

GT 베트남 거점



GT Insight

GLOBAL TECH KOREA

2022-GT-VT-022

싱가포르 에너지 R&D 지원정책 및 기술육성 동향

CONTENTS

I. 개요

II. 싱가포르 에너지 정책과 산업구조

III. 싱가포르 에너지 R&D 지원정책

IV. 에너지 R&D 지원 프로그램 동향

V. 향후 싱가포르 R&D 지원방향

- ❏ 싱가포르의 50년 뒤의 상세한 국가모습을 세워 계획을 수립하기로 잘 알려진 국가이다. 안정된 정권과 장기플랜을 일관되게 수행하는 정책을 바탕으로 한정된 자원과 인력을 효율적으로 운용하는 싱가포르 정부는 30~40년 후의 종합적인 상황을 고려하여 고안한 컨셉플랜(Concept Plan)과 10년 후를 내다보고 계획한 마스터플랜(Master Plan)으로 국가의 생존과 발전을 도모해나가고 있다.
- ❏ 국가의 운용에 정치, 경제, 국방, 민생 등 모든 측면을 구체적으로 관리해야 하는데 그중에서도 에너지안보와 재난대응은 장기 국가 운영계획에 포함 되어야 할 핵심 요소이다.
- ❏ 특히 파리기후협약 이후 탄소배출 저감의 중요성에 대한 인식이 급속도로 높아짐에 따라 탄소중립 산업과 경제로 향한 국제 공조가 이루어지는 동시에 경쟁과 헤게모니 대립의 움직임도 보이고 있다.
- ❏ 싱가포르도 이런 범 국가적인 트렌드에 대응하고 지속가능 산업경제구조 구축을 위해 장기 컨셉플랜과 중단기 마스터플랜을 공포하였다.
 - 2025년 - RIE 2025 (Research, Innovation and Enterprise 2025)
 - 2030년 - 그린플랜 2030 (Green Plan 2030)
 - 2050년 - 장기저탄소발전전략 (LEDS: Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies)
- ❏ 이러한 국가적인 전략은 싱가포르 총리실 (President Office)에서 시작하여 각 영역을 담당하는 장관부처와 정부기관, 공기업, 민간기관의 거미줄과 같은 소통체계를 통해 구체적인 실행안이 수립되고 관리된다.

- 특히 싱가포르에는 민영화된 기관과 공기업이 많아 정부 주도 전략이 회사 운영지침에 일괄적으로 잘 반영되는 구조이다. 에너지 산업은 기초 투자와 기반 인프라의 규모가 크게 투입되고, 특히 거의 모든 에너지 자원을 수입하는 수요와 공급이 비대칭적인 싱가포르에서는 정부의 전략에 따른 산업, 학계, 연구소, 관청, 민간(산학연관민)의 체계적으로 협력이 이루어지는 분야이다.
- 시작의 원천은 R&D 정책에 기반한 기술, 기업, 인재 육성이라고 볼 수 있고 궁극적으로는 자생가능하고 지속가능한 에너지 기술의 상업화·기업화라고 볼 수 있다. 이를 위해서는 기초연구부터, 응용연구, 사업화, 규모와 영향을 성장시키는 스케일업(Scale-up)까지의 체계적인 지원과 육성이 필요하다.
- 싱가포르 에너지 환경의 복잡성, 지리적 한계 및 에너지 정책의 전략적 중요성은 정부 전체의 접근 방식을 필요로 한다. 싱가포르 정부는 복잡하게 얽힌 에너지 산업에서 포괄적이고 효율적인 육성을 위해 에너지 정책그룹(EPG: Energy Policy Group)을 구성, 에너지 정책과 전략 수립 및 조정하는 역할을 했다.
- 에너지 정책 그룹(EPG)의 다양한 가닥들을 함께 끌어내어 일관된 에너지 정책을 구성하는 작업은 2000년 초에 시작되어 싱가포르의 에너지 정책과 전략을 수립하고 조정하는 역할을 했다.
- 국가 에너지 정책 프레임워크의 개발과 더불어 전력 및 운송 부문, 에너지 효율성, 기후변화, 에너지 산업, 에너지 연구개발 및 국제 에너지 파트너 참여 등 광범위한 에너지 문제를 연구했고, 청정 에너지 R&D 생태계 구축을 위해 수년간 다양한 조직의 개선이 이루어졌다.
- 싱가포르의 녹색 경제 정책으로 현재 약 70,000여개의 고용이 창출되고 국가 GDP에 약 70억 달러를 기여하고 있는 것으로 추정되며, 향후 지속적인 청정 에너지 경제 확장을 진행시킬 예정이다.

- 지정학적으로 부족한 에너지 자원을 극복하기 위해 태양광 규모를 2030년까지 6배 이상 확장하고 주변 국가로부터 청정 에너지원 조달 다변화 프레임워크를 구축하고 있다.
- 이와 더불어 싱가포르는 장기 투자를 통해 에너지 R&D와 혁신(Innovation) 생태계를 구축해 나가고 있으며, 지속적으로 산업과 경제에서 탄소배출저감 효율화율 국가(carbon-efficient countries) 세계 20위내로 진입했고, 더 높은 상위권 국가가 되고자 노력하고 있다.

II

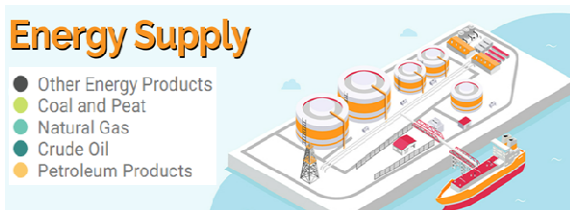
싱가포르 에너지 정책과 산업 구조

- ❖ 국가 간 공조의 핵심에서 탄소중립은 거를 수 없는 주제이다. 각국 정부의 기후변화 위기에 대한 완화(Mitigation)와 적응(Adaptation) 향상 구축은 환경을 넘어 지속가능한 경제 구성의 핵심이 되었다. 탄소중립은 글로벌 시대에 요구되는 필수요소로 자리 잡았으며 각종 규제와 탄소 국경세는 글로벌 경제 구성의 주요 장치로 사용되고 있다.
- 2015년 파리 협정에 따라 UN은 각국에 2050년 장기 탄소감축 전략과 2030년까지 감축할 Green House Gas Emission 목표치 제출을 의제화.
- 글로벌 선진국의 대부분은 2050년 탄소중립 달성을 목표로 선언하였으며, 일부 유럽 국가는 2040년까지도 탄소중립을 앞당기겠다는 의욕적인 목표를 선언하고, 중국 또한 2060년까지 탄소중립을 선언.
- ❖ 또한 싱가포르도 탄소중립 달성을 위한 의욕적인 대응을 하고 있지만 높은 중공업 산업비중과 신재생 에너지 자원 부족이라는 지정학적인 한계에 의해 탄소중립은 2050년 이후 정해지지 않은 시점으로 미루어두고, 2030년까지 65 MtCO₂e 규모의 탄소배출을 기준으로하여 절반규모인 33 MtCO₂e의 배출수치 감축을 2050년까지 목표로 내세워 그린 산업 육성과 경제 발전 균형을 맞추어 나가고 있다.

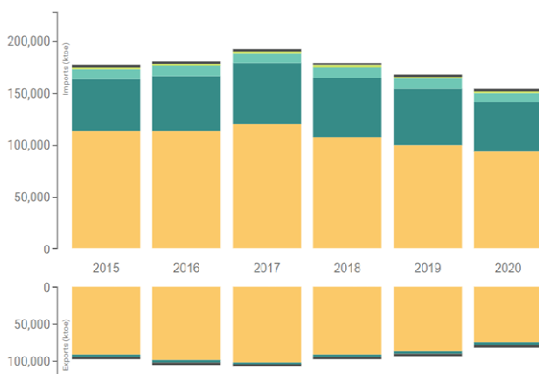
가. 에너지 프로필과 통계

- 싱가포르의 에너지 자원은 100%를 수입에 의존하는 국가로 에너지 가격에 민감할 뿐만 아니라 에너지 자체의 탄소배출이 국가 전체 상당량을 차지하고 있다.
 - 싱가포르는 원유와 석유제품을 수입하고 정제와 재 유통 과정을 거쳐 석유제품 형태로 해외로 수출하거나 선박 벙커링에 상당수 활용.
 - 천연가스 수입 거의 전량은 전력 생산에 활용. 현재 전력발전 비중에서 천연가스가 95%에 달하고 있고, 5% 정도의 잔여 전력생산에서 대부분은 폐기물 소각로에서 생산되는 Waste to Energy와 태양광 발전이 차지.
 - 전력발전에 가장 중요한 자원인 천연가스의 원활한 수급을 위해 액화천연가스를 전용 터미널을 통해 수입하고 말레이시아와 인도네시아에서 연결된 파이프라인을 통해 천연가스를 수입하는 (PNG)방식으로 조달 안정성 향상.

