CTis 전문가 리뷰 2018

선진국의 기후기술협력 동향 및 전략

전문가가 주목하는 6가지 기후기술협력 이슈

2018. 12

GREEN TECHNOLOGY CENTER

서문

최근 신 기후체제의 본격화와 더불어 국내외적으로 기후기술협력과 관련된 다양한 정보에 접근할 수 있는 능력이 국가는 물론 기관 및 개인에게 있어 중요한 역량이 되고 있습니다. 이를 위해 녹색기술센터에서는 2016년부터 기후기술관련 정보 포털이자 기후기술협력 플랫폼의 역할을 담당할 수 있는 종합정보시스템을 개발하기 시작하였으며, 그 결과 2018년에 국가기후기술정보시스템(Climate Technology Information System, CTis)을 구축하게 되었습니다. 현재 국가기후기술정보시스템에서는 기후기술관련 정책동향, 데이터 분석, 기후기술 DB, 기후기술협력 플랫폼의 4가지 카테고리 별로 다양한 정보를 제공하고 있습니다. 「CTis 전문가 리뷰 2018」은 국가기후기술정보시스템의 성과 확산을 위한 발간물로서 선진국의 에너지 정책동향은 물론 4차 산업혁명 대응, 남북 기후기술협력 등 기후기술협력과 관련하여 새롭게 부각되고 있는 이슈들을 국내외 전문가의 시각에서 분석하여 제공하는 파일럿 형태의 첫 시도 입니다. 앞으로 녹색기술센터는 국가기후기술정보시스템의 가치 있는 콘텐츠 중 일부를 외부 전문가의 새로운 해석을 바탕으로 다양한 시사점을 담아 보다 심도 있게 제공함으로써 시스템 사용자의 인싸이트를 넓히는데 기여할 계획입니다. 「CTis 전문가 리뷰 2018」의 내용은 국내외 전문가의 개인적 시각에서 정리 분석하여 제공한 것으로 우리 연구소의 공식적인 견해가 아님을 알려드립니다.

목차

서문

본론

5 일본의 기후변화대응 관련 지원 이니셔티브

17 세계에너지협의회가 말하는 기후 리스크와 기회

29 4차 산업혁명과 지구환경(세계경제포럼 논의 사항 중심)

39 기후 서비스 개발을 지원하기 위한 상호 운용 가능한 연구 데이터 기반 인프라

49 북한의 환경 현황과 기후기술 협력

63 기후기술의 정보 플랫폼

일본의 기후변화대응 관련 지원 이니셔티브

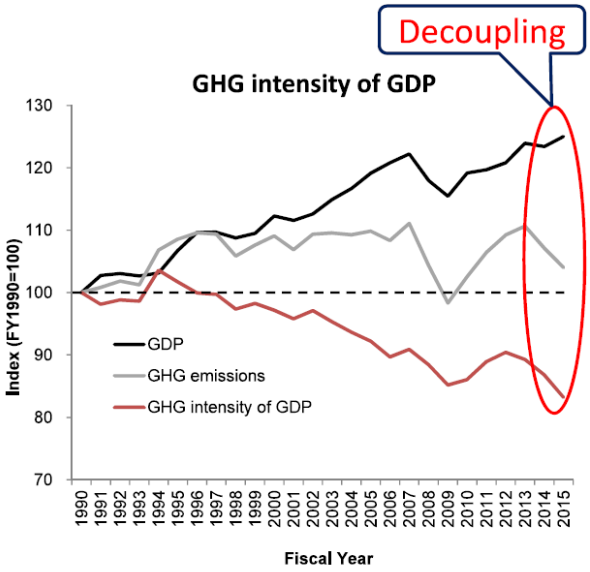
GREEN TECHNOLOGY CENTER

일본의 기후변화대응 관련 지원 이니셔티브

1. 개요

■ 일본의 기후변화 대처에 있어 이미 온실가스 저감과 경제성장의 Decoupling이 진행 중

- 일본이 섹터별 온실가스 배출 추이는 1990년대를 기준으로 에너지 부문을 제외하고는 계속 감소하는 추세
- CO_2외 다른 온실가스의 배출도 전반적으로 감소하는 추세
- 지구환경 보존과 경제성장의 decoupling이 가능하다는 점을 확인



(Source) National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan (April, 2017), Annual Report on National Accounts

Note: The values of GHG emissions are based on the 2017 GHG inventory submission, which were revised from the values reported in the BR2.

자료: Takuni Ichikawa, "Latest Japanese Climate Change Policies" (2017)

〈그림 1-1〉 GDP의 GHG 집약도

■ 일본 정부는 기후변화 대응을 위해 다양한 정책을 추진

① 전기 생산의 저탄소화 방안 수립 및 지원
- 재생가능 에너지에 대한 발전차액지원제도(Feed-in-Tariff, FIT)의 개혁과 운영 등

② 에너지 효율 극대화 및 혁신지원을 위한 Top Runner 프로그램 추진
- 에너지 효율향상 목표를 충족하기 위해 제조업체 및 수입업자가 참여하여야 하는 의무 프로그램

③ 에너지 고효율 이동수단(차량) 개발 지원
- 2030년까지 차세대 이동수단의 비중이 50~70% 되도록 지원

④ 주택과 빌딩의 고효율 저탄소화 정책 수립
- 에너지 자급자족 건축물 (Net zero energy houses, Net zero energy buildings) 촉진

⑤ 소비자 인식제고를 위한 'Cool Choice' 캠페인 실시
- 지구온난화에 대한 소비자 인식 개선을 목표

■ 일본의 기술, 정책, 정보 등을 바탕으로 개도국 지원 프로그램 (Japan's Assistance Initiatives to address climate change) 운영

- 개도국과의 협력을 통한 일본의 위상 강화 및 일본 기업이 보유한 첨단 기술, 정보 관련 인프라 등의 개도국 진출 지원이 목적

2. 일본의 개도국 지원 프로그램의 주요 내용

■ 감축 (Mitigation) 프로그램 – 경쟁력 높은 저탄소 기술의 확산

- 공동 크레딧 제도(Joint Credit Mechanism, JCM)를 활용한 일본 기술의 개도국 확산, 에너지 저감 기술 및 재생가능 에너지 기술의 개도국 이전, 지속가능한 산림관리 시스템의 개발 지원 등을 포함
- 감축관련 10가지 지원 분야

① 공동 크레딧 제도 (JCM)
② 도시 대 도시 협력을 통한 JCM 프로젝트의 타당성 연구
③ Co-Benefit 접근법의 확산
④ 폐기물 관리에 있어 감축 기술의 이전(양자간, 다자간 협력을 통한 일본의 Waste to Energy 기술 이전)
⑤ 이머징 국가에 일본의 에코시티 개발 사례 보급
⑥ 기후변화 측정기술 (Climate Change Measures Technology)의 확산

⑦ 농업부문의 온실가스에 대한 국제연구연합 (Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases) Council Meeting과 Science Conference를 일본에서 개최
⑧ 산림 보존과 지속가능한 산림관리 기법의 확산 지원
⑨ 국제 저탄소 관련 과학자와 연구 네트워크(International Research Network for Low Carbon Scientists)의 장기 시나리오에 대한 연구에 협력
※ 2050년, 2100년 목표에 맞춰 장기 저탄소 시나리오 연구를 수행
⑩ 재생가능에너지와 전력공급 시스템 소개

자료: 일본 환경성, "Japan's Assistance Initiatives to Address Climate Change" (2017)

〈그림 1-2〉 재생가능에너지와 전력공급 시스템

■ 적응(Adaptation) – 일본의 경험과 사례 공유

- 국제적응네트워크(Global Adaptation Network; GAP), 아시아-태평양 적응네트워크(Asia Pacific Adaptation Network; APAN) 그리고 전지구적 지구관측시스템(Global Earth Observation System of Systems; GEOSS)의 아시아-태평양 심포지움 및 포럼을 통해 일본의

적응 경험과 사례 소개 및 전수, 그리고 지구 모델의 개발에 대한 연구 지원, 정교한 측정을 위한 인프라 확대 지원 등도 추진

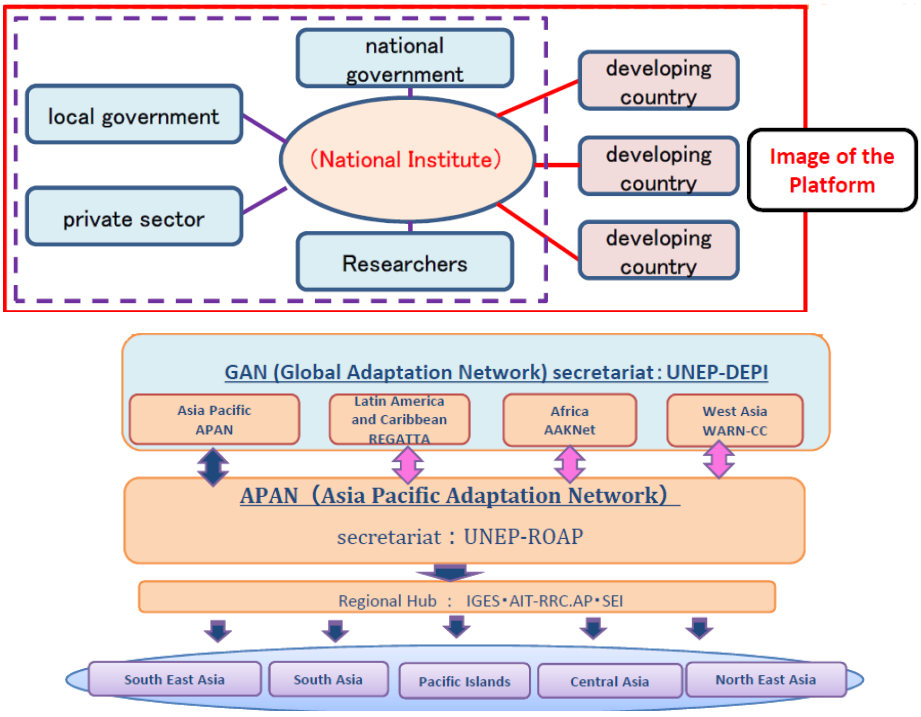
- GAN: UNEP에서 구성, 극한 기후와 인류를 연구하는 기관 등과의 연합 네트워크
- APAN: 2009년 GAN의 일부(아시아-태평양 부분)로 조직
- GEOSS: Group on Earth Observation에서 설립, 실시간 환경데이터 관측 및 정보 제공을 목적

● 적응관련 8가지 지원 분야

① 아시아-태평양 적응 정보 플랫폼 운영: 기후변화적응정보플랫폼(Climate Change Adaptation Information Platform)을 일본 국립환경연구소에 개설

② 국제 네트워크 구축을 위한 다자간 협력 지원: GAN, APAN 지원

③ 적응 계획(Adaptation Planning)과 기후변화영향평가(Climate Change Impact Assessment)에 대한 양자간 협력: 인도네시아, 몽고 등 개도국과 수자원 농업, 가축, 보건 등에 기후변화가 미치는 영향에 관한 연구를 지원



자료: 일본 환경성, "Japan's Assistance Initiatives to Address Climate Change" (2017)

〈그림 1-3〉 일본의 적응분야 경험 공유 내용

④ 기후변화 적응전략 이니셔티브(Climate Change Adaptation Strategy Initiative) 지원: IPCC에서 채택한 기후 모델링을 동남아시아 국가에서 활용하도록 지원
⑤ 물과 관련한 재난 분야의 기후변화 적응을 측정하도록 국제적 지원: 2015년 이후 베트남 3회, 인도네시아 2회, 미얀마 2회, 터키 2회, 남아프리카 1회 등 기후변화적응(물과 재난관리 등)에 대한 워크숍 개최
⑥ 적응관련 기후변화 측정기술의 개발: 벼가 가뭄에 견딜 수 있도록 IR64 및 NERICA 품종 등의 유전자를 동남아시아 국가에 소개 및 확산
⑦ GEOSS의 아시아-태평양 심포지움 개최: 2017년 9차 심포지움을 도쿄에서 개최
⑧ 인프라 개발 및 향상을 통한 회복력(Resilience) 강화 지원: 미얀마, 인도, 파키스탄, 탄자니아 등에 관개 시스템(Irrigation System) 건설 및 복원 지원

■ 투명성(Transparency) – 역량강화 목적

● 개도국들의 온실가스 감축에 대한 측정, 보고 그리고 검증(MRV) 능력 배양을 위해 아시아 지역 워크숍을 14년 동안 개최하고, 격년마다 발간하는 개도국의 업데이트 보고서(Biennial Update Reports)를 지원하는 등 투명성 제고에 초점을 둠

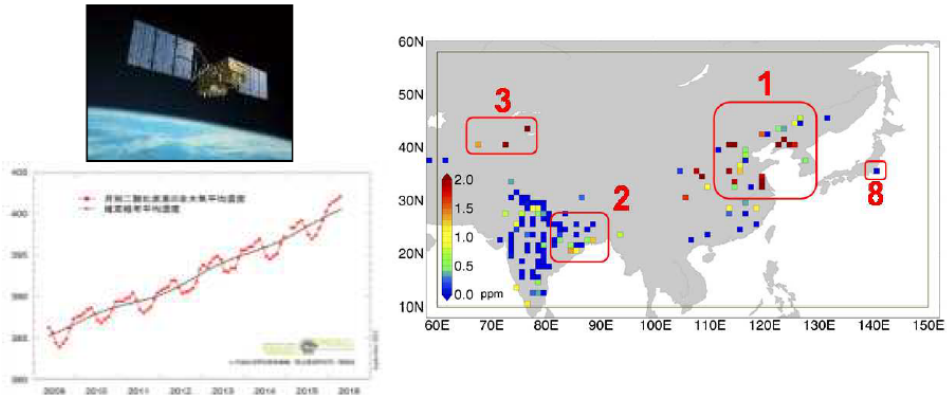
● 투명성 제고 관련 4가지 지원 분야

① 아시아 지역에서 온실가스 인벤토리에 대한 워크숍 개최 지원
- 2016년 몽고에서 개최된 'Workshop on greenhouse Gas Inventories in Asia'에는 15개국 93명이 참가

② 기후변화에 대한 아시아-태평양 세미나 개최 지원
- 2016년 태국에서 개최된 제25차 세미나에 16개국 정책 담당 공무원 40명이 참가

③ 위성을 활용한 개도국의 온실가스 배출 모니터링 지원
- 일본의 Greenhouse gases Observatory SATellite (GOSAT)를 통해 CO_2, CH_4 등의 측정 및 방법론 개발
- 2018년에 GOSAT-2 발사 및 2019년 수정 예정인 "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory"에 방법론을 포함시키는 방안을 추진

④ 측정, 보고 그리고 검증(MRV) 부분의 인적양성 지원
- 일본의 필리핀 기술협력 프로젝트 'Project to Support the Planning and Implementation of NAMAs (National Appropirate Mitigation Actions)' 지원



자료: 일본 환경성, "Japan's Assistance Initiatives to Address Climate Change" (2017)

〈그림 1-4〉 인공위성을 이용한 온실가스 배출 측정

Partners of the "Project to Support the Planning and Implementation of NAMAs"

자료: 일본 환경성, "Japan's Assistance Initiatives to Address Climate Change" (2017)

〈그림 1-5〉 NAMA 기획 및 이행을 지원하기 위한 프로젝트 파트너

■ 탄화플루오로 (Fluorocarbon) 종합 관리

- 일본의 몬트리올 의정서에서 요구하는 배출규제보다 더 엄격한 통제를 위한 정책 추진과 축적된 탄화플루오르 관리 경험을 개도국에 전수
  - 개도국의 탄화플르오로 인벤토리 구축 지원, 향후 일본의 탄화플루오로 종합 관리 전반에 대한 경험 전수

- 지원 분야: 천연냉매 채용 에너지 저감장치의 확산을 위한 타당성 조사 및 사용한 탄화플루오로의 친환경적 관리방안 수립
  - 일본의 에너지 효율기술의 이전 및 확산을 위한 조사

- 사용한 탄화플루오로의 적절한 관리 및 재사용
- 자연냉매를 이용한 에너지 효율 냉매장치에 대한 소개 및 확산
- 2015년 이후 인도네시아, 말레이시아, 태국, 베트남 등에서의 확산을 위한 연구
- 2016년 이후 스리랑카에서의 확산을 위한 연구

자료: 일본 환경성, "Japan's Assistance Initiatives to Address Climate Change" (2017)

〈그림 1-6〉 에어콘으로부터 회수에 대한 실증

■ 지속가능발전목표 (Sustainable Development Goals, SDG) 달성 지원

● UN SDG에서 요구하는 내용을 정책개발 및 계획에 반영한 일본의 경험과 사례를 개도국에 전수하고, 친환경적 지속가능한 도시(Environmentally Sustainable City) 개발과 이에 대한 경험을 개도국과 공유하며, 개도국의 도시개발시 SDG의 관점에서 평가 및 조언하도록 지원

● 3가지 지원 분야

① 친환경적 지속가능한 도시 실현을 위한 국제 협력
- Japan-ASEAN Integration Fund를 통해 고체 폐기물 관리 및 폐수 처리 등의 파일롯 프로젝트를 지원
- 35개 도시가 Phase 2 (Phase 2는 프로젝트 중간 단계)를 성공적으로 마친 상태

