조정 기관을 통해 정부 부처간 협업과 감독을 통해 수행된다. 2050년까지 최대 배출량 대비 절반을 감축하고, 향후 반세기 안에 탄소중립을 달성하기 위해 △산업, 경제 및 사회 전반의 전환 △저탄소기술 보급과 확대 △국제협력의 필요성 핵심 전략으로 삼았다.

- * 반도체와 전자제품 제조와 같은 첨단산업에서 배출되는 삼중불화질소(NF₃)를

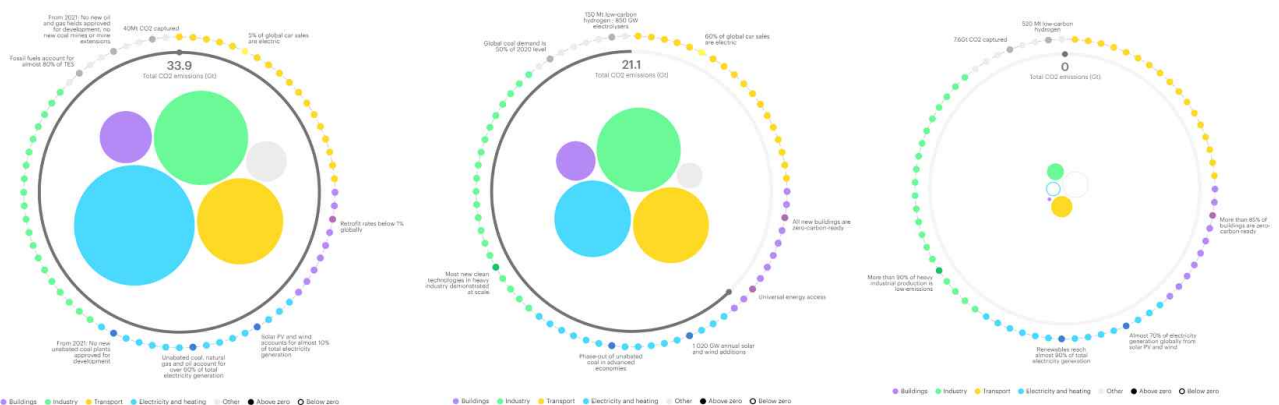
온실가스의 카테고리에 새롭게 포함하여 배출량 절감을 계획

교통과 수송 부문에 있어 2040년까지 내연기관차 운행을 금지하고 모든 차량을 친환경 전기차로 전환하고 충분한 충전소 인프라와 안정적인 전력망 구축을 구상하고 있다. 공공 인프라 시설에 저탄소 기술을 도입하고 수평적인 전개를 통해 창이 국제공항, Tuas 항만, MRT (지하철) 역 등에 에너지 효율화 장비와 LED 전등, 전기충전 시설 등의 전환으로 탄소배출을 저감한다는 계획이다.

또한, 2019년부터 부과되는 온실가스 톤당 SGD 5달러 분담금을 2030년까지 톤당 SGD 10~15달러로 인상할 예정이다.

탄소포집·저장기술 (CCUS)과 저탄소수소 보급·확대를 위한 실증연구와 함께 수소 생산, 저장과 보급 또한 점진적으로 늘려나갈 예정이다. 싱가포르의 대표적인 중화학공업, 유틸리티 관련 기업 (JTC, SJ, PSA, Sembcorp, City Gas, SLNG)등은 수소기술개발 협력을 위해 글로벌 대기업들과 협력 체제를 구축해 나가고 있다.

< 탄소중립을 위한 전세계 2020·2030·2050년 배출량 저감 로드맵 >



* 출처: IEA - International Energy Agency

4.3. 탄소회계(Carbon Accounting)

탄소중립의 미래로 가기 위해서는 기업활동 중 배출되는 온실가스를 감축하는 것이 최우선 과제이다. 기업활동 과정에서 배출되는 온실가스는 전체 온실가스 배출량 중 가장 높은 비중으로 차지하므로 기업이 온실가스 배출량 파악과 감축량의 측정이 가장 현실적으로 가능한 분야이다. 지난 수년간 각국정부와 국

제회계기준위원회 (IASB: International Accounting Standard Board)는 기업의 탄소배출과 지속가능성을 회계기준에 정확히 반영하여 투명하게 추적하려는 노력을 하고 있다.