〈 싱가포르 에너지 통계. 2021 상반기 기준 〉



IMPORTS OF ENERGY PRODUCTS



ELECTRICITY CONSUMPTION BY SECTOR

Overall Electricity Consumption:
25.9 TWh in 1H 2021*

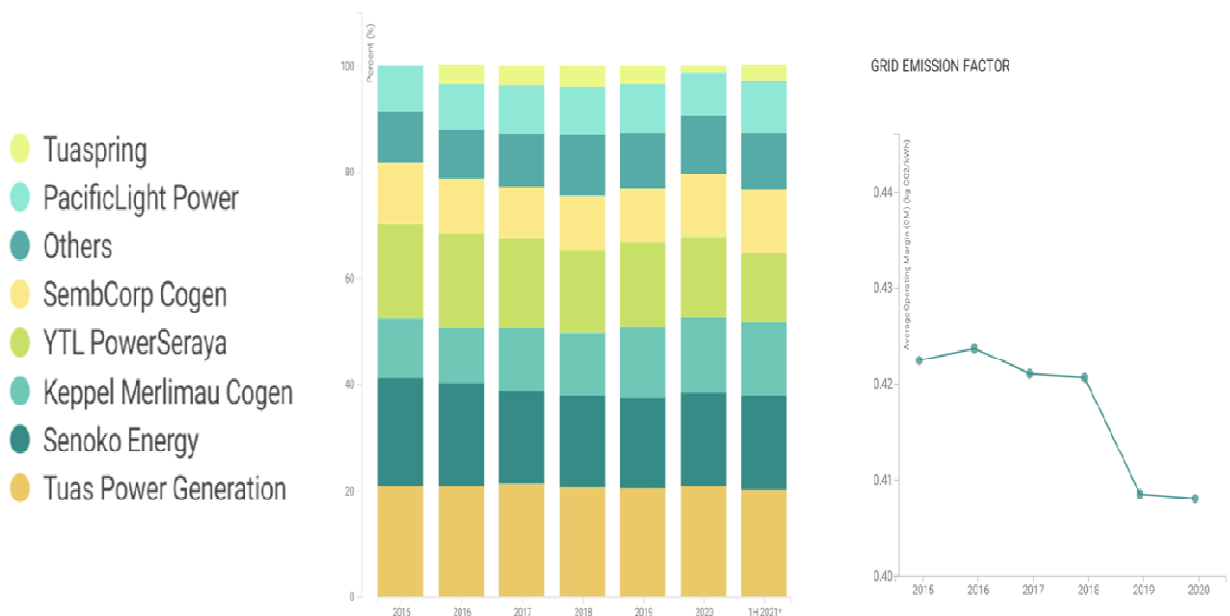


출처: 싱가포르 에너지청, EMA: Energy Market Authority Singapore

싱가포르의 전력시장은 상당히 개방되어 많은 민간 전력생산자와 전력거래자가 존재한다. 특히 2010년 이후로 시장에 새로 진출한 민간 발전사 (MPP: Power Producer)가 늘어나면서 전력시장의 발전속도를 높였다.

- 경제성장과 같이 전력소비량도 늘어나며 전력발전소 확충 수요와 맞물려 민간 전력 발전사의 시장 진출 발생. 싱가포르에서 가장 큰 전력 생산 3개사 (Tuas Power, Senoko Energy, YTL PowerSeraya)의 전력 비중이 2005년에는 89% 수준이었으나, 2014년 Paific Light Power와 2015년 Tuaspring의 진출을 바탕으로 현재는 60% 밑으로 시장 점유율 하락.
- 전력생산에서 발생하는 탄소배출은 Grid Emission Factor (GEF)로 측정이 됨. GEF는 1 MWh 혹은 1 KWh에 배출되는 평균적인 탄소량을 통계를 낸 것으로 2015년 0.425 kg CO₂/kWh에서 2020년에는 0.408 kg CO₂/kWh까지 절감. 지속적으로 저탄소 발전기술 도입과 폐열발전과 시설내 태양광 발전 추가를 통해 GEF를 낮추기 위해 노력.

〈 전력생산자 비중 및 Grid Emission Factor 〉



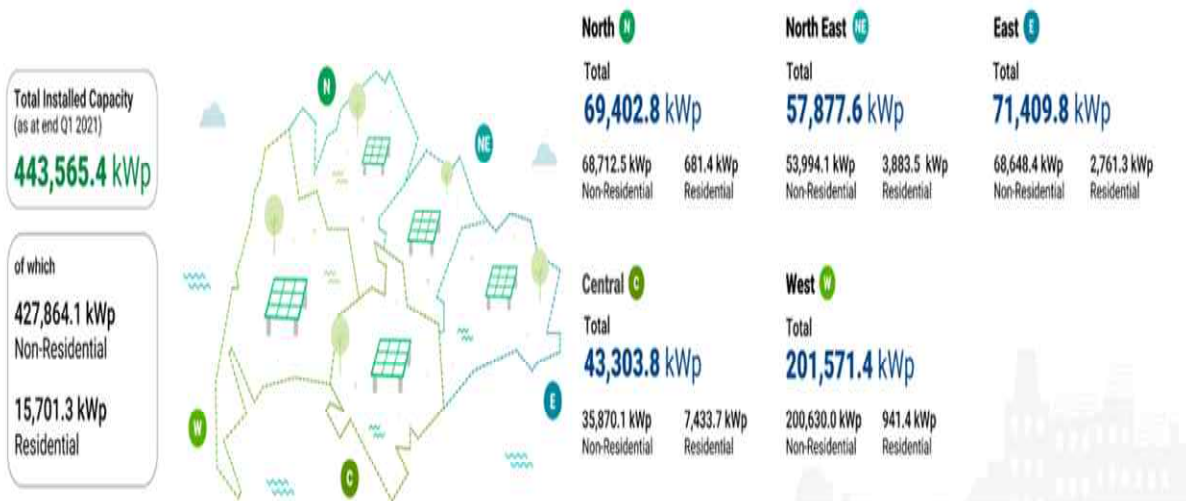
출처: 싱가포르 에너지청, EMA: Energy Market Authority Singapore

싱가포르에서 유일하게 자체적으로 대규모 발전을 할 수 있는 신재생에너지는 태양광 발전이다. 에너지 생산에서 탄소 배출 비중을 낮추기위해 싱가포르 정부는 지속적으로 태양광 발전 설치량을 확장해왔다.

- 싱가포르 주택개발청(HDB: Housing Development Board)과 경제부(EDB: Economic Development Board)가 합동으로 SolarNova 프로젝트를 2014년 런칭하여 2015년 기준 100MWp(megawatt-peak) 이하였던 발전 capacity에서 2021년 1분기 기준 443MWp까지 4배 이상 설치량 확장.
- 설치규모에서 절반 가까운 201 MWp 용량이 설치된 West 지역은 Jurong 섬과 산업단지가 집약되어 있어 다양한 산업시설을 보유한 기업 주도로 태양광 발전량을 늘려옴. 인구밀도가 낮고 유휴부지가 많은 North와 North East 지역에도 태양광 발전시설이 많이 배치되어 있으며, 창이공항과 공군기지가 위치한 동쪽지역에도 상당 규모의 태양광 설치.

〈 태양광 발전 설치 현황, 2021년 1분기 기준 〉

Distribution of Solar Installation in Singapore

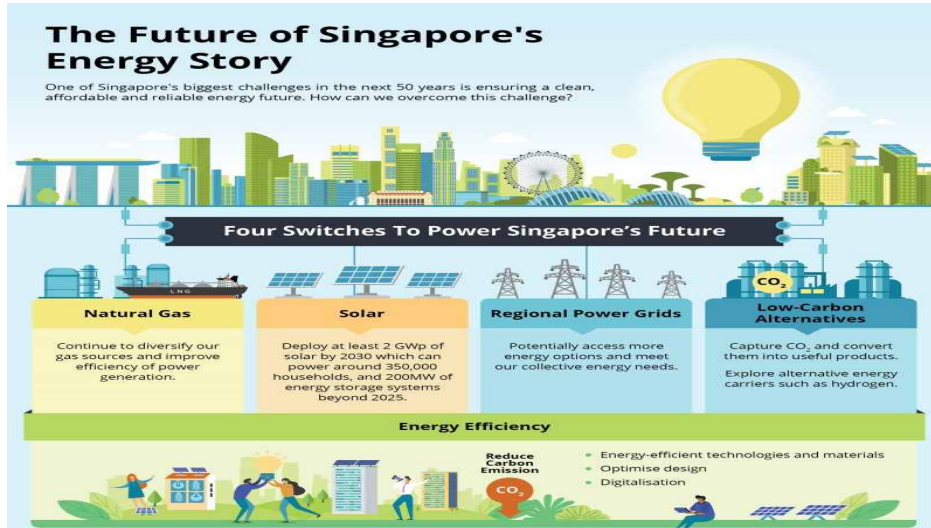


출처: 싱가포르 에너지청, EMA: Energy Market Authority Singapore

나. 중장기 에너지 정책

- ❖ 싱가포르의 중개 무역과 원유, 석유제품 거래와 선박 bunker 산업이 경제에서 큰 비중을 차지한다. 이를 지원하기 위한 제반 중화학 인프라시설 비중도 크기에 전력수요가 높아 전체 탄소배출량에 40%가 전력발전에서 배출이 된다.
- (태양광, Solar) 국가 규모와 지정학적 위치상 유일하게 대규모 조달을 Scale-up 할 수 있는 신재생에너지원으로 2021년 1분기 기준 433 MWp 기준 대비 5배 가까이 되는 2 GWp 설치량으로 2030년까지 확대하는 계획과 더불어 200 MW 규모의 에너지저장장치(ESS)도 병행 추진.
- (지역 전력망, Regional Power Grid) 싱가포르는 국가내의 자체 전력발전에만 의존하지 않고, 다양한 에너지원을 도입하기 위해 인접한 말레이시아와 인도네시아와 같은 국가와 양자 전력 거래 협정(bilateral power trading arrangements)을 체결하여 가격경쟁력이 있고 탄소배출이 낮은 전력을 공급받을 예정. 또한 다자간 협력 체계를 구축해 나가고 있는데, 대표적으로 2020년 하반기에 라오스-태국-말레이시아-싱가포르 전력 통합 프로젝트(LTMS-PIP)를 통해 100MW의 전력을 자유롭게 거래할 수 있는 국가간 협력 시스템 구축 중.
- (저탄소 대체 솔루션, Emerging Low-Carbon Alternatives) 싱가포르는 저탄소 기술에 대해서도 지속적으로 R&D와 신기술 개발 및 도입 수행. 탄소포집활용 저장기술(CCUS: Carbon Capture, Utilization and Storage), 무탄소 수소와 같은 대체연료 기술에 싱가포르는 많은 관심을 보이고 있음.