② 아시아-태평양 지역의 3R 포럼(Regional 3R Forum in Asia and the Pacific)개최
- 2015년에 몰디브에서 개최된 포럼(3R As an Economic Industry-Next Generation 3R Solutions for a Resource Efficiency Society and Sustainable Tourism Development in Asia and the Pacific)에 아시아-태평양 39개국 정부대표자들 참석

③ 지속가능개발을 위한 과학 및 기술 연구 파트너십(Science and Technology Research

Partnership for Sustainable Development (SATREPS))
- 2016년에 46개국의 총 115 프로젝트 선정 (예: 말레이시아와 “Developing Scenarios for Creating Low Carbon Societies” 공동 연구)

Waste separate collection and composting project in Siem Reap, Cambodia

Training for organic waste composting in North Kuching, Malaysia

Pilot Study for Carbon Sequestration and Monitoring in Gundih Area, Central Java Province, Indonesia

자료: 일본 환경성, “Japan’s Assistance Initiatives to Address Climate Change” (2017)

〈그림 1-7〉 SDG 달성을 위한 일본의 경험 전수

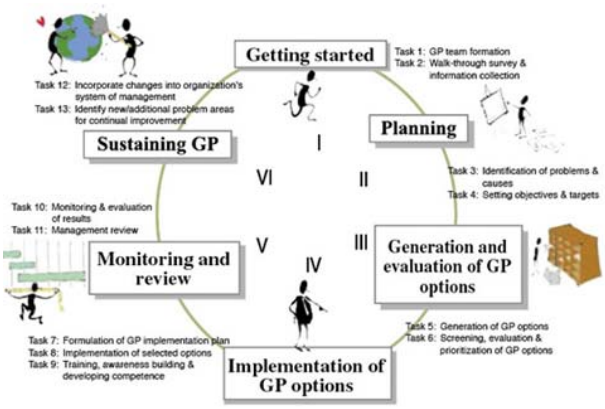
3. 시사점

■ 일본은 개도국 지원 경험이 풍부하다는 점과 과학기술을 포함하여 정책, 전문가 집단과의 교류가 활발하며, 컨설팅 등을 활용하여 일본식 방법론과 지식의 전달을 효과적으로 추진하는 것이 강점

● 개도국과의 전문가 교류와 일본 기술 및 용어 등의 확산에 있어 강점 보유
  - 이에 반해 우리나라의 경우 개도국에 전수할 수 있도록 한국식으로 특화된 단계별 기술의 선별 및 기법을 체계화 하는 것이 과제

* 예를 들어 개도국은 제조업의 경우 생산성 향상, 환경을 고려하면서 기업을 성장시키는 환경경제효율성과 그 확산 사례를 알고 싶어 함

- 일본은 환경을 생산성에 연계한 '녹색생산성(Green Productivity)' 개념과 방법론을 개발하여 이를 각 국 생산성본부와의 연계를 통해 지속적으로 개도국을 지원
  - 매년 개도국 전문가들을 초청하여 녹색생산성 방법론과 그 지식에 대한 전수를 실시하고 있으며, 이를 통해 개도국 기업들이나 관련 기관들이 일본식 방법과 기법, 기술에 익숙해지도록 하고 있음



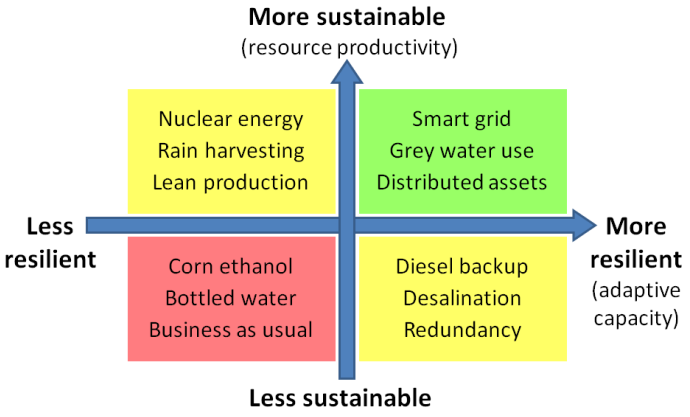
GP methodology.
Source: APO.

자료: https://www.gdrc.org/sustdev/concepts/15-g-prod.html

〈그림 1-8〉 녹색생산성 개념

- 우리나라의 경우 '청정생산' 기술의 보급과 개발을 추진하고 있으며, 이를 개도국에 확산하는 사업을 추진 중
  - 그러나 '청정생산'은 우리나라에서 자체 개발한 기법이 아니며 또한 개도국으로의 확산도 일부 국가에 국한

- 우리나라의 기후가 아열대 식으로 변화되는 추세에 맞춰 아열대기후 지역의 개도국과 감축 및 적응 기술의 공동개발과 적용 정책 추진이 필요
  - 지속가능성과 회복력(Sustainability and Resilience)을 융합한 기술확산 방법론 및 기법의 개발 그리고 개도국으로의 전수 필요



자료: https://www.thesolutionsjournal.com/article/resilience-navigating-toward-a-sustainable-future/

〈그림 1-9〉 지속가능성과 회복력을 융합한 기술

■ 국내 전문기관간의 협업을 통해 우리나라의 강점인 제조업 생산성과 친환경 기술 및 방법론의 한국식 기법을 개발하고 이를 개도국에 확산하는 방안의 고려가 필요

- 참고로 미국 EPA에서는 Lean제조기법과 친환경기법을 융합한 Lean and Green 기법을 개발하여 제조업, 정부, 지방정부 등에서 활용하도록 확장하여 공급 중
- 개발한 기후기술과 청정생산 기술의 영문화 및 공동 DB화도 시급

■ 참고문헌

1. Takuni Ichikawa, "Latest Japanese Climate Change Policies" (2017)
2. 일본 환경성, "Japan's Assistance Initiatives to Address Climate Change" (2017)
3. http://APO-tokyo.org/productivity/
4. 국가청정생산지원센터, http://www.kncpc.or.kr/
5. https://www.thesolutionsjournal.com/article/resilience-navigating-toward-a- sustainable-future/
6. 녹색기술센터 https://www.gtck.re.kr/

작성: 김재연 (전 호서대 교수)
편집: 김지환 (녹색기술센터 책임)

세계에너지협의회가 말하는 기후 리스크와 기회

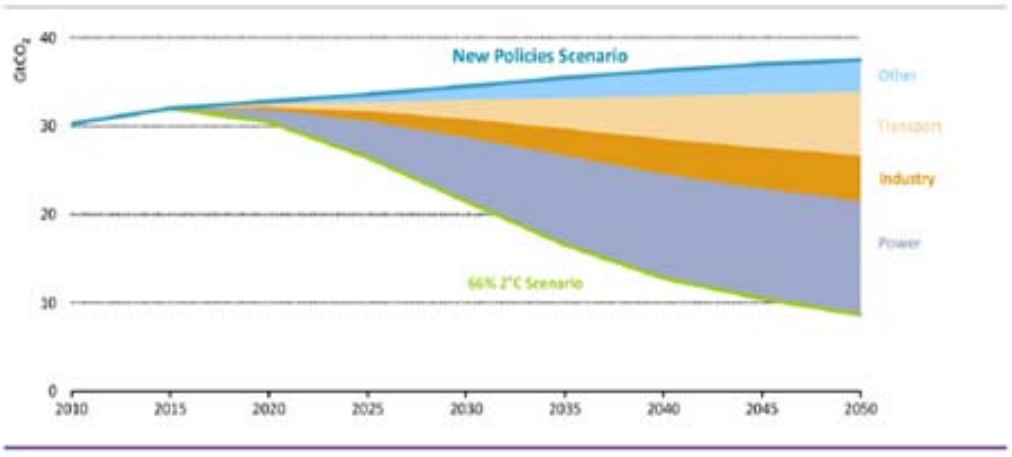
GREEN TECHNOLOGY CENTER

세계에너지협의회가 말하는 기후 리스크와 기회

1. 개요

■ 기후변화는 더 이상 무시할 수 없는 사실

- 세계경제포럼(World Economic Forum)에서는 에너지 섹터의 탈탄소화가 지구 온도 증가를 2°C 이하로 낮추는데 필수 요소라고 강조
- 국제에너지기구(International Energy Agency)는 이를 위해서는 온실가스 배출을 2050년에 현재의 70% 이상으로 감축해야 한다고 지적



자료: IEA and IRENA, 2017

〈그림 2-1〉 66% 2℃ 시나리오속에서 기술에 의한 글로벌 CO_2 배출감소

① New Policies Scenario: 신 정책시나리오는 국가온실가스감축목표(Nationally Determined Contributions (NDCs))의 에너지 부문에 대한 영향을 반영한 것
- 국가 공무원 및 기타 이해관계자간의 광범위한 협의뿐만 아니라 에너지 관련 구성 요소의 함의에 대한

정량적 평가 결과를 반영

- 2016년 세계 에너지 전망에서 처음으로 발표되고, 타 시나리오와의 비교분석을 위해 2050년까지 이 시나리오 대로 진행된다고 가정
- 정책 입안자, 투자자, 소비자 및 기타 이해관계자들에게 2016년 중반의 정책이 향후 에너지 부문을 어떻게 변화킬 것인가에 대한 지표를 제공

② 66% 2°C Scenario: 지구온난화의 장기간 상승을 2°C 이하로 제한할 확률이 66%일 때 에너지 관련 배출량의 궤적을 기술하는 시나리오

- 세계 평균 기온상승을 산업화 이전 수준에서 2°C를 훨씬 밑도는 것으로 제한하는 목표에 맞춰 에너지 부문의 온실가스(GHG) 배출을 제한하는 정책이 실행된다고 가정
  - 이 시나리오에서는 에너지 부문 이산화탄소 배출량은 엄격한 CO_2 예산(budget)에 의해 결정된다고 보는 것으로, 이 새로운 정책 시나리오를 따를 경우 66% 2°C 시나리오의 전체 에너지 부문 CO_2 예산은 20년이 지나면 고갈될 것으로 예상

Table 2.2 • Selected key policy assumptions in the New Policies Scenario and additional measures in the 66% 2°C Scenario

Sector	New Policies Scenario	66% 2°C Scenario
Cross-cutting measures	• CO_2 prices in specific countries in the power and industry sectors implemented with a variety of delays ranging from USD 25 to USD 60 per tonne in 2050. • Cautious implementation of announced NDCs as part of the Paris Agreement. • All net-importing countries and regions phase out fossil fuel subsidies completely within ten years.	• CO_2 prices in all countries ranging from USD 80 to USD 190 per tonne in 2050 in the power and industry sectors. • Fossil fuel subsidies removed by 2025 in all countries.
Power	• Implementation of GHG emission performance standards, renewable energy mandates and nuclear power development in accordance with NDC targets and national/regional policies.	• Widespread market reforms, including toreflect the value of flexibility. • Introduction of measures to integrate high shares of variable renewables, including RD&D for storage and support for demand-side responses. • Comprehensive GHG emission performance standards. • Widespread renewable energy mandates. • Expansion of nuclear power deployment (where acceptable). • Widespread deployment of CCS for both fossil fuels and bioenergy.
Industry	• Existing energy efficiency mandates and policies extended to 2050. • Standards and financial support for efficient and low-carbon technologies.	• Stringent mandates to realise energy efficiency potentials. • Widespread industrial use of material efficiency. • Widespread deployment of CCS for both fossil fuels and bioenergy. • Extensive support for electrification to meet low-temperature heat demand, especially through the deployment of heat pumps. • Measures to stimulate widespread deployment of direct low-carbon heat (including bioenergy, solar thermal and geothermal)
	• Fuel economy targets for passenger vehicles and light-duty trucks (and heavy-duty trucks in some countries).	• Stringent fuel economy and emissions standards. • Extensive support for electrification of road vehicles and necessary infrastructure including

Transport	• Biofuel blending mandates. • Targets for the share of sales for next-generation vehicles. • Realisation of goals for improvements in aviation efficiency. • Sulfur dioxide emission standards for shipping.	catenary lines for trucks. • Increased taxation of oil-based fuels. • Strong efforts to improve urban planning and increase low-carbon public transport. • International fuel efficiency standards for aviation and shipping, and incentives for biofuels.
Buildings	• Partial implementation of energy efficiency mandates. • Strengthening efficiency standards for appliances and lighting (including full phase out of incandescent light bulbs).	• Mandates to maximise insulation and retrofits for new and existing buildings. • Prioritising the construction of zero-energy buildings. • Phase out of coal and kerosene for cooking. • Enforced phase out of fossil fuel boiler sales by 2025 in all regions, with exceptions. • Extensive support and mandates for electrification including the use of heat pumps, solar thermal and biomass. • Ban of all light bulb sales other than LEDs by 2025.

Notes: The precise policy instruments introduced in each of the scenarios varies across different countries/regions. NDCs = Nationally Determined Contributions; RD&D = research, development and demonstration; CCS = carbon capture and storage; LEDs = light-emitting diodes.

• 이 시나리오의 CO_2예산 내에서 배출한다는 것은 모든 선진국에서 2050년 까지 CO_2 톤당 190 달러의 가격을 요구하는 것으로, 새로운 정책 시나리오에서의 수준보다 3배 더 높은 가격을 요구하는 것

– 지구 평균 기온 상승을 2°C 이하로 66%의 확률로 제한하기 위해 상당한 범위, 깊이 및 속도의 에너지 전환이 필요

• 에너지 부문 이산화탄소 배출량은 2020년 이전에 최고 수준이었다가 2050년에는 지금 수준의 70%이상 떨어질 것으로 예상. 1차 에너지 수요에서 화석연료의 비율은 2014년에서 2050년 사이에 반으로 줄어들 것으로 예상

자료: International Energy Agency (IEA) and International Renewable Energy Agency (IRENA) (2017), Perspectives for the Energy Transition: Investment Needs for a Low-Carbon Energy System

■ 2℃ 목표달성을 위한 세계 에너지 협의회 (World Energy Council)의 제안 사항

① 탄소가격 메커니즘 (Carbon Pricing Mechanism)은 모든 경제 주체에 대해 오염자 지불 원칙 (Polluter Pay Principle)에 의거 설계

② 파리협약은 탄소가격 이니셔티브의 확장과 함께 메커니즘간 그리고 국가간 협력 가능성의 확대 필요

③ 각국 정부는 모든 장벽과 가격 왜곡, 특히 지속가능한 해결책을 위한 평등한 경쟁 구도를 조성하기 위해 화석연료 보조금을 폐지

④ 정부는 장기적인 기후 목표에 집중함으로써 저탄소 기술을 투입하고, 특히 개도국과 신흥국가의 필요한 성장을 달성하기 위해서 재생가능 에너지에 대한 정책의 확실성과 안정성이 필요

⑤ 친환경적 미래를 주도하기 위해 재무 레버리지와 혁신 역량을 갖춘 민간 부문의 역할이 필요
⑥ 에너지 효율은 파리협약에서의 약속을 이행하기 위한 핵심적인 행동
⑦ 민간부문은 사업전략에 기후변화를 포함시켜, 철저한 평가실시, 노출수준 공개, 공개 수준 향상이 필요

2. 기후 리스크와 기회의 주요 내용

■ 기후 리스크 (Climate Risks)의 유형

① 물리적 위험 (Physical Risk)
- 기후 리스크의 물리적 위험은 두 가지로 ① 폭풍, 홍수, 가뭄, 산불과 같이 빈번하고 강력한 극한 기후 현상 등의 '직접 위험'과 ②시간이 지남에 따라 기온 상승 또는 해수면 침식 증가 등으로 인해 연안 지역의 경제 활동에 영향을 미치는 '간접 위험'으로 나타남
- 물리적 위험으로 인한 환경, 건강 및 식량 안보에 미치는 경제적 비용은 2030년까지 총 1조 5,000억 달러~3조 7,000억 달러(누적기준)에 이를 것으로 추산
- 또한 이러한 물리적 위험은 2100년까지 매년 세계 GDP의 5~20%를 감소시키는 등 부정적 요인으로 대두

② 기술적 위험 (Technological Risk)
- 현재 건설 중인 온실가스 다 배출 시설 및 공장 등은 돌이킬 수 없는 기후변화 요인이 될 수 있음
- 기존의 화석연료 인프라는 전 세계적으로 15조 달러에 이르며 이에 대한 투자가 여전히 계속되고 있어 기후 목표 달성을 어렵게 함
- 세계자원연구소(World Resources Institute)는 지구온도 2℃ 상승 목표 달성을 위해서는 석탄, 석유, 가스 매장량의 3/4을 개발하지 않아야 한다고 주장

③ 규제 위험 (Regulatory Risk)
- 전 세계적으로 1,200 개 이상의 기후변화 관련 법규가 있으며 이들 법규는 최근 20년간 20배 이상 증가
- 기후변화에 대응하기 위해서는 명확한 감축목표 설정과 함께 엄격하고 높은 수준의 환경 규제가 필요
- 그러나 이러한 새로운 규제는 비즈니스 활동을 제한하는 새로운 장벽으로서 존재할 뿐 아니라 더 나아가 경제 활동에 대한 신호를 왜곡하는 등 위험을 증가시킴

④ 사회적 위험 (Social Risk)

- 기후변화를 보는 인식은 사회를 변화시킴으로써 비즈니스 아젠다에 지속가능성(Sustainability)을 포함시키도록 유도할 뿐만 아니라 기업이 공급망(Supply Chain)을 기후친화적으로 변화하도록 압력을 가할 수 있음
- 전과정평가(Life Cycle Assessment)는 제품 및 서비스의 환경영향을 평가할 수 있는 도구로서 활용 가능
  - 최근 순환경제 모델에 대한 관심이 증가함에 따라 요람(Cradle: 원료 채취)에서 무덤(Grave: 소각, 매립, 폐기, 재활용)까지의 접근법인 전과정평가(LCA)에 관심이 증대
- 새로운 비즈니스에 대해 탄소발자국을 줄이기 위한(예: 제조공정에서의 에너지 사용량 감소, 폐기물 감소) 시도가 본격화

