

한반도 환경-경제-과학기술 협력의 넥서스

남북한 기후기술협력 방안 모색

Inter-Korean Climate Technology Cooperation
the environment-economy-technology nexus

2024.1.31

이경수(특정주제연구자)

연구 결과보고서

성명	이경수	구분	특정주제연구자
연구주제	한글	한반도 환경-경제-과학기술 협력 넥서스: 남북한 기후기술협력 방안 모색	
	영문	inter-Korean Climate Technology Cooperation the environment-economy-technology nexus	
연구기간	2023.3.1.~2023.12.31		
색인어	한글	한반도, 기후기술, 남북협력, 기후변화, 감축, 적응	
	영문	Korean Peninsula, climate technology, inter-Korean cooperation, climate change, mitigation, adaptation	

○ 결과보고서 요약

본 연구는 기후위기 시대 환경과 경제, 과학기술 협력이 교차하는 지점으로써 기후기술 협력에 주목해 북한이 필요로 하는 기후기술을 파악하고 남북한 기후기술 협력방안을 탐색한다. 북한이 필요로 하는 기후기술을 도출하고 남북간 협력 방안을 제안하기 위해 세 가지 자료를 분석 대상으로 검토했다. 첫째, 북한의 환경 정책과 법제 및 언론보도, 둘째, 북한 과학기술 학술지 내 기후기술 연구 현황, 셋째, 북한이 UNFCCC에 제출한 정책문서를 분석하여 북한이 관심을 갖고 있는 기후기술 분야와 항목을 추출한 이후 남한 국가기후기술분류체계를 적용하여 분류하고, 그 특징을 파악했다.

분석 결과 감축 분야에서는 북한은 풍력 발전과 태양광 발전에 집중하고 있으며, 적응 분야에서는 유전자 개량을 통한 농작물 품종 생산과 농업기후자원 평가와 분석, 산림자원 확보 효과를 지닌 산림 수종 개발에 관심을 두고 있음을 파악했다. 북한은 환경에의 부정적 영향을 줄이는 한편 자신이 직면하고 있는 에너지 및 식량 문제 완화 등 경제적 효과를 동시에 가져오는 기후기술에 관심을 갖고 있다. 이를 고려할 때 남북 기후기술협력은 북한의 환경을 보호하는 일인 동시에 북한 경제가 저탄소 경제, 녹색경제로 전환하는 기반을 구축하는 데 기여할 수 있다. 이를 통해 환경-경제-과학기술협력이 교집합되는 기후기술 협력을 실행함으로써 북한이 환경을 고려한 지속가능한 성장을 실행할 수 있도록 지원하고 남한은 한반도 차원의 기후변화 대응에 기여할 수 있다.

남북간 교류와 협력이 전면 단절된 현재 상황에서 단기적으로 국제기후레짐의 기술 메커니즘을 통해 북한이 스스로 기술수요평가(TNA)를 실행할 수 있도록 지원하는 한편, 기후기술 현황 파악을 위한 소프트웨어 협력을 타진하는 방안을 제안한다. 이를 통해 향후 재개될 남북협력을 위한 협력 사례를 만들고, 신뢰 구축을 축적해 나간다.

※ 첨부: 1. 최종 연구결과물(10권)

이와 같이 연구결과보고서를 제출합니다.

2024 년 1 월 31일

제출자 : 이경수 (인)



(재)숲과나눔 이사장 귀하

제 출 문

재단법인 숲과나눔 이사장 귀하

본 보고서를 “한반도 환경-경제-과학기술 협력 넥서스: 남북한 기후기술협력 방안 모색”의 최종 연구 결과보고서로 제출합니다.

2024년 1월 29일

연구 원 : 이경수 (특정주제연구자)

※ 본 보고서의 내용은 연구자의 의견이며, (재)숲과나눔의 공식적인 견해와는 다를 수 있습니다.

결과보고서 초록

연구원	이경수	구분	특정주제연구자
연구제목	한글	한반도 환경-경제-과학기술 협력 넥서스: 남북한 기후기술협력 방안 모색	
	영문	inter-Korean Climate Technology Cooperation the environment-economy-technology nexus	
연구기간	2023.3.1.~2023.12.31		
색인어	한글	한반도, 기후기술, 남북협력, 기후변화, 감축, 적응	
	영문	Korean Peninsula, climate technology, inter-Korean cooperation, climate change, mitigation, adaptation	

본 연구는 기후위기 시대 환경과 경제, 과학기술 협력이 교차하는 지점으로써 기후기술 협력에 주목해 북한이 필요로 하는 기후기술을 파악하고 남북한 기후기술 협력방안을 탐색한다. 북한이 필요로 하는 기후기술을 도출하고 남북간 협력 방안을 제안하기 위해 세 가지 자료를 분석 대상으로 검토했다. 첫째, 북한의 환경 정책과 법제 및 언론보도, 둘째, 북한 과학기술 학술지 내 기후기술 연구 현황, 셋째, 북한이 UNFCCC에 제출한 정책문서를 분석하여 북한이 관심을 갖고 있는 기후기술 분야와 항목을 추출한 이후 남한 국가기후기술분류체계를 적용하여 분류하고, 그 특징을 파악했다.

분석 결과 감축 분야에서는 북한은 풍력 발전과 태양광 발전에 집중하고 있으며, 적응 분야에서는 유전자 개량을 통한 농작물 품종 생산과 농업기후자원 평가와 분석, 산림자원 확보 효과를 지닌 산림 수종 개발에 관심을 두고 있음을 파악했다. 북한은 환경에의 부정적 영향을 줄이는 한편 자신이 직면하고 있는 에너지 및 식량 문제 완화 등 경제적 효과를 동시에 가져오는 기후기술에 관심을 갖고 있다. 이를 고려할 때 남북 기후기술협력은 북한의 환경을 보호하는 일인 동시에 북한 경제가 저탄소 경제, 녹색경제로 전환하는 기반을 구축하는 데 기여할 수 있다. 이를 통해 환경-경제-과학기술협력이 교집합되는 기후기술 협력을 실행함으로써 북한이 환경을 고려한 지속가능한 성장을 실행할 수 있도록 지원하고 남한은 한반도 차원의 기후변화 대응에 기여할 수 있다.

남북간 교류와 협력이 전면 단절된 현재 상황에서 단기적으로 국제기후레짐의 기술 메커니즘을 통해 북한이 스스로 기술수요평가(TNA)를 실행할 수 있도록 지원하는 한편, 기후기술 현황 파악을 위한 소프트웨어 협력을 타진하는 방안을 제안한다. 이를 통해 향후 재개될 남북협력을 위한 협력 사례를 만들고, 신뢰 구축을 축적해 나간다. 중장기적으로는 한반도 차원의 탄소중립(net-zero) 실현을 위해 기후정보를 상호 교환하고 에너지 전환을 추진하는 기반을 마련한다.

This study focuses on climate technology cooperation at the intersection of environment, economy, and science and technology in the era of the climate crisis. It aims to identify the climate technology needs of North Korea and explore avenues for North-South climate technology cooperation.