〈 싱가포르 전력발전 중장기 전략 〉



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

국가기후변화사무국(NCCS)에서는 에너지기술로드맵을 2014년부터 발표하여 R&D와 산업투자 계획을 구체화하였다. 대표 5대 에너지 기술인 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)를 선정하여 각 기술별로 유지관리개선을 수행하고 있다.

- ① 태양광(Solar Photovoltaic): 2030년까지 2GWp 설치량 확대를 달성하기 위해서는 기술 발전, Application 확대 그리고 가격경쟁력이 종합적으로 확보되어야 함. 부유식 태양광 발전(Floating Solar)과 건물일체형 태양광(Building Integrated Photovoltaic)의 확대를 통해 공간의 활용을 극대화하고 발전효율 개선을 통한 투자성 확보와 투자회수기간 축소를 지속적으로 추진
- ② 탄소포집저장 (CCUS): 온실가스배출의 직접적인 저감과 활용뿐만 아니라 수소산업 활성화 방안에도 큰 비중을 두고 있음. 신재생에너지를 활용한 그린 수소 생산뿐만 아니라, 천연가스에서 직접 수소를 추출하고 배출되는 탄소는 포집, 활용 및 저장하는 기술을 확보하는 로드맵을 그리고 있으나, 싱가포르 내부에서는

국가의 지질과 지형에 의해 포집된 탄소를 지하 매장하기에 적합하지 않고, 비용도 높아 경제성이 떨어진다는 한계가 있음. 이를 보완하기 위해 지속적인 R&D와 해외사업 비즈니스 모델을 기획 중.


- ③ 친환경 데이터 센터 (Green Data Centre): 지속적으로 증가하는 데이터 센터 수요로 인해 탄소배출 관리를 위해서는 데이터센터도 더욱 청정한 기술 도입 필요. 데이터 센터를 가동하기 위해서는 고압 다량의 전력과 Cooling 에너지 필요. 시스템내 전력 분산 및 Cooling만을 위해 전체 데이터 센터의 운용 에너지의 절반이 소모되고 있어, LNG 발전과 냉열활용 그리고 수소연료전지를 통한 친환경 전력 공급하는 방안 등 다양한 에너지 효율화 전략을 제시.
- ④ 빌딩 에너지 효율화 (Building Energy Efficiency): 빌딩 에너지 효율 향상을 위해 구역별 냉방, 전력, 에너지 최적화 통합 설계를 시작으로 건물 외벽관련 개선과 공조냉난방 시스템(HVAC: Heating Ventilation Air-Conditioning) 에너지를 효율화 하고 건물 관리와 IT시스템 기술 개발 등 우선순위 분류 제시.
- ⑤ 산업 에너지 효율화 (Industry Energy Efficiency): 전체 산업 에너지소비의 76%를 차지하는 석유화학 산업에 대한 에너지 효율화 방안을 중점적으로 제시. 단계별 공정 구분 및 분석을 통해 에너지 효율 향상을 위한 R&D 방향성 제시.

〈 5대 에너지 기술 로드맵 (Energy Technology Roadmap) 〉



출처: NRF (National Research Foundation)

다. 에너지 정책과 에너지 R&D의 부상

 에너지 환경에 대한 모든 혁신적인 변화와 함께, 싱가포르 에너지 시장청(EMA, Energy Market Authority)은 에너지 정책의 큰 그림을 그려나가기 시작했다. 최근 에너지 시장청(EMA) 내에 국가 에너지 변환 사무소(NETO: National Energy Transformation Office)가 설립되어 기관 간 R&D를 보다 효과적으로 상승시키고 장기적인 에너지 목표를 달성하기 위해 노력하고 있다.

- NETO는 에너지 연구, 개발 및 실증(RD&D, Research, Development & Demonstration), 자금 및 계획을 조정하며 국가 전체적 관점에 의거하여 에너지 전환 솔루션 채택을 위한 정책을 활성화하는 역할 수행
- 현재의 구도가 형성되기까지 싱가포르 정부는 다음과 같이 2000년대 초부터 다양한 조정을 통해 연구개발 의사결정을 수행
 - (2001년) 에너지 시장청은 전기와 가스 산업 시장을 감독하기 위해 설립. 에너지 시장 회사(EMC, Energy Market Company)는 전력 시장의 운영 관리를 감독하기 위해 설립
 - (2005년) 싱가포르 건설청 (BCA, Building Construction Agency)이 건축물 에너지 절감을 장려하기 위해 친환경마크제도(Green Mark Scheme) 운영 시작
 - (2007년) 에너지 시장청(EMA)의 관리 범위가 규제 및 전력 시스템 운영 기능 외에 에너지 개발 기관으로서 확대됨에 따라 2007년 9월, 에너지 계획 및 개발 부문(EPDD, Energy Planning Development Division)이 새로 개설. 2007년 청정에너지 프로그램 사무국(CEPO, Clean Energy Programme Office)은 에너지 분야 R&D 진흥을 위해 상당한 기금을 투자, 국가환경청(NEA, National Environmental Agency)은 부처간 에너지효율화조정사무국(E2PO, Energy Efficiency Programme Office)을 설치하며 6개의 주요 영역(전력발전, 산업, 운송, 건물, 공공 부문 및 가정)을 지정. 에너지 정보공개를 의무화하는 에너지 라벨제도(MELS, Mandatory Energy Labelling Scheme)가 도입됨.
 - (2008년) 싱가포르 국제 에너지 주간(SIEW, Singapore International Energy

Week) 컨퍼런스를 시작하여 에너지 전문가와 정책 입안자가 참여하여 에너지 관련 문제에 대한 모범 사례를 논의하고 공유할 수 있는 연례 플랫폼 발족

- (2009년) 에너지 시장청(EMA)의 싱가포르 통합 스마트 그리드를 향한 지능형 에너지 시스템 시작되었고, 에너지 시장청(EMA)과 교통청(LTA, Land Transportation Authority)은 전기차 테스트베드 프로그램을 감독하고 싱가포르에서 전기차의 실행 가능성을 평가하기 위한 공동 테스트포스를 발족
- (2009년~ 2011년) 주택개발청(HDB)은 30여개 공공 아파트 구역에 태양광 에너지 설치를 위해 5년 동안 3,100만 달러 투자를 발표. 국립연구재단(NRF, National Research Foundation)과 에너지 시장청(EMA)은 싱가포르의 에너지 효율을 개선, 탄소 배출 저감, 대체 에너지 옵션 확보에 도움이 되는 경제성있는 에너지 솔루션 개발을 촉진하기 위해 지속 가능한 성장을 위한 국가 혁신 챌린지(National Innovation Challenge in Energy Resilience for Sustainable Growth)를 공동 주관
- (2011년) 에너지 시장청(EMA)과 경제부(EDB)는 청정에너지 프로그램 사무국(CEPO)을 에너지혁신프로그램사무국(EIPO)으로 이름을 변경하여 공동으로 에너지 분야의 연구 개발을 촉진하기 시작. 에너지혁신프로그램사무국(EIPO)은 경제부(EDB) 의장과 산업통상자원부장관이 주재하는 집행위원회에 보고.

〈 싱가포르 에너지 시장청 (EMA, Energy Market Authority) 〉



출처: EMA (Energy Market Authority)

- (2012년) 싱가포르 파워는 60미터 지하 케이블 터널을 건설하기 위한 20억 달러의 인프라 프로젝트를 발표했다.
- (2014년) 에너지시장청(EMA)은 전력 부문 태양광 발전량 확대를 위한 솔라노바(Sola Nova) 프로그램 착수와 함께 지역 기술 전문가를 양성할 2천만 달러의 에너지 교육 기금을 발표했다.
- (2015년) RIE 2020(Research, Innovation and Enterprise) 프로그램을 통해 2016-2020년 동안 연구, 혁신 및 기업 진흥에 190억 달러 투자를 계획하였다. 도심 솔루션 및 지속가능성 부문에 9억 달러가 책정되었고, 청정에너지 및 관련 부문에는 약 3억 7천 5백만 달러가 할당되었다.
- (2017년) 에너지시장청(EMA) 내에 국가에너지변환사무소(National Energy Transformation Office)를 설립하여 여러 기관에 걸친 에너지 프로젝트 및 R&D 기금을 조정 관리를 시작하였고, 혁신을 장려하기 위한 규제샌드박스도 추진하였다.
- (2018년) 대형 배출기업을 대상으로 한 탄소세 시행을 승인하며, 싱가포르 기후 행동의 해를 선포하였다.