* 탄소중립시대로의 전환은 기업의 영업활동에도 꾸준히 영향을 끼치고 있으며 글로벌 기업들은 속속 기업의 탄소중립에 해당하는 RE100 (Renewable Energy 100%)를 달성시기와 함께 선언하고 있는 추세

국제회계기준위원회는 국제회계기준 (IFRS: International Financial Reporting Standard)에 향후 탄소배출 절감과 지속가능성을 회계기준에 명확하고 광범위하게 반영할 수 있도록 경영검토의견서(Management Commentary Practice Statement)라 불리는 실무지침 개정판을 2021년 발간 예정이다.

싱가포르는 동남아시아로 자금이 입출되는 금융허브로 수많은 글로벌 기업들이 APAC (Asia Pacific) 본사를 두고 있는 곳으로 탄소배출 절감과 지속가능성과 관련된 새로운 국제회계기준 재정시 가장 빠르게 도입될 경제권역 중 하나이다. 싱가포르의 대표적인 도시개발기업인 Surbana Jurong은 2021년 1월 지속가능 금융 프레임워크 (Sustainable Financial Framework)를 통해 기업의 자금흐름, 투자 그리고 채권의 조달과 재투자 등에 있어서 탄소 배출 저감과 지속가능 (Sustainability) 분야에 필수적으로 자금이 할당될 수 있도록 경영 체제를 구축하였으며, 재무회계 기준이 개정될 경우 즉시 반영할 수 있도록 계획하고 있다.

회계기준의 개정이 규제를 통해 기업의 탄소배출 절감을 수동적으로 유도하고 있지만 수많은 글로벌 기업은 이미 탄소회계는 기업의 이익뿐만 아니라 생존과도 직결된 요소로 보고 능동적으로 탄소 배출량 측정과 저감을 기업활동 전반에 녹아들게 하여 운영 중이며 회계 반영 또한 준비하고 있다. 대표적으로 Microsoft, Google, Apple의 경우 2030년 RE100을 선언하였고, 매출대비 탄소배출 비중이 절대적으로 높을 수 밖에 없는 Shell, BP, Exxon Mobil 과 같은 석유 가스기업도 2050년 RE100 달성에 동참하고 있다.

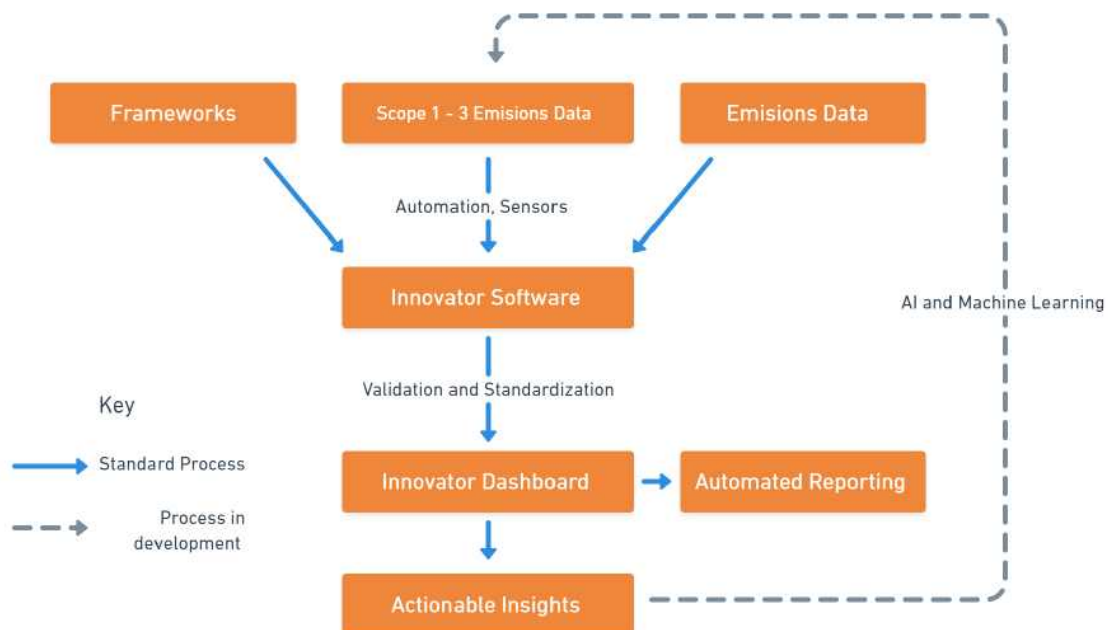
금융투자에도 이러한 전환이 가시화되고 있는데, 세계에서 가장 큰 자산운용 투자사 Black Rock은 포트폴리오 기업에게 기후 관련 재무정보공개 협의체 권고안 (TCFD: Task Force on Climate-Related Financial Disclosure)에 따라 기후위기와 관련된 모든 기업활동을 재무재표에 담을 것을 요구하였다. TCFD는 G20 국