The analysis draws from three types of data; first, it investigated North Korea's environmental policies, laws, and media reports; second, it examined the North Korea's climate technology research trends reflected in the North Korea's science and technology academic journals; third and lastly, it analyzes policy documents submitted by North Korea to the UNFCCC.

The findings reveal North Korea's keen interest in wind and solar power generation for reduction for mitigation and genetic improvement of crop varieties, agro-climatic resource evaluation, and forest tree species development for adaptation. North Korea prioritizes climate technology that simultaneously addresses environmental concerns and offers economic benefits, such as addressing energy and food shortages.

The study suggests that inter-Korean climate technology cooperation can safeguard North Korea's environment and contribute to building a foundation for its transition to a low-carbon and green economy. Despite the current lack of exchanges between North and South Korea, short-term plans involve supporting North Korea in conducting its own Technology Needs Assessment through the technology mechanism of the international climate regime. Simultaneously, the study proposes exploring software cooperation to understand the current status of climate technology, creating a case for future inter-Korean cooperation and building trust between two Koreas. In the mid- to long-term, the study envisions establishing a foundation for exchanging climate information between two Koreas and promoting energy transition to achieve carbon neutrality on the Korean Peninsula

요 약 문

I. 한반도 환경-경제-과학기술 협력 넥서스: 남북한 기후기술협력 방안 모색

II. 연구 목적과 필요성

본 연구는 남북간 환경과 경제, 과학기술 협력이 교차하는 지점으로써 기후기술협력에 주목해 북한이 필요로 하는 기후기술을 중심으로 남북한 협력 방안을 도출하는 것을 목적으로 한다. 기후위기는 전세계 모두가 직면한 상황이자 전세계 모두가 협력해 대응하고 있는 과제다. 북한 또한 예외가 아니며, 자체적인 노력과 국제협력 강화를 통해 BAU 대비 온실가스 배출량을 최대 52% 감축하겠다는 계획을 밝힌 바 있다. 이에 따라 한반도적 차원에서 기후변화 대응이라는 국제사회의 목표 달성에 기여하기 위해 기후기술협력의 방향과 과제를 제시한다.

기후변화 대응을 위해서 과학기술에 주목하는 이유는 다음과 같다. 첫째, 국제기후레짐은 온실가스 배출량을 감축하고 기후변화의 영향에 적응하는 데 있어 기후기술의 중요성을 인정하고 있다. 기후변화를 초래한 책임에 대해 선진국과 개발도상국의 차이를 인정하면서 개발도상국의 부족한 기술과 역량강화를 지원하도록 재정 및 기술 메커니즘을 두고 있다. 북한 또한 국제사회에 기술지원을 요청한 바 있다. 국제기후레짐 메커니즘에 기초해 북한과의 기후기술협력 방안을 구상함으로써 남북 협력과 글로벌 규범의 조화를 꾀한다.

둘째, 기후변화 대응이라는 포괄적 목표 달성 하에 분절적으로 진행되어 온 남북 간 경제, 환경, 과학기술협력을 조화시키는 접근방식을 도출하기 위해서다. 그간 남북간에는 남한 자본과 기술+북한 저임금 노동력이 결합한 노동집약형 경제협력, 산림 협력, 과학기술 협력이 분절되어 진행되어 왔으나 향후 남북협력 재개시 과거 협력모델을 그대로 이어나가는 데에는 한계가 있다. 김정은 집권 이후 △최신 과학기술에 기초한 기술집약형 경제 △과학기술과 생산 일체화를 목표로 내세웠다. 이를 위해 과학기술의 발전이 필수적이라 강조하며, 과학기술에 기초한 경제 성장을 추구한다는 점을 명확히 했다. 이에 더해 △녹색경제로의 이행도 장기적인 과제로 제시했다. 과학기술에 대한 강조는 경제 전반과 환경 보호 측면에 공통적으로 나타난다. 과학기술을 지렛대로 환경과 경제가 조화를 이루는 지속가능한 경제 성장 방식을 탐색함으로써 남북 협력 모델을 업그레이드할 필요가 있다.

실용적인 측면에서 북한이 스스로 밝혀 온 필요 기후기술을 파악하고 이를 중심으로 남북 기후기술협력의 방향과 과제를 제시함으로써 북한의 수용성을 높이고 남북 협력의 효과성을 담보할 수 있다. 추가적으로, 대북제재 하에서 북한으로의 재정 및 물자 지원이 불가능한 상황에서 하드웨어 협력이 아닌 소프트웨어 협력을 구상하여 남북간 대화와 소통을 이어갈 수 있는 실현 가능한 방안을 구상하는데도 기여하고자 한다.

III. 연구 내용과 범위

본 연구는 북한의 기후변화 대응 현황을 파악하고 기후변화에 대응하기 위해 북한이 필요로 하는 기후기술이 어떤 것인지 파악하는 데서 출발한다. 북한이 외부의 지원을 필요로 하는 분야와 항목을 파악하기 위해 세 가지 자료를 활용했다. 첫째, 먼저 북한의 자체적인 기후변화 대응 현황을 파악하기 위해 조선중앙통신과 『노동신문』 등 북한 언론보도에 드러난 북한의 기후변화 인식과 정책을 검토했다. 이를 통해 북한이 자체적으로 경주하고 있는 기후변화 대응 양상을 살피고, 특히 기후변화와 관련된 과학기술 정책에 초점을 맞추어 북한의 대응을 살핀다.

둘째, 북한의 과학기술 학술지 서지정보를 분석해 북한의 연구개발이 집중되어 있는 기후기술 분야를 도출한다. 북한과학기술네트워크(nktech.net)에서 수집한 과학기술 학술지 텍스트 데이터를 수집하고, 분류해 연구개발이 진행되는 분야 빈도수를 분석한다. 이어 텍스트 마이닝을 실행해 키워드 네트워크 분석을 실행해 우선순위를 도출한다.

셋째, 북한이 UNFCCC에 제출한 정책문서 전체를 대상으로 북한이 대외협력이 필요하다고 적시한 항목을 목록화하고 시기별 변화 추이를 살핀다. 변화 추이는 북한 언론 보도와 교차분석해 북한의 자체적인 개발과 생산 추이를 반영하고 있는지 추가 검토한다.

UN 정책문서와 북한의 과학기술 학술지에 나타난 각각의 기술항목은 한국의 국가기후기술분류체계를 적용해 분류해 북한의 관심 분야를 파악한다. 북한의 기후기술 수요를 파악하는 이유는 남북 기후기술협력 방안을 도출하기 위한 것인만큼 남한 과학기술과의 호환성 및 유사성을 파악하기 위해서다. 한국의 분류체계는 감축과 적응, 융복합 세 범주에서 45개 분야로 기후기술을 파악하고 있다. 이를 기초로 개발도상국에 대한 기술 지원을 진행하고 있으므로, 남북 기후기술 협력 방안 또한 개발도상국 기술 지원의 일환으로 검토하고자 한다.

