

텍스트마이닝을 활용한 북한 온실가스 감축기술 연구 동향 분석

이경수

서울대학교 한국정치연구소 연구원

Text mining analysis of the characteristics and trends of North Korea's emission mitigation technologies

Lee, Kyungsoo

Researcher, Institute for Korean Political Studies, Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

This study identifies the research trends and characteristics in North Korea's greenhouse gas mitigation technology as part of its efforts to respond to climate change. North Korea announced its nationally determined contributions (NDC) and established a national plan for addressing climate change issues based on its strategy. As North Korea focuses on science and technology to reduce greenhouse gases, we analyzed North Korea's mitigation technology trends to explore the possibility of future inter-Korean climate technology cooperation. We identified 1,484 cases of mitigation technology among research papers published in science and technology journals in North Korea. We classified 1,171 cases that were published after 2000 by applying the Climate Technology Classification (KCTC) and found 919 research cases in energy production, 114 cases in energy transportation, and 137 cases in the energy demand field. This reveals that North Korea is paying particular attention to low-carbon energy production as part of its mitigation technology development efforts. Notably, we observed an increase in research on solar and wind power compared to hydropower and in the energy demand field, suggesting that North Korea plans to address domestic energy shortages through the use of renewable energy and to transition to low-carbon economic production. This finding contributes to an understanding of North Korea's focus on climate change issues and provides basic data for future inter-Korean climate technology cooperation.

Key words: North Korea, Emission Reduction, Mitigation Technology, Textmining, Inter-Korean Climate Technology Cooperation

1. 서론

기후위기는 전세계 모두가 직면한 상황이자 전세계 모두가 협력해 대응하고 있는 문제다. 1992년 유엔기후변화 협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)이 만들어진 이후 196개국이 국가감축 목표(Intended Nationally Determined Contribution, NDC)를 설정해 지구온난화 방지를 위한 온실가스 감축을 위해

노력하고 있다. 현재 전세계 105개국이 탄소중립(net-zero)을 선언했으며 이중 26개국은 탄소중립을 법제화하는 등으로 온실가스 감축을 위한 국내외적 정책을 시행하고 있다(OECD, 2023).

북한 또한 예외가 아니다. 1994년 UNFCCC에 가입한 이래 2005년 교토의정서, 2016년 파리협정을 비준하고 UNFCCC와 소통하면서 국제사회의 기후변화 대응 노력에 동참하고 있다. 북한은 온실가스 감축 의무 대상국은

†Corresponding author : subbu@hanmail.net (IKPS, Seoul National University 220-512, Kwanak-ro 1, Kwanak-gu, Seoul 08826, Korea. Tel. +82-2-880-6314)

ORCID 이경수 0000-0003-1331-4466

아니지만, 파리협약 발효 이후 자발적 감축 목표를 밝힌 바 있다. 가장 최근인 2019년 NDC 제출시 배출전망치 대비 16.4%, 국제 지원시 52.0% 온실가스 감축을 목표로 설정했으며, 2021년 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs) 자발적 국가보고서(Voluntary National Report, VNR) 제출시에는 배출전망치 대비 15.63%, 국제 지원시 50.35% 감축이 가능하다고 밝혔다.

이와 동시에 자국 내에서도 온실가스 감축을 위한 자체 노력에 착수했다. 에너지 생산에서 재생에너지 비중을 높이고 삼림 녹화를 통해 온실가스 흡수원을 늘리는데 힘을 쏟고 있다. 2013년 「산림건설총계획」(2013~2042)를 수립한 이후 ‘산림복구 전투’를 진행하고 있으며 2018년 산림연구원을 설립하고 산림 분야 과학기술 정보를 보급하는 데에도 착수했다. 또한 2013년 「재생에너지법」을 제정한 이후 2014년 자연에너지연구소 설립했으며, 같은해 2014~2044년까지 재생에너지 발전능력 500만kw 확보를 위한 노력을 경주하고 있다(Kim and Lee, 2018). 「국가환경보호전략」(2019~2030)을 통해서도 온실가스 방출 감축을 포함해 △환경오염 방지 △생태환경 회복 △녹색경제 이행의 물질 기술적 토대를 확충해 나갈 것을 밝혔다(KCNA, 2020).

북한은 특히 분야별 연구소 설립을 포함해 기후변화 대응을 위한 과학기술에 관심을 쏟고 있다. 기후변화 대응을 위한 ‘기후기술’은 크게 감축(mitigation)과 적응(adaptation) 두 분야로 나뉘며 감축은 자원 활용을 줄이거나 온실가스 흡수원을 증대시키기 위한 기술을, 적응은 기후변화로 인해 발생하거나 발생이 예상되는 영향을 조절하는 기술을 의미한다(CTCN, 2023). 기술이전은 역량 강화와 더불어 북한이 국제사회와 협력에 있어서도 중점을 두는 분야다(Habib, 2015). 파리협약 발효 이후 2017년 CTCN (Climate Technology Centre & Network)에 환경전 과정영향평가(e-LCA) 기술 이전을 요청했으며(CTCN, 2017) 2019년 GCF (Global Climate Fund) 지원을 받아 유엔산업개발기구(United Nations Industrial Development Organization, UNIDO)가 개최한 남남(South-South) 기술 이전 훈련 프로그램에 참여했다.