가의 재무부 장관들과 중앙은행 총재들이 설립한 금융안정위원회에서 파생된 기구로 기후 관련 정보 공개에 대한 권고안 수립을 하였다.

탄소회계의 출발점은 측정 (Emission Measurement)을 통해 얼마나 많은 온실가스가 기업활동 중에 직간접적으로 배출되는 지를 정확하게 파악하는 것이다. 이에 따라, 탄소배출 카테고리 (Scope 1, 2 and 3)를 나누어 데이터 수집 (Data Capture)을 하는 디지털 기술력을 가진 기업이 큰 관심을 받고 있다. 대표적으로 Planetly라는 스타트업은 IoT 센싱기술을 이용하여 지능적으로 수집한 데이터를 정밀분석 (Advanced Analytics)과 자동계산 (Automated Calculation)을 통해 기업이 효율적으로 탄소회계를 할 수 있도록 보조한다.

탄소배출 데이터 수집 이후 필수적으로 분석(Analysis), 모니터링 (Monitoring) 그리고 리포팅 (Reporting)의 활동이 뒤따라야 하며 이를 자동화하고 사용자 친화적으로 시각화 할 수 있는 인공지능 알고리즘이 매우 유용하게 사용된다.

< 일반적인 온실가스 저감 기술 모델 >



* 출처: Cleantech Group

5. 전기차 산업 동향

5.1. 개요

전기차량의 탄소 배출량은 충전시 사용되는 전기의 탄소 배출량에 따라 급격하게 변화한다. 전력발전의 95% 이상을 고효율 천연가스 발전을 통해 생산하는 싱가포르의 전기차량 운행시 기존 내연기관 (ICE: Internal Combustion Engine) 차량보다 탄소배출량이 절반으로 감소하는 효과를 가져 올 수 있다. 싱가포르의 모든 차량이 전기차로 운행이 된다고 가정하면 연간 1.5~2 백만톤의 탄소배출량 절감이 가능하며, 국가 전체 탄소 배출량의 4%를 상쇄할 수 있는 수준이다.

현재 전기차량 기술력 증가와 싱가포르의 전기차 인프라 수준을 고려해볼 때, 전기차의 가격경쟁력은 2025년부터 내연기관차량을 앞설 것으로 예상되고 있으며 싱가포르 교통청 (LTA: Land Transportation Authority)는 전기차 로드맵 (EV Road Map)을 통해 전기차량 도입 장려를 위해 자동차세와 전기차 도입 인센티브제, 관련 규정을 재정하고, 충전소 확장 계획을 발표하였다.