■ 새로운 기회들 (New Opportunities)

① 새로운 시장 (New Markets)

- 지구온도 2°C 상승의 목표를 달성하려면 신재생 에너지의 점유율은 2030년 15%에서 2050년 약 65%까지 확대가 필요
- 태양광발전(Solar Photovoltaics, PV)기술은 전 세계적으로 청정에너지 비즈니스 모델의 핵심 중 하나
  - 에너지 비용을 줄이면서 청정하고, 재생가능하며 에너지를 스스로 생산할 수 있는 기회를 제공하며 남은 전력을 그리드에 연결함으로써 수익을 거둘 수 있고, 거대 송전선로를 필요하지 않기 때문에 에너지 접근성에서 유리
  - 2016년 현재 전 세계적으로 75 GW의 태양광발전이 설치되었으며, 세계 전기 수요의 1.8%를 공급
- 중산층의 증가로 인해 2035년까지 자동차(상용차 및 승용차) 대수는 1.4~2.3억 대에 이를 것으로 예상되며, OECD 이외 국가에서 80% 이상의 성장이 이루어질 것으로 예상
  - 2050년까지 80% 탈탄소화를 위해서는 육상운송 부문에서의 95% 탈탄소화가 필요 (McKinsey 2009)
  - 전기차는 정부 지원정책에 힘입어 2050년까지 신차 출시의 70%까지 증가해야 함

※ 자율주행 자동차 및 새로운 이동 서비스와 연계된 배터리 기술의 급속한 발전으로 전통적인 자동차의 수요는 감소될 것이며, 이에 따른 배기가스(tail-pipe) 제로화는 공기질 향상에 기여할 것임

② 혁신 (Innovation)

- 재생가능하며 지속가능한 기술은 에너지 시스템의 탈탄소화에 커다란 역할을 할 것이지만, 풍력 및 태양과 같은 일부 기술은 기상 조건에 영향을 크게 받는 등 비연속성도 내재

- CO_2가 수소와 결합하여 합성메탄을 생산하는 기술은 글로벌 삼림 재치환 (replant), CCS (Carbon Capture & Storage) 기술과 함께 중장기적으로 기후 변화에 대처하기 위한 주요 해법임
- 또한 배터리 기술의 진보는 전력망에서의 재생가능 에너지 공급을 확대할 수 있도록 도와줄 수 있음
  - 배터리의 광범위한 적용은 당초 예상된 2045년도보다 빠른 2020년경에 경제적으로도 유의미한 결과가 나올 것으로 예상
- 이미 EU의 일부 국가에서는 재생에너지가 에너지 믹스에서 중요한 역할을 하기 시작 했으며, 이와 관련하여 태양열 온수기(Solar Water Heater), 열병합 발전(CHP) 또는 현대식 바이오매스 열 생산과 같은 기술을 지원하기 위한 제도 및 재정 메커니즘도 확립됨
- ICT가 접목된 기기의 사용으로 건물의 에너지 효율을 향상시키는 것도 중요

③ 접근성, 다양성, 역량 및 협력(Access, Diversity, Capability and Collaboration)

- 현재 많은 기업들이 지속가능한 자원(Sustainable Sources)으로부터 전력 구매를 희망. 특히 재생가능 에너지는 구매자에게 유가 변동과는 상관없이 20년간 고정가격으로 전력을 구매할 수 있다는 메리트가 있음
  - 결과적으로 재생가능한 에너지 인프라의 안정적이면서 장기적인 수입 창출은 전통적인 발전시설의 신용등급과 배당금 지급 능력에 있어 약화를 초래
- 저탄소 에너지는 이미 비용 면에서 경쟁력을 갖추고 있으며, 보조금 의존도 또한 낮아지고 있음(McKinsey 2017)
  - 2017년 네덜란드와 덴마크의 해상 풍력 프로젝트는 전력요금이 50 €/MWh 이하로 낮아질 수 있음을 실증. 이는 2017년에 EU 기업의 평균 전력요금인 110 €/MWh과 가정의 평균 전기요금 200 €/MWh에 비해 경쟁력이 있음
- 그러나 재생가능한 에너지 공급이 증가하고 있지만 화석연료는 에너지 전환에도 계속 역할을 할 것으로 예상
  - 대체연료의 하나인 천연가스는 장기적 탄소배출 감축목표를 고려하지 않을 경우 관련 시설에 대한 투자가 장래 자산 위험을 초래할 수 있음
- 파리협정 목표를 달성하기 위해 기존의 116조 달러의 인프라 투자 외에 29조 달러의 추가 투자가 필요
  - 정부가 인프라의 회복력(Resiliency) 향상을 위한 투자에 대한 관심이 필요
  - 2030년까지 인프라 투자는 약 90조 달러에 이를 것으로 예상되며, 모든 기금이 지속가능하고 회복력을 향상시키는 인프라와 저탄소 및 에너지 효율적인 프로젝트에 지출되도록 보장하는 것이 중요

- 기술이전은 저개발국들이 지속가능한 방식으로 에너지 수요를 충족시키기 위한 핵심 요소

■ 변화를 유인하는 메카니즘

① 경제적 메커니즘 : Carbon Pricing의 사례

- 탄소가격 메커니즘으로는 탄소가격이 지역, 국가 또는 지방정부에 의해 결정되는 탄소세와 탄소가격이 전체 상한(overall capping)하에서 탄소 배출권을 거래하는 배출권거래 시스템(ETS)이 있음
  - 2015년 현재 총 39개국, 23개 지방정부에서 메커니즘을 운용 중이며, 전세계 배출량의 약 13% 차지
- 탄소세나 배출권거래 시스템과 같은 명시적인 가격 책정 이외에도 잠재적인(implicit) 탄소가격도 고려해야 함
  - 여기서 문제는 화석연료에 대한 보조금 지급으로 인해 잠재적 탄소 가격을 추정하기가 어렵다는 것

② 지원 메커니즘 : 재생가능 에너지의 사례

- 2017년에 국가는 물론 지방정부 차원에서 재생가능 에너지 개발과 생산을 지원하기 위한 정책을 전개
  - 재생가능 에너지 목표를 이행하고 투자를 유도할 뿐 아니라 혁신을 촉진하고, 에너지 인프라의 유연성을 향상시키며, 에너지 저장 등 가능한 기술을 구현하도록 메커니즘을 지원
- 발전차액지원제도(Feed-in Tariffs, FIT), 입찰, 전력요금 인하제도(net metering) 및 재정 인센티브와 같은 다양한 정책이 국가 에너지 믹스의 저탄소화를 유도하기 위해 시행
- 정책의 불확실성은 특히 개도국과 신흥국에서 재생가능 에너지의 성장을 저해하는 주된 요인 중 하나
  - FIT가 재생가능 전력에 대한 지원책으로서 광범위하게 사용되고 있음에도 불구하고, 최근의 전력 부문에서의 중요한 동향은 관세에서 경매로 점진적으로 변화한다는 것
  - FIT 또는 녹색인증프로그램에서 경매로 전환할 때 재생가능 에너지 프로젝트 관세는 평균 30% 감소할 것으로 예측[1)]
- 운송부문은 전기차 보조금 및 바이오 연료 혼합의무, 재정적 인센티브가 가장 보편적인 지원 형태
  - 지속가능성 문제를 비롯한 바이오연료 생산 및 사용에 대한 논쟁에도 불구하고 2016년까

1) Bloomberg New Energy Finance

지 많은 국가에서 바이오연료를 지원하기 위한 정책을 채택

③ 규제 정책 : Energy Efficiency 사례
- 2030년까지 3.7%의 연간 에너지 집약도(Energy Intensity) 개선이 필요
  • 에너지 효율개선은 배출가스 감축 외에도 에너지 안보 제고, 공기질 개선 및 재정적 자원 절약 등 많은 이점이 있음
- 전 세계적으로 시행되는 대부분의 에너지 효율 정책의 분류
  • 강제 표준 (예: 최소 에너지 성능 표준)
  • 에너지 절약 목표 및 의무
  • 라벨링 및 정보
  • 재정적 인센티브
  • 경제적 불이익 (예: 에너지세 또는 탄소세)
- 에너지 소비 절감 관련 정책추진에 있어 많은 장벽이 존재
  • 원자재 가격의 하락, 정책 입안자와 투자자 간의 지식 및 역량의 부족, 에너지 보조금 규제 및 다양한 이해 관계자들간의 잘못된 인센티브 등 포함

④ 활용 도구 : Green Finance
- 최근 시장에서 국제 녹색 채권이 저탄소 에너지 시설에 투자를 유도하기 위한 새로운 수단으로서 주목을 받음
  • 녹색채권은 고정 수입 제공 및 기후 또는 친환경적인 프로젝트로의 투자를 위해 조성되었으며, 선진국은 물론 개도국에서도 사용이 급속도로 증가
- 이러한 수단들은 인프라 투자로의 장벽을 낮추지만, 실제 자본 가용성(Capital Availability)은 기후 변화와 관련한 기관 투자가들의 투자 우선순위 변화에 영향을 받음

3. 시사점

■ **2018년 현재 국내에서 추진되고 있는 각종 기후변화관련 정책을 종합하여 (특히 새롭게 시작하는 정책들을 중점적으로 하여) 한국형 New Politics Scenario를 작성할 필요성 증가**

● 현재의 산업구조와 더불어 미래 한국 산업구조의 변화에 대한 기후변화관련 정책의 전환도 시나리오에 포함시켜 함께 분석하는 것이 필요
- 2018년 6월 정부의 2030 국가 온실가스감축 기본로드맵 수정안 발표

- 부문별 2030년 배출량을 기존 로드맵 6억 3,200만 톤(BAU 대비 25.7% 감축)에서 최대 5억 7,430만 톤(BAU 대비 32.5%)으로 국내 감축량을 강화
- 다만, 전환부문의 추가 잠정감축량 3,410만 톤에 대해서는 현재 수립 중인 제3차 에너지기본계획 등과의 정합성을 고려하여 구체적인 감축량과 감축방안을 2020년 국가온실가스감축목표(NDC) 제출 전까지 확정할 예정

- 한편 시민단체는 수정안에 대해 국내에서 건설 중인 신규 석탄발전소의 건설 계획 취소, 혹은 석탄발전소의 가동율 제한과 수명 단축을 적극적으로 논의하고 실행해야 한다는 점과 향후 석탄 퇴출 목표 년도를 분명하게 선언하고 탈화석연료 사회로의 로드맵을 마련해야 한다는 점을 주장
- 또한 세계적으로 기후변화 대응에 효과가 없다고 판명된 기술은 과감히 계획을 폐기하고, 재생가능에너지 확대에 역량을 집중해야 할 것이라고 언급

〈표 2-1〉 2030 국가 온실가스감축 기본로드맵 수정안

(단위 : 백만톤, %)

부문		배출 전망 (BAU)	기존 로드맵		수정안	
			감축후 배출량 (감축량)	BAU 대비 감축률	감축후 배출량 (감축량)	BAU 대비 감축률
배출원 감축	산업	481.0	424.6	11.7%	382.4	20.5%
	건물	197.2	161.4	18.1%	132.7	32.7%
	수송	105.2	79.3	24.6%	74.4	29.3%
	농축산	20.7	19.7	4.8%	19.0	8.2%
	폐기물	15.5	11.9	23.0%	11.0	28.9%
	공공기타	21.0	17.4	17.3%	15.7	25.3%
	탈루 등	10.3	10.3	0.0%	7.2	30.5%
감축수단 활용	전환	(333.2)	- 64.5		(확정 감축량) -23.7 (추가감축잠재량) -34.1	
	E신산업/CCUS	-	- 28.2	-	- 10.3	-
	산림흡수원		-		- 22.1	4.5%
	국외감축 등	-	- 95.9	11.3%	- 16.2	
기존 국내감축			631.9	25.7%	574.3	32.5%
합계		850.8	536.0	37.0%	536.0	37.0%

자료: https://blog.naver.com/harfko1989/221353399171

■ 2018년 이후 개발되거나 상용화되는 기술 중에서 기후변화에 대응하고 또한 개도국에 이전이 가능한 기술은 전과정평가를 실시하며, 환경경제효율성(eco-efficiency) 또는 환경경제효과성(eco-

effectiveness)을 측정하여 DB화 할 필요성이 존재

※ (녹색기술에 대한 법적 정의) 온실가스 감축기술, 에너지 이용 효율화 기술, 청정생산기술, 청정에너지 기술, 자원순환 및 친환경 기술 (관련 융합기술을 포함한다) 등 사회 경제 활동의 전 과정에 걸쳐 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술 (저탄소 녹색성장 기본법 제2조 제3호)

■ 참고문헌

1. World Energy Council, A Fresh Perspective Emerging Opportunities Confronting Climate Change 2018
2. International Energy Agency (IEA) and International Renewable Energy Agency (IRENA) (2017), Perspectives for the Energy Transition: Investment Needs for a Low-Carbon Energy System
3. http://www.greenpeace.org/korea/news/press-release/climate-energy/2018/greenhouse-gas-reduction-roadmap/
4. https://www.kncpc.or.kr/green/stats_field.asp
5. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/interactive-diagram/efficiency-vs-effectiveness
6. www.kipo.go.kr/upload/mobile/intellectualproperty/pdf/GE_judge_targ.pdf

작성: 김재연 (전 호서대 교수)
편집: 김지환 (녹색기술센터 책임)

4차 산업혁명과 지구환경
(세계경제포럼 논의사항 중심)

GREEN TECHNOLOGY CENTER

4차 산업혁명과 지구환경 (세계경제포럼 논의사항 중심)

1. 개요

- 4차 산업혁명은 가상물리시스템(CPS, Cyber Physical System)을 통해 인간과 컴퓨터가 통합되는 스마트 팩토리의 개념 하에 개인 맞춤형 제품이 전체 가치사슬을 관리·통제하는 새로운 차원의 변화

- 최근 4차 산업혁명을 주도하는 과학, 데이터, 기술혁신 환경 및 자원관리 개선에 대한 관심이 커지고 있으나 과학기술의 급속한 발전이 생태계에 의도치 않은 부정적인 영향을 초래할 수 있다는 점을 간과해서는 안됨

- 4차 산업혁명이 지속가능한 산업혁명이 되기 위해서는 의도치 않은 결과는 줄이고, 사회와 자연이 혁명의 혜택을 누릴 수 있도록 하는 환경 조성이 필요

- 이와 관련하여 정부, 시민단체, 산업계는 이에 대한 원칙을 수립하는 주체임
  - 스마트 세이프가드, 프로토콜, 정책, 감독 및 보상 메카니즘의 마련에 있어 정부의 역할이 중요
  - 과학기술 활용 방법을 공동 개발하기 위해 이해관계자간 네트워크 확장 및 소통이 필요
  - 환경경영(Environmental Management), 과학기술 혁신 및 확산, 4차 산업혁명 기술 실행 등이 상호 작용할 수 있도록 정책을 마련

- 환경부문에서 4차 산업혁명 기술을 확산하기 위한 논의도 필요
  - 4차 산업혁명 기술을 활용하여 지구환경 시스템을 보다 효율적으로 관리할 수 있게 제도를 개선
  - 환경분문의 원칙 및 프로토콜 개발을 통해 신기술의 리스크를 최소화하고 기회를 극대화

2. 4차 산업혁명과 지구환경의 주요내용

가. 4차 산업혁명의 개요

■ 4차 산업혁명은 가상물리시스템(CPS)을 통해 인간과 컴퓨터가 통합되는 스마트 팩토리의 개념 하에 개인 맞춤형 제품이 전체 가치사슬을 관리·통제하는 새로운 차원의 변화임

- 사람과 기술 간 연결의 디지털화가 4차 산업혁명의 핵심요소

■ 4차 산업혁명은 제조의 신속성과 효율성이 핵심 목표

- 4차 산업혁명에서 사용된 주요 기술은 가상물리시스템(CPS)으로, 4차 산업혁명의 핵심사용기술(Key Enabling Technology, KET)이며 단계별 기능을 수행
  - (1단계) 스마트 연결: 인텔리전트 센서로 실시간 데이터 관리 및 수집, 특정 통신 프로토콜로 데이터를 전송
  - (2단계) 데이터-정보 변환: 데이터 집계 및 가치있는 정보로 변환
  - (3단계) 디지털 트윈: 디지털 현실에서 실시간으로 표현하는 능력
  - (4단계) 인지: 다양한 시나리오를 통한 의사 결정을 지원
  - (5단계) 구성: 가상현실에서 실제 상황에 피드백 함으로써 개선점 도출

■ 4차 산업혁명은 다음 세 가지의 기본적인 특징을 보유

- 디지털화와 가치사슬의 수직적·수평적 통합 (Digitization and increased integration of vertical and horizontal value chains): 맞춤 제품 개발, 고객의 디지털 주문, 자동 데이터 전송 및 통합 고객 서비스 시스템
- 제품 및 서비스 제공의 디지털화 (Digitization of product and service offerings): 지능형 네트워크를 통해 제품 및 관련 서비스를 설명
- 혁신적인 디지털 비즈니스 모델 도입 (Introduction of innovative digital business models): 인터넷 기반의 통합된 디지털 솔루션 개발로 실시간 가용성 제고 및 전사적 시스템 제어 구현

■ 4차 산업혁명 기술로 인해 구현되는 최근의 산업혁명은 스토리지 및 생산 시스템을 지능형 네트워크에 통합하여 실제 및 가상을 병합하는 것이 특징

- CPS는 IT시스템과 온라인 네트워크에 기계 및 전자장비를 통합하여 상호 통신을 가능하게 함

- 이들 혁신적인 기술을 통한 스마트 팩토리는 맞춤형 제품 생산, 유연성 및 효율성 높은 제조를 가능하게 함

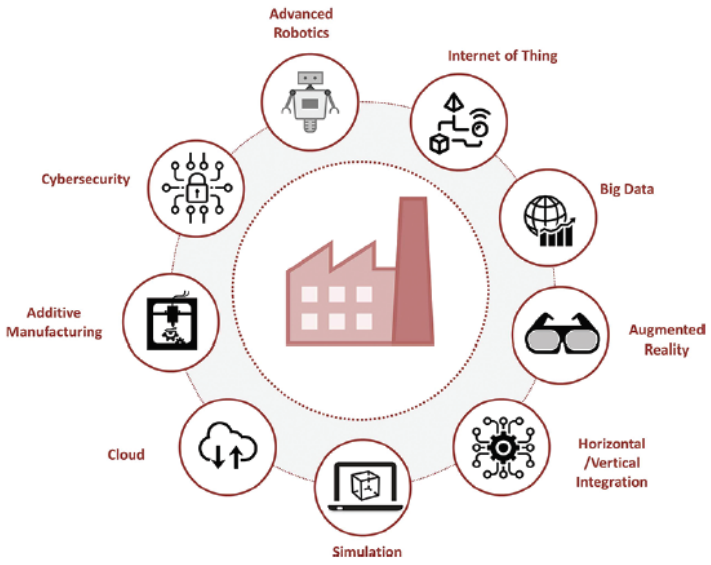


Figure 6. Enabling technologies for Industry 4.0.