본 연구는 북한이 기술 이전과 자체 과학기술 발전을 통해 기후변화에 대응하고, 특히 새로운 기술을 도입해 온실가스를 감축하려는 움직임을 보인다는 점에 주목해 북한의 온실가스 감축기술 연구 동향을 분석한다. 북한이 어떤 분야에 관심을 갖고 있는지, 어떠한 연구들이 진행되고 있는지 파악해 북한의 기후변화 대응과 관련한 기초 자료를 제공하고 한다.

2. 선행연구 검토

북한의 기후변화 대응에 대한 연구는 크게 북한과 국제사회 협력, 남북한 협력을 탐색하는 연구로 나뉜다. 먼저 UNFCCC 등 국제기구에 제출한 북한의 정책문서를 통해 국제사회와의 협력 현황을 검토하고 북한이 이례적으로 기후변화 대응을 위해 국제사회와 적극적으로 협력한다는 점을 밝힌 연구가 진행되었다(Choi, 2021; Habib, 2013, 2015; Kim and Ali, 2016). 이러한 연구는 북한과 국제사회의 협력 사례 정책문서를 주되게 분석하며 부분적으로 북한에서 제정된 환경관련 법제 현황을 검토한다. Song (2022)는 정책문서에 더해 VNR 보고서를 추가 분석했으며 Scartozzi and Kang (2023)은 조선중앙통신을 통해 보도된 기사로 분석대상을 확장해 북한이 환경 피해를 최소화하는 동시에 기후재정과 기술이전 기회를 확보하려 한다고 밝혔다.

다음으로, 남북한 협력 방안을 도출하기 위한 연구가 있다. 이들 연구는 법제 제정, 언론보도 등 다양한 방식으로 북한의 기후변화 실태와 피해 현황을 추정하고 남북 협력방안을 도출한다(Kim et al., 2014; Kwon, 2022; Lee, 2015; Lim and Choi, 2022; Myeong et al., 2022). Lim and Choi (2022)는 북한의 정책문서를 분석하는 한편 국내 전문가 인터뷰를 진행해 유망한 남북협력 분야를 도출했으며, 자연재해와 재난 경감(Oh and Park, 2022), 산림(Choi, 2018), 재생에너지(Bang and Lee, 2017; Kim et al., 2018) 등 분야별로 북한 실태와 현황을 정리하고 남북협력 방안을 제시하는 연구가 이루어졌다.

한편 북한 과학기술 학술지를 분석대상으로 삼아 과학기술 연구 동향을 탐색하는 작업도 이루어졌다. Kim et al. (2014)이 『과학원통보』, 『지질 및 지리과학』, 『기술혁신』,

Table 1. North Korea's emission reduction target

Year		National emission reduction compared to BAU	
		Unconditional	Conditional
2015	COP High-level Session	37.4%	
2016	2nd NDC	8%	40%
2019	3rd NDC	16.4%	52%
2021	SDGs Voluntary National Review	15.63% (36 million ton)	50.35% (157 million ton)

Source: NCCE (2016), DPRK (2019, 2021)

『김일성종합대학학보』, 『기상과 수문』, 『산림과학』 등 8개 학술지를 대상으로 환경기술 연구 동향을 검토했으며, Lim et al. (2020)은 기후기술 중에서도 산림과학, Lee et al. (2017)과 Heo (2022)는 각각 산림과학 및 기상기후 분야 학술지를 분석해 북한의 관련 연구 동향을 제시했다. 본 연구는 기존 연구가 세부 분야만 검토했다는 인식 하에 분석대상을 감축 전 분야로 확장해 북한의 연구 동향을 파악하고자 한다. 특히 새로운 기술 도입과 관련된 감축 기술에 초점을 맞춘다. 이를 통해 첫째, 감축기술 중 북한의 관심 분야와 시계열적 추이를 실증적으로 제시하고 둘째, 보편적 기술평가 기준에 맞추어 북한의 연구 동향을 분석해 향후 남북한 감축기술 협력 방안을 모색하기 위한 기초자료를 제시한다.