LTA는 2020년 60대의 전기버스를 도입하였으며, 2021년 말까지 점차적으로 운행에 투입할 계획이다. 60대의 전기버스 운행시 연간 7,840톤의 탄소량을 절감할 수 있으며, 이는 1,700대의 승용차의 탄소 배출량과 맞먹는 수준이다. 싱가포르에는 현재 총 96만대의 차량이 등록되어 있고, 그 중 승용차가 약 56만 대이다. LTA는 ICE Phase out plan에 따라 2025년부터 2040년까지 15년간 대략 37,000/년 수준의 전기차 조달을 구상하고 있다. 이러한 전기차 수요를 자체 조달하기 위해 싱가포르 정부는 현대차와 합작을 통해 현대차 글로벌 혁신 센터 (HMGIC: Hyundai Motors Global Innovation Centre)를 건설하고 있다. 2022년 완공될 센터는 다양한 모빌리티 기술혁신 이외에 스마트 팩토리 기술을 전기차량 30,000대/년 생산 라인을 2025년까지 완성할 예정이며, 추가적인 전기차 수입을 통해 2040년까지 전기차로의 100% 전환 목표를 달성할 가능성을 높이고 있다.

싱가포르 교통청 (LTA)은 2040년 친환경 차량 전환 달성과 지속가능한 운영을 위해 국립전기차센터 (NEVC: National Electric Vehicle Centre)를 설립하였다. NEVC는 △ EV 종합계획 (EV Masterplanning) △ EV 규제·표준 (Regulation) △ 산업·연구협력 및 인력개발 (Industry Engagement, Manpower Development & Research) 3개 부문의 조직으로 구성되어 있으며, 전기차량의 광범위한 확장을

가속화를 위해 전기차량 도입, 충전소 확충, 관련 규정과 표준 수립 그리고 관련 생태계 안정화 등을 담당할 예정이다.

5.2. 충전 인프라 확충

전기차량 운행에 있어 전기차 충전소는 반드시 필요한 인프라적 요소이다. 싱가포르 정부와 교통청은 원활한 전기차 도입 가속화를 위해 종합적인 대책과 계획을 통해 친환경 교통 생태계 창출을 마련하고 있다.

충전소의 경우 2030년까지 60,000개까지 확장할 계획이며, 이중 40,000개소는 공공주차 시설에, 20,000개소는 콘도 및 주택 등 민간부지에 설치할 계획이다. 이전까지 전기차 충전 시스템의 기술표준과 안전관리는 에너지청 (EMA: Energy Market Authority)의 기술 레퍼런스 25 (TR 25: Technical Reference)를 통해 관리되었으나, 정확하고 효율적인 기술표준 제정 및 시장형성을 위해 교통청 (LTA)이 전기차 충전 시스템 규제를 담당하도록 변경되었다. 교통청은 2021년말까지 산업 관계자와 학계와의 협력을 통해 TR25의 종합적 검토하고 완성할 예정이다.

공공택지 토지의 경우 도서지역별로 충전소가 단계적으로 시행되며, 2025년까지 8개의 'EV-Ready Towns'이 조성될 예정이다. 8개의 우선 지역에 모든 공공 아파트 (HDB)에 전기차 충전시설이 갖춰지고 2030년까지 싱가포르 전 지역의 공공아파트가 EV-Ready Town으로 조성될 계획이다.

< EV-Ready Town 우선 도입 지역 >



* 출처: Singapore Land Transportation Authority

교통청은 공영주차장 등에 대량으로 전기차 충전소 설치할 계획이다. 이를 위해 2021년 4월 정부 조달포탈에 (SG Government Procurement Portal - GeBIZ) 정보 요청 (RFI: Request for Information)을 공고하여 상업적으로 지속 가능하고 안정성이 확보된 기술을 도입한다는 전략이다.

5.3. 전력망 시스템 혁신

전기차량 운행과 충전소 확대는 국가 전력망 시스템(Naitonal Grid System)의 과부하를 유발한다. 동시다발적인 전기차 충전으로 전력사용 최대치가 급작스럽게 상승하게 되면 탄소배출이 많은 비상발전시설 가동이 필요하기 때문에 안정적인 국가 전력시스템 수립은 반드시 필수적이다.

싱가포르 정부는 스마트 그리드 2.0 (Smart Grid 2.0)를 통해 기존의 전력망 시스템이 전기차와 디지털화된 경제를 수용할 수 있도록 보완하고 있다. 스마트 그리드 2.0의 핵심은 △ 신재생 에너지 전력발전 비중을 최대 25%까지 확장 △ ESS와 분산전력, 마이크로그리드를 기존 시스템과 통합 △ 양방향 교류 전력과 통신망 구축 △ 소규모 분산 발전원과 및 전기차 배터리로 부터의 전력이 판매 될 수 있도록 시스템 구축 △ 자연재해와 발전 수요 등락에 안정적으로 대응할 수 있는 하드웨어, 소프트웨어 시스템 구축 등이 있다.