자료: Antonella Petrillo, Fabio De Felice, Raffaele Cioffi and Federico Zomparelli, "Fourth Industrial Revolution: Current Practices, Challenges, and Opportunities" (2018)

〈그림 3-1〉 4차 산업협명의 진화 및 주요 기술

– 4차 산업혁명의 다섯 가지 패러다임
· 효율성 (Efficiency) : 원자재 및 에너지 절감
· 생산성 (Productivity) : 생산적인 지능형 기술
· 유연성 (Flexibility) : 가상물리시스템의 사용
· 수요에 따른 개별화 (Individualization on Demand) : 네트워크를 통한 고객 통합
· 분권화 (Decentralization) : 빠른 데이터 중심의 의사 결정

■ 2014년 PwC의 조사에 의하면 향후 5년 이내 기업의 80% 이상이 디지털화한 가치사슬 구현의 필요성을 인식하고 있는 반면 선진국과 개도국은 4차 산업혁명 구현에 있어 각자의 문제를 노정

- 선진국
  - 기업이 비즈니스를 강화하기 위해 실험 및 학습이 필요
  - 데이터 양의 기하급수적인 확대로 인한 데이터 폭발 현상 발생

- 가상물리시스템 운영을 위한 인력 확충 필요

● 개도국
- 사업자 대상 디지털 작업 관련 특정 기술 교육이 필요
- 현재 업계를 선도할 4차 산업혁명 구현 회사가 전무
- 국가 또는 지역 차원의 시스템 운영 계획 수립을 위한 자금 지원 필요

나. 4차 산업혁명과 환경

■ **4차 산업혁명에서는 환경경영 방법, 자연과 인간과 경제의 상호 작용(도시, 수송 및 에너지 네트워크, 시스템, 금융 시장 및 농업 및 산업 가치사슬 등) 등에서 재정비가 가능**

● 운송(Transport)
- 첨단소재(Advanced Materials): 배터리의 설계 및 혁신을 통해 경제적이며, 급속 충전이 가능한 배터리 생산이 가능
- 전기자동차 시장: 2025년까지 하루 약 2백만 배럴의 석유수요를 감소시킬 것으로 예상되며, 2040년에는 1,600만 대까지 증가 예상
  • 전통적인 자동차 업체의 일차적인 경쟁자는 기술보유 업체이며, 특히 이동 서비스(자율주행 등) 소프트웨어에서의 경쟁이 치열

● 연결된 제품 및 서비스 (Through connected products and services)
- 카풀링 등 자동차 공유, 도로 재설계, 최적의 물류 배송, 자율주행, 전기 자동차 설계 공개 등을 통해 오염 감축 가능

※ IoT 기술로 무장한 중국의 승용차 회사인 Didi는 중국의 400개 도시에서 1,750만 명의 운전자가 접속하며 매일 약 2백만 명이 카풀링 중

- 카풀링을 통해 매일 약 1백만 대의 차량 운행 중단으로 2016년에는 에어콘 냉매인 HFC 사용감소와 함께 약 140만 톤의 온실가스 감축이 가능

● 제품의 추적(Product Traceability)
- Global Forest Watch, Global Fishing Watch 및 Eyes on the Sea 등 공간 데이터 모니터링 플랫폼은 스마트 데이터 보유자가 대용량 데이터 분석과 고급 센서 및 위성 이미지를 활용하여 중요한 환경 이슈에 활동을 추적하고 모니터링 함
  • 불법 어업이나 벌목이 발생할 가능성이 있는 곳을 예측
  • 데이터 제공 업체와 데이터 프로세싱 업체 간의 협력을 통해 효과적인 환경경영을 추진하

는데 기여하는 방법을 모색 중

- 블록체인 (Blockchain)
  - 블록체인은 누구나 열람할 수 있는 장부에 거래 내역을 투명하게 기록하고, 여러 대의 컴퓨터에 이를 복제해 저장하는 분산형 데이터 저장기술로 여러 대의 컴퓨터가 기록을 검증함으로써 해킹을 막음
    - 스웨덴 정부는 토지대장 관리 분야에 있어 블록체인의 가능성을 탐구 중이며, 기업에서는 가나, 그루지야, 온두라스에서 유사한 적용 비즈니스를 모색 중
    - 2030년까지 블록체인이 모바일 탄소거래에 적용될 것으로 예상

  ※ 탄소감축을 전 지구적으로 할당하기 위한 알고리즘으로서 사용될 뿐만 아니라 물과 산림 관리에도 사용할 수 있음

- 온실가스 배출 모니터링 (Monitoring greenhouse gas emissions)
  - 스마트 알고리즘, AI 탑재 인공위성, 무인 항공기 및 첨단 센서의 급속한 발전은 온실가스 배출량을 실시간으로 제공하고, 클라우드를 통해 다양한 이해관계자에게 전달할 수 있음
    - 온실가스 배출량의 모니터링, 보고 및 검증(MRV)의 투명성 향상이 가능
    - 온실가스 배출량의 위성 및 무인 항공기를 활용한 실시간 모니터링이 가능하며 이와 관련한 정보는 블록체인을 통해 공개 가능

■ **반면, 4차 산업혁명은 환경경영에 있어서 적절한 거버넌스 시스템을 지원하지 않을 경우 리스크 내재**

〈사례〉 불법어업 및 생산성 증대를 위해 구축한 해양조건과 어류에 관한 정보

□ 합법적으로 어패류에 대한 제품의 투명성과 추적 능력을 향상시켜 연간 230억 달러에 이르는 불법 어업을 막는 새로운 도구로 부상

□ 그러나 만약에 이 데이터를 호스팅한 국제기관이 해킹될 경우 오히려 감시를 피해 불법 어업을 하는데 악용됨으로써 보다 집중적이고 지능적인 불법 어업이 가능

□ 또한 기술에 정통한 밀렵꾼들이 보호 종의 위치와 서식지에 관한 새로운 자료를 악용할 수 있음
- 일부 밀렵꾼들은 멸종 위기동물을 찾기 위해 관광객이 소셜 미디어에 게시한 지리적 태그(Tag)를 정보로 활용하기도 함

■ **환경관리 및 개선 등에 유용한 4차 산업 기술들**

- 세계경제포럼(WEF)에서는 환경부문에 유망한 4차 산업혁명 기술 14가지를 제시
  - 3D 프린팅, 첨단재료(나노재료 포함), 인공지능, 로봇공학, 드론 및 자율주행 차량, 생명공학,

생체공학, 에너지 포집·저장·전송, 블록체인, 지질공학, 사물인터넷, 신경기술, 신 컴퓨팅 기술, 첨단 센서 플랫폼 (인공위성 포함), 가상·증강현실[2)]

■ 4차 산업혁명 기술과 기후변화 그리고 아프리카

- 아프리카 국가의 경우 기후감시를 위해 무인 항공기 기술의 활용이 요구되나 아직은 미적용
  - 선진국에서는 무인 항공기를 재난은 물론 자원의 불법 채굴을 감시하거나, 또는 방송 메시지를 공유하며 기상 데이터를 수집하고 전송하는 실시간 메카니즘을 가동 중
  - 세네갈은 무인 항공기 도입이 탐사의 효율성을 개선하고, 이를 통해 환경에 미치는 영향을 줄일 수 있다는 가능성을 실증

- 아프리카에는 휴대폰과 드론을 활용한 기상관측 및 예측 관련 비즈니스 기회가 있음
  - 날씨와 기후 모니터링에 있어 모바일 앱과 드론의 사용은 궁극적으로 농업과 항공 산업에 긍정적인 영향을 줄 것으로 예상

- 따라서 날씨 및 기후 모니터링 관련 기술의 채택은 아프리카의 기후변화 적응에 크게 기여할 것으로 전망

  ※ '아젠다 2063'[3)]에서 아프리카는 기후변화적응에 우선 순위를 두고 있음

〈표 3-1〉 4차 산업혁명 기술의 의도치 않은 부정적 결과와 정책 역할

신기술	의도치 않은 결과의 예	공공 정책의 역할
인공 지능	· 자동화로 인한 서비스 및 기타 분야의 일자리 감소로 사회의 불평등 증가 · 오프라인 매장 운영에 기반을 둔 현 현재의 과세기준 · 재화 및 서비스 가격을 낮추는 기술의 확산 · 알고리즘 교육에 사용된 편향된 데이터가 윤리적 문제를 발생(예: 자율주행차량 사고에 따른 배상책임 등) · 이전에는 생각지도 못했던 새로운 윤리적 딜렘마 발생 · 선의로 개발된 AI 알고리즘의 오용(예: 자율무기)	· 자동화로 인한 실직의 위험이 큰 사람들을 대상으로 적극적 재교육을 통해 고용 보장을 추진 · 자동화가 작업을 변경하고 잠재적으로 작업 수를 줄일 수 있기 때문에 과세 시스템의 재평가는 물론 블록체인의 응용을 포함한 현대화 필요 · 기본소득(Universal Basic Income)의 검토 · AI에 대한 윤리적 프레임워크의 개발 · 유익한 AI와 유해한 AI간의 구분 및 알고리즘의 설명, 투명성 및 유효성을 창출하는 거버넌스 확보 · 공공 정책이 데이터 소유권, 개인 정보 보호 및 보안에서 중요한 역할
사물의 인터넷	· 현재 230억 개에서 2020년까지 500억 개로	· 디바이스, 센서, 가전의 에너지 소비에 대한 정

2) Gartner, "Gartner Says 8.4 billion connected 'things' will be in Use in 2017, Up 31 percent from 2016", February 2017

3) Africa Uniaon, 2014

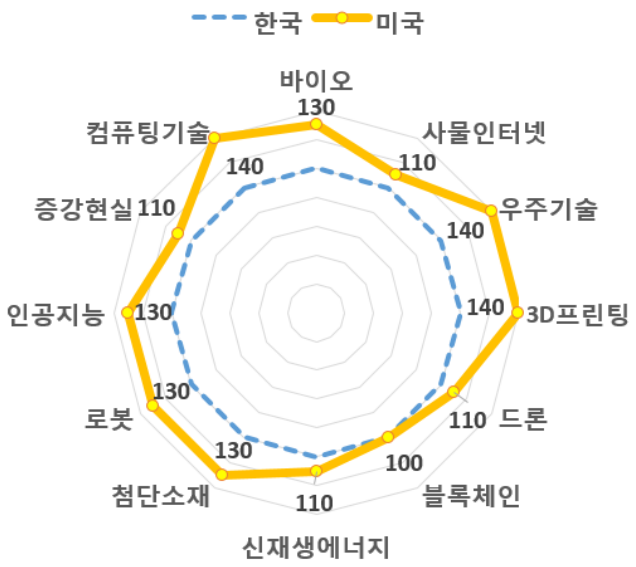
신기술	의도치 않은 결과의 예	공공 정책의 역할
	늘어나는 상호 연결된 에너지 소비 기기로 인해 에너지 사용의 급속한 증가 초래 · 사이버 보안과 데이터 유출에서의 취약성 증가 (예: 발전소, 온라인 계좌) · 네트워크 및 또는 계통 오류에 따른 IoT 의존 시스템 오작동 사고 발생 가능	부 주도의 표준 및 인센티브 · 에너지 믹스에서 재생가능한 에너지원의 역할 증가에 기여하도록 정부는 업계 및 ICT 부문과 함께 리더십 발휘 (예: 글로벌 전자 지속가능성 이니셔티브 GeSI256) · 사이버 보안 및 데이터 프라이버시를 위해 IoT 장치 보안에 관한 정부 주도의 표준 개발 · 자원 리싸이클보다 업싸이클을 권장
블록 체인	· 데이터 채굴 프로세스에 사용되는 많은 양의 에너지 · 제품을 인증하고 위조품을 제거하기 위해 일부 산업에서 출처를 추적하는 것이 개도국의 비용을 크게 증가킴 (예: 의약품) · 규제와 통제가 어려운 지하경제의 성장	· 솔루션에서의 에너지 소비를 줄이고 글로벌 분산형 원장에 접근할 수 있도록 'Proof of Concept(POC)'를 표준화하는 정부 주도의 표준 및 정책 · 사용자 인증을 위해 디지털 ID 입력을 보호하고 표준화하기 위해 규제
자율주행 차량 (AV, 지상 기준)	· 실직(예: 전통적인 택시, 트럭 운전) · AV가 중견 숙련된 역할을 대체함에 따라 불평등 증가 · 자동차 여행 수요의 증가에 따른 잠재적인 리바운드 효과 · 일회용 AV 확대로 대중교통 수요 감소 · 연소 엔진탑재 AV의 주행 증가에 따른 공해 및 혼잡 증가 · AV확대에 따른 운전의 생산성 증가가 이주 증가를 일으켜 부동산 가격에 영향	· 변화하는 고용 패턴에 따른 구조적 변화와 분배 효과에 대처하기 위한 정책 · AV의 대기오염 및 기후 관련 영향을 관리하는 정부 정책 · AV 효율성을 극대화하기 위한 '스마트 시티' 인프라 및 기술에 대한 투자 · AV 보안 및 안전 (사이버 및 물리적) 관련 정책 도입 · 책임 문제에 대한 정부 지침. 차량 수의 잠재적인 증가를 막기 위해 최적의 운송 경로 및 관리 등 연결된 도시간 이동 시스템에 대한 투자 증가
드론	· 드론이 사람들의 개인 공간 / 프라이버시를 침해 · 낮은 고도의 무인 프로펠러 비행기로 인한 소음 공해가 발생 · 공격의 수단으로 사용되는 무인 항공기의 감시 및 테러 위협 · 하수 처리장의 파이프라인 모니터링 등에 특수 장비와 결합된 무인기 사용으로 인한 전문 직업의 상실	· 무인 항공기에 대한 자격증 도입 · 드론 항로(drone ways / drone highway), 무인 항공기 운항에 대한 통제, 무인 항공기 배치 및 사용을 위한 보건 및 안전 체계 구축 · 3D 측량 정책에 필요한 국가 정보 수집 체계 마련
클라우드 서비스	· Hyper-scale 데이터 센터의 에너지 다소비 · 데이터 유출, 클라우드 컴퓨팅 추세에 따라 증가하는 사이버 보안의 위험	· 100% 재생가능 에너지로 데이터 센터에 전력을 공급하는 표준의 개발 및 자발적 협약 체결 · 표준이 클라우드 환경에 대한 위협 및 기술 위험을 해결하는 정책 역할(예: 클라우드 보안 얼라이언스에 대한 RSA((Rivest-Shamir-Adleman, 사이버 보안솔루션의 일종)의 작업이 활용될 수 있음)

자료 : PwC, 'Tech breakthroughs megatrend: how to prepare for its impact' (2016)

3. 시사점

■ 국내 4차 산업혁명 기술의 수준에 대한 파악과 선진국 기술과의 차별성 (특히 환경경영에 있어서 차별성) 파악 필요

- 2018년 5월 한국경제연구원은 바이오, 사물인터넷, 우주기술, 3D 프린팅, 드론, 블록체인, 신재생에너지, 첨단소재, 로봇, 인공지능, 증강현실, 컴퓨팅 기술의 12가지 기술 대해 한국, 미국, 일본, 중국의 현재와 5년 후의 수준을 비교
- 2018년 현재 우리나라의 4차 산업혁명 12개 분야 기술수준을 100으로 했을 때, 중국 108, 일본 117, 미국 130으로 세 나라 모두에게 뒤처지는 것으로 나타났으며, 5년 후에도 중국 113, 일본 113, 미국 123로 일본과 미국에 대한 기술격차는 줄어들겠지만, 비교 열위는 지속될 것으로 전망