3. 연구방법 및 자료

본 연구는 한국과학기술정보연구원(KISTI, 2023) 북한 과학기술네트워크(nktech.net)에서 제공하는 북한 학술지

를 대상으로 국가 기후기술 분류체계에 기재된 키워드를 적용해 감축기술 관련 논문을 추출했다. 현재 북한 과학기술네트워크 DB에는 학술지 45종의 논문 서지정보 139,718건의 정보가 수록되어 있다. 이중 의학 관련 분야 『조선의학』, 『기초의학』, 『예방의학』, 『조선약학』, 『고려의학』, 『내과』, 『외과』, 『소아, 산부인과』, 『치과, 안과, 이비인후과』와 경제 분야 『경제연구』를 제외한 논문을 대상으로 전체 서지정보 데이터를 크롤링하고, 텍스트마이닝(text minig) 작업을 진행했다. 텍스트 데이터 추출을 위한 크롤링 작업에는 파이썬(python) selenium 라이브러리를 사용했으며, 명사 추출에는 한글 띄어쓰기 분석기 pykospacing과 형태소 분석기 konlpy를 사용했다. 북한의 맞춤법 및 띄어쓰기 용례가 우리와 다르기 때문에 정확한 단어 추출을 위해 사용자 단어사전을 별도 구축해 적용했다.

북한의 감축기술 연구 동향 파악은 향후 남북 기술협력을 효과적으로 수행하는 기초 자료 구축을 위한 바, 우리 기술과의 유사성 및 호환성을 살펴보기 위하여 우리나라의 국가기후기술분류체계를 적용해 북한 감축기술을 분

Table 2. Climate technology classification

Category	Division			Section	
Mitigation	Greenhouse gas mitigation	Energy production & supply	Power generation & conversion	(1) Non-renewable energy	1. Nuclear power
					2. Nuclear fusion power
					3. Clean thermal power & efficiency
				(2) Renewable energy	4. Hydropower
					5. Photovoltaic power
					6. Solar heat
					7. Geothermal power
					8. Wind power
					9. Ocean energy
					10. Bio energy
					11. Waste
(3) New energy	12. Hydrogen manufacturing				
	13. Fuel cell				
(4) Energy storage	14. Power storage				
	15. Hydrogen storage				
(5) Transmission & distribution & power IT	16. Transmission & distribution system				
	17. Intelligent electronic device				
(6) Energy demand	18. Transport efficiency				
	19. Industrial efficiency				
	20. Building efficiency				
(7) Greenhouse gas sequestration	21. CCUS				
	22. Non-CO2 mitigation				

Source: Climate technology information system (2023)

류했다. 국가기후기술분류체계는 감축과 적응, 감축/적응 융복합 3개 분야 45개 기술을 구분해 분류한다. Table 2에서 보는 것처럼 감축 분야는 온실가스 저감과 고정으로 분류되며 온실가스 저감은 다시 에너지 공급, 에너지 저장·운송, 에너지 수요 세 분야로 분류된다(Yeom et al., 2017).

이어 감축기술 관련 논문 서지정보에서 명사를 추출하고 키워드 네트워크 분석을 진행하고 networkx 라이브러리를 사용해 분석 결과를 시각화했다. 동시출현빈도(co-occurrence) 분석은 두 개의 단어가 동일한 문맥에서 동시 출현하는 빈도가 많을수록 서로 관련성이 높다고 가정한다(Morris and Van der Veer Martens, 2009). 예컨대 수력과 원자력의 동시출현빈도가 높다면 서로 관련성이 높다고 해석할 수 있는 것이다. 키워드 네트워크 분석을 통해 북한에서 해당 기술의 어떤 측면에 초점을 맞추어 연구가 진행되고 있는지 파악했다.

4. 연구결과

국가과학기술표준분류표에 기재된 키워드를 활용하여 수집한 기후변화 감축기술 관련 북한의 과학기술 분야 학술논문은 전체 1,484건이다. 이 중에서 2000년 이후 발간된 학술논문 1,171건을 대상으로 국가기후기술분류체계 기준에 따라 각 논문 서지정보를 소분류 수준까지 구분했다.

전체 중분류 중에서 ‘온실가스 고정’에 해당하는 탄소 포집/활용/저장(CCUS)과 ‘비탄소 저감’ 및 ‘에너지 저장’에 해당하는 전력 및 수소 저장을 다룬 논문은 존재하지 않는다. CCUS는 석유·석탄 위주 에너지 구조를 재생에너지 중심 구조로 전환하는 중간단계에 해당하며, 중국 등 개발도상국에서는 CCUS 도입을 탄소중립 실현의 주요 수단으로 삼고 있다(KOTRA Wuhan, 2022). 이와 달리 북한은 CO2 이용/저장이라는 중간단계를 두지 않고 에너지 전환을 추진하고 있다고 볼 수 있다. 실제 북한의 UNFCCC 제출 정책문서나 『노동신문』 등 북한 미디어에서도 해당 내용을 찾을 수 없다.