세 가지 자료는 서로 다른 방식으로 북한의 필요를 반영하고 있다. 세 자료에 공통적으로 나타나는 기후기술에 대해서는 북한이 가장 크게 관심을 두고 기술 확보를 위해 여러 노력을 경주하고 있는 것이라는 판단 하에 추가적인 분석을 시행해 북한이 우선적으로 필요로 하는 기술을 보다 구체적으로 파악했다. 이를 통해 향후 남북 기후기술협력에 있어 우선순위를 도출하고, 관련 협력 방안을 탐색적으로 검토한다.

IV. 연구 결과

북한은 △산림 복구 △수력 및 화력, 재생에너지 기술 도입 △식량문제 해결이 기후변화 대응을 위한 대표적인 정책이자, 북한이 당면한 산림, 에너지, 식량문제를 해결하기 위한 정책으로 실행하고 있다.

과학기술 연구개발의 측면에서는 재생에너지 중에서도 태양광 및 풍력 연구개발에 초점을 두고 있으며, 산림 분야에서는 산림 생산에 큰 관심을 보이고 연구 성과를 지속적으로 증가시키고 있다. 농업 분야에서는 유전자원 개발, 특히 논벼와 감자 등 핵심 식량의 생산량 증대에 관심을 두는 것으로 판단된다.

국제협력에 있어서도 청정화력과 풍력, 태양광 등 에너지 문제 해결, 지속가능한 산림 관리, 농업기술 도입을 지속적으로 요청한 바 있다. 에너지 분야에 있어서는 재정과 기술 지원 요청 항목을 규모와

내용을 구체적으로 명시해 밝혔으나, 산림과 농업 분야의 지원 요청 항목은 지속가능성, 기후변화 적응 등 포괄적인 성격을 표시하는데 그친다.

키워드 네트워크 분석을 통해 △재생에너지 △산림 △농업 분야에서 북한의 연구개발 및 생산 현황을 파악하고 그룹별로 분류함으로써 남북협력시 우선순위를 도출했다. 재생에너지 분야에서는 태양광 및 풍력 규모화, 산림 부분에서는 산림자원 확보, 농업 분야에서는 종자 개량과 농업기후자원 파악과 농작물 재배에의 적용이 주요한 우선순위로 꼽혔다. 이러한 항목은 기후변화 대응이라는 국제사회 의제에 대응하는 한편, 국내적으로 해결해야 할 과제인 에너지, 식량 및 자원 부족 문제를 해결하는 데 기여하는 성격을 갖고 있다. 재생에너지 분야는 국가적 차원의 전력 생산 계획에 병행해 지방과 기관, 기업소, 단체가 재생에너지를 활용해 자체 전력을 생산하도록 한다. 소형 풍력과 태양광 발전 연구개발과 생산은 이를 뒷받침하는 조치이다.

남북 환경협력을 추진하는데 있어서도 환경 보호 그 자체에 초점을 맞춘 협력을 추진하는 것과 병행해 추가적인 경제적 이득을 얻는데 긍정적으로 기여할 수 있는 방안을 모색하는 것이 요구된다. 북한이 관심을 갖고 있는 분야별 협력의제에 있어서도 환경-경제-과학기술이 교차하는 통합적 접근을 통해 협력의제를 선정하고 남북 협력을 실행할 필요가 있다.

일차적으로 북한이 관심을 갖는 태양광 및 풍력 등 재생에너지 분야 기후기술에 초점을 맞추어 저탄소경제로의 전환을 지원하는 가운데 적응을 위한 세부 분야에서 협력을 병행해 나감으로써 시스템적 전환의 기초를 마련할 필요가 있다. 북한 내 재생에너지 전환과 산림, 농업 생산력 증진의 실질적인 주체가 기관, 기업소, 협동농장 등 각 단위인 것을 염두에 둘 때 남북 협력 재개시 적지의 시범 단위를 선정해 규모화와 산림 및 농업 생산량 증진을 실험하고, 국가 전체로 단계적으로 확대해 나가는 방안을 강구할 수 있다.

V. 연구 결과의 함의

남북 기후기술협력은 남북간 대화 재개시 다양한 층위의 남북회담에서 기후변화에 대응하는 차원에서 논의될 필요가 있다. 기후변화 대응이 경제, 농업, 산림 등 모든 분야를 포괄적으로는 아우르는 만큼 한반도 차원의 기후변화 대응을 위한 공동 기구를 수립하고, 기본적인 방향과 가이드라인을 마련한 바탕 위에 범부처별로 온실가스 감축과 기후변화 적응에 기여하도록 하는 방향을 고려할 수 있다. 한반도 차원에서 탄소중립 정책이 주류화되고, 남북 협력이 활성화된다면 남북한 두 정치체 및 각 해당 부처간 협력을 제도화하는 거버넌스 구축 필요성이 대두될 것이다.

현재 북한이 남한과의 접촉을 전면 거부하는 중인 현실을 고려할 때 한반도 차원의 기후변화 대응이라는 중장기적 의제를 염두에 두고 남북 기후기술협력 기반을 마련할 필요가 있다. 국제기후레짐 하에서 개발도상국에 대한 기술이전은 TNA에 기반해 실시되고 있으며 북한 또한 2012년 TNA를 위한 재정 지원을 요청한 바 있다. CTCN을 통해 북한의 TNA 실행을 간접 지원함으로써 북한의 기후기술 수요 현황을 체계적으로 파악하는 한편 남북간 신뢰를 구축해 초보적이라도 향후 재개될 남북협력을 위한 협력 사례를 만들어갈 필요가 있다.

목 차

I. 서론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 연구방법 및 범위	4
II. 북한의 기후변화 인식과 정책	6
1. 북한의 기후변화 인식 변화	6
2. 북한 내 기후변화 대응 주요 정책	8
III. 북한의 기후변화 대응 과학기술 연구	11
1. 감축 분야 기후기술 연구 동향	12
2. 적응 분야 기후기술 연구 현황	16
IV. 국제사회에 대한 북한의 기후기술 이전 요청	20
1. 북한의 국제사회 지원 요청 내용	20
2. 기술이전 요청 항목 변화	22
V. 북한 기후기술 우선순위	25
1. 정책, 기술, 대외협력 교차	25
2. 태양광과 풍력	26
3. 산림	28
4. 농업	30
VI. 남북 기후기술협력 발전 방향과 과제	31
1. 환경-경제-과학기술 넥서스	31
2. 남북 기후기술협력 로드맵	32
VII. 결론	33
VIII. 참고문헌	34

〈표 차례〉

표 1. 북한의 온실가스 자발적 감축 목표치	1
표 2. 국가 기후기술 분류체계(KCTC)	5
표 3. 북한의 분야별 기후변화 대응 전략	8
표 4. 북한 과학기술학술지 서지정보 추출과 분류	11
표 5. 북한 과학기술 학술지 서지정보 추출 결과	12
표 6. 감축 중분류에 따른 서지정보 수	13
표 7. 감축 재생에너지 분야에 따른 서지정보 수	15
표 8. 감축 분야 북한의 기후기술 주요 키워드	16
표 9. 적응 중분류에 따른 서지정보 수	17
표 10. 농업 유전자원 분야 주요 키워드	19
표 11. 물관리 수계 분야 주요 키워드	19
표 12. 적응 분야 북한의 기후기술 주요 키워드	19
표 13. 북한의 UNFCCC 대외협력 우선순위 상위 항목 (3회 모두 등장)	23
표 14. 북한의 UNFCCC 대외협력 우선순위 상위 항목 (2회 등장)	24