자료: 한국경제연구원, '주요국 4차 산업혁명 기술 격차,' (2018.5)

〈그림 3-2〉 한국과 미국의 5년 후 기술격차

■ 4차 산업혁명 기술의 개도국 이전확산을 강화하기 위해서는 우선 농업과 빅데이터, 용수 (물관리) 등의 종합 패키지를 주제로 기술 심포지움과 라운드테이블 그리고 시범사업 등을 추진할 필요

- 2017년 법제연구원은 기후변화 법제 연구에서 지구온난화 극복을 위해서는 친환경에너지 패러다임을 위한 신기술 개발도 중요하지만 빅데이터의 활용과 더불어 현재 사용되고 있는 에너지원

의 효율적 사용을 통해 온실가스 배출을 감소시키는 것도 함께 고려할 것을 제시

- UN Big Data Climate Challenge, 기후 스마트 농업 빅데이터 (Climate-Smart, Site-Specific Agriculture), 그린버튼 이니셔티브(캘리포니아) 등 기후변화 대응에서 빅데이터가 활용되고 있는 사례를 벤치마킹할 필요가 있음

- 에너지원의 효율적 사용을 통하여 발생할 수 있는 온실가스의 양을 최소화하고 이러한 과정에서 센서, IoT, 빅데이터 등을 활용하여 불완전연소를 줄이고 완전연소 상황을 만드는 것은 에너지 효율적 사용에 도움이 되므로 이에 대한 개도국 훈련도 필요

참고문헌

1. World Economic Forum, 'Harnessing the Fourth Industrial Revolution for the Earth,' (2017)
2. Nzioka J. Muthama and Mark Arango, 'Climate Readiness and the Fourth Industrial Revolution in Africa: Review of the Role of Technology in Climate Services,'(2017)
3. Gérard Valenduc, 'Technological revolutions and societal transitions,' (2018)
4, Antonella Petrillo, Fabio De Felice, Raffaele Cioffi and Federico Zomparelli,'Fourth Industrial Revolution: Current Practices, Challenges, and Opportunities,' (2018)
5. Herweijer, Celine et al., 'Enabling a sustainable Fourth Industrial Revolution: How G20 countries can create the conditions for emerging technologies to benefit people and the planet,' (2018)
6. PwC, 'Tech breakthroughs megatrend: how to prepare for its impact' (2016)
7. 한국경제연구원, '주요국 4차 산업혁명 기술 격차,' (2018.5)
8. 한국법제연구원, '4차 산업혁명 핵심기술을 활용한 기후변화 대응 전략 연구 - 빅데이터를 중심으로' (2017)

작성 : 김재연 (전 호서대 교수)
편집 : 김지환 (녹색기술센터 책임)

기후 서비스 개발을 지원하기 위한 상호 운용 가능한 연구 데이터 기반 인프라

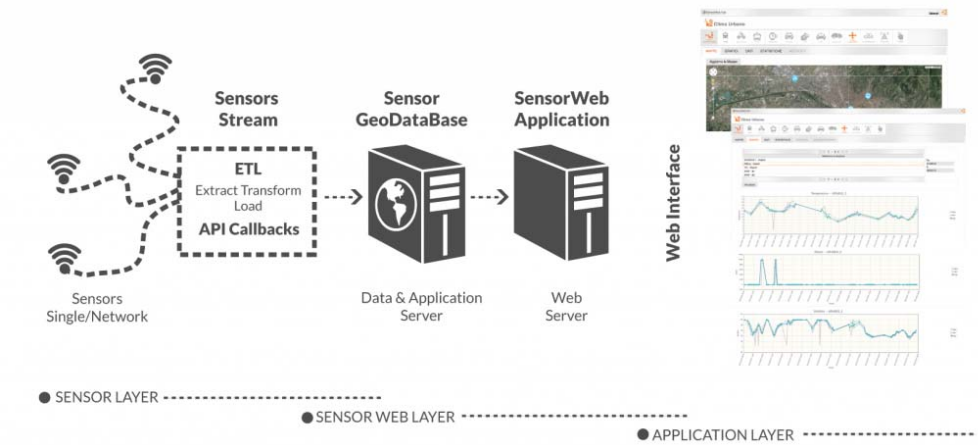
GREEN TECHNOLOGY CENTER

기후 서비스 개발을 지원하기 위한 상호 운용 가능한 연구 데이터 기반 인프라

1. 개요

■ 이탈리아 국립 연구위원회 (National Research Council)의 IBIMET-CNR 연구소 (Istituto di Biometeorologia – Sede di Firenze, Consiglio Nazionale delle Ricerche)는 국가 및 국제 연구 프로젝트에서 수행되고 있는 과학 활동을 지원하기 위한 연구 자료 인프라를 구축 중[4)]

- 여기에는 오픈 소스 도구를 사용한 지형지물 및 데이터 분석 기능이 있는 웹 응용 프로그램의 지속적 개발 및 배포도 포함
- 공간 데이터 인프라는 클라이언트 - 서버 아키텍처로 구성되며 데이터 다운로드 프로세스에서 결과를 최종 사용자에게 보여주기 위해 상호 작용함
- 구조화된 원 데이터(Raw Data)를 이용할 수 있게 맞춤형 정보를 제공하는 기후 서비스인 '조달자 (purveyors)'를 구축하여 다양한 규모의 적응, 완화 및 위험 관리를 지원



자료: https://climateservices.it/en/services-solutions/sensor-web-hub-eng/?portfolioCats=

〈그림 4-1〉 Climateservice.it의 오픈데이터 액세스 체계

4) http://www.fi.ibimet.cnr.it/?set_language=en

■ 이 작업은 여타 IBIMET-CNR 연구와 함께 Bottom-up작업을 통해 이루어 짐

- 기후 데이터 서비스를 지원하기 위해 연구자들 간의 공동 디자인, 공동 개발 및 공동 평가에 기반하고 있으며 연구 데이터 및 정보 과학 솔루션을 공유하기 위한 접근 방식을 채택
- 지구 물리학(Geomatics), 정보통신기술(ICT), 농업 지속가능성(Agricultural sustainability), 저개도국과의 국제 협력 (international cooperation in least developed countries) 등 연구에 대한 공동 협력이 필요

2. 연구 데이터 기반 인프라의 주요 내용

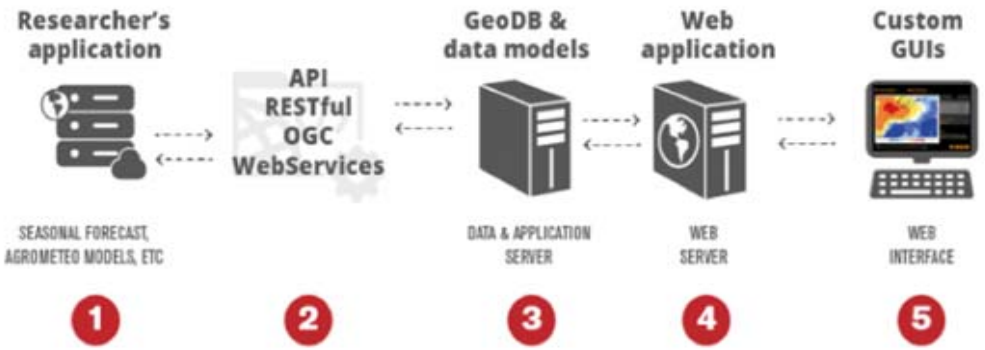
■ 기후서비스를 위한 유럽의 연구·혁신 로드맵 (European Research and Innovation Roadmap for Climate Services, European Commission, 2015)에서 위원회는 과학적으로 입증된 고품질의 데이터를 유럽 기후 서비스에 제공하기 위해 가공된 정보는 물론 원 데이터(Raw Data)를 제공할 것을 권고

- 이에 대한 전제 조건은 ① 데이터 액세스, 관리 및 보존을 보장하는 인프라 개발, ② 개방형 데이터 정책의 틀에서 조화로운 데이터 관리를 위한 기술 지원, ③ 데이터 중심의 연구 접근 방법의 제공 등임
  - 따라서, 연구 데이터 인프라는 데이터 검색, 액세스 및 조작에 필요한 도구를 제공 할 뿐만 아니라 과학자들 간의 협력을 촉진하고 향상시키는 도구이어야 함
  - 학제간(Transdisciplinary) 연구의 접근은 기후 변화의 환경과 농업에 미치는 영향과 관련된 많은 문제를 해결하는 열쇠로 인식

- 이를 위해 과학 공동체가 시의적절한 제품과 서비스를 공유할 수 있도록 개방형 데이터 기반 기후 서비스 포털을 개발 증
  - 이 이니셔티브는 연구원 개개인이 환경, 농업, 기상 관련 데이터를 보관하고 있다는 점에서 출발
  - 이들 데이터가 공유된다면 다른 연구 분야에도 활발히 응용될 수 있음

  ※ 예: 메타 데이터가 있는 대기 변수 맵과 변수에서 파생된 지수는 작물 모니터링, 가뭄 추정 또는 수문학적 위해성 평가 모델의 입력 데이터로서 활용
  - 관심 지역의 원 데이터, 기후 생산물, 코드 및 사전 처리된 데이터를 사용함으로써 데이터 수집을 위한 추가적인 시간과 인력을 줄일 수 있는 장점이 발생
  - 이 인프라를 활용함으로써 데이터 공유를 촉진하고 장려할 수 있음

- 이에 따라 사용자 맞춤형 기후 정보를 공유 및 적용할 수 있도록 지리 정보 우수 사례 축적, 지식 공유, 역량 구축 등을 추진
- 지리 참조 정보(Geo-referenced Information)의 보급을 위해 OGC(Open Geospatial Consortium)의 규격 및 표준을 채택
- 유럽의 공간 정보 인프라 스트럭처(INSPIRE)에 대한 지침, 원칙 및 사양에 따라 구현된 서비스는 다음과 같음
  - 정보 모델 : 시스템 데이터 수집을 위한 데이터 모델 및 인코딩
  - 데이터 흐름 분석 및 통신 네트워크 설계
  - 데이터 흐름 관리를 위한 인터페이스 모델 및 웹 서비스
  - 연구 간의 참여 및 학제 간 접근의 사용
  - 사용자 웹 인터페이스 (프론트 엔드) 설계를 위한 사용자 상담 프로세스 채택



자료: Tiziana De Filippis, Leandro Rocchi, and Elena Rapisardi, 'An interoperable research data infrastructure to support climate service development,' Adv. Sci. Res., 14, 335-340, 2018

〈그림 4-2〉 기후 서비스 어플리케이션의 IBIMEYT-CNR 인프라 컴포넌트

■ 데이터 분석 절차

- 선정된 제품 (계절 예측, 농업 기상 모델, 환경 모니터링 절차) 및 원 데이터는 RESTful 서블릿, API (액세스 프로그래밍 인터페이스) 또는 표준화 된 OGC 웹 서비스 연결을 통해 데이터 서버로 전송
- 모든 데이터는 각 특정 애플리케이션에 대해 구현된 데이터 모델에 따라 GeoDB의 웹 서비스를 통해 자동으로 저장
- GeoDB의 개념 설계는 entity-relation 모델을 기반으로 하며, 지형 데이터 기술을 위한 ISO/TC 211 문맥에서 채택된 공식 언어인 UML(Unified Modeling Language)이 사용

- 일반적인 인터넷 브라우저를 통해 수집된 모든 데이터를 테이블 또는 차트 형식으로 볼 수 있으며, 인터페이스 기능을 통해 데이터를 내보내고 메타 데이터를 시각화할 수 있음
- 현재 고급 사용자용 데이터 분석 도구가 개발 중

■ “climateservices.it” 포털 (www.climateservices.it/)

- IBIMET-CNR에 의해 구현된 서비스 및 정보 과학 솔루션은 기후 제품 및 지리 정보 처리의 사용을 용이하게 함
  - 선정한 참고 문헌과 일반 사용자 커뮤니티의 기후 정보 및 고급 웹 서비스를 제공하여 전문가 및 실무자가 기후 제품 및 메타 데이터를 다운로드 할 수 있게 함

자료: Tiziana De Filippis, Leandro Rocchi, and Elena Rapisardi, ‘An interoperable research data infrastructure to support climate service development,’ Adv. Sci. Res., 14, 335-340, 2018

〈그림 4-3〉 climateservices.it 포털 홈페이지

- “climateservices.it” 포털에서의 제공 서비스

① Med.SEASONAL FORECAST

- 하절기 NCEP-NCAR 재분석 데이터를 기반으로 지중해 유역의 강수량 및 기온에 관한 월간 예측을 실시
- 지중해 기후 전망 포럼(MedCOF), 북 아프리카 기후 전망 포럼(PRESANORD) 및 남동 유럽 기후 전망 포럼(SEECOF)에서 이 예측결과를 적극 활용 중[5)]

② ECOVINO

5) http://medcof.aemet.es/

- 이탈리아의 주요 와인 생산지역의 작황 기간 중에 이용 가능하며, 이러한 정보 서비스는 성장기 동안 포도 나무 성장 (숙주) 및 곤충 발생 (기생충)의 진행을 수학적 모델을 통해 시뮬레이션 실시
  - 웹 애플리케이션은 화학물질의 사용을 피하고 생산 비용을 최적화하기 위한 날씨 정보를 농부들에게 제공
- 포도 및 포도주 생산에 적합한 도구를 농부/생산자 및 양조장에 제공

③ WAM FORECAST
- 서부 아프리카 몬순 (WAM)의 계절별 예보를 통해 사하라 이남 아프리카 지역의 국가 기상 서비스 (NMS)와 국가 조기경보 시스템 (EWS)을 지원
  - NMS: 농업 수력 기상 모니터링 담당
  - EWS: 식량안보 관련

④ TOSCANA SICCITA' (DROUGHT IN TUSCANY)
- 토스카나 지역의 강수량 지수(SPI-표준 강수 지수, EDI-효과적인 가뭄 지수), 인공위성 유도 지수(NDVI-정규 식생 지수, VHI-식물 건강 지수) 등을 통해 '가뭄 GIS' 온라인 월별 게시판에 전월의 가뭄 상황과 다음 달 전망을 게시

● 'climateservices.it' 포털 제공 솔류션 (solution)

① CRZMS (Crop Risk Zones Monitoring System)
- 작물의 성장기간 동안 가뭄으로 인한 영향을 평가하고 정보를 제공하는 것을 목표로 함
- 사헬(Sahel) 지역의 가뭄에 대한 회복력과 말리(Mali) 및 니제르(Niger) 지역의 회복을 위한 웹 애플리케이션으로 식품 안전의 위험 노출을 최소화 하고 적절한 대응 전략을 실행

② SensorWeb Hub
- 모바일, 고정 오픈 소스, 저비용 센서 플랫폼을 기존 모니터링 네트워크와 통합하는 웹 응용 프로그램
- 인프라는 현재 농업 – 기상, 기상, 도시 기후, 재생가능 에너지 및 실내 센서 데이터 카테고리로 구성

■ **전체 인프라 프레임 워크 코드는 오픈 소스이며 소프트웨어 및 인터페이스 디자이너, 전문가, 실무자 및 연구원 간의 협력을 촉진하기 위해 공유 가능**

● 이 이니셔티브를 통해 최종 사용자에게 맞춤형 도구, 제품 및 정보를 제공

- 기후변화 대응 관련 사용 가능한 서비스 및 솔루션으로 활용

- 최근 여러 종류의 기후 서비스가 전 세계적으로 개발 중
  - Climate Change Scenario Platforms (Federal Office of Meteorology and Climatology, Meteo Swiss, 2016.)
  - Climate Knowledge Hub (http://www.climate-knowledge-hub.org)

- 이 포털의 궁극적 목표는 기후 모니터링, 연구 및 모델링을 통해 도출된 정보를 GFCS (Global Framework for Climate Services)에 명시된 우선 순위에 맞춰 WMO (World Meteorological Organization)에서 권장하는 대로 운영 가능한 정보 및 서비스를 제공하는 것임
  - 이 이니셔티브는 IBIMET-CNR과 협력하고 최빈 개도국 (LDCs)의 기상 담당 부처에 대한 교육을 포함한 역량강화를 지원하는 것이 목표
  - 또한 연구원들이 학제 간 연구를 위해 데이터 및 품질 확인, 기후 생산물을 쉽게 공유하도록 유도 하는데 있음

3. 시사점

■ 기후변화와 관련한 R&D 프로젝트에서 생산 및 보유한 데이터, 정보의 통합 관리 및 융복합화 필요

- 2018년 과기부에서는 이를 위해 2018년도 기후변화대응기술 개발사업 예산으로 전년 대비 약 9.6% 증액된 86,583백만 원을 책정

※ 2018년도 기후변화대응기술 개발사업
- (정의)기후변화대응 탄소 자원화, 기후변화 적응분야에서 선도적 원천기술을 확보, 혁신 성장 동력 창출과 동시에 국민 삶의 질 향상을 지원하는 사업
- (온실가스저감) 태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, CCS등
- (온실가스자원화) 배출된 온실가스를 연료·화학연료로 전환·재활용 하는 분야
- (기후변화 적응) 기후변화로 인한 국민생활 및 산업을 보호하는 분야