관련 논문 중 ‘에너지 생산’ 논문이 919건으로 전체의 78.5%를 차지해 가장 많은 연구가 이루어지며, ‘에너지 수요’ 논문이 139건 9.4%, ‘에너지 운송’ 논문이 114건 9.7% 순으로 다수의 연구가 에너지 생산에 집중되어 있다. ‘에너지 생산’ 중에서는 재생에너지 연구가 743건으로 가장 많고, 비재생에너지 연구는 149건이며, 연료전지 등 신에너지 연구는 27건으로 미미한 수준이다.

비재생에너지 생산과 ‘에너지 운송’ 논문이 2000년대 이후 큰 변화를 보이지 않는 것과 달리, 재생에너지 생산 관련 논문은 2009년을 기점으로, ‘에너지 수요’ 논문은 2016년을 기점으로 증가 추세를 보인다. 2021년과 2022년 들어 각 분야에 걸쳐 논문 수가 감소했으나, 코로나19 상황 등 북한 자료 수집과 관련되었을 가능성이 높다. 예

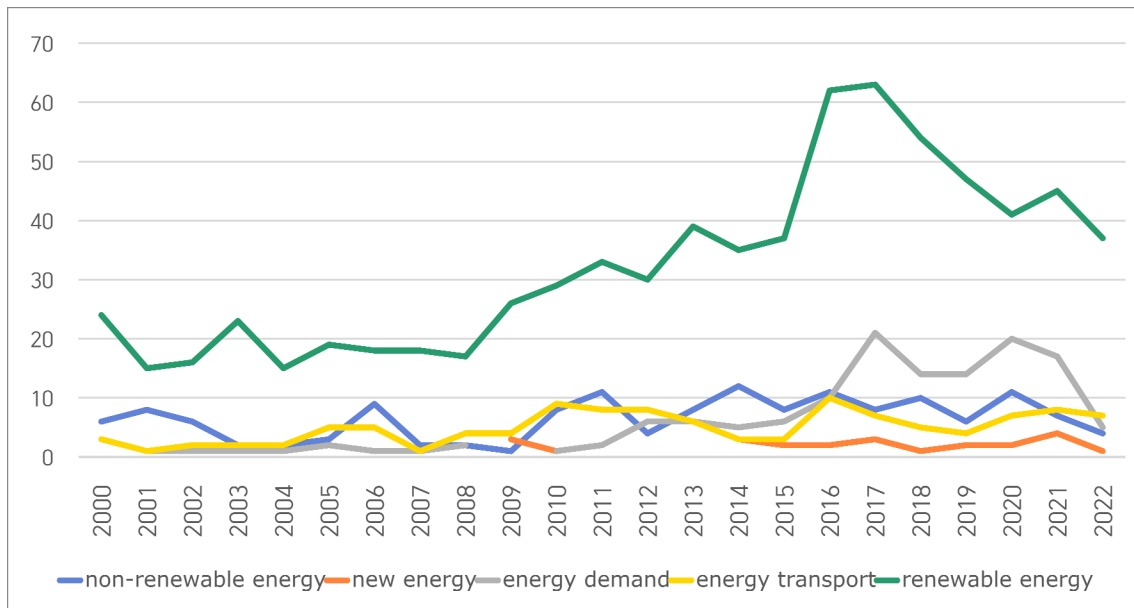


Fig. 1. North Korea's mitigation technology research trends (2000 ~ 2022)

권대 『과학원통보』 경우 2021년과 2022년 권호가 부분적으로 누락되어 있으며, 『김일성종합대학학보-자연과학』과 『김책공업종합대학학보』는 각각 2017년과 2018년 이후 권호 업데이트가 중단되는 등 학술지별 수집 상황이 상이하다는 점에 영향받았을 것으로 보인다.

4.1. 에너지 생산

4.1.1. 비재생에너지

비재생에너지 중에서는 원자력 및 청정화력에 관한 연구가 다수 진행되었다. 원자로, 원자력 등 원자력 관련 논문이 79건이며, 석탄가스화, 비등증보이라 등 청정화력에 관한 논문은 67건으로 재생에너지와 비교해 연구가 활발한 편은 아니다. 원자력 관련해 경수로, 가압경수형, 난방용 원자로, 최대 1000 Mwe 가압경수원자로 설계를 위한 연구가 진행되었고, 이외에도 원자로 설계와 계산과 관련한 연구가 진행되었다. 북한은 1980년대 영변에 5 Mwe 흑연감속형원자로, 태천에 50 Mwe 및 200 Mwe 원자로를 건설했으나 발전소로 사용하고 있지는 않다. 1995년 제네바합의에 따라 원자력발전소 중단을 댓가로 한반도에너지개발기구(KEDO)를 통해 1000 Mwe 경수로원자로 건설을 시작했으나 2000년대 중반 이후 중단된 상태다. 북한은 2016년 UNFCCC에 2000 Mwe 원자력 발전을 위한 기술 및 재정 지원을 요청한 바 있어, 이와 병행해 자체적으로도 경수로원자로 개발과 원자로 규모화를 위해 연구를 진행 중인 것으로 보인다.