〈그림 차례〉

그림 1. 국제기후레짐 개요	3
그림 2. 감축 중분류별 북한의 연구 추이(2001~2022)	14
그림 3. 감축 세부 분야별 북한의 연구 빈도수	14
그림 4. 재생에너지 분야 북한의 연구 추이(2001~2022)	15
그림 5. 에너지 소비 분야 북한의 연구 추이(2001~2022)	16
그림 6. 적응 중분류별 북한의 연구 추이(2001~2022)	17
그림 7. 적응 세부 분야별 북한의 연구 빈도수	18
그림 8. 북한의 대외협력 요청 분야	21
그림 9. 기후기술 세부 분야별 북한의 대외협력 요청 빈도수	22
그림 10. 태양열/태양광 분야 기후기술 키워드 네트워크	27
그림 11. 풍력 분야 기후기술 키워드 네트워크	28

〈부록〉

[부록 1] 북한의 UNFCCC 재정 및 기술지원 요청 항목	37
[부록 2] 북한의 UNEP, UNCCD, UNCBD 우선순위 및 대외협력 요청 항목	38

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

기후위기는 전세계 모두가 직면한 상황이자 전세계 모두가 협력해 대응하고 있는 문제다. 1992년 유엔기후변화협약(UNFCCC)이 만들어진 이후 2016년 파리협약을 통해 지구적 온도 상승을 1.5°C로 제한하도록 하고 2050년까지 탄소중립(carbon neutrality)을 달성하는 목표를 설정했다. 현재 196개국이 국가감축 목표(Intended Nationally Determined Contribution, NDC)를 발표하고 지구온난화 방지를 위한 온실가스 감축을 위해 있다. 현재 105개국이 탄소중립을 선언했으며, 90개국은 2050년까지 탄소중립 달성을 목표로 두고 있고, 이중 26개국은 탄소중립을 법제화하는 등으로 온실가스 감축을 위한 국내외적 정책을 시행하고 있다(OECD 2023). 남한은 2050년 탄소중립을 목표로 저탄소 경제로의 전환을 단계별로 준비하고 있으며, 2021년 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」을 제정한 상태다.

북한 또한 이러한 국제사회의 약속에서 예외가 아니다. 북한은 1994년 UNFCCC에 가입한 이래 2005년 교토의정서, 2016년 파리협정을 비준한 이후 UNFCCC와 소통하면서 국제사회의 기후변화 대응 노력에 동참하고 있다. 북한은 온실가스 감축 의무 대상국은 아니지만, 파리협약 발효 이후 자발적 감축 목표를 밝히고 지속적으로 조정해 왔다. 2019년 NDC 제출시 배출전망치 대비 16.4%, 국제 지원시 52.0% 온실가스 감축을 목표로 설정했으며, 가장 최근인 2021년 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs) 자발적 국가보고서(Voluntary National Report) 제출시에는 배출전망치 대비 15.63%, 국제 지원시 50.35% 감축이 가능하다고 적시했다. 자국내에서 온실가스 감축을 위한 정책적 노력을 기울이는 한편, 국제사회와 협력을 적극적으로 추진하겠다는 의사를 밝힌 것이다.

표 1. 북한의 온실가스 자발적 감축 목표치

연도	자료	자발적 국가 감축 목표 BAU 대비	
		무조건부	조건부
2015	COP 고위급세션	37.4%	
2016	2nd NDC	8%	40%
2019	3rd NDC (update)	16.4%	52%
2021	SDGs 자발적 국가보고서	15.63% (3,600만톤)	50.35% (1억 5,700만톤)

이러한 북한의 움직임은 배경으로 북한의 기후변화 대응에 대한 연구가 크게 두 가지 방향에서 이루어졌다. 첫째, 북한과 국제사회 협력 양상을 검토한 연구가 진행되었으며 둘째, 환경 분야에서 남북한 협력 방안을 탐색하는 연구가 축적되었다.

먼저 UNFCCC 등 국제기구에 제출한 북한의 정책문서를 통해 국제사회와의 협력 현황을 검토하고 북한이 이례적으로 기후변화 대응과 관련해 국제사회와 적극적으로 협력하고 있음을 보인 연구가 진행되었다(Kim and Ali 2016; Habib 2013; 2015; Choi 2021). 이러한 연구는 UN 정책문서를 주된 분석대상으로 삼는 한편 다양한 자료를 추가적으로 검토해 북한의 기후변화 대응 노력을 추적했다.

북한에서 제정된 환경관련 입법 현황을 분석해 북한의 자구적 노력을 밝히고자 했다. (Song 2023)는 정책문서에 더해 VNR 보고서를 추가 분석했으며 Scartozzi and Kang(2023)은 조선중앙통신을 통해 보도된 언론 기사를 분석대상으로 추가했다. 이들 연구는 공통적으로 북한이 자국내 환경 피해를 최소화하는 동시에 기후재정과 기술이전 기회를 확보하려 한다고 지적했다.

다음으로, 남북한 협력 방안을 도출하기 위한 연구는 북한의 기후변화 실태와 피해 현황을 추정하는 한편 법제 제정, 뉴스기사 등을 통해 북한의 정책 대응을 분석하고 남북 협력방안을 도출하는데 집중했다(임철희·최현아 2022; 이종찬 2015; 최충익, 이동관·최준호 2019). 임철희와 최현아(2022)를 제외한 연구는 각 분야별로 북한의 현황과 대응을 복기하는 양상을 띤다. 임철희와 최현아는 북한의 UNFCCC 제출 정책문서를 분석하는 한편 국내 전문가 인터뷰를 진행해 유망 협력분야를 도출했으며 결론적으로 재생에너지 및 산림을 유력한 협력 분야로 꼽았다. 분야별로는 자연재해와 재난 경감(오삼언·박소영 2022), 산림(최현아 2018; 최현아·베른하르트 켈리거 2017), 재생에너지(김운성, 윤성권·이상훈 2018; 배성인 2010)를 분석 분야로 삼아 북한의 분야별 현황과 실태를 정리하고 남북한 협력 방안을 제시하는 연구가 이루어졌다.

한편 북한 과학기술 학술지를 대상으로 북한 과학기술 연구 동향을 탐색하는 작업도 진행되었다. 김종선 외(2014)가 『과학원통보』, 『지질 및 지리과학』, 『기술혁신』, 『김일성종합대학학보』, 『기상과 수문』, 『산림과학』 등 8개 학술지를 대상으로 환경기술 연구 동향을 검토했으며, 최현아·임철희(2021)은 기후기술 중에서도 산림과학, 허선혜(2022)와 임중빈 외(2020)는 각각 기상기후 분야 및 산림과학 분야 학술지를 기반으로 기후변화 분야와 관련된 북한의 연구 동향을 제시했다. 이러한 연구는 기후변화 대응과 직접적으로 연관되지는 않으나, 기후변화 시대를 배경으로 북한의 산림 및 기상기후 연구 동향을 시계열적으로 추적해 북한 현황을 드러낸다는 점에서 의미가 있다.