■ 기후변화 대응 기술에 대한 종합 포털은 각 부처에서 이미 구축되었으나, 빅데이터, 센서로 부터의 실시간 데이터 저장, 기후변화 관련 전문자료 등 산재되거나 아직 구축하지 못한 영역에 대한 융합화

또는 연계 작업도 추진이 필요

- 과기부, 산자부, 환경부 등에서 기존에 구축한 기후변화 관련 포털간의 연계 방안 마련이 필요
  - 산자부와 환경부의 경우 2017년 온실가스 감축 등 기후변화 대응을 위한 노력과 국민건강보호와 직결되는 미세먼지 문제 해결을 위해 양 부처간 정책수단을 연계해 ①공동대응 협력, ②제도이행 협력, ③혁신성장 협력 등 3대 협력분야 8개 협력과제를 추진하기로 함
  - 따라서, 기후기술과 관련한 기술내용, 전문자료, 빅데이터, 국제협력 등을 종합한 연계 플랫폼을 과기부와 함께 논하여 정책을 마련하는 것이 필요

〈표 4-1〉 산업부-환경부 주요 협력과제

분야	주요 협력과제
공동대응 협력과제	- 미세먼지 관리 종합대책 이행 - 온실가스 감축 등 기후변화 대응 - 친환경 에너지 전환
제도이행 협력과제	- 산업계와 함께하는 화학물질 안전 관리 - 산업계 환경규제 이행 지원
혁신성장 협력과제	- 전기차 등 친환경차 보급 확산 - 4차 산업혁명형 청정기술 개발 및 환경 신산업 혁명 - 재제조산업 활성화

협력과제는 지속 발굴하여 추가 예정

자료: https://blog.naver.com/cartvnews/221118850469

■ **기후변화 기술과 관련한 전문가 집단 또는 기업 등의 클러스터 맵과 개도국가의 전문가 클러스터, 국내 기업의 개도국 시장 진출 지원을 위한 개도국 기업 클러스터 등을 종합한 포털 구축이 필요**

- 미국의 Cluster Mapping은 중요 참고 자료
  - Traded Cluster 51개, Local Cluster 16개에 대한 매핑 자료를 제공
  - 학생, 연구자, 정책입안자, 공공기관 실무책임자, 기업 담당자 등이 필요로 하는 각종 자료를 매핑하고 데이터를 제공
  - 개도국에 기후기술의 이전 확산 또는 제공 등을 성공적으로 수행하기 위해서는 국내의 전문가 집단과 관련 기업들의 클러스터 구성 현황 그리고 수혜국의 전문가, 기업 클러스터 등에 대한 정보가 제공되어야 함
  - 국가과학기술연구회의 융합연구클러스터는 물론 산자부, 환경부에서 과거에 기 구축했던 산업클러스터 등을 포함하여 '국가 기후기술 및 전문가 클러스터 매핑' 플랫폼을 개발하고 구축하는 것이 요구됨
    - 현재 융합연구클러스터로 37개, 전문가 3,156명이 참여 중임

자료 : https://www.clustermapping.us/cluster#clusters-list

〈그림 4-4〉 51가지 Traded Cluster

■ 참고 문헌

1. Tiziana De Filippis, Leandro Rocchi, and Elena Rapisardi, 'An interoperable research data infrastructure to support climate service development,' Adv. Sci. Res., 14, 335-340, 2018
2. Sigel, M., Fischer, A., Zubler, E., and Liniger, M.: Dissemination of climate change scenarios – a review of existing scenario platforms, Technical Report MeteoSwiss, 257, 88 pp., Federal Office of Meteorology and Climatology, Meteo Swiss, 2016.
3. Rocchi, L. and De Filippis, T.: n3tmaster/SensorWebHub: Sensor-Web Hub, https://doi.org/10.5281/zenodo.1158617, 2018.
4. https://climateservices.it/en/services-solutions/sensor-web-hub-eng/?portfolioCats=

5. http://www.climate-knowledge-hub.org
6. http://medcof.aemet.es/
7. 과학기술정보통신부, '기후변화 대응 기술개발 사업 2018 시행계획 수립' (2018.1)
8. 산자부 보도자료, '산업부-환경부, 지속가능한 미래를 위해 손 잡는다' (2017.10)
9. https://www.clustermapping.us/cluster#clusters-list

작성 : 김재연 (전 호서대 교수)
편집 : 김지환 (녹색기술센터 책임)

북한의 환경 현황과 기후기술 협력

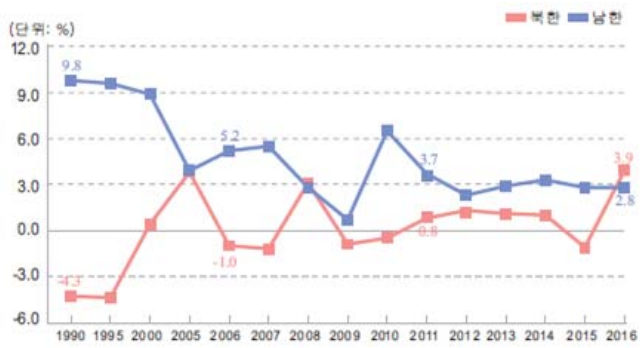
GREEN TECHNOLOGY CENTER

북한의 환경 현황과 기후기술 협력

1. 개요

■ 최근 해빙무드에 들어간 남북관계를 고려할 때 북한의 기후기술협력 방안 마련이 필요한 상황

- 국토부의 남북 철도와 도로를 연결하겠다는 사업 추진을 계획 중
  - 강릉~제진 구간에 23,490억 원, 문산~개성 구간에 5,179억 원으로 추산



자료: 통계청, "2017 북한 주요통계지표" (2017)

〈그림 5-1〉 경제성장률 추이

■ 북한은 자연재해 사망자 수와 GDP 손실을 산정하는 '기후 리스크 2013'에서 세계 7위, '기후 리스크 2009'에서는 세계 2위 기록

- 2016년에 유엔 실사팀이 50~60년 만에 발생한 최악의 피해로 발표할 정도의 대규모 수해 발생
- 북한은 기후변화로 인한 평균기온 상승과, 강우량 증가로 자연재해 위험이 더욱 커질 것으로 전망
- 북한의 산림생태계 복원 및 기후변화의 영향과 자연재해 피해를 줄이기 위한 대응이 시급
- 남북협력이 본격화 될 경우 온실가스의 배출을 최소화하고, 경제발전을 이끌 기술 지원과 협력이 필요

2. 북한의 환경 현황과 기후기술 협력 주요 내용

■ 2017년 북한의 산업구조

- 2016년도 대비 광공업, 건설업, 전기가스수도업 비중은 감소한 반면 농림어업과 서비스업 비중은 증가

〈표 5-1〉 북한의 산업구조

(단위: %)

	북 한			한 국	
	2015	2016	2017	2016	2017
농림어업	21.6	21.7	22.8	2.1	2.2
광공업	32.7	33.2	31.8	29.7	30.6
광업	12.2	12.6	11.7	0.2	0.2
제조업	20.4	20.6	20.1	29.5	30.4
(경공업)	(7.0)	(6.9)	(6.8)	(5.5)	(5.1)
(중화학공업)	(13.4)	(13.7)	(13.3)	(24.0)	(25.3)
전기가스수도업	4.5	5.2	5.0	3.3	3.0
건설업	9.0	8.8	8.6	5.7	5.9
서비스업	32.2	31.1	31.7	59.2	58.3
(정부)	(23.3)	(22.4)	(23.2)	(10.8)	(10.9)
(기타[2)])	(8.9)	(8.7)	(8.4)	(48.4)	(47.3)
국내총생산	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

주: 1) 명목GDP에서 차지하는 각 산업별 생산액의 비중
2) 도소매 및 음식숙박, 운수 및 통신, 금융보험 및 부동산 등을 포함
자료: 한국은행, "2017 북한 경제성장률 추정 결과" (2017)

- 2017년 북한의 대외교역 규모 (수출+수입, 상품기준)는 55.5억 달러이며, 2017년 남북교역 규모는 90만 달러로 국제적인 경제제재로 인해 규모는 감소

〈표 5-2〉 북한의 대외 교역규모(남북교역 제외)

(단위: 억달러)

	북 한 (A)		한 국 (B)		B/A (배)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
교 역 규 모	65.3 (4.5)	55.5 (-15.0)	9,016.2 (-6.4)	10,521.7 (16.7)	138.1	189.6
수 출	28.2 (4.6)	17.7 (-37.2)	4,954.3 (-5.9)	5,736.9 (15.8)	175.7	324.1
수 입	37.1 (4.4)	37.8 (1.8)	4,061.9 (-6.9)	4,784.8 (17.8)	109.5	126.6

주: ( )내는 전년대비 증감률(%)
자료: KOTRA, 관세청, 한국은행

■ 북한의 환경 동향

- 2016년에 북한의 1인당 CO_2 배출량은 0.9 톤 규모로 파악 (남한은 11.26 톤)
  - CO_2 배출총량 기준으로 남한이 북한의 약 31배 규모 (남한 686백만 톤, 북한 22.6백만 톤)

- 남북경협이 본격화하면 북한의 주요 광종에 대한 채굴 및 관련 인프라 구축, 전력공급을 위한 발전소 증가 등으로 온실가스 배출 증가가 예상
  - 북한의 광종 광산 수는 728개 정도 (이중 석탄광이 241개 차지)

- 북한의 대기 환경은 전반적으로 환경 기준을 크게 벗어나지 않고 비교적 양호한 것으로 판단
  - 산업지구의 경우에는 낙후된 대기오염 처리 시설 등으로 인해 대기 환경이 열악
  - 대도시의 경우 석탄을 주로 사용하기 때문에 이로 인한 대기오염이 상당한 것으로 추정
  - 인구와 산업시설이 밀집한 평양과 평안남북도, 그리고 함경남도 등은 CO_2 배출이 많은 편

- 북한의 수질은 환경기준을 크게 벗어나지는 않는 것으로 보고 있음
  - 남한과 비슷하게 여름에 집중적으로 비가 내리는 반면 봄과 가을에 강우량이 적은 편이며 매년 감소세 추세
  - 농업의 발전을 위해서는 수자원 보존과 함께 수질 관리가 필요
  - 하수처리장과 같은 기초 환경시설이 미비하며, 또한 상수 공급도 미흡

- 북한의 폐기물은 생활폐기물의 발생량은 적으나, 기술적인 취약성으로 인해 폐기물의 재활용이 높지 않은 것으로 추정
  - 폐기물 처리는 주로 소각에 의존하며, 이로 인한 토양 및 지하수 오염 등 2차 오염도 심각한 것으로 추정
  - 토양의 중금속 오염, 토양의 유실과 침식도 심각한 것으로 추정

〈표 5-3〉 북한의 도시 폐기물과 슬러지 및 토양의 중금속 함량

지 표	카드뮴	수은	비소	크롬	납	아연	구리
도시폐기물	2.8	0.7	36.2	34.0	144.0	107.0	120.0
슬러지	3.2	1.6	42.6	57.5	171.0	625.0	127.0
토양(2005)	0.80	-	-	42.6	47.6	88.4	43.2
토양(2009)	0.88	-	-	46.8	49.3	98.2	64.8
기준	3.0	2.0	20.0	100.0	100.0	170.0	280.0

자료: KDI 북한경제 리뷰 (2018년 3월호), 50p

- 북한도 기후변화에 직면
  - 북한의 연평균 기온상승은 0.45℃/년으로 남한의 0.36℃/년 보다 상승 속도가 빠름
    - 동해의 경우에도 수온이 1990년에 1960년대 대비 1.0~1.1℃ 상승한 것으로 나타남
    - 기상청의 기후 시나리오 예측에 의하면 21세기말까지 북한의 기온은 계속 상승하고 연강수량도 증가할 것으로 전망

자료: 기상청(2012).

자료: KDI 북한경제 리뷰 (2018년 3월호), 54p

〈그림 5-2〉 RCP 4.5 기후 시나리오에 따른 21세기 한반도의 기온 및 강수량 변화 전망

- 홍수와 가뭄이 빈번할 것으로 보여 기후 재해에 대한 대비가 시급한 것으로 판단
- 기후변화에 의한 수인성 전염병 등이 창궐할 가능성도 배제할 수 없어 이에 대한 기술 지원도 필요할 것으로 보임
- 기후변화에 따른 작물의 변화 그리고 병충해 발생, 환경안전보건에 대한 복합적 재해재난 대비가 필요한 상황
- 북한 사회 전체적으로 기후변화 대응 역량강화는 물론 기후변화 측정기술, 농업기술과의 융복합, 산업체의 기술 적용 등에서의 협력이 필요할 것으로 판단
- 기후변화 피해와 관련하여 탈북민의 진술에 따르면 산사태 및 토사유출, 범람 그리고 전염병 발생 등 상당히 많은 재해가 있었던 것으로 나타남

〈표 5-4〉 기후변화 및 자연재해 관련 피해에 대한 주요 면담내용

구 분	내 용
산사태 및 토사 유출	• 산림이 파괴되어 비가 오면 산사태가 발생하여 강에 흙이 쌓임. 심한 경우 논에 둑이 만들어질 만큼 토사가 다량으로 밀려옴. 흙이 밀려오더라도 포크레인 같은 중장비가 없어 인력으로 치워야 함. • 비가 오면 산에서 토사가 밀려와 바지를 걷거나 장화를 신어야 걸어 다닐 수가 있음. • 비가 많이 오면 집이 무너지는 일이 빈번함. • 산 밑 거주지는 배수가 되지 않아 물이 넘치는 일이 일상이었음. • 홍수가 발생하면 토사유출로 인해 도로를 이용할 수 없어짐. • 마당에 묻어놓은 김칫독에 토사가 쌓여 식량피해가 크게 발생한 적도 있음. • 눈이나 비가 오면 산사태가 자주 일어남.
범람	• 홍수가 발생할 경우 둑이 무너지는 일이 빈번함. • 홍수가 나면 대동강 수위가 올라가는 것은 확실함. • 집중호우가 발생하면 농경지가 물에 잠기고 산사태가 발생함. • 물난리가 심하게 나서 산으로 피신을 하기도 하였음. • 두만강이 범람하여 축사의 가축들이 다 떠내려간 적도 있음. • 여름철 바닷물이 불어나 산골까지 물이 밀려들어오는 일이 종종 발생. • 바닷가에 제방이 있었으나 동해물이 제방을 넘고 밀려오는 일도 있었음.
전염병 발생	• 더울 때 음식이 상해 콜레라와 같은 전염병이 생기기도 함. • 90년대 말에는 콜레라와 장티부스가 만연하였음. • 콜레라 같은 질병이 종종 발생함. 파라티푸스, 장티푸스, 발진티푸스 등의 질병이 계절별로 늘 산재함.

자료: KDI 북한경제 리뷰 (2018년 3월호), 55p

■ **북한은 수력발전소 관련 CDM 6건과 메탄가스 관련 CDM 2건 등 총 8건이 유엔기후변화협약에 등록**

● 북한은 CDM 사업 추진을 위해 '국가환경조정위원회'를 설치하고 무역성 산하의 국제기구협력

총국이 사무국을 담당

- 수력발전소 CDM 사업에서 확보된 배출권 (연간 19.3만 CO_2t)은 체코의 토픽 에너르고 회사에 이전
- 인증기간은 10~21년으로 7년마다 갱신 가능
- 북한은 수력발전소 건설을 통해 안정적 전력 공급 기반 구축은 물론 농업 용수 공급 및 홍수 예방 등을 기대하는 것으로 판단됨
- 타당성 검토가 진행 중인 사업은 소수력발전소 건설(자연유하식)로 파악

● 북한은 프로그램 CDM 사업 (온실가스 감축 정책이나 목표 달성을 위해 추진된 다수의 개별사업을 묶어 CDM으로 등록하는 것을 의미)도 검토 중

- 사업 기간은 28년으로 북한의 장기적 추진의 의지를 엿볼 수 있음
- 북한은 또한 메탄가스 활용, 조명효율 개선을 통한 에너지 절감 사업을 추진 중
- 이외 식품, 펄프, 섬유 등 100여개의 중소규모 공장의 폐수 처리 시 발생하는 메탄가스를 활용·파기하는 프로그램을 운영할 것으로 추정

〈표 5-5〉 북한의 CDM 사업 적용가능 분야

구분	내용
신재생에너지	- 태양에너지(태양열)
	- 바이오가스(메탄 등)
연료 교체	- 산업시설 연료교체
바이오 메스	- 발전
	- 농업부문의 기계에너지
에너지 효율	- 가정부문(보일러 등)
	- 운송부문(버스 등)
	- 공공서비스부문

※ 자료: 현대경제연구원, '북한 재생에너지 관련 사업 추진 현황," (2016), 81p

- 북한의 일반 CDM 사업이 성공적으로 추진될 경우, 매년 약 35.7억 원의 배출권 판매 수익을 기대

3. 시사점

■ 한국환경정책평가연구원은 2013년에 '한반도 기후변화 대응을 위한 남북협력 기반구축' 연구를 수행

〈표 5-6〉 북한의 CDM 사업추진 현황

구분	내용
등록 사업	– 총 8건이 UNFCCC에 등록 ・일반 CDM(6건) : 함흥청년1호·금야·백두산선군청년2호·예성강4호·5호·3호수력발전소 ・프로그램 CDM(2건) : 공업폐수 관련·석탄층 메탄가스 활용 및 제거 계획
참여자	– 일반 CDM : 체코의 토픽 에네르고 社 – 프로그램 CDM : 영국의 탄소개발 및 무역회사
인증기간	– 일반 CDM : 7년(3회까지 갱신 가능), 10년(갱신 불가능) – 프로그램 CDM : 28년(갱신 불가능)
연간 감축량 및 배출권 판매수익	– 일반 CDM : 19.3만 CO2t., 35.7억 원의 판매 수익 기대 – 프로그램 CDM : 15.5만 CO2t., 28.7억 원의 판매 수익 기대 – 총 34.9만 CO_2t., 총 64.6억 원의 판매 수익 기대