〈 싱가포르 에너지 R&D 관련 청사진 자료 〉



출처: EMA (Energy Market Authority)

III

싱가포르 에너지 R&D 지원정책

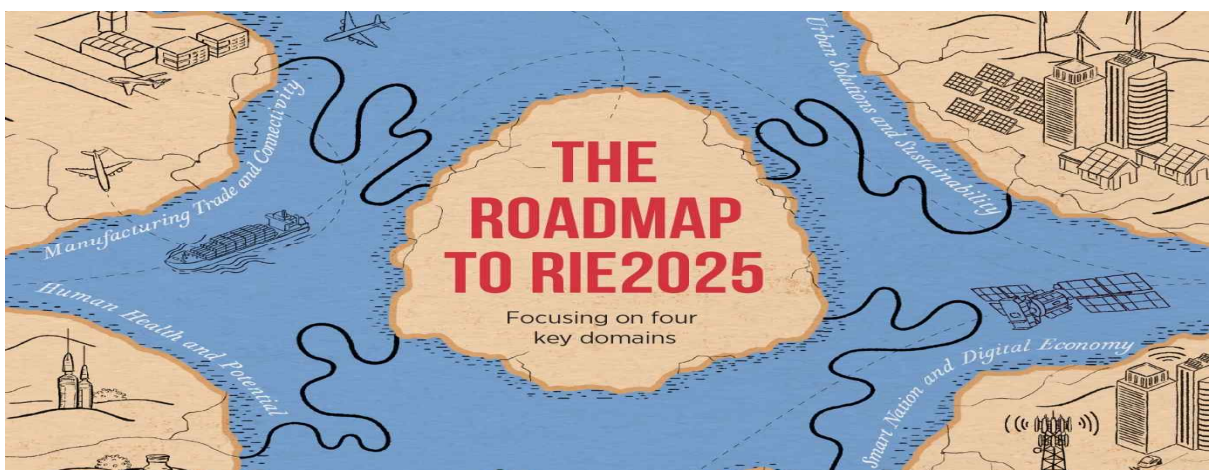
- ❏ 아시아와 세계를 연결하는 중간지점에 있는 싱가포르는 여러 정부 및 글로벌 기업과 협력하기에 좋은 위치에 있다. 싱가포르는 국제 에너지 기구에 가입하여, 더욱 확대된 규모의 에너지 협력, 역량 강화, 에너지 R&D 및 에너지 금융을 추진하는 데 지속적으로 적극적인 역할을 하고자 한다.
- ❏ 싱가포르의 작은 국가면적과 자원의 부족은 혁신과 연구를 통해 에너지 공급 보안과 경쟁력, 지속가능성을 개선할 수 있는 혁신적이고 실용적인 해결책을 모색의 필요성에 큰 동기와 추진력을 제공했다.
- ❏ 싱가포르는 최고 수준의 정책 프레임워크, 청사진 및 실행 가능한 계획을 통해 강력한 연구, 혁신, 에너지 기업 생태계를 지속적으로 구축하려 한다.

가. 에너지 R&D 정책의 진화

- ❏ 50년에 걸친 싱가포르의 과학기술 변혁은 국가의 생존에서 탁월한 국가 체계를 구축한 국가의 경제적 도약의 상징이다. 50년 전, 기술은 기능적의 일부였지만, 오늘날 기술은 경제를 움직이는 중심 엔진역할을 하고 있음을 싱가포르의 에너지·수자원 기술, 항만 관리 역량, 석유화학 생태계가 증명하고 있다.
- ❏ 점점 더 경쟁이 치열해지는 세계 기술 변화에 따라, 경쟁력을 유지하고 강화하기 위해 끊임없이 혁신적인 기술을 채택하는 것은 필수불가결한 선택이었다. 이를 위해서는 특히 기업가정신과 연구를 통해 지적 발달을 허용하는 접근법이 필요하다. 이러한 배경에서, 개발 도상국에서 세계적으로 번영하는 혁신 국가로 진화를 위해 다양한 정책적 지원이 있었다.

- (1991년) 국가 과학기술 위원회 (National Science & Technology Board)가 싱가포르를 과학기술 혁신의 중심지로 육성하기 위한 청사진을 수립
- (1995년) 국가 기술 계획에 R&D 예산 20억 달러를 배정
- (2000년) 2차 국가기술계획(NTP)에 R&D 예산 40억 달러를 배정
- (2004년) 싱가포르 GDP 대비 R&D비중이 1991년 0.85%에서 2.25%까지 상승
- (2005년) 국가과학기술위원회를 과학기술청(A*Star: Agency for Science & Technology Research)으로 개명하여 과학기술 육성을 더욱 체계화 함.
- (2010년) 국립연구재단(NRF), 산업통상부(MTI), 그리고 교육부(MOE)등 다양한 부처간 R&D 육성과 진흥을 위해 136억달러의 예산을 배정
- (2011년) 싱가포르 정부의 종합적인 과학 기술 혁신 개발 계획인 RIE2015 (Research, Innovation, & Enterprise 2015)를 통해 160억 달러 예산을 배정
- (2015년) RIE 2020을 통해 190억 달러의 예산을 책정하여 혁신과 기업으로부터의 지식을 기반으로 한 경제 구축 체제를 마련
- (2020년) RIE 2025 계획에 전체 GDP의 1%에 해당하는 250억 달러 예산 책정

〈 연구, 혁신, 기업 계획 2025 (RIE 2025) 〉



출처: 과학기술청 (A*Star)

나. 정책 결정 기관과 역할

- 지속적으로 진화하는 연구소인 리빙랩(Living Lab)의 개념에 따라 싱가포르는 신재생 에너지 솔루션을 확장하고 테스트 베드 역할을 하기 위해 전 세계의 연구원과 기업들에게 손을 내밀고 있다.
- 싱가포르는 또한 급속한 디지털화와 혁신적인 기술들을 더욱 적극적으로 활용하였다. 고도로 조정된 정책 지침을 통해, 싱가포르는 이제 에너지 시장 참여자들이 혁신적인 솔루션을 개발할 수 있는 접근 가능한 시험대가 되었다.
- 다양한 부처와 기관이 연합하여 대학, 연구소, 기업 또는 산업과 같은 R&D 수행자들에게 도움이 되는 혁신 플랫폼을 조성한다. 싱가포르는 시스템 수준 통합 경험을 활용하여 새로운 개념을 시험하고 최첨단 에너지 솔루션을 개발 및 상용화하기 위해 국내외 정부 기관, 기업 및 연구 기관을 참여시키고 있다.
- 국립 연구 재단(NRF, National Research Foundation): 핵심 연구개발(R&D) 정책을 고안하는 조직으로 2010년에서 2020년 사이 최대 10억달러 에너지 개선 프로젝트(그린빌딩, 에너지 효율화, 신재생 에너지 통합) 보조금 수여
- 국가기후변화사무국(NCCS, National Climate Change Secretariat): 싱가포르의 기후변화 대응전략을 위해 설립된 조직으로 싱가포르의 저탄소 미래에 대한 방향을 제시하고 핵심 R&D 로드맵 기획
- 싱가포르 통상산업부(MTI, Ministry of Trade and Industry Singapore): 싱가포르 통상산업부의 에너지 부 (Energy Division)는 싱가포르 에너지 정책을 총괄 관리. 에너지 시장청(EMA), 경제부(EDB), 과학기술청(A*Star), 싱가포르 기업청(ESG, Enterprise Singapore)과 같은 다양한 부처와 긴밀하게 협업하며 전반적인 에너지 산업 R&D 개발을 지휘
- 에너지 시장청(EMA, Energy Market Authority): 산업통상부 산하의 기관으로

에너지 시장의 효율적인 경쟁을 진흥하는 것이 주요 역할. 안정적인 에너지원 조달과 공급 및 다양성있는 에너지 발굴도 주도.