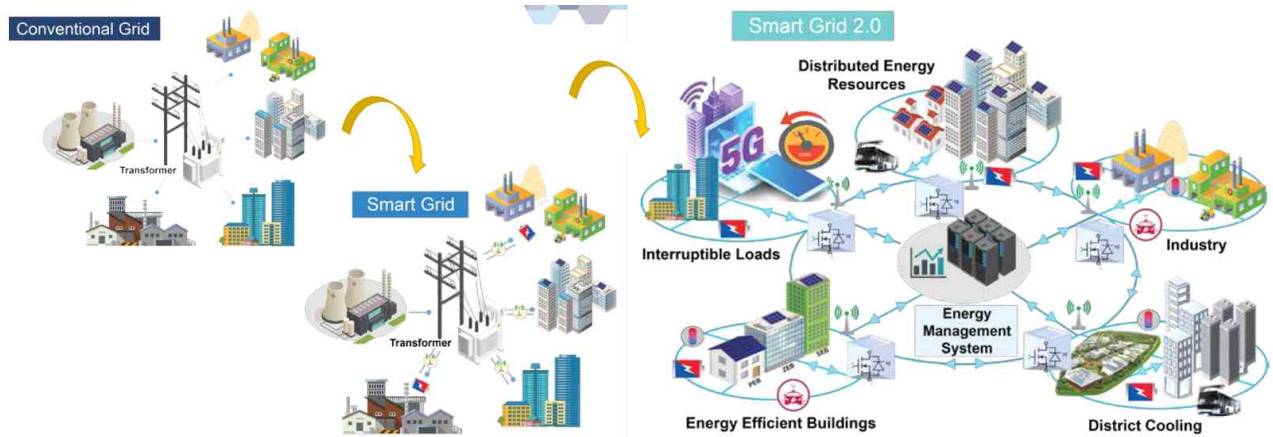
현재 싱가포르에는 약 30여개에 해당하는 전력소매 기업들이 활동하고 있으며, OEM (Open Electricity Market) 체계의 구축 덕분에 스마트미터, 수요반응시스템, 스마트홈 기반 에너지 효율성 개선 솔루션, 마이크로그리드 등의 신기술 수요가 비약적으로 증가되는 추가 경제가 창출되고 있다. 에너지 기업들은 일반 고객 유치를 위해 필요한 가입 신청부터 전기요금 청구 및 수납까지 커버하는 디지털 기술에 개발 보급도 확대하고 있다.

싱가포르에서 전기차 충전소의 광범위한 보급과 확대는 기존 전력시장의 파이를 늘려 더 큰 추가적인 경제를 창출하고 있다. 전기차 충전소, 전력망과 충전소를 연결해주는 Power Electronics와 같은 하드웨어 제품뿐만 아니라, 기업과 소비자가 효율적이고 경제적으로 충전시설을 활용할 수 있게 하는 소프트웨어 솔루션과 플랫폼 그리고 보안관련 기술의 수요가 지속적으로 증가하고 있다.

2018년 국립연구재단 (NRF)와 난양공대 에너지 연구소 (ERI@N)는 SPECS -

Smart Grid & Power Electronics Consortium Singapore 라는 컨소시움을 구성하여 싱가포르 산업과 경제에 적합한 전력망과 전력장치의 연구와 표준화 그리고 실증까지 시행하고 있다.