요컨대 기존 연구는 북한의 UNFCCC 제출 정책 문서, 언론보도, 북한 과학기술 학술지 등을 통해 분야별로 북한의 기후변화 대응 양상을 도출하는데 집중해 왔으며, 이를 기반으로 남북한 기후변화 대응 협력 방안을 제시해 왔다. 본 연구는 기존 연구가 각각의 자료 일부만을 대상으로 분석에 착수했으며, 세부 분야를 중심으로 기후변화 대응을 검토했다는 한계를 보인다는 점에 주목했다. 이에 따라 분석대상을 감축(mitigation)과 적응(adaptation) 전 분야로 확장해 북한의 기후변화 대응을 살피고, 특히 기후기술 동향을 파악해 남북협력 방안을 도출하고자 한다. 보편적 기술평가 기준에 맞추어 북한의 연구 동향을 분석해 향후 남북한 기후기술 협력 방안을 모색하기 위한 기초자료를 구축한다.

두 가지 측면에서 기후변화 대응을 위한 과학기술, 즉 기후기술에 주목한다. 두 가지 측면에서 기후변화 대응을 위한 과학기술, 즉 기후기술에 주목한다. 기후변화 대응을 위한 ‘기후기술’은 크게 감축과 적응 두 분야로 나뉘며 감축은 자원 활용을 줄이거나 온실가스 흡수원을 증대시키기 위한 기술을, 적응은 기후변화로 인해 발생하거나 발생이 예상되는 영향을 조절하는 기술을 의미한다(Climate Technology Centre & Network 2023). 북한은 파리협약 발효 이후 2019년 기후변화 대응을 위한 역량강화 지원을 승인 받았으나, 국제재제의 여파로 실제 실행되지는 못 한 바 있으며(Green Climate Fund 2019) 2017년 CTCN을 통해서 국가과학기술위원회가 환경전과정평가(e-PLA)를 위한 기술 지원을 요청한 상태다(State Commission of Science & Technology 2018). 또한 2019년 GCF(Global Climate Fund) 지원을 받아 UNIDO가 개최한 남남(South-South) 기술이전 훈련 프로그램에 참여한 바 있다. 「국토환경보호전략」에서도 △국가 환경관리 개선 △전인민적 환경보호 사업 추진과 더불어 △환경과학기술 발전을 목표 실현 방도로 내세웠다(조선중앙통신 2020).

국제 기후변화 레짐은 “공동의, 그러나 차별화된 책임”(Common But Differentiated Responsibility, 이하 CBDR) 하에서 선진국과 개발도상국 간 의무와 책임에 차별이 존재함을 인식한다. 즉, 환경 파괴 등 기후변화를 가져온 데 대해 선진국이 보다 큰 역사적 책임을 갖고 있다고 보고 이를 무겁게 판단해 더 많은 책임을 지도록 하는 한편, 기후변화 대응에 대한 개발도상국의 경제적, 기술적 역량 차이를 인정하고 이를 보완하기 위한 선진국의 재정 및 기술, 역량강화 지원 조치를 요구한다. 2015년 채택된 파리협정은 개발도상국의 감축목표 달성을 위해 제 9-12 조에 걸쳐 선진국의 △재정 △기술 △역량강화 지원을 명시한다. 특히 제 10 조 1 항에서 “당사자는 기후변화에 대한 회복력을 증진하고 온실가스 배출량을 감축하기 위한 기술개발과 이전의 충분한 실현의 중요성에 대한 장기 비전을 공유한다”고 명시하며 개발도상국에 대한 기술 지원 이행을 강조한다. 제 28 차 당사국총회(COP28)에서 ‘손실과 피해 기금(Loss and Damage Fund)’ 설립을 공식화하며 개발도상국 지원을 보다 강화하는 흐름을 이어가고 있다.

UNFCCC는 재정 메커니즘과 기술 메커니즘을 두고 있다. 재정 메커니즘을 통해 기후변화에 대응한 감축, 적응, 역량강화와 기술 개발과 이전시 발생하는 비용에도 재원을 지원하며, 기술 메커니즘을 통해 당사국간 기후기술 개발 이전을 지원한다. 재정 메커니즘으로 지구환경기금(GEF, Global Environmental Fund), 특별기후변화기금(SCCF, Special Climate Change Fund), 최빈국기금, 적응기금 및 녹색기후기금(GCF, Green Climate Fund)이 운영되고 있으며, 기술 메커니즘으로는 정책을 담당하는 기술집행위원회(TEC, Technology Executive Committee)와 기술개발 및 이전에 대한 이행을 지원하는 기구인 기후기술센터네트워크(CTCN, Climate Technology Centre and Network)을 둔다.

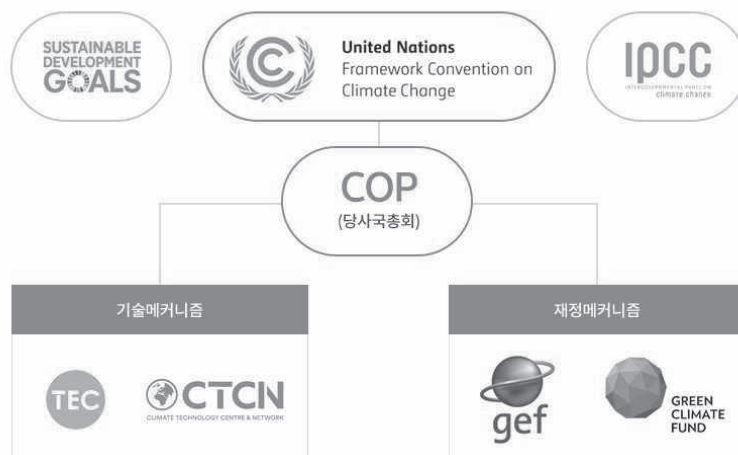


그림 1. 국제기후레짐 개요

출처: 국가기후기술정보시스템 <https://www.ctis.re.kr/ko/contents.do?key=1604>

TEC은 협력 전망, 예측 등에 대한 정책을 논의하는 한편 기후기술 관련 정책정보 플랫폼인 TT:Clear를 운영하고 있으며, CTCN은 개도국의 국가지정기구(NDE)의 기술지원 요청서를 근거로 기술 수요를 파악해 구체화하며, 이에 근거해 기술지원 제공자 간 협력을 제공한다. TEC과 CTCN의 역할은 각국이 필요한 기술을 파악하고 기술 도입을 위한 행동계획, 프로그램, 사업을 도출하는 기술수요평가(TNA, Technology Needs Assessment) 절차에 기반해 진행된다.¹⁾ TEC은 TNA진행과

관련한 절차와 지침을 안내하며, CTCN은 각국이 기술지원(TA, Technological Assistance) 요청서를 준비할 때 TNA에 기반하도록 유도하고 있다. 2023년 7월 기준 CTCN을 통해 402건의 프로젝트가 실행 완료되었거나 실행 중이며 이중 44.4%는 감축, 29.5%는 적응, 나머지 26.0%는 감축/적응 복합 분야에 해당한다. 이러한 기후기술 이전 논의 흐름에 발맞추어 북한의 기후기술 현황을 살펴보고, 남북한 협력의 가능성을 탐색함으로써 남북 협력과 국제사회 흐름을 조화시키는 작업을 수행하고자 한다.