- 환경 및 수자원부(MSE, Ministry of Sustainability and Environment): 기존 명칭 MEWR, Ministry of the Environment and Water Resources에서 개명된 정부 부처로 지속가능한 환경, 물 공급, 식음료 안전 및 위생 관리를 총괄하는 역할을 담당. 산하에 환경청(NEA, National Environmental Agency)를 두어 신재생 에너지, 폐기물 재활용 발전, 탄소배출 관리등에 대한 정책수립과 운영 수행

〈 싱가포르의 주요 R&D 정책 결정 기관 〉



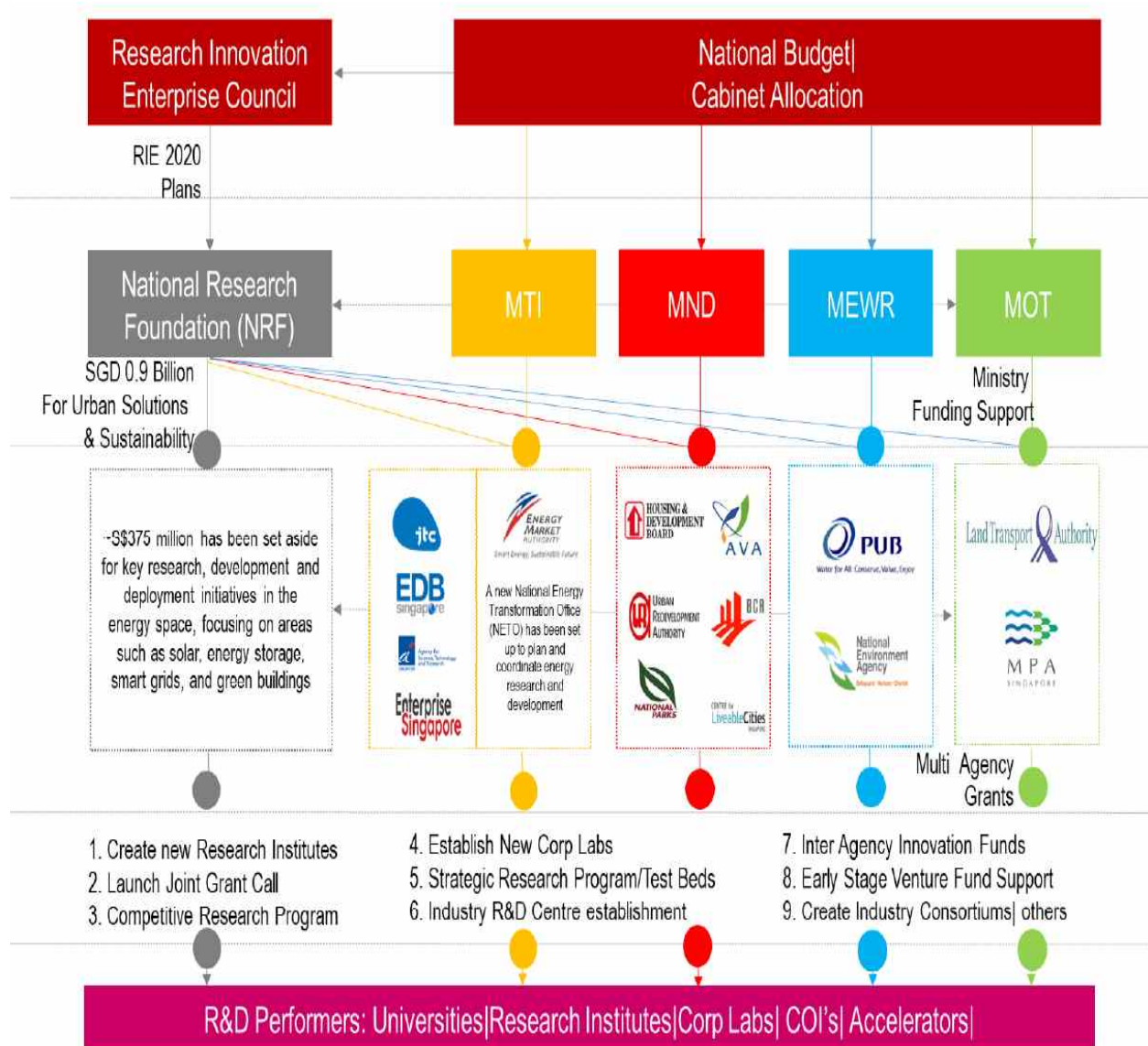
출처: 싱가포르 정부 (Gov.SG)

다. 에너지 R&D 정책 결정 과정과 흐름

- 17 싱가포르 총리가 주재하는 연구개발혁신기업협의회(RIEC, Research, Innovation and Enterprise Council)는 싱가포르를 지식기반사회로 탈바꿈시키기 위해 장기전략을 총괄하고 연구개발 역량을 강화하기 위해 2006년 설립된 위원회이다.
- 17 RIEC 위원회는 싱가포르를 강력한 R&D 능력을 갖춘 지식기반 사회로 변모시키고 새로운 이니셔티브를 장려함으로써 국가 R&D의 전략적 방향을 제시했고, 연구 및 혁신 정책을 내각에 국가 R&D의 전략적 방향을 제공함으로써 국가적 추진력을 이끌어낸다.
- 17 RIEC는 향후 국가적 과제를 해결하기 위한 5개년 계획과 정책 수립을 담당하는 국립연구재단(NRF)의 지원으로 과학과 기술의 지식 창조, 그리고 장기적인 경제 성장의 새로운 영역을 촉진하는 역할을 담당한다.
- 싱가포르의 RIE(Research, Innovation and Enterprise) 생태계는 다양한 부처, R&D 기금 조직 및 R&D 수행자로 구성되어 수년간 에너지 관련 연구개발(R&D)에 상당한 투자 진행
 - 예를 들어, RIE 2010, 2015, 2020 계획은 싱가포르가 에너지 효율을 개선하고 탄소 배출을 줄이고 에너지 다양성을 확보하는 데 도움이 되도록 20년 이내에 비용 경쟁력 있는 에너지 솔루션을 개발하는 데 초점을 맞춤
 - 싱가포르는 재생 에너지 연구에 많은 투자했고 앞으로도 계속 투자할 것이며, RIE 2020 계획에서는 스마트 시티 솔루션 및 지속 가능성과 관련된 연구개발 및 구축 이니셔티브를 위해 9억달러를 특별히 책정
 - 여기에는 태양광 기술, 스마트 그리드, 에너지 저장 시스템 (ESS) 분야에서 싱가포르의 혁신과 연구 역량을 강화할 것으로 예측
- 국립연구재단(NRF)의 이 중요한 기금은 몇 가지 주요 로드맵/계획에 따라 할당되며, 여기에는 각각의 연구 파트너와 수행자가 필요

- 에너지 R&D에 대한 NRF 보조금은 로드맵 프로젝트(녹색 건물, 에너지 효율, 재생 에너지 발전)에 대해 약 3억 7500만 달러로, 이 보조금을 통해 새로운 연구소 혹은 대형 산업 파트너와 새로운 기업 연구소를 설립하고, 청정에너지 혁신을 추구하기 위해 자금을 다른 싱가포르 기관에 할당하거나, 전략적 테스트베드를 설립을 통해 새로운 산업을 지원하고 신개념 에너지 산업 형성을 위한 레버리지로 활용

〈 싱가포르 R&D 정책 결정 Flow Model 〉



출처: EcoLabs Centre of Innovation for Energy, NTU

가. 에너지 R&D 지원 프로그램 수행기관과 역할

- 10여년 이상의 꾸준한 지원으로 싱가포르의 연구개발 성과는 아시아 태평양 지역의 주요 국가보다 더욱 빠른 속도로 성장했다.
- 2018년, 싱가포르는 네이처 리서치 저널(Nature Research Journal)에 주요 연구성과 게재수가 50% 이상 증가하여 아시아 태평양 지역 6위에 랭크되었다. 2021년 블룸버그 혁신 지수 (Bloomberg Innovation Index)에서는 싱가포르가 세계에서 가장 혁신적인 국가 상위 2위에 랭크되었다.
- 싱가포르 정부는 동급 최고의 정책, 프레임워크, 청사진 및 실행 가능한 계획을 통해 강력한 연구, 혁신, 에너지 기업 생태계를 지속적으로 구축했다.
- 대학과 연구소에서 R&D 역량을 시작으로 공공부문 연구기관, 고등교육기관, 기업 R&D 연구소 등 다양한 연구로 구성된 활기찬 에너지 R&D 생태계를 구축하여 연구 결과가 경제적 성과까지 성공적으로 전환될 수 있는 구조를 갖추었다.
- 난양공대 에너지 연구소(ERI@N, Energy Research Institute @ NTU): 기초 연구의 탁월한 성과를 통해 열대지역 대형도시에 필요한 산업과 관련성이 높은 시스템 수준 성과를 창출하는 데에 중점. 신재생 에너지, 저탄소 발전, 에너지 저장 장치, 연료 전지, 신재생 에너지 통합, 다중 에너지 시스템 및 그리드, 지속 가능한 건물, 미래 이동성 솔루션 및 해양 청정 에너지 분야를 다루는 연구 수행
- 싱가포르 태양 에너지 연구소(SERIS, Solar Energy research Institute of Singapore): 싱가포르 국립 대학교에 있는 싱가포르 태양 에너지 연구소(SERIS)는 싱가포르의 국립 응용 태양 에너지 연구 기관임. SERIS는 태양 에너지 기술과 전력 시스템

및 건물로의 통합에 대한 연구, 개발, 테스트 및 컨설팅 수행. 연구소의 R&D 스펙트럼은 소재, 구성품, 생산 프로세스 부터 태양광전지, 모듈 및 시스템까지 커버하며. 특히 싱가포르와 동남아시아 열대기후에 적용 가능한 태양광 기술과 서비스에 초점을 맞추고 있음