청정화력과 관련해서 연소율이 높고 공해가 적은 순환 비등증보일러 저열탄 석탄을 사용하는 UNDP 사업을 실

행한 적이 있으며, 현재는 석탄가스화 연구가 진행 중이다. 석탄가스화는 북한의 탄소하나화학(C1화학) 공정의 핵심으로 석탄을 기반으로 석유에서 추출한 연료 및 화학 제품 대부분을 얻을 수 있는 것으로 알려진다(Choi, 2017). 북한은 2012년까지 UNFCCC에 석탄가스화 복합발전(IGCC) 기술 및 재정 지원을 요청한 바 있으나 그 이후로는 요청이 중단되어 자체적으로 개발을 진행하는 방향으로 선회한 것으로 판단된다.

4.1.2. 재생에너지

가장 많은 연구가 집중된 것은 재생에너지 분야이며, 그 중에서도 수력과 풍력, 태양광 발전에 연구가 집중되어 있다. 730건의 연구 중 34.1%가 수력, 태양광 22.3%, 풍력 18.3%, 태양열 10.7% 순이다. 전 시기에 걸쳐 수력 연구 비중이 가장 많으나, 2012년 전후 풍력과 태양광 연구가 대폭 증가했다. 2012년 이전과 이후를 비교하면 수력 44.1% → 22.8%, 태양광 13.0% → 22.0%, 풍력 12.6% → 16.9%, 태양열 12.6% → 8.1%, 지열 6.7% → 9.4%로 수력 비중이 줄고 태양광 및 풍력 비중이 증가했다.

태양광/태양열 연구 중에서는 태양전지 생산에 대한 연구가 가장 많으며, 나노규소, 페로브스카이트, 무정형 등 태양전지 생산 재료와 방식에 대한 연구가 다수다. 발전 체계에 대한 연구도 이루어지나 2020년 이후에야 등장하기 시작했다. 태양전지 활용을 통한 개별 전력 생산에서 시작해 최근 들어 태양광 발전을 규모화하고 전력망과 연결하는 방안이 논의되기 시작한 것으로 판단된다.

태양광 관련해서는 태양전지 제작과 관련한 키워드가 두드러진다. 페로브스카이트, 무정형, 나노, 규소 등 태양

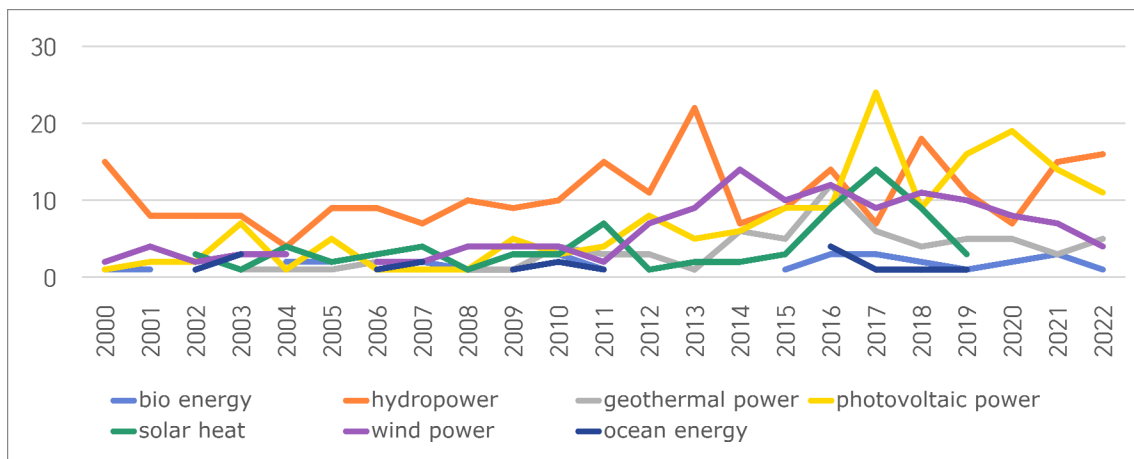


Fig. 2. North Korea's renewable energy research trend (2000 ~ 2022)

4.3. 에너지 수요

‘에너지 수요’ 분야는 산업 및 건축, 수송 효율화와 관련된 감축기술을 포함한다. 전체 137건으로 관련 연구가 많지 않으나 건축 43건, 산업 52건, 수송 42건으로 각 분야에 고루 분포되어 있다. 산업 효율화와 관련해 저전력 장비 도입, 에너지 절약형 생산방식 도입, 폐기물 회수 및 재자원화 관련 논문이 출간되었으며, 건축 효율화와 관련해 녹색건축, 영에너지 및 영탄소 건물, 냉난방 에너지 절약 관련 논문이 출간되었다. 산업 효율화 관련 연구는 2012년 이후, 건축 효율화 관련 연구는 2015년 이후 출간되기 시작해 ‘에너지 수요’에 대한 관심은 상대적으로 최근의 일임을 시사한다. 수송 효율화 관련해서는 대중교통 체계 정비와 관련된 내용이 일부 존재하는 데 그치는 정도로 초보적인 수준에 그친다.