자료: 현대경제연구원, '북한 재생에너지 관련 사업 추진 현황," (2016), p86

- 점차 심화되는 기후변화에 대비하여 한반도의 기후변화 영향을 줄이고, 남북이 기후변화 대응을 위한 공동협력 방안을 모색함으로써 남북협력의 기반을 구축하고, 더 나아가 기후변화를 남북 상생의 계기로 만들기 위한 협력방안을 제시
  - 남북협력사업의 추진 전략은 ①단계적 기후변화 대응, ②협력 주체간 역할을 분담한 다자적 기후변화 대응, ③부문 간 연계를 통한 통합적 기후 변화 대응, ④비정치적 부문의 협력 활성화로 지속적인 교류와 신뢰 구축, ⑤국제사회의 기후변화 대응 메커니즘을 활용 임
  - 한반도의 기후변화 대응 사업은 중장기적으로 비용 소요가 클 것으로 예상됨에 따라 향후 민간자본 유인책과 이에 대한 인센티브의 개발이 필요

■ 에너지경제연구원은 2015년 연구에서 북한의 산림부문과 함께 신재생에너지, 전력부문 효율 개선, 에너지 설비(조명기기, 산업용 보일러, 전기모터, 취사기 등) 효율 개선 등에서 잠재적인 탄소시장이 있는 것으로 파악

- 신 기후체제에 대응하여 북한 탄소시장 진출과 남북한 상생 협력을 위한 대안 마련이 필요
  - 북한은 제도적 불안정성과 시장의 불투명성, 열악한 인프라, 그리고 정보공개의 폐쇄성, 온실가스 인벤토리 구축 미비 등으로 투자에 어려움이 예상되므로 남북 당국 간의 사전

환경 조성이 필수

- 화력 및 수력발전, 송배전 설비 대부분이 노후화되어 이를 개선할 경우 커다란 탄소시장이 형성될 것으로 예측
- 북한의 제2차 기후변화 국가보고서(2012)에 따르면, 에너지공급 및 농업, 산림부문 등 15개 분야에서 온실가스 감축 잠재력이 높을 것으로 평가

〈표 5-8〉 한반도 기후변화 대응 협력사업(예)

부문	사업
기상·자연재해	- 남북 공유하천 및 수자원 관리 협력 - 기상 관측 모니터링 시스템 구축 - 조기경보시스템 구축 사업
물관리	- 수자원 관리 사업 - 수질관리 사업
농업	- 기후변화 적응형 농작물 품종 개발 사업 - 기후변화 적응형 농업생산 시스템 구축 사업 - 농업기반시설 조성 사업 - 자연재해 피해 발생지역의 농경지 복구 사업
보건	- 기후변화 민감 매개체성 질병 확산 방지 사업 - 자연재해 발생 후 수인성 전염병 발생 예방 사업 - 보건역량 강화를 위한 교육
산림·생태계	- 남북 공동 한반도 생태계 조사 및 연구 - 산림병충해 확산 방지 및 예방 사업 - 북한의 표토 유실 방지 및 복구 사업 - 탄소배출권 확보를 위한 조림사업
에너지·교통·건물	- 전력 안정화 및 보급 사업 - 재생에너지 시설 조성 사업 - 에너지 자원 조달 사업 - 대중교통체제 구축 및 교통망 건설 - 건물의 에너지 효율 개선사업
온실가스 인벤토리	- 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 능력배양 사업 - 온실가스 배출량 산정 시스템 구축
제도·계획	- 국가적응계획의 수립 지원 - 온실가스 배출량 예측 및 감축 전략 수립

자료: 한국환경정책평가연구원, '한반도 기후변화 대응을 위한 남북협력 기반 구축 연구 III' (2013), p262

■ 과학기술정책연구원은 2014년 연구에서 환경 분야에서 남북한 과학기술 협력 방안을 제시

● 남북관계 경색국면 탈피 그리고 향후협력 단계에서 고려되어야 할 것들을 중심으로, 환경 분야에서 남북 과학기술 협력 방안을 제안

- 북한 환경의 지속적 모니터링 시스템 구축, 인도적 분야의 협력사업 발굴 및 수행
- 북한 환경오염 해결 정책 능력 강화를 위한 협력 사업 수행
- 북한 환경오염 해결을 위한 과학기술 협력 사업 수행
- 한반도 환경문제 공동대응사업 발굴 및 수행
- 북한 내 환경문제 해결을 위한 실증사업 단지 조성

〈표 5-9〉 북한 에너지부문의 잠재적 탄소시장

구 분		잠재적 탄소시장
신재생에너지	풍력	• 북한 풍력발전 잠재력 400만 kW (이용율 24.5%로 가동, 매년 85.8억 kWh의 전력 생산 가능) • 이를 모두 CDM으로 개발하면 – 온실가스 저감량: 연간 10.4백만 CO_2t
	소수력	• 북한 소수력발전 잠재력 149만 kW이상(이용율 35%로 가동 연 45.7억 kWh 생산) • 이를 모두 CDM으로 개발하면, 온실가스 저감량: 연간 5.5백만 CO_2t
	태양에너지	• 북한 태양광발전 잠재력 연 289만GWh (태양광에너지 1,200kWh/㎡에 거주지면적 2,407㎢, 효율 10% 적용)• 이를 모두 CDM으로 개발하면, 온실가스 저감량: 연간 34.9억 CO_2t ※ 실제 최대 온실가스 저감량은 예측치의 50% 이하로 추정 • 난방/취사용 태양열에너지도 비교적 풍부
	조력	• 북한 조력발전 잠재력 연 19 TWh • 이를 모두 CDM으로 개발하면, 온실가스 저감량: 연간 22.9백만 CO_2t
	바이오	• 바이오매스 및 축산분뇨 이용 사업 – 특히, 바이오매스 이용 열병합발전과 축산분뇨 바이오가스 CDM 풍부 • 폐기물 및 폐수 매립지가스 이용 사업
	지열	• 비교적 넓은 지역에 지열 잠재력이 존재, 열원 및 발전원으로 개발 가능 (50℃ 이상의 온천과 열수매장 지대가 비교적 널리 분포)
전력	수력	• 기존 수력발전소 효율 개선 • 신규 수력발전소 건설 – 북한 수력발전 잠재력 322억 kWh – 이를 모두 CDM으로 개발하면, 온실가스 저감량: 연간 38.9백만 CO2t
	화력	• 기존 화력발전소 효율 개선 – IGCC, 열병합발전소, 가압유동층 등 • 화력발전소의 연료 전환 – 무연탄에서 탄소배출계수가 낮은 유연탄, 천연가스로 전환 ※ 천연가스 공급은 러시아 PNG 도입과 연계 추진 가능
	송배전	• 송배전 설비 효율 개선 – 북한 송배전 손실율(18~30%)을 남한 수준인 4%로 개선시, 36억~66억 kWh의 전력 추가 공급 가능(2008년 북한 발전량 기준)

구 분	잠재적 탄소시장	
산업 및 가정	에너지효율개선	• 산업부문의 에너지 효율 개선 – 산업용 보일러, 전기모터 등의 설비 효율 개선 및 폐열 회수 등
	광업	• 석탄층 메탄가스(CBM) 제거 – 북한 석탄광에 CBM이 상당량 부존(추출된 CBM은 가스로 사용 가능)
	가정	• 에너지 소비 기기의 효율 개선 – 고효율 조명 및 취사용 기기로 교체

자료: 에너지경제연구원, 세계에너지시장 인싸이트 제 15~32호(2015.2.28.), p95

〈표 5-10〉 환경분야에서 남북한 과학기술 협력 방안

분야	세부 사업
북한 환경문제의 지속적 모니터링 및 인도적 분야 사업발굴 및 수행	· 북한 내 환경문제의 지속적 모니터링 및 관련 분석 사업 · 인도적 차원에서 환경 분야의 남북과학기술 협력과제 발굴 사업 · 북한 환경문제 개선을 위한 인도적 사업
북한 환경오염 해결 정책 능력강화를 위한 협력 사업 수행	· 북한 내 환경문제 측정 및 관련 모니터링 시스템 구축 협력 사업 · 북한 내 환경문제 영향 평가 및 분석사업 지원 · 북한 내 환경문제 해결을 위한 과학기술 정책 수립 지원
북한의 환경문제 해결을 위한 과학기술 협력 사업 수행	· 환경문제 해결 연구개발 사업을 위한 설비, 인프라 지원 · 관련 정보제공, 세미나 개최, 공동연구 등 과학기술 협력 사업
한반도 환경문제 공동 대응사업발굴 및 수행	· 접경지역의 하천 오염, 수질 문제 해결 사업 · 남북 공동 황사 대응 시스템 구축 사업 · 북한 내 탄소배출권 조림사업 · 남북한 상호 이익이 되는 사업 분야의 지속적 발굴
북한 내 환경문제 해결을 위한 실증사업 단지 조성	· 남북 환경협력 성공사례 도출을 위한 실증사업 단지조성 및 지원

※ 자료: 과학기술정책연구원, '북한 환경기술 연구현황과 남북 과학기술 협력방안,' (2014), p105

■ **한스자이델재단 한국사무소는 2017년 연구에서 현재 북한에서 추진 중인 EU사업 현황을 분석**

- EU는 주로 식량안보 분야에서 인도적 지원과 연계한 복구 및 개발(Linking Relief, Rehabilitation and Development, LRRD)이 이루어지고 있음
  - 식량안보 협력 사업은 산림과 임농복합경영, 농업관련 기초교육, 관련 장비 교육, 연수 등을 포함하고 있으며, 북한 전문가 대상의 역량강화가 목표
  - 현재 진행 중인 사업의 경우 역량강화 프로그램이 포함되어 있으며, 외국 전문가가 초빙되어 북한 현지에서 워크숍, 세미나 등을 실시
  - EU 대북지원 사업의 대표적인 사례는 한스자이델재단(HSF : 1967년부터 전 세계 60여 개국에 110여개의 개발협력 프로젝트)이 2014년부터 추진하고 있는 북한의 지속가능한 산림관리를 위한 교육센터 설립사업임

- 현재 진행 중인 EU 대북지원 사업의 경우 대부분 소규모 지역단위로 진행
- 세미나, 연수, 관련 기술도서 출판 등 역량강화에 중점을 두고 있으며, 대부분 MoLEP(Ministry of Land and Environmental Protection), 평양국제새기술경제정보센터(PIINTEC) 등의 북한 현지 파트너와의 신뢰관계를 기반으로 지속적인 역량강화를 실시

〈표 5-11〉 주요 기관의 EU 대북지원 사업 현황

기관	사업명	기간	대상지
CABI	북한의 식량안보 향상을 위한 실물보호능력 구축	2013. 4월– 2016. 3월	황해남/북도 안악군, 신원군, 옹진군, 신천군
FiBL	북한의 지속가능한 농장관리를 위한 농축산 사업을 통합한 생산성 개선 영양사업	2015. 4월– 2018. 12월	세포군
HSF	건강한 숲을 이용한 농촌생활환경 개선 – 북한의 지속가능한 산림관리를 위한 교육 센터 설립	2014. 9월– 2017. 10월	평안남도 대동군 상서리
IFOAM	유기농업을 위한 다리– 북한에서 유기농업 발전을 위한 역량강화	2012. 1월– 2016. 12월	평안남도 쌍운농장
	유기농업을 위한 다리– 북한에서 유기농업지식보급을 통한 지속적인 식량체계 수립	2015. 1월– 2018. 12월	
Swedish Red Cross	지역사회기반 재해위험 감소		평안북도 운산군, 후창군

※ 출처 : 한스자이델재단 한국사무소, 통일연구 제21권 제1호 (2017), p56

■ **현재까지 연구된 내용을 종합하면 북한의 경우 기후기술 분야의 협력은 농업, 산림, 대기 및 수질, 자원개발, 건설 인프라 등의 분야에서 경제 발전과 함께 환경 및 기후변화를 개선할 수 있는 지원기술부터 협력하는 등 단계적 추진 필요**

● 융합연구정책센터의 2018년 발행 '남북과학기술협력 동향'에서 남북 과학기술 우선 협력분야를 제안한 것을 참고할 필요가 있음

- (농·축·임업) 북한의 식량난은 농작물 생산량 부족 뿐만 아니라 환경과 산림파괴로 인한 산림 황폐화에 기인
  - 종자재배기술 전파, 육종기술을 통한 다수확 품종 시범사업, 식물의 병해충 예방을 위한 기술협력 지원 고려
- (전기·에너지) 북한의 에너지난은 산업에 영향을 미치는 동시에 식량난·생필품난과도 연계되어 북한의 경제 전체를 위축
  - 전기 효율성을 제고할 수 있는 발전기술, 대체에너지 관련 기술, 관련 시설 및 설비 지원 등을 고려

- (보건·의약) 북한의 보건의료 현황은 매우 열악한 것으로 파악되며, 단순한 의약품 지원에서 나아가 근본적인 해결책이 필요
  - 의과대학과 협력하여 교육용 설비 및 지식을 지원, 한반도 질병발생에 대한 공동대응, 공동방역 실시 지원을 고려

■ 참고 문헌

1. 통계청, “2017 북한 주요통계지표” (2017)
2. 한국은행, “2017 북한 경제성장률 추정 결과” (2017)
3. KDI 북한경제 리뷰 (2018년 3월호)
4. 현대경제연구원, 통일경제 2016. 제1호, p74
5. 한국환경정책평가연구원, ‘한반도 기후변화 대응을 위한 남북협력 기반구축’III (2013)
6. 에너지경제연구원, ‘북한 에너지부문 탄소시장 잠재력과 시사점,’ (2015)
7. 과학기술정책연구원, ‘북한 환경기술 연구현황과 남북 과학기술 협력방안,‘ (2014)
8. 한스 자이델 재단 한국사무소, 통일연구 제21권 제1호 (2017)
9. 융합연구정책센터, ‘남북과학기술협력 동향’ (2018)
10. 이승규, 남궁희진, ‘과학기술을 활용한 남북 및 다자 간 협력방안 제안,’한국과학기술기획평가원 (2018)
11. 정우진, 박지민, ‘북한 CDM 사업 잠재력 분석 및 남북 협력방안,“에너지경제연구원 (2009)
12. IEA, ‘CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights,’ (2017)
13. 기상청, ‘기후변화 시나리오를 알면 미래가 보인다,’ (2012)
14. 현대경제연구원, ‘북한 재생에너지 관련 사업 추진 현황,“ (2016)

작성: 김재연 (전 호서대 교수)
편집: 김지환 (녹색기술센터 책임)

기후기술의 정보 플랫폼

GREEN TECHNOLOGY CENTER

기후기술의 정보 플랫폼

1. 개요

■ 녹색기술센터(GTC)는 국가기술기술정보시스템(CTIS)을 운영중

- 정책동향, 데이터 분석, 기후기술DB, 기술협력 플랫폼의 4개 카테고리로 구성
- 에너지 생산/공급, 에너지 저장/송배전, 수송/산업/건축효율, CO_2 처리, 농업/산림, 물관리, 기후변화 예측/모니터링, 건강, 기타 등의 기후기술 정보 제공
  - 국내/외 기후기술 정보의 종합적 포털 역할
  - 사용자 지향의 지속가능한 정보 검색 및 활용 플랫폼 구축
  - 국내·외 기후기술 정보 제공을 통한 국내 기후기술 활성화의 발판을 마련
  - 개도국 수요 및 국내 기후기술 정보 기반의 글로벌 기후기술협력 지원

■ 이외 다양한 국외 기후변화 플렛폼을 제공하는 기관들이 네트워크를 구축하고 정보 및 DB를 제공 중

■ 국외에서 개발되어 운영 중인 기후변화 플랫폼을 분석하여 이를 국내 기후변화 플랫폼에 반영할 것을 제안

2. 기후기술 정보플랫폼의 주요 내용

■ ClimateTechWiki (A Clean Technology Platform)[6]

- 기후기술 이전과 관련하여 선진국과 개도국의 이해관계자에게 저 배출 및 저 취약성 기술 개발에 대한 플랫폼을 제공
  - 기후기술의 원리, 기술의 사회·경제·환경에 대한 기여도, 시장 잠재력과 비용, 프로젝트 및 사례 등을 포함한 온라인 기술 데이터베이스를 제공

6) http://www.climatetechwiki.org/

- ClimateTechWiki의 대상 고객
  - 기술수요평가(Technology Needs Assessment, TNA)관련 개도국 담당자
  - 프로젝트 기획 및 개발 담당자
  - 기술 정책 결정자
  - 완화 및 적응 기술에 관한 최신 정보에 관심이 있는 집단

- ClimateTechWiki의 정보제공 카테고리
  - 기술 정보 (Technology Information)
    - Mitigation
    - Adaptation
  - 기술 적용 툴(Tool), 재정적 지원 등 (Technology Section)
    - Formulating Programmes and Strategies
    - Technology Finance Options
    - Capacity Building Support
    - Technology Barrier Analysis
    - Tools for Technology Assessment and Selection
    - Technology Project Plan Guidance
  - 기술이전 관련 국가 프레임워크 (National Framework)
    - 태국, 인도네시아, 인도, 말리, 케냐, 칠레 등
  - 외부 네트워크 플랫폼 (Network Platform)
    - Multimedia, Publications and Research
    - Information from the Technology Mechanism
    - Climate Technology Networks
    - UNFCCC Negotiations and Technology Transfer