〈 싱가포르의 대표 에너지 연구기관 〉



Energy Research Institute @ NTU



출처: NTU & NUS

- 싱가포르는 청청에너지 개발의 아시아 중심지로 자리매김하기 위해 기업들이 녹색 기술 솔루션을 개발하고 상용화할 수 있는 연구개발 역량 향상 인프라를 구축했다. 연구 인프라 투자의 가치를 극대화하기 위해 선정된 두 연구 시설은 국가 자원으로 운영되며 싱가포르의 모든 과학, R&D 커뮤니티에 개방되어있다.
- 클린테크파크(CleanTech Park): 싱가포르 최초의 에코 비즈니스 파크인 CleanTech Park는 싱가포르를 열대 도시 환경을 위한 청정 기술 제품 및 솔루션의 글로벌 테스트 베드를 목표로 구축. JTC(Jurong Town Corporation)에 의해 개발된 50ha 규모의 CleanTech Park는 “Living Lab”으로써 지속 가능성 있는 솔루션을 대규모 통합적으로 테스트하고 시연하고, 모든 유형의 산업에 개방되어 청정 기술 분야의 연구, 혁신 및 상용화를 위한 연결고리 역할 수행
- CREATE(Campus for Research Excellence and Technological Enterprise): 싱가포르를 혁신 허브로 발전시키기 위해, 국립과학재단(NRF)은 2006년에 연구 우수 및 기술 기업을 위한 캠퍼스 싱가포르 CREATE 설립. CREATE 센터는 환경 기술,

에너지 저장 시스템, 전기 자동차 기술, 건물 에너지 효율화 기술, 물과 에너지 관리를 위한 나노 소재, 폐기물 에너지화, 태양광 및 조류 발전과 같은 신재생 에너지와 기후 변화 완화 및 대응에 필요한 기술 연구

< CleanTech Park와 CREATE >



출처: JTC & CREATE Singapore

나. 에너지 R&D 실행 연구소 및 연구 동향

- ▣ 싱가포르의 최첨단 다학제 에너지 연구 프로젝트를 수행하기 위해 25개 이상의 연구 장려책/계획을 시행했다. 기초연구부터 기술 사업화 단계까지 전방위적인 자금을 지원하고 있으며, 최근 몇 년 동안 우선순위 상업화 기술을 채택하고 사업화하기 위해 다양한 지원 계획을 내놓고 있다.
- ▣ 에너지 R&D 목표, 지원 기관, 기업과 산업 전략에 초점을 맞추어 다양한 연구소가 공적심사 과정을 통해 기초, 응용 및 사업화 프로젝트를 실행하고 지원한다.
 - Clean Energy Research Centre by Temasek (CERC): 국립연구재단 (NRF)의 자금 지원으로 운영되는 CERC 센터는 에너지 발전 및 저장 기술, 전력 및 에너지 관리 시스템 및 분석뿐만 아니라 PEM 연료전지와 수소 저장 관련 연구 진행
 - Energy Studies Institute (ESI): 싱가포르 국립대학(NUS)에서 지원하는 연구소로

에너지 정책이 국가, 지역 및 글로벌에 미치는 영향 연구 수행. 에너지 정책 개발과 관련된 문제에 대한 토론을 촉진하고 이해집단 간 소통과 조정 역할 담당

- 케임브리지 화학 기술 탄소 감축 센터(CAT: Cambridge Centre for Carbon Reduction in Chemical Technology at CREATE): 싱가포르 국립과학재단(NRF)과 케임브리지 대학교가 공동으로 펀딩하고 운영하는 연구 프로그램으로 산업에서의 탄소 감축과 에너지 효율 측면 연구. 탄소 중립 산업을 위한 지속가능한 화학 공학, 첨단 저탄소 화학 제조 합성, 청정 연료 및 더 나은 촉매 개발 등의 연구 진행
- 싱가포르-버클리 열대지역 건축 효율성과 지속가능성 연구 프로그램 (SinBerBEST: Singapore-Berkeley Building Efficiency and Sustainability in the Tropics at CREATE): 국립과학재단(NRF)과 UC 버클리 대학교가 운영하는 연구 프로그램으로 열대지방에 위치한 건축물의 에너지 효율과 지속가능 기술 혁신 그리고 경제개발을 위한 연구 수행. 본 센터의 주요 임무는 열대 기후에서 효율성과 지속 가능성을 극대화하기 위한 건물 설계, 모델링 및 운영하는 기술 발전 촉진.
- 지속 가능한 에너지를 위한 싱가포르-버클리 연구 이니셔티브 (SinBeRISE: Singapore Berkeley Research Initiative for Sustainable Energy at CREATE): SinBeRISE는 저비용 제조 공정에 쉽게 적용할 수 있는 소재 및 장치 기술 개발을 통해 높은 태양 에너지 변환효율 확보에 초점을 두고, 태양에너지를 전기에너지로 전환(광전)하고 CO2를 액체연료로 전환(광전화학전지)하는 연구 등을 추진.
- 싱가포르 에너지 센터 (SgEC: Singapore Energy Centre): Exxon Mobile과 NTU, NUS 공동 출자로 형성된 SgEC는 저탄소 발전, 에너지 소재 개발과 저장 방식, 기후변화 및 에너지 효율 관련 연구 수행.
- 실험 전력망 센터 (EPGC: Experimental Power Grid Centre): NTU 에너지 연구소 산하의 지능형 및 분산형 전력 분배 네트워크 (iDERS: intelligent Distributed Energy Resources) 및 다양한 전력망 관련 직접 실험과 연구 담당.

- 생활형도시센터(CLC: Centre for Liveable Cities): 싱가포르 국토개발부의 주도로 설립된 센터로 연구, 역량 개발, 지식 플랫폼, 자문 등 네 가지 주요 영역에 걸쳐 살기 좋고 지속 가능한 도시 구축을 목표로 운영.
- 아시아 태평양 환경법 센터 (APCEL: Asia-Pacific Center for Environmental Law): 세계보존연맹-환경법위원회(IUCN-CEL)와 UNEP의 지원으로 운영되고 있는 센터로 기후변화법과 정책, 국제기후변화법, 열대기후 지속 가능성에 대한 연구 센터.
- 싱가포르-MIT 연구 및 기술 동맹(SMART: Singapore-MIT Alliance for Research and Technology at CREATE): 싱가포르 국립연구재단(NRF)과 미국 MIT 대학교의 공동 지원으로 형성된 연구 프로그램으로 도시 이동성에 초점을 맞춘 저 에너지 전자제품과 유비쿼터스 센싱 기술 및 환경에 영향을 미치는 자연 인프라 시스템의 모니터링/모델링/제어의 새로운 패러다임 연구에 초점.
- 싱가포르 국립 대학교 (NUS: National University of Singapore) 산하 연구소
 - CERT (Centre for Energy Research & Technology): 에너지 효율, 에너지 저장, 천연가스, 재생 에너지원, 스마트 그리드 등을 연구하는 NUS 소속 에너지 연구소
 - 녹색 에너지 관리 및 스마트 그리드 연구 센터 (Green Energy Management & Smart Grid Research Center): 스마트 그리드 구성요소, 작동 및 제어, 전송-분배, 활용, 에너지 저장 시스템, 에너지 관리 시스템 및 시스템 최적화의 다양한 측면과 관련된 연구 수행.
 - 지속 가능한 아시아 도시 센터(CSAC: Centre of Sustainable Asian Cities): 산업단지 녹화, 에너지 벤치마킹 및 모델링, 건물 환경 성과, 공간 및 지속 가능 도시 개발관련 연구 수행.
 - 열대 기술 연구소(T2 Lab: Tropical Technologies Laboratory): 싱가포르 및 기타 적도 지역에 적합한 수동적/능동적인 건축 기술을 개발하여 저탄소/무탄소 및 BIPV (Building Integrated Photovoltaic)와 같은 기술을 포함한 지속 가능한 건축물 개발 연구 수행.





- 난양기술대학교 (NTU: Nanyang Technological University) 산하 연구소
 - 재료 과학 및 공학 대학 (School of Materials Science and Engineering): 고분자 나노복합체, 스마트소재, 태양광전지 개발, 광촉매 및 환경촉매, 자기나노소재 및 나노전자 공정개발 연구 수행.
 - 기계 및 항공우주공학부 (School of Mechanical and Aerospace Engineering): 3D 프린팅, 로봇, 모빌리티에서 부터 풍력에너지 시스템의 설계, 최적구조 설계, 연료전지 시스템등 다양한 에너지 연구 수행.

〈 싱가포르 에너지 R&D 의 중심지 CREATE 캠퍼스 〉



출처: CREATE Singapore

다. 기관별 에너지 R&D 펀딩 프로그램

- 
 싱가포르의 R&D 인프라에 많은 투자를 통해 녹색 에너지의 혁신적인 에너지 솔루션의 테스트베드 역할을 하고 있다. 신규 연구 기관, 학술적 파트너십, 공동 프로그램이 형성되었다.
- 
 가스, 태양광 및 열에너지를 결합하여 보다 효율적이고 지속 가능하며 탄력적인 지능형 네트워크 에너지 관리 방식으로 진화하기 위한 연구가 이루어지고 있고, 미래 전력계통 계획에 따라 국립연구재단(NRF)은 에너지 시장청(EMA), 건설청(BCA), JTC Corporation 및 경제부(EDB)와 함께 분산형 에너지 자원 관리 시스템 (DERMS)와 실시간 수요 대응 시스템과 같은 핵심 요소 기술에 대한 추가 투자를 기획하고 있다.
- 
 동남아시아 전체 지역 차원의 전력망 통합, 반도체 변압기(Solid State Transformer) 및 태양광 효율 향상, 에너지 저장 시스템 (ESS)의 연구와 사업화에 대한 재정적 지원 강화로 싱가포르는 에너지 안보를 강화하려 하고 있다.
- 
 이러한 국가적 에너지 전략에 기반을 두고 주요 정부기관이 R&D 펀딩 프로그램을 가동하고 있다.
 - 국립연구재단(NRF) R&D 펀딩 프로그램

펀딩 프로그램	프로그램 목표
Competitive Research Programme	경쟁력 연구 프로그램은 싱가포르 사회와 연관성 높은 최첨단 기술 프로젝트를 수행하기 위한 다학제 팀의 구성 촉진을 목표로 지원
Central Gap Fund	프로젝트 초기 시제품화, 기능 프로세스 개발을 지원하고 민간투자를 유치하여 시장 수요를 충족시킬 수 있는 기술 상용화 갭 지원 프로그램
IAF-PP(Industry Alignment Fund - Pre Positioning Programme)	다학제 통합 프로그램으로 초기단계부터 기업의 참여를 유도하여 에너지 산업 역량 개발의 준비와 R&D 연구 심화를 지원하는 프로그램
IAF-ICP (Industry Alignment Fund - Industry Collaboration Project)	산업 전략 R&D 프로젝트를 수행하는 연구 수행자들을 지원하기 위한 프로그램으로 잠재적인 경제적 기여 가능성에 큰 초점.