산업 효율화와 관련해서는 에너지 절약형 생산방식 및 기구에 대한 연구가 진행 중이다. 북한은 2020년 「재자원화법」을 제정하고 경공업성 산하에 재자원국을 설립한 이후 공장·기업소 단위의 폐기물 및 재생원료 활용을 제도화하면서 부족한 원자재 확보와 환경 보호를 동시에 추진하고 있으나, 재자원화와 직접 관련된 연구는 많지 않다. 건축 효율화는 2016년 처음으로 ‘녹색건축’이 거론된 이후 본격적으로 논문이 출간되기 시작해 영탄소, 영에너지 건축 및 녹색건축 평가, 인증 방식을 구체화하는 연구가 진행 중이다. 건축 효율화 관련 연구가 집중적으로 실시 중인 것은 현재 북한이 살림집 건설 및 평양 및 주요 지방 도시 건설에 국가적 역량을 집중하고 있는 것과 관련된

것으로 판단된다.

5. 결론 및 시사점

한국 국가기후기술분류체계를 토대로 2000~2022년 북한 감축기술 연구 동향을 분류한 결과, 에너지 생산 분야 919건, 에너지 운송 114건, 에너지 수요 137건의 연구 논문이 발간되어 북한이 저탄소 에너지 생산에 관심을 기울이고 있는 것으로 나타난다.

북한 감축기술 연구 동향의 가장 큰 특징은 자국내 부족한 ‘에너지 생산’ 분야 연구가 가장 활발하며 특히 김정은 시기 들어 수력 대비 태양광 및 풍력 연구가 증가해 재생에너지 이용에 많은 무게를 두고 있다는 점이다. 재생에너지 융복합 등 세계적 연구 경향을 반영하려는 시도 또한 관찰된다. 최근 들어 ‘에너지 수요’ 분야에서도 저탄소 생산 및 건설 방식에 대한 연구도 증가하는 추세다. 이러한 연구 동향은 「재생에너지법」, 「재자원화법」을 통해 법제화되었으며, 「국가환경보호전략」과 일치해 향후 과학기술에 기초한 환경 보호와 녹색경제 이행에 기여할 것으로 보인다.

향후 단기적으로 남북 기후기술 교류를 확대할 수 있는 분야로는 재생에너지 연구 및 활용 분야를 꼽을 수 있다. 에너지 효율성 증진과 재생에너지 확대는 저비용으로 감축 목표 달성에 기여할 수 있는 분야로 꼽힌다(An et al., 2020; Hippel and Hayes, 2021). 특히 북한이 관심을 갖고 있으나 자체 연구는 상대적으로 뒤쳐진 태양광 기반 전력

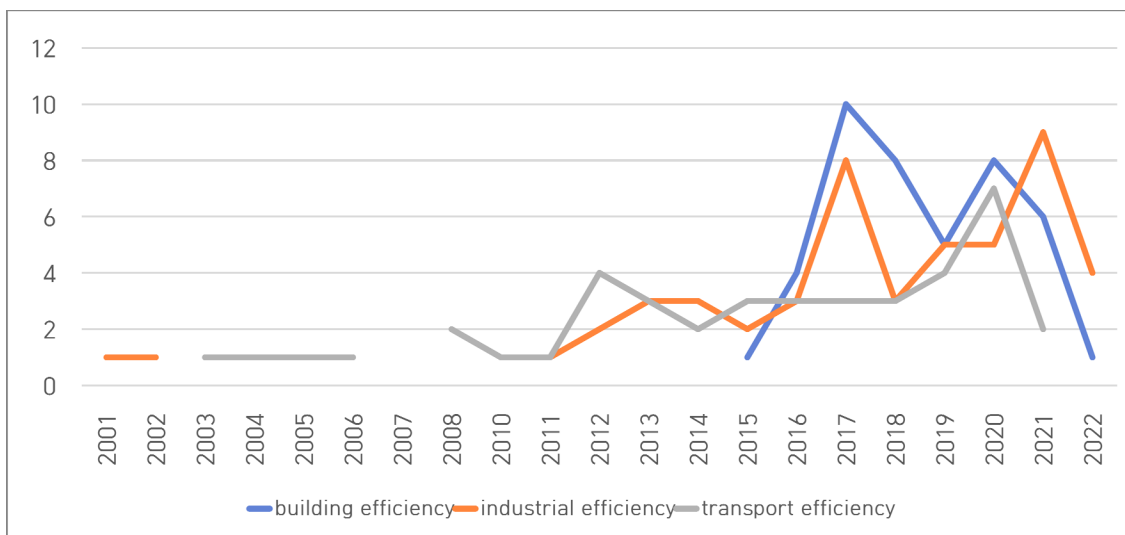


Fig. 4. North Korea's energy demand research trend (2000 ~ 2022)