< 전력망 시스템 전환 from Conventional to Smart Grid 2.0 >



* 출처: SPECS – Smart Grid & Power Electronics Consortium Singapore

싱가포르의 그린에너지 전략은 탄소중립(Carbon Neutrality), 지속가능성(Sustainability) 그리고 에너지 안보(Energy Security)에 초점

좁은 국토와 높은 주거비율과 산업화로 인해 탄소중립의 시기를 먼 미래로 미뤄놓은 데에는 국가와 에너지 안보의 직결되는 영향도 있다. 한정적인 국토와 산업구조 탓에 기존의 산업을 저탄소 신사업으로의 전환이 쉽지 않아 지속가능한 경제를 구축하기가 어려운 탓이다. 하지만 늘어나는 기후변화 위기와 해수면 상승에 취약한 섬나라이기에 저탄소 경제 구축은 피할 수 없는 과제이다. 지속 가능한 경제와 에너지 안보를 동시에 만족하기 위해 싱가포르는 새로운 주도권을 잡기위해 끊임없이 노력하고 있다.

탄소배출거래가 활발하게 증가하고 국제표준화의 작업을 UN과 World Bank 등과 같은 국제기구가 추진하는 가운데 싱가포르는 무역, 금융, 석유거래 허브의 이점을 살려 탄소배출권 거래(Carbon Trading)의 중심지로 거듭나기 위해 노력하고 있다. 최근 싱가포르에서는 DBS Bank, Singapore Exchange (SGX), Standard Chartered and Temasek와 같은 은행과 국부펀드가 협력하여 Climate Impact X (CIX)라는 Joint Venture를 출범하였다. CIX를 통해 신뢰성 있고 질 높은 탄소배출권(Carbon Credit) 거래를 활성화 시키고 동남아시아 탄소배출권 거래 허브로 자리 잡아 탄소중립의 주도권을 잡겠다는 의지이다.

과거 오일 트레이딩 허브로 큰 경제적 이점을 선점했던 싱가포르는 탄소중립 경제로의 전환과정에서 확대되는 에너지 자원인 천연가스에서도 아시아의 주도권을 잡기 위해 천연가스 트레이딩 허브 구축을 위해 기존 천연가스 터미널 SLNG 저장 시설을 확충하고, 추가적인 LNG 터미널 구축을 검토 및 LNG 거래의 활성화를 위해 금융 및 데이터 지원 시스템을 강화해 나가고 있다.

싱가포르는 자국 내 전력망 시스템의 안정화를 위해 ASEAN 회원국들과 다국적 전력망 연계사업을 진행하고 있다. 정기적인 ASEAN 에너지 장관회의를 중심으로 전력망 연계를 양자 간에서부터 소규모 지역망 그리고 ASEAN 지역 전체까지 달성하기 위해 점진적인 협의를 하고 있다. 싱가포르는 2020년 하반기 라오스-태국-말레이시아-싱가포르간 전력 통합 프로젝트(LTMS-PIP)를 통해 100



MW의 전력을 자유롭게 거래할 수 있도록 하는 협력 체계를 구축하였고 이를 아세안 전역으로 확장하고 있다.

싱가포르 정부는 대외적으로는 국제재생에너지기구(IRENA), UNESCAP(유엔아태경제사회이사회), 국제에너지기구(IEA) 등 국제기구들과의 협력을 강화하고, 내부적인 시장혁신 (Market Innovation)을 완성할 수 있도록 선도적인 역할을 하고 있다. 에너지 시장에서의 4대 핵심요소인 △ 인력(Workforce) △ 연구자(Researchers) △ 산업계 △ 개인 소비자의 핵심 needs를 통합하여 수집된 데이터를 활용하고 이를 분석하고 디지털 시스템에 접목하고, 난이도가 높은 과제를 연구개발을 통해 풀어나감으로써 시장의 혁신과 이를 효율적으로 소비할 수 있는 전주기 (Total Life Cycle)적인 솔루션 체계를 구축해 나가고 있다.

글로벌기술협력기반육성사업 심층분석보고서

싱가포르의 그린에너지 정책 동향

발 행 일 : 2021년 5월 일
발 행 처 : 한국산업기술진흥원
가 격 : 비 매 품



GT 심층분석보고서는 국제기술협력정보시스템(<http://gtonline.or.kr>)을 통해 보실 수 있습니다.
본 브리프의 내용은 싱가포르 한인공학자협회(K-TAG)의 자문과 협조를 통해 작성된 저자
개인의 의견으로 각 기관의 공식 입장과는 무관합니다.