■ 기후기술 네트워크 정보로는 African Adaptation Knowledge Network, IndiaSolarHomes.com, IRENA Innovation and Technology Centre, TNA Factsheets, weADAPT 등이 있음

- 이들 사이트는 UNDP, UNEP, REEEP, UNEP Risoe Centre, NL Agency – Dutch Ministry of Economic Affairs, Energy Research Centre of the Netherlands, JIN Climate and Sustainability, University of Edinburg 등과 정보 파트너십 체결

- REEEP(The Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership)의 'Climate Knowledge Brokering in Latin America and the Caribbean(LAC)'[7]
  - 라틴 아메리카 및 카리브해의 기후 지식 브로커[8] 및 의사 결정자와의 인터뷰를 토대로 그들이 직면한 가장 중요한 기후지식 관련 과제와 그들이 알고자 하는 솔루션에 대한 정보를 제공

〈표 6-1〉 남미와 카리비안 기후변화 포털

Portal	Organisation(s) involved	Website
AdaptaClima	British Council, Newton Fund, IIED, FGV EAESP	gvces.com.br/adaptaclima
ASOCAM	Intercooperation América Latina	www.asocam.org
Caribbean Community Climate Change Centre	Caribbean Community Climate Change Centre	caribbeanclimate.bz
Caribbean Natural Resources Institute (CANARI)	CANARI	www.canari.org
Caribbean Institute for Meteorology and Hydrology (CIMH)	The Caribbean Meteorological Institute (CMI) and Caribbean Operational Hydrological Institute (COHI)	www.cimh.edu.bb
The Caribbean Regional Climate Centre	The Applied Meteorology and Climatology Section (AMCS)at the Caribbean Institute for Meteorology and Hydrology(CIMH)	rcc.cimh.edu.bb
Clima-LAC	UNEP, Euroclima, Centro Mexicano deDerecho Ambiental	clima-lac.org
The Climate and Development Knowledge Network(CDKN)	Overseas Development Institute, Leadership for Environment and Development, Fundación Futuro Latinoamericano,SouthSouthNorth, Price Waterhouse Cooper	cdkn.org
Conexión COP	Libélula, UNEP, Euroclima	conexioncop22.com
Evidence and Lessons from Latin America (ELLA)	Practical Action Latin America, DFID, IDS	ella.practicalaction.org

7) https://www.reeep.org/ckb-climate-knowledge-brokering-latin-america-and-caribbean
8) 국가 및 지역 정보를 생산하고 보급하는 사람 또는 조직

Portal	Organisation(s) involved	Website
FinanzasCarbono	Inter-American Development Bank, World Bank, UNEP,UNDP, Risø Centre	finanzascarbono.org
The Humanitarian Information Network for Latin Americaand the Caribbean (REDHUM)	UN Office for the Coordination of HumanitarianAffairs (OCHA)	www.redhum.org
Intercambio Climático	Latin American Platform on Climate(Group of 22 civil society organisationsfrom 9 countries)	intercambioclimatico.com
LatinClima	CATIE, the Ministry for Housing and Land Planning of Uruguay, the National Department for the Environment and theMinistry for the Environment and Energy in Costa Rica, GIZ.	latinclima.org
LEDS LAC	INCAE Business School and Libélula	ledslac.org
The Mountain Forum/Info Andina	CONDESAN	www.mtnforum.orginfoandina.org
Redes de Gestión de Riesgos y Adaptación al CambioClimático	Practical Action Latin America www.redesdegestionderisego.com	
The Regional Centre for Information on Disasters (CRID)	WHO, UN, IRC, CEPREDENAC, MSF, CNE	www.cridlac.org
The Sustainable Development and Environment Network(La Red de DesarrolloSostenible y Medio Ambiente orREDESMA)	The Bolivian Centre forMultidisciplinary Studies (CEBEM)	cebem.org/redesma
The Tropical Agricultural Research and Higher EducationCenter (known as CATIE)	CATIE	biblioteca.catie.ac.cr/index.php?lang=English
UNEP Regional Gateway for Technology Transfer andClimate Change Action in Latin America and the Caribbean(REGATTA)	UNEP	www.cambioclimaticoregatta.org/index.php/en15

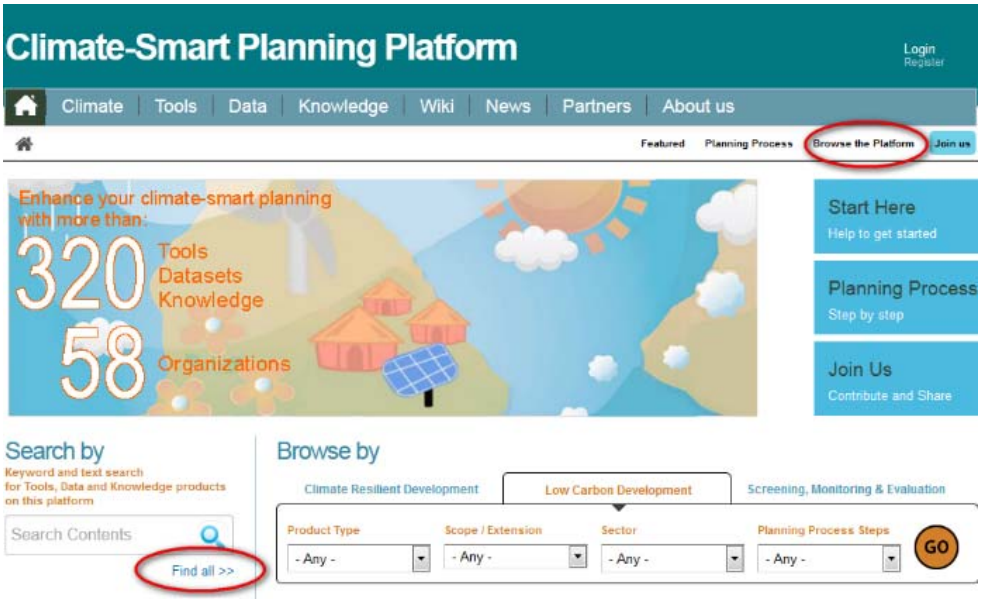
자료: https://www.reeep.org/ckb-climate-knowledge-brokering-latin-america-and-caribbean

■ Climate-Smart Planning Platform (CSPP)[9)]

● 개도국이 정책개발 및 투자 유치에 있어 기획을 강화할 수 있도록 지원하는 것으로 실무자가 기획에 필요한 도구, 데이터 및 지식을 쉽게 찾고 액세스 할 수 있도록 함

- 시드(Seed) 펀딩은 세계은행, 글로벌 녹색성장연구소 및 독일연방경제협력개발부(German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development)에서 제공
- 현재 공개하고 있는 기후변화 지식포털 (CCKP)은 역량강화 및 지식 개발을 지원하기 위한 웹 기반 플랫폼
  - 사용자는 다양한 기후 데이터를 해석하여 특정 위치의 기후 취약성, 위험 및 활동을 평가하며, 환경, 재난 위험 및 사회 경제적 데이터도 포함
  - 특정 국가의 기후 변화 지수와 같이 특정 사용자를 위한 기후 리스크 및 적응에 대한 프로파일 제공
  - Ask an Expert: No-Cost Assistance on Clean Energy Policy Issues, Africa DataFinder, Analytica, ANSWER model management platform for MARKAL and TIMES, Assessing the Multiple Benefits of Clean Energy, ATHENA Impact Estimator for Buildings, ATHENA The Athena Impact Estimator for Highways, Atlas by Collins mobile app with World Bank Globes 등을 포함하여 약 165종의 다양한 툴(tool)에 대한 정보 제공
- 여러 기관의 기후 계획에 필요한 데이터를 링크하고 이 데이터에 쉽게 액세스 할 수 있도록 오픈 소스 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스를 제공하며, 궁극적으로는 필요한 데이터에 직접 연결되는 차세대 모델링 도구를 개발함
  - Africa DataFinder, Atlas by Collins mobile app with World Bank Globes, Australia's Open Data - Data.gov.au, aWhere Platform, Building Component Library Version 1.0, Carbon Calculations over the Life Cycle (CCaLC) 등을 포함한 약 147개의 데이터 세트를 제공
- 온라인 학습 프로그램, 헬프 데스크 응용 프로그램, 멀티미디어 교육 플랫폼 및 기타 파트너 조직에서 제공하는 교육 프로그램을 지원
  - A Global High Shift Scenario, Accelerated replacement of electric motors, Accessing International Funding for Climate Change - Adaptation, Accessing International Funding for Climate Change - Mitigation, Adaptation to Climate Change - The Case of a Combined Cycle Power Plant 등을 포함한 약 179개의 Knowledge and lerarning 정보를 제공

9) https://www.climatesmartplanning.org/data.html



자료: https://www.climatesmartplanning.org/data.html

〈그림 6-1〉 Climate-Smart Planning 플랫폼 홈페이지

■ Climate Change Adaptation Information Platform (A-PLAT)[10]

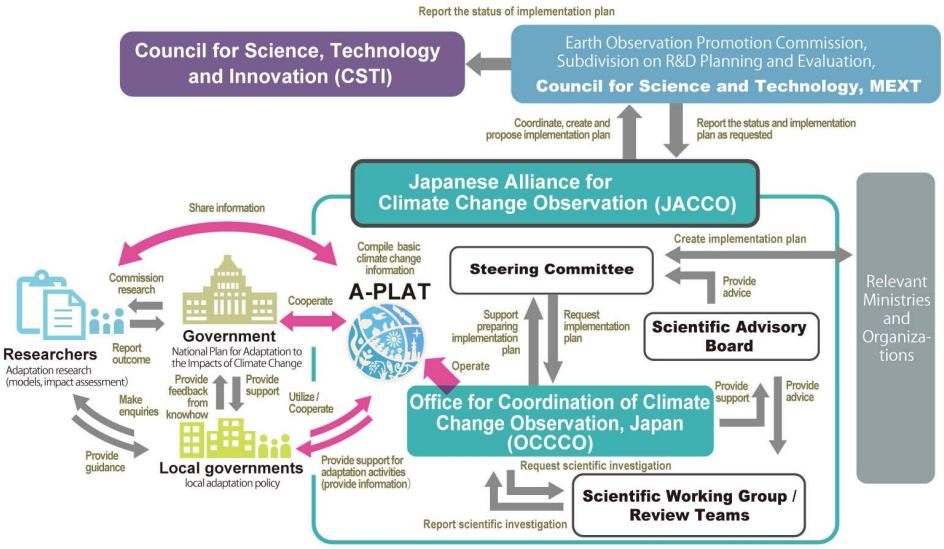
● 기후변화 적응정보 플랫폼 (A-PLAT)은 적응행동 관련 부처 및 기관과 협력하여 필요한 정보를 제공하며, 적응 행동을 촉진시키기 위한 도구를 개발하도록 지원

- 일본의 기후변화 대응 연맹(Japanese Alliance for Climate Change Observation)은 기후변화 적응정보 플랫폼*의 확충을 비롯하여 지방 자치 단체, 기업 및 개인에 대한 적응 조치를 고려하는 새로운 지원을 시작

* 관측 자료를 기후 변화에 대한 관측 정보에 연결하는 정책

- 과학 지식(관측 데이터, 기후 예측 및 영향 예측)을 수집·정리하며 이해 관계자 간의 정보 공유를 촉진
- 네트워크 구축 현황
  - Asia-Pacific Climate Change Adaptation Information Platform(AP-PLAT)
  - Global Adaptation Network (GAN)
  - Asia Pacific Adaptation Network (APAN)

10) http://www.adaptation-platform.nies.go.jp/en/index.html



자료: http://www.adaptation-platform.nies.go.jp/en/index.html

〈그림 6-2〉 A-PLAT 정보 수집 관계도

■ weADAPT – Knowledge Brokering on Climate Adaptation[11)]

- 전 세계의 실무자, 연구원, 의사결정자가 기후 적응과 관련된 지식에 쉽게 액세스하고 공유할 수 있는 공동의 웹 기반 플랫폼
  - 기후 정보의 해석 및 분석을 위한 지침, 사회적 및 기후 취약성 평가방법과 적응 의사 결정을 지원
  - 사용자의 특수한 요구를 고려하여 맞춤 정보를 전달하고, 의미체계 태깅(Tagging) 시스템* 적용

  * 개방형 데이터를 사용하여 기후 지식의 전문 분야를 검색하고, 분류하는 기능을 강화 시킨 신 기술로서 REEEP와 공동으로 개발

    • 케이프 타운 대학내 기후시스템 분석그룹(Climate Systems Analysis Group)의 기후 정보 플랫폼 (Climate Information Platform)과 통합하여 기후 데이터에 대한 액세스, 기후 데이터 분석, 기후 정보 해석, 취약성 평가 및 적응 계획에 필요한 도구와 방법을 모두 사용할 수 있음

■ ClimateWatch[12)]

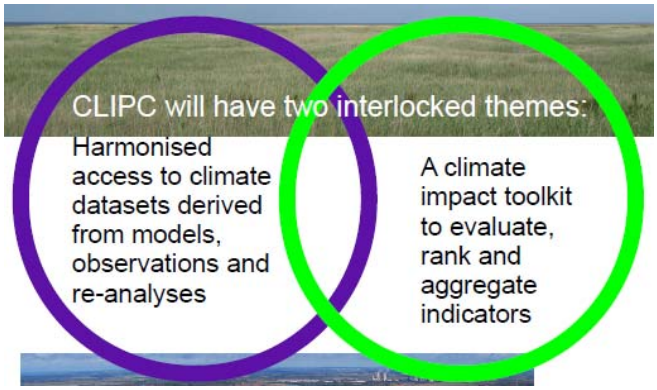
- 정책 입안자, 연구원, 언론 및 기타 이해 관계자가 기후 변화에 대한 글로벌 통찰력을 얻을 수 있도록 기후 데이터 및 시각화 정보를 제공하는 온라인 플랫폼

11) https://www.climateknowledgebrokers.net/knowledge-broker-success-stories-weadapt/
12) https://www.climatewatchdata.org/

- 사용자가 국가온실가스감축목표(NDC)를 분석하고, 과거 데이터에 액세스하는 것은 물론 모델을 사용하여 새로운 저탄소 사회를 설계할 수 있도록 함
- ClimateWatch의 제공 기능
  - 국가별 온실가스 배출량에 대한 데이터 및 시각화 기능
  - 국가별 온실가스감축목표(NDC)에 대한 데이터베이스
  - 국가온실가스감축목표(NDC)와 지속가능개발목표(SDG) 간의 연계성을 포괄적으로 매핑
  - 주요국의 배출 시나리오 및 시각화 자료
  - 기후 위험 및 취약성 프로파일

■ Climate Information Platform for Copernicus (CLIPC)

● 2016년에 구축되었으며 과학자, 정책 입안자, 민간 부문 등 다양한 사용자에게 기후 정보에 직접적 액세스 하도록 함
- 정보에는 위성/현장 관측, 기후 모델/재분석, 영향 평가 및 기후변화 영향 지표를 위한 데이터 등이 포함
- 유럽의 기후변화에 따른 100년까지의 기후 변동 정보를 제공하는데 중점



자료: http://www.clipc.eu

〈그림 6-2〉 CLIPC의 구성

3. 시사점

■ 국외 기관이나 NPO, UN기관 등에서 제공하는 데이터베이스, 기술 DB를 모두 연동하는 종합 플랫폼 기능의 국내 기후기술 웹사이트가 필요

- 국외에서는 다양한 데이터와 정보를 공유하며 연구자 또는 분석자 등에게 자료를 제공하거나 시각화하는 작업 병행
- 국내에서는 한국전과정평가학회, 청정기술학회 등과도 기술, 정책, 평가 등에 대한 분석자료를 공유하는 것이 필요
  - 국가청정생산지원센터의 청정생산종합정보망과도 연동하여 기후기술은 물론 사전오염예방 기술도 소개

■ **독일의 청정생산 포털[13]을 참고하여 기술이전과 기술적 설명 등에 대한 개도국 이전 및 보급을 위한 정보를 제공하는 것도 필요**

- 이 포털에서는 Topic으로 Clean-Air Technology, Climate Protection, Cleanup Technology, Clean Energy, Energy and Material Efficiency, Sustainable Mobility, Waste Management and Recycling 으로 대별
  - 기술은 물론 기술 제공 업체의 연락처를 제공하고 선택한 콘텐츠를 고품질 영화 및 3D 애니메이션으로 제공

■ 참고 문헌

1. http://www.climatetechwiki.org/
2. https://www.reeep.org/ckb-climate-knowledge-brokering-latin-america-and-caribbean
3. https://www.climatesmartplanning.org/
4, http://www.adaptation-platform.nies.go.jp/en/index.html
5. https://www.climateknowledgebrokers.net/knowledge-broker-success-stories-weadapt/
6. https://www.wri.org/our-work/project/climatewatch
7. https://www.cleaner-production.de/index.php/en/
8. http://www.ceda.ac.uk/projects/clipc/

작성: 김재연 (전 호서대 교수)
편집: 김지환 (녹색기술센터 책임)

13) https://www.cleaner-production.de/index.php/en/