망 구축, 풍력 발전 스케일업 및 태양광-풍력 복합 발전 지원이 유망하다.

현재 직접적인 남북 교류가 전면 중단된 상황에서 간접적인 지원을 통해 대북한 기술지원을 확대하는 방안을 고려할 수 있다. 건축 효율화와 관련해 북한이 회원국으로 있는 동북아환경협력계획(NEASPEC) 지식공유 또는 과학기술혁신(STI) 훈련 프로그램을 활용해 북한의 저탄소 도시 전환 역량강화 지원을 검토할 수 있다(Tamponi, 2021). 중장기적으로 북한의 기후기술 수요를 정확하게 파악하기 위해 CTCN을 활용할 수 있다. 기술이전은 TNA에 기반해 실시되고 있으며 북한은 2012년 TNA를 위한 재정 지원을 요청한 바 있다. 북한의 TNA 실행을 지원해 북한의 기후기술 수요 현황을 체계적으로 파악하고 북한의 국제기후레짐 적응을 간접적으로 지원함으로써, 향후 중장기적 남북협력을 위한 협력 사례를 만들고, 남북간 신뢰를 쌓을 수 있을 것이다.

사사

이 연구는 2023년 ‘숲과나눔 인재양성 프로그램 특정 주제연구자 지원’을 받아 진행되었음.

References

- An Y, Cao H, Kwon C. 2020. Modelling the impacts of challenging 2030 DPRK's GHGs mitigation targets on DPRK's energy system. Proceedings of 2019 International Academic Exchange Conference on Science and Technology Innovation (IAECST 2019); 2019 Dec 20~Dec 22; Guangzhou, China. e02079. doi: 10.1051/e3sconf/202014502079
- Bang HJ, Lee SK. 2017. Current status and implications of renewable energy in North Korea. Sejong, Korea: Korea Institute for Industrial Economics & Trade. Policy Material 2017-295.
- Choi HA. 2018. Prospect and implementation strategy of the inter-Korean goresst cooperation: A case study of international organization support project in DPRK (in Korean with English abstract). Unification Policy Stud 27(2): 1-20. doi: 10.33728/ups.2018.27.2.001
- Choi HJ. 2021. North Korea's climate change policy in the Kyoto Protocol System. Seoul, Korea: The Asan Institute for Policy Studies. Asan Report.
- Choi HK. 2017. Replacing petrochemicals with coal chemicals, North Korea's carbon one chemical industry. Seoul, Korea: Korea Institute of Science and Technology Information. NK Tech Briefing A020.
- Climate Change Information System. 2023. <https://www.ctis.re.kr/ko/techClass/classification.do?key=1141>
- CTCN (The Climate Technology Centre & Network). 2017. Building capacity for Environmental Life Cycle Assessment(ELCA) in DPRK; [accessed 2023 Dec 3]. <https://www.ctc-n.org/technical-assistance/requests/building-capacity-environmental-life-cycle-assessmentelca-dprk>
- CTCN (The Climate Technology Centre & Network). 2023. ClimateTechWiki. [accessed 2023 Oct 14]. <https://www.ctc-n.org/collection/climatetechwiki>
- DPRK (Democratic People's Republic of Korea). 2016. Intended nationally determined contribution of Democratic People's Republic of Korea. Pyongyang: Author.
- DPRK (Democratic People's Republic of Korea). 2019. Updated nationally determined contribution of the Democratic People's Republic of Korea. New York: DPRK Permanent Mission to the United Nations.
- DPRK (Democratic People's Republic of Korea). 2021. Voluntary national review. Pyongyang: Author.
- Habib B. 2013. DPRK meets UNFCCC: An introduction to North Korea's interactions with the international climate change regime. Int Rev Korean Stud 10(1): 65-90.
- Habib B. 2015. Balance of incentives: Why North Korea interacts with the UN Framework Convention on Climate Change. Pac Aff 88(1): 75-97. doi: 10.5509/201588175
- Heo SH. 2022. Research trends in meteorology and climatology in North Korea using data mining - From 1982 to 2022 - (in Korean with English abstract). J Northeast Asia Res 37(2): 221-262. doi: 10.18013/jnar.2022.37.2.007
- Hippel DV, Hayes P. 2021. Laying the foundations of DPRK energy security: 1990-2020 energy engagement