펀딩 프로그램	프로그램 목표
NRF Investigatorship	혁신적, 활동적으로 연구를 수행하는 경력있는 수석 연구원이 해당 분야의 리더로써 획기적, 실험적 연구를 수행할 수 있는 기회 제공 프로그램.
NRF Fellowship	모든 과학과 기술 분야에서 뛰어난 과학자들과 연구자들에게 개방된 프로그램으로 신임 연구자가 싱가포르에서 5년에 걸쳐 독립적 연구 기회 제공
Corp Lab Funding	대학내에 기업 연구소를 설립하여 산학연구 협력 증진을 장려하는 펀딩 프로그램.
Capability Building Programmes	혁신 연구를 수행할 수 있는 현지 인재 양성을 지원하는 프로그램.
SS Competitive Research Programmes for Energy	싱가포르의 산업에 잠재적 역량이 큰 첨단 연구 지원 프로그램. (예) 태양광, 전력망 시스템, 친환경 건물, 폐기물 에너지화 및 녹색 데이터 센터, 지질 및 수자원 연구, 스마트 시티 등)
Test-Bedding and Demonstration of Innovative Research	정부와 산업계의 파트너십을 통해 운영되는 프로그램으로 혁신적 연구의 테스트베딩 및 실증 지원을 통해 혁신기술의 실현가능성을 입증하고 민간부문의 채택을 촉진
National Innovation Challenges	국가혁신도전(NIC)은 싱가포르가 직면한 크고 복잡한 문제에 대해 다학제 연구 역량을 활용하여 에너지 복원력, 환경 지속 가능성 및 도시 시스템과 같은 국가적 과제에 대한 실용적이고 영향력 있는 솔루션을 개발하는 프로그램
Innovation and Enterprise (I&E) Cluster Fund	기업, 대학, 연구 기관 및 정부의 파트너십을 강화하여 신속한 아이디어 제안, 생산성 향상, 일자리 창출, 그리고 산업 성장을 목표로 하는 펀딩 프로그램
Early-Stage Venture Fund (ESVF)	스타트업 투자에 마중물 역할을 하는 프로그램. 정부는 혁신 스타트업에 전문적으로 투자하는 기업을 선정하여 기업이 혁신적인 아이디어와 기술 접근성을 높일 수 있도록 하고 기술 스타트업의 네트워크와 생태계 육성

● 싱가포르 과학기술청(A*STAR) R&D 펀딩 프로그램

펀딩 프로그램	프로그램 목표
Academic Research Funding (AcRF)	<p>학술진흥과 지식창출을 통해 싱가포르에 경제적 혜택을 창출해낼 수 있는 싱가포르 Autonomous University(AU)*에 지원하는 프로그램으로 크게 세 단계로 구성되어 있다.</p> <p>① AcRF Tier1 - AU간 내부 경쟁 프로세스를 통해 4개의 핵심 연구 집약적 기관에 코어펀딩 제공</p> <p>② AcRF Tier2 - AU 전체에서 경쟁력 있는 연구 프로젝트를 지원하는 프로그램으로, 3년간 프로젝트당 최대 100만 달러의 자금을 제공.</p> <p>③ AcRF Tier3 - AU내에서 영향력이 큰 다학제 연구 지원하는 프로그램으로, 5년 동안 각 5백만 달러에서 2천 5백만 달러의 기금을 제공.</p> <p>* Autonomous University (AU) in Singapore - Nanyang Technological University (NTU), National University of Singapore (NUS), Singapore Institute of Technology (SIT), Singapore Management University (SMU), Singapore University of Social Sciences (SUSS), Singapore University of Technology and Design (SUTD)</p>
Decentralised Gap Fund	<p>실증 프로토타입 개발을 지원하는 펀딩 프로그램으로 기술 상용화에 수반되는 리스크를 줄일 수 있다. A*STAR 내에 배정된 혁신기업 사무국 담당자와 산업 공동 참여를 통해 진행</p>

● 싱가포르 경제부(EDB) R&D 펀딩 프로그램

펀딩 프로그램	프로그램 목표
Research Incentive Scheme for Companies (RISC)	<p>기업을 위한 연구 인센티브 제도는 싱가포르에 민간 연구소의 설립과 확장을 장려하는 프로그램. 기업들은 전략적 R&D 활동에서 발생하는 비용의 일부를 보전받아 산업경쟁력 향상속도를 높일 수 있다.</p>
Intellectual Property (IP) Development Incentive (IDI)	<p>연구개발(R&D)에서 발생하는 지적 재산권 활용과 상업화 장려</p>
Training Grant for Company (TGC)	<p>기업연수교부금(TGC)은 기업 임직원을 대상으로 한 신기술, 신산업 기술, 전문적 노하우 역량 개발을 장려하는 교육 지원 프로그램</p>
Resource Efficiency Grant for Energy (REG(E))	<p>에너지 자원 효율 보조금(REG(E))은 제조 분야의 산업 시설 에너지 효율과 경쟁력 향상에 초점을 둔 프로그램. 경제부(EDB) 뿐만 아니라 에너지시장청(EMA), 환경청(NEA)이 공동으로 운영하는 패키지의 일부 프로그램으로 산업시설의 에너지 효율성을 높이고 탄소 배출을 줄이기 위해 최대 탄소 감축량의 50%에 해당하는 비용 지원</p>

- 싱가포르 기업청(ESG) R&D 펀딩 프로그램

펀딩 프로그램	프로그램 목표
Startup SG Equity	기업청의 직접적 초기 공동투자로 민간 벤처투자 리스크를 해소, 성장 경로를 앞당기는 기술 스타트업 투자 프로그램
EDG (Enterprise Development Grant)	싱가포르 초기 기업의 성장과 혁신을 지원하는 보조금으로 사업성장, 혁신촉진과 해외사업 진출 분야 지원
Secondment of Experts	연구기관의 기술 전문가가 중소기업에 전임 혹은 겸임으로 파견되어 기술과 혁신 역량과 산업과의 연결성을 강화하는 프로그램

- 기타 기관 R&D 펀딩 프로그램

펀딩 프로그램	프로그램 목표
Energy Efficiency Improvement Assistance Scheme (EASe)	산업시설 에너지 효율 개선을 위한 프로그램으로 자원 효율 향상을 위한 시설 신설/확장, 기존 설비 에너지 평가 및 효율화 기술 채택지원
Grant for Energy Efficient Technologies (GREET)	싱가포르 산업시설을 등록한 소유자 혹은 운영자가 에너지 효율화 장비 또는 기술에 투자할 수 있도록 지원하는 프로그램
Pilot Building Retrofit Energy Efficiency Financing (BREEF) Scheme	기존의 건물주들이 에너지 효율화 개조 보수하도록 장려하는 것을 목적으로 하는 프로그램
Green Mark Inventive Scheme for Existing Building (GMIS-EB)	부동산 개발자 및 건물 소유주가 신축 부동산 개발과 기존 건축물에 그린 에너지를 추가하고, 에너지 효율화 설계 및 기술을 적용할 수 있도록 장려하는 프로그램
Maritime Singapore Green Initiative	해양 및 해운 관련 산업이 환경에 끼치는 영향을 완화하고, 싱가포르 그린 해양 허브로서 발돋움 하기 위해 추진하는 프로그램.
3R (Reduce, Reuse, Recycle) Fund	3R Fund는 환경청(NEA)의 주도하에 소각 처리 시설에서 생산되는 폐기물을 최소화하고 재활용율을 최대화하여 환경개선과 에너지 효율을 높이는 공동자금 지원 제도