둘째, 기후변화 대응이라는 포괄적 목표 달성 하에 분절적으로 진행되어 온 남북 간 경제, 환경, 과학기술협력을 조화시키는 접근방식을 도출하기 위해서다. 현재 중단된 상태이나 남북 경제협력은 개성공단으로 대표되는 남한 자본과 기술+북한 저임금 노동력이 결합한 노동집약형 제조업 방식으로 진행되어 왔다. 그러나 이미 10년에 가까운 시간이 흐른 상황에서 향후 남북협력 재개시 과거 협력모델을 그대로 이어나가는 데에는 한계가 있으며 산업구조 및 노동체제 개편이 과제로 제시되었다(진운호 2022; 황규성 2019). 북한은 이미 경제발전 목표를 새롭게 제시하고 자구적 노력을 진행 중이다. 김정은 집권 이후 '새 세기 산업혁명'을 핵심적 경제과업으로 제시하고 △최신 과학기술에 기초한 기술집약형 경제 △과학기술과 생산 일체화를 목표로 내세웠다. 이를 위해 과학기술의 발전이 필수적이라 강조하며, 과학기술에 기초한 경제 성장을 추구한다는 점을 명확히 했다(변학문 2016).

최근에는 △녹색경제 건설을 추가해 이전까지 강조해 오던 △새 세기 산업혁명 △과학기술과 생산의 일체화 △지식경제 건설과 더불어 '새 세기 경제구조'의 주요한 요소로 거론해(리기성 2018) 환경을 고려한 경제 성장을 보다 강조했다. 과학기술과 경제가 불가분의 관계를 맺고 있음을 인식하고, 경제와 환경이 상호 조화되어야 함을 인지하고 있는 조건에서 환경-경제-과학기술이 상호 교차하는 지점의 기후기술에 주목해 북한의 기후변화 대응을 파악하고 남북 기후기술협력의 방향과 과제를 제시한다.

2. 연구방법 및 범위

본 연구는 북한의 기후변화 대응 현황을 파악하고 기후변화에 대응하기 위해 북한이 필요로 하는 기후기술이 어떤 것인지 파악하는 데서 출발한다.

북한이 외부의 지원을 필요로 하는 기후기술 분야와 항목을 파악하기 위해 세 가지 자료를 활용한다. 첫째, 북한의 자체적인 기후변화 대응 현황을 파악하기 위해 조선중앙통신과 『노동신문』 등 북한 언론보도에 드러난 북한의 기후변화 인식과 정책을 검토한다. 이를 통해 북한이 자체적으로 진행하고 있는 기후변화 대응 정책을 살피고, 특히 기후변화와 관련된 과학기술 정책에 초점을 맞추어 북한의 대응을 살펴본다.

둘째, 북한의 자구적 노력을 보다 구체적으로 파악하기 위해 북한에서 내부적으로 진행 중인 기후변화 대응 과학기술 연구 현황을 파악한다. 북한 과학기술 학술지 서지정보를 담고 있는 북한과학기술네트워크 DB에 기재된 학술지 45종, 논문 서지정보 139,718건을 대상으로 기후변화 대응과 관련된 기술을 추출해 북한이 관심을 갖는 기후기술 분야와 구체적인 기후기술을 특정한 이후 세부적인 기술 항목을 보다 상세히 검토한다.

셋째, 북한이 UNFCCC에 제출한 정책 문서를 포괄적으로 분석한다(Ministry of Land and Environmental Protection 2000; UNFCCC, DPRK, and UNEP 2012; DPRK 2016; 2019). 북한은

1) 2019년 기준 71개 국가가 TNA를 완료해 자국의 기술 수요 우선순위를 밝혔다(Charlery and Trærup 2019).

3 차례에 걸쳐 자국 내 기후변화 대응 현황을 밝힌 바 있으며, 각각의 정책문서를 통해 효과적인 기후변화 대응의 우선순위를 제시하고, 국제사회의 지원이 필요한 항목을 명시했다. UNFCCC 정책 문서에 나타난 북한의 지원 요청 항목을 목록화하고, 분야별로 분류한다. 이어 시기적으로 북한이 지원을 요청한 항목이 변화한 지점을 비교 분석하고 북한 내 언론보도와 교차 분석해 북한의 자체 기후기술 연구 개발 현황을 간접적으로 유추한다. 이러한 작업을 통해 북한의 기후기술 연구 개발 현황과 북한이 필요로 하는 기후기술 분야를 도출한다.

UN 정책문서와 북한의 자체 기후기술을 분야별로 파악하기 위해 한국의 국가기후기술분류체계를 적용해 각각의 기술 항목을 분류한다. 북한의 기후기술 수요를 파악하는 이유는 남북 기후기술협력 방안을 도출하기 위한 것인만큼 남한 과학기술과의 호환성 및 유사성을 파악하기 위해서다. 한국의 분류체계는 [표 2]에서 보는 것처럼 감축과 적응, 융복합 세 범주에서 45 개 분야로 기후기술을 구분한다. 개발도상국에 대한 대외 기술이전, 국내 기업을 대상으로 한 지원 등이 이에 기반하여 이루어지므로 남북 기후기술협력 또한 본 분류체계에 기반하여 구분한다.

세 가지 자료는 서로 다른 방식으로 북한의 필요를 반영하고 있다. 북한의 정책은 북한이 내부적으로 추구하는 중장기적 목표를 드러내고 있으며 언론보도는 현재 실질적으로 도입, 활용 중인 기후기술을 보여준다. 과학기술 학술지에 드러난 기후기술 연구 현황은 자구적인 노력을 통해 확보 가능하나 아직 실제 현실에서 활용되는 데는 한계가 있는 기술을 드러낸다. UNFCCC 정책문서는 문서 제출시 북한이 자체적인 확보에 어려움을 겪고 있어 외부 지원과 기술 이전이 필요하다고 판단한 기후기술을 보여준다. 세 자료에 공통적으로 나타나는 기후기술에 대해서는 북한이 가장 크게 관심을 두고 기술 확보를 위해 여러 노력을 경주하고 있는 것이라는 판단 하에 추가적인 분석을 시행해 북한이 우선적으로 필요로 하는 기술을 보다 구체적으로 파악했다. 이를 통해 향후 남북 기후기술협력에 있어 우선순위를 도출하고, 관련 협력 방안을 탐색적으로 제시한다.