- options, and future paths for energy and economic redevelopment. Washington, DC: Nautilus Institute.
- KCNA (Korean Central News Agency). 2020 Feb 13. 2019-2030 National environmental protection strategy, promoting prevention of expansion of environmental pollution this year.
- Kim JS, Lee CE, Nam DR, Park JH. 2014. A study on the current state of environment technology in North Korea for S&T cooperation methods between South-North Korea (in Korean with English abstract). Sejong, Korea: Science and Technology Policy Institute. Policy Research 2014-18.
- Kim RE, Ali SH. 2016. Green diplomacy - An opportunity for peace-building? *Environ Policy L* 46(1): 77-96. doi: 10.3233/EPL-46105
- Kim YC, Lee SG. 2018. Prospect and implementation strategy of the inter-Korean environmental cooperation: Focusing on nature of agenda and structural shift (in Korean with English abstract). *Unification Policy Stud* 27(1): 65-88. doi: 10.33728/ups.2018.27.1.004
- Kim YS, Yun SW, Lee SH. 2018. Small scale renewable energy development as a strategy for Inter-Korean cooperation (in Korean with English abstract). *Environ L Policy* 21: 131-165. doi: 10.18215/elvlp.21..201809.131
- KISTI (Korea Institute of Science and Technology Information). 2023. NK tech; [accessed Apr 10]. http://www.nktech.net/nk_tech/journal/journal_more.jsp
- KOTRA Wuhan. 2022 Sep 14. Accelerating development of China's carbon capture (CCUS) industry. KOTRA Foreign Market News.
- Kwon SD. 2022. Directions and tasks of inter-Korean cooperation for carbon neutrality on the Korean Peninsula (in Korean with English abstract). *Korea World Rev* 4(4): 27-58. doi: 10.22743/kwr.2022.4.4.27
- Lee JC. 2015. Proposal of an environmental cooperation model to respond to climate change in North Korea. Proceedings of 2015 KEPAS Spring Conference; 2015 Feb 25; Sejong University. Seoul, Korea: Korean Environmental Policy and Administration Society. p. 121-137.
- Lee SW, Lee DG, Lim BH. 2017. Recent trends of meteorological research in North Korea (2007-2016) -Focusing on Journal of Weather and Hydrology- (in Korean with English abstract). *Atmosphere* 27(4): 411-422. doi: 10.14191/Atmos.2017.27.4.411
- Lim CH, Choi HA. 2022. Environmental cooperation strategies of Korean Peninsula considering international environmental regimes (in Korean with English abstract). *Korean J Environ Biol* 40(2): 224-238. doi: 10.11626/KJEB.2022.40.2.224
- Lim J, Kim KM, Kim MK, Yi JM, Park JW. 2020. Trend analysis of North Korean forest science research (1962-2016) by data mining (in Korean with English abstract). *J Korean Soc For Sci* 109(1): 81-98. doi: 10.14578/jkfs.2020.109.1.81
- Morris SA, Van der Veer Martens B. 2009. Mapping research specialties. *Annu Rev Inf Sci Technol* 42(1): 213-295. doi: 10.1002/aris.2008.1440420113
- Myeong SJ, Choi YE, Shin SH. 2022. North Korea's vulnerability to climate change and inter-Korean cooperation to respond to climate change. Sejong, Korea: Korea Environment Institute. Business Report 2022-07-03.
- NCCE (National Coordinating Committee for Environment). 2012. DPR Korea's second national communication on climate change. Pyongyang: Author.
- OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development). 2023. The climate action monitor 2023: Providing information to monitor progress towards Net-Zero. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/60e338a2-en
- Oh SU, Park SY. 2023. Implications of North Korean forest policy and "golden mountain strategy". *Pac Focus* 38(1): 105-126. doi.org/10.1111/pafo.12222
- Scartozzi CM, Kang G. 2023. North Korean climate diplomacy: Engagement, priorities, and opportunities for collaboration. *Pac Rev*. doi: 10.1080/09512748.2023.2261646
- Song J. 2022. Is climate technology cooperation possible with the Democratic People's Republic of Korea? *Int*

- J Environ Stud 80(4): 1143-1158. doi: 10.1080/00207233.2022.2150020
- Tamponi A. 2021 Jul 22. Climate diplomacy: A possible strategy to engage North Korea? European Institute for Asian Studies; [accessed 2023 Dec 4]. <https://eias.org/policy-briefs/climate-diplomacy-a-possible-strategy-to-engage-north-korea/>
- Yeom SC, Shin JW, Oh SJ, Lee MA, Park JS, Roh WJ, Kim HJ. 2017. A study on the classification of climate technology. Seoul, Korea: Green Technology Center.