라. R&D 펀딩 성공사례

- 1. 싱가포르 정부는 정부 주도로 청정에너지 연구에 대규모 투자를 지속적으로 해오고 있다. 2000년대 초반 총리실 산하의 연구개발혁신기업협의회(RIEC)로 부터 이어져 국립연구재단 NRF 주도의 RIE 2010~ 2025까지 에너지 관련 R&D를 위해 수백억 달러가 지속적으로 배정되고 투자되었다.
- 2. 강력한 정부의 일관된 기조는 특히 대형 규모 연구기관의 성장과 활동에 중요한 역할을 했다. 이러한 덕분에 난양공대 (NTU) 에너지연구소 (ERI@N)는 신재생 에너지, 에너지 저장장치, 연료전지 및 전기차등에 종합적인 시스템 통합 수준 IP를 보유할 수 있게 되었고, 싱가포르 국립대학 (NUS)의 SERIS(Solar Energy Research of Singapore, SERIS) 또한 태양광(Solar) 분야에서 다양한 IP 출원을 주도하고 있다.
- 3. 지속적인 IP 창출과 R&D 펀딩을 통해 기술의 사업화도 꾸준히 이루어지고 있는데, 대표적으로 R&D가 중소기업, 대기업으로 기업화에 성공한 'V-Flow Tech'와 'Nanogilm Technologies' 케이스는 다음과 같다.
 - (V-Flow Tech) 난양공대(NTU) 재료과학대에서 연구과제로 시작된 기술이 상업화에 성공한 케이스이다. 2014년에서 2017년까지 Vanadium Redox Flow Battery 연구와 여러 논문을 발행한 Arjun Bhattarai 박사가 싱가포르 국립대학 태양에너지 연구소(SERIS)에서 소재연구를 했던 Avishek Kumar 박사와 함께 NTU IP를 활용해 2018년 V-Flow Tech를 스피노프(Spin off) 창업
 - 2019년 Temasek 재단의 "Liveability Challenge"를 통해 프로토타입 기금 지원, 싱가포르 R&D 기술 커뮤니티에서 활동 중이었던 기술 투자자에게 엔젤 투자 받음
 - Cleantech Park 인프라에 30KWh와 100KWh 규모의 에너지 저장장치(ESS) 실증을 선보인 이후 지속적인 기술개발과 제품군 확장에 힘입어 2021년에는 싱가포르기업청

산하의 벤처투자사 SEED Capital과 민간 벤처투자사 연합의 Pre Series A 투자를 성공적으로 유치

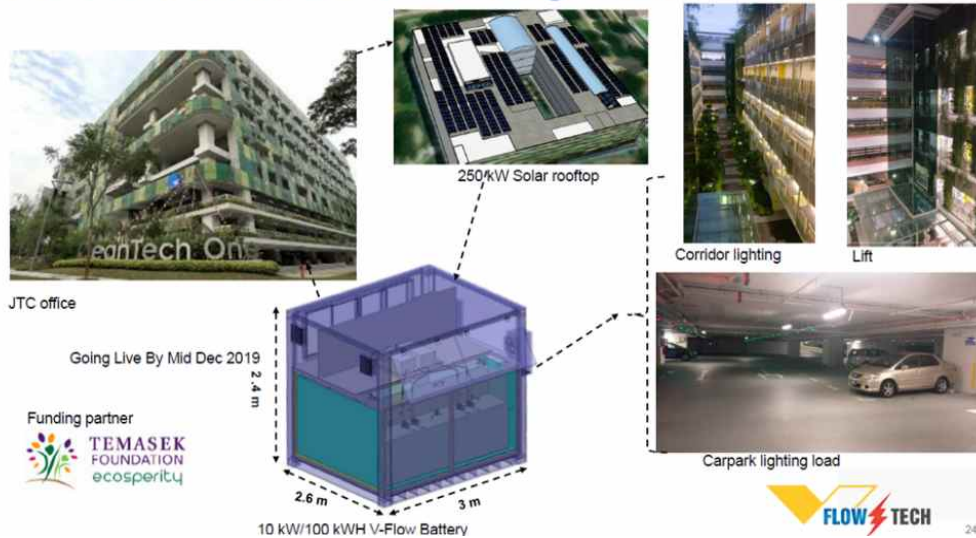
- 현재는 아시아와 인도에 대규모 신재생에너지 단지에 전력 안정성 확보를 위한 ESS 사업 개발을 진행

〈 V-Flow Tech의 Vanadium Redox Flow Battery 〉



A long-lasting battery solution for your energy needs

POC to Power JTC building with Renewables



출처: V-Flow Tech

- (Nanofilm Technologies) 1999년 창립된 회사로 2020년 10월 싱가포르 주식시장 (SGX)에 상장되어 2022년 7월 현재 약 1.3조원의 시가총액으로 성장한 기업이다.
 - 난양공대(NTU) 종신교수 ShiXu 박사가 연구하던 진공적출(Vacuum Despoistioning) 공법을 활용하여 창업된 High Tech 기업으로 전자기기, 배터리, 연료전지뿐만 아니라 광학렌즈와 고압 전기장비에 들어가는 다양한 소재를 생산, 글로벌 고객사에 납품
 - 회사 창립이후 2000년부터 PC 하드디스크에 들어가는 소재부터 복사기 및 각종 산업소재에 필요한 신제품을 개발. 신소재 개발은 싱가포르 국립연구재단의 IAF-ICP (Industry Alignment Fund - Industry Collaboration Program) 펀드 지원을 통해 R&D 인프라와 연구인력 활용
 - 최근 2021년에는 Temasek 재단을 통해 1억4천만 달러의 투자를 받아 Sydrogen Energy라는 연료전지 소재 생산 합작회사(JV)를 설립, 지속적인 성장 추진

〈 Nanofilm Technologies의 사업과 제품 라인 〉



출처:

Nanofilm

Technologies



향후 싱가포르 R&D 지원방향

- ▶ 지난 50년간 싱가포르는 물 부족 문제 극복에 대해 많은 자본과 인력을 투입했다면, 다음 50년은 싱가포르가 에너지 문제를 어떻게 극복했는지가 관건이 될 것이며, 에너지 복원력을 높이는 것임
 - 싱가포르는 Green Plan 2030에 따라 종합적인 에너지 개발 목표를 설정했으며, 이를 달성하기 위해서는 정부, 기업, 개인의 공동 노력이 필요
 - 싱가포르는 최첨단 저탄소 기술을 지속적으로 연구, 개발, 시연하고 국가의 특성과 기후에 적용할 수 있는 저탄소 솔루션 확대 추진
 - 이를 통해 글로벌 녹색 성장 허브로 발돋움하여 현재와 미래 세대에게 살기 좋은 도시로 성장할 것임
- ▶ 싱가포르는 지금까지의 성공에 안주하지 않고, 지속 가능한 경제 성장을 촉진하기 위해 더 많은 혁신을 장려하고, 국내 기업들이 글로벌 경쟁력을 유지할 수 있도록 현명한 전략을 구축
 - 장기적으로 싱가포르에서 실행 가능한 솔루션 확보를 위해 최첨단 기술에 집중
 - 태양 에너지와 바이오매스와 같은 재생 에너지 자원이 기본 부하 전기 수요를 충족시키기 위한 천연가스 발전을 대체할 가능성은 낮지만, 에너지 복원력과 환경의 지속 가능성을 높이는 데 도움이 될 수 있을 것임
 - 따라서 싱가포르는 재생 에너지의 잠재적 편익과 규모 한계를 인식하여 국가 에너지 포트폴리오 구성요소로서 재생에너지 자원을 개발하는데 필요한 기반구조와 혁신 R&D를 지속적으로 지원할 필요가 있음

👤 장기적인 R&D 혁신을 촉진하기 위해서는 유능한 전문 연구인력이 지속적으로 뒷받침되어야 함

- 이를 위한 역량 개발 교육이 중요하고 정부는 고등교육기관, 기업계 및 산업노조와 같이 기존 파트너십 강화 및 장기적 파트너십 구축을 통해 이를 수행해야 함
- 정부의 노력뿐만 아니라 R&D 연구원 출신의 경제적 성공사례를 다양하게 제공하는 사회적 노력을 통해 우수한 인재가 R&D 연구인력이 되고자하는 동기부여 강화도 매우 중요
- 이는 전문 기술 스타트업이 투자를 받을 수 있는 경로를 다양화하고 R&D 연구개발의 도전이 긍정적인 분위기 형성을 통해 활성화 가능할 것임

👤 싱가포르의 기존 기술을 개선하고, 새로운 유망 기술을 개발하고 가격 경쟁력 있는 기술 솔루션이 실제 적용되기 위해서는 지속적인 R&D 노력만이 유일한 방법이라는 사실을 인식하고 있으며,

👤 글로벌 탄소중립사회로 나아가고 있는 이 시점에서 이러한 에너지 R&D 연구 노력은 에너지 시스템의 발전에 중요한 돌파구를 마련하게 될 것임

싱가포르 에너지 R&D 지원정책 및 기술육성 동향

발행일 | 2022년 10월

작성자 | 베트남 거점 이재민 소장 (jmlee@kiat.or.kr)

문의처 | KIAT 국제협력기획팀 (jskim11@kiat.or.kr)

-
- ※ 본 자료에 수록된 내용은 한국산업기술진흥원의 공식적인 견해가 아님을 밝힙니다.
 - ※ 본 내용은 무단 전재할 수 없으며, 인용할 경우, 반드시 원문출처를 명시하여야 합니다.
 - ※ 본 자료는 GT온라인 홈페이지(www.gtonline.or.kr)를 통해서도 보실 수 있습니다.



KIAT(한국산업기술진흥원)
미국 워싱턴 D.C. 거점
김은정 소장



KIAT
유럽 벨기에 거점
강주석 소장



KIAT
베트남 하노이 거점
이재민 소장



KEIT(한국산업기술평가관리원)
미국 실리콘밸리 거점
박성환 소장



KEIT
유럽 독일 거점
박호준 소장



KORIL(한국-이스라엘산업연구개발재단)
유럽 이스라엘 거점
최수명 소장