표 2. 국가 기후기술 분류체계(KCTC)

대분류	중분류		소분류	
감축	온실가스 저감	에너지 생산 & 전환 & 공급	비재생 에너지	원자력 발전
				핵융합 발전
				청정화력 발전. 효율화
			재생 에너지	수력
				태양광
				태양열
				지열
				풍력
				해양에너지
				바이오에너지
				폐기물
				신에너지
			연료전지	

	에너지 저장 & 운송	에너지 저장	전력 저장
			수소 저장
		송배전 & 전력IT	송배전 시스템
			전기지능화 기기
		에너지 수요	수송 효율화
			산업 효율화
	건축 효율화		
	온실가스 고정	CCUS	
		Non-Co2 저감	
	적응	농업 & 축산	유전자원 & 유전개량
작물재배 & 생산			
가축질병 관리			
가공, 저장 & 유통			
물관리		수계 & 수생태계	
		수자원 확보 및 공급	
		수처리	
		수재해 관리	
기후변화 예측 및 모니터링		기후 예측 및 모델링	
		기후 정보 & 정보 시스템	
해양, 수산 & 연안		해양 생태계	
		수산자원	
		연안재해 관리	
건강		감염 질병 관리	
		식품 안전 예방	
산림 & 육상		산림 생산 증진	
		산림 피해 저감	
		생태 모니터링 & 복원	
감축/적응 융복합		다분야 중첩	신재생에너지 하이브리드
			저전력 소모 장비
	에너지 하베스팅		
	인공 광합성		
	분류체계로 다루기 어려운 기후변화 관련 기타 기술		

출처: CTIS 국가기후기술정보시스템 <https://www.ctis.re.kr/ko/contents.do?key=1141>

II. 북한의 기후변화 인식과 정책

1. 북한의 기후변화 인식 변화

북한은 1995년 기후변화협약(UNFCCC)을 비준하고 같은해 생물다양성 협약(UNCBD)에, 2004년에 사막화방지 협약(UNCCD)에 가입해 1992년 리우회의에서 논의된 세 협약에 모두 가입한 상태다(Habib 2013). 리우회의는 ‘환경과 개발에 관한 리우 선언’을 통해 ‘지속가능발전(sustainable development)’ 개념을 정립하고 환경 보호와 경제 발전의 조화를 촉구한 회의로 국제환경레짐에서 가장 중요한 회의 중 하나로 꼽힌다.

북한이 환경 보호가 강조되는 국제사회의 흐름을 초반부터 적극적으로 받아들인 것은 아니다. 인간을 중시하는 주체사상에 따라 북한은 전통적으로 자연을 인간 하위의 것으로, 개조와 변형의 대상으로 인식해 왔다(차승주 2015; 손기웅 2007). “사람의 자주적이며 창조적인 활동에 의하여 불리한 자연조건들이 극복되고 유리한 자연환경이 적극 조성”(김경남 2006)된다고 보기에 자연 환경은 인간에 복무하는 도구로 인식되었다. 인간과의 관계를 통해서만 자연환경을 인식하기에, 인간이 살아가는 사회 제도의 중요성이 강조되고, 자본주의 대 사회주의로 사회제도를 대립시켜 자본주의 사회에서만 환경 오염과 파괴가 발생한다는 입장을 고수해 왔다. 북한의 주장에 따르면 “사회주의적 생산에서는 자연부원 개발과 환경보호가 원칙상 통일”(조영남 2006)되어 있어 환경과 개발이 가질 수 있는 상호 대립적인 성격은 부정되었다.

기후변화와 관련해서도 세계적 문제를 “저들의 경제적 이익에 복종시키려는 일부 나라들의 일방적이고 무책임한 결정”을 비판하며 “발전된 나라들이 지구온난화 방지를 위한 ‘교토의정서’가 즉시 발행되고 실천적인 행동조치를 취하는 것이 중요”(로동신문 2011) 하다고 선진국의 책임을 일차적으로 비판했다. 이와 더불어 선진국이 필요한 자금과 기술 이전, 투자 분야에서 개발도상국과 협력할 것을 강조했다. 선진국에게 기후변화의 책임을 물으며, 의무를 다할 것을 요청하는 것이다.

이러한 인식은 북한 내 언론 보도에도 그대로 나타난다. 북한의 기후변화 보도는 북한 내의 대응을 다루는 것보다 다른 국가의 이상기후 현상과 기후변화 관련 국제회의에 관한 보도가 주를 이룬다. 기후변화는 ‘세계적 식량위기’, ‘세계적 재난·재해’로 틀 지어져 보도되었으며, 북한 당국의 대응에 대한 보도는 찾아보기 힘들다(윤순진 외. 2019). 『로동신문』에 따르면 국제회의 보도의 다수는 ‘서방나라’, ‘발전된 나라’ 즉 선진국을 기후변화 원인 제공자로 비판하는 내용을 담고 있다(박미선 외. 2013).

그러나 김정은 집권 이후 이러한 경향에 변화가 발생하기 시작한다. 먼저 북한에서도 환경 파괴가 발생할 수 있다는 점을 인정하면서 “생산과정에서 발생하는 환경파괴를 방지”해 환경을 보호할 것을 주문한다(리연희 2014). “개발의 목적이 자원을 찾아내어 이용하는데 있다면 보호의 목적은 자원을 지속적으로 이용하기 위한 것”으로 이해되며, 개발에 환경을 종속시켰던 과거와 달리 “동등한 관계에 있는 개발과 보호를 다같이 발전시킬” 것을 주문한다(허성철 2018). 나아가 환경 보호가 경제 성장에 필수적인 요소라고도 주장한다. “개발과 함께 절약과 재생이용, 자연보호를 다같이 발전시킴으로서만 지속적인 경제발전을 이룩”(리선영 2020)할 수 있기에 개발과 보호를 병행해 나가야 한다고 인식한다.

기후변화와 관련해서도 국제사회의 흐름을 소개하는 데서 한발 더 나아가 북한 내 기후 현상에 대한 보도가 증가했으며 과학농사, 산림복구, 사회기반시설 정비 등 기후변화에 따른 피해를 줄이기 위한 대책 수립을 강조했다(윤순진 외 2019). 산림 복구의 의미를 이산화탄소 저장소 확보로 확대하여 기후변화와 접목시켜 설명하기 시작했으며 김정일 집권기 기후변화와 관련해 국제사회의 재생/자연 에너지 개발 동향을 ‘세계적 추세’로 강조한 데 더해 자국 내 재생에너지 개발 사례를 보도하고 과학농사에서 보듯 과학기술에 기초한 기후변화 적응력 향상이 더해진 것이다. 북한은 과학기술 발전을 통해 기후변화를 극복할 수 있을 것으로 보고 있으며 이는 ‘과학기술에 기초한 경제 건설’을 정책적 방향으로 두는 점과 일맥 상통한다. 기후변화의 의미와 결과, 대응 방안에 대해 구체적인 논의가 등장했으며, 과학기술에 기초해 기후변화에 적응해 나가려는 움직임을 보이고 있다.

2. 북한 내 기후변화 대응 주요 정책

기후변화에 대응하기 위한 대표적인 정책으로 북한은 크게 세 가지를 꼽는다. 첫째, 기후변화로 파괴된 산림 복구, 둘째, 기후변화에 대한 영향을 최소화하기 위한 중소규모 수력발전소 건설 및 화력발전소 신기술 도입, 농촌 메탄가스화, 재생에너지 기술 개발도입, 셋째, 기후변화 적응 식량문제 해결을 위한 국제협력 강화다(조선중앙통신 2009). 북한이 꼽은 산림, 에너지, 식량 문제는 기후변화 대응을 위한 정책인 동시에, 북한이 직면하고 있는 오래된 문제를 해결하기 위한 목적도 내재해 있다.

산림, 에너지, 식량 문제는 1990년대 북한이 ‘고난의 행군’이라는 유례가 없는 경제 위기를 겪으며 불거진 문제다. 사회주의 경제권 붕괴와 잇따른 자연재해 이후 식량 생산량이 곤두박질치면서 수십만의 아사자가 발생할 정도의 위기를 겪었다. 탄광이 침수되어 주요 에너지원이었던 석탄 생산량이 급감하고 에너지원이 부족한 상황에서 북한 주민들은 목재를 땔감용으로 사용하면서 산림이 급속도로 황폐화되었다. 별거숭이 산이 되었던 북한 내 산림복구는 2010년대 들어서야 시행되었다.

표 3. 북한의 분야별 기후변화 대응 전략

감축	에너지	기술 현대화, 재생에너지 및 신에너지 이용
	교통	현대화 및 교통관리 개선
	건설	에너지 효율 개선
	산업	현대화 및 에너지 절약
	농업	지속가능한 농업
	임업	조림화 및 원림화
	폐기물	지속가능한 폐기물 관리
적응	수자원	홍수피해 최소화, 강유역 생태환경 보호
	농업	농업 생산성 증진, 과수 생산 확대
	연안	재해 영향 최소화, 연안 지속가능발전 환경 조성
	보건	감염병 DB 수립, 의료지원 확대
	생태계	산림 파괴 및 황폐화 방지, 생물다양성 증진

출처: 필자 정리, UNFCCC 2012.

김정은 국무위원장은 집권 직후인 2012년 4월 ‘국토관리 총동원운동 열성자대회’에서 김정은 국무위원장은 산림 조성 및 보호 사업을 철저히 벌여 10년 내에 북한의 모든 산을 푸르게 만들 것을 주문했다. 2014년 중앙양묘장 현지도 시 ‘산림복구전투’를 벌일 것을 지시하면서 대중적인 군중운동으로 조림 사업을 본격화하기 시작했다. 또한 중장기계획으로 2013-2042년 ‘산림건설총계획’을 수립해 단계적으로 산림 복원과 개조에 착수했다. 1단계 10년 내 60만 ha에 걸쳐 △파괴된 산림 생태계 회복 △비목재 생산물에 의한 산림자원 이용구조로의 전환을 이루고 2단계 20년 동안 160만 ha에 걸쳐 단순림에서 혼효림 경영으로 이전해 다목적 산림경영을 위한 산림 개조를 완료하는 것이 골자다(최현아 2018). 북한은 이를 뒷받침하기 위해 2017년 김일성종합대학 내 산림과학대학을 개설하고 2018년 산림연구원을 설립해 산림 조성에 필요한 과학기술 인재 양성 및 연구개발 기반을 구축한다.

에너지 부문에서 북한의 주요 발전은 수력과 화력에 의지한다. 자연재해에 따른 탄광 침수에 따라 1990년대 중반 최악의 경제위기를 겪으며 발전량 최하위를 기록한 1997년 170억 kWh였던 전력 생산량은 이후 완만하게 증가하기 시작해 2022년 현재 264억 kWh로 증가했다. 수력 대 화력 발전량 구성비는 1997년 55:45에서 2022년 현재 63:37로 변화되어 수력에 의한 전력 생산이 보다 큰 폭으로 증가했다(통계청 2023). 2000년대 이후 대형 발전소 건설을 본격화해 예성강(10만 kW, 1999년 착공), 백두산선군청년(5만 kW, 2002년 착공), 원산청년(6만 kW, 2002년 착공), 삼수(5만 kW, 2004년 착공), 희천(30만 kW, 2009년 착공), 단천(200만 kW, 2017년 착공) 등의 수력발전소를 완공 또는 건설중이다.

대형 수력발전소 외에 북한은 1990년대 중반 이후 지방 전력의 자체 수급을 목표로 중소형발전소를 건설하도록 해 1998년 한 해만 3,000여 개 발전소가 전국 각지에 건설된 정도로 각지에서 중소형발전소 건설을 통해 전력 문제를 해결하는 양상이 확대되었다. 다만 개당 평균 설비용량이 10~1,000kW에 불과하며 개별 발전소 효율 증진보다는 양적 성장에 치우친다는 단점 또한 드러났다. 2007년 「중소형발전소법」을 제정해 발전소의 효과적 관리와 효율 증진에 힘쓸 것을 명문화하며 중소형발전소 건설을 법제화한다(NK 테크 2008). 「중소형발전소법」은 각 기관, 기업소, 단체의 수력 발전 건설 외에도 화력, 조수력, 풍력 발전소 건설을 언급하나(제 2 조) 수력발전소 건설에 대해서만 상세 규정을 두고 있어(제 24~27 조) 중소형발전소 건설의 중심이 각급 단위의 수력 발전 확대에 놓여 있었음을 시사한다.

기관, 기업소, 단체 등 각급 단위의 자체적인 발전소 건설은 재생에너지 확대로 이어진다. 2013년 제정된 「재생에너지법」은 태양열 및 태양광, 풍력, 지열, 생물질, 해양에너지 등 재생가능한 에너지 산업을 활성화할 것을 명시한다. 각 기관, 기업소, 단체와 개인이 태양열 온수, 지열 냉난방, 태양전기, 풍력발전기, 메탄가스 생산시설 등을 설치, 이용할 수 있는 주체로 언급되며(제 26 조) 농촌의 도, 시, 군 단위에서 주민용 연료와 동력을 재생에너지로 해결하는 것이 과제로 제시된다(제 30 조). 「중소형발전소법」과 달리 국가의 관련 부문 투자와 다른 국가 및 국제기구와의 협력 강화(제 5~6 조)를 언급해 국가의 기본 역할을 명시하나, 재생에너지 이용의 중심은 각급 단위의 전력 문제 해결 방안의 하나로 자리매김한다.

이듬해인 2014년에는 자연에너지연구소를 설립해 2014~2044년에 이르는 장기 전략을 밝힌다. 중장기적으로 재생에너지 발전을 통해 발전용량 5GW를 확보하는 것을 목표로 한다. 소규모를 넘어서 10MW 급으로 풍력 발전을 규모화하는 한편 태양열 및 태양광 발전소 건설, 생물연료 및 메탄가스를

이용한 바이오에너지 확보, 분산전원체계 기술 개발 및 공급망을 도입해 전력 인프라 효율을 개선하는 것도 목표로 둔다. 이러한 재생에너지 개발계획은 북한이 2012년 UNFCCC 정책문서를 통해 밝힌 기술 현대화 및 재생에너지 이용 전략과도 일치하는 부분이다.

농업 분야는 북한 경제정책의 핵심 축 중 하나다. 2016년 7차 당대회에서 △농업과 경공업을 증강해 주민 생활수준 전반 향상을 주요 정책 방향으로 제시한데서 시작해 김정은 집권 이후 ‘인민생활 향상’은 항상 주요 과제로 취급되고 있다. 북한의 우선적 목표는 ‘식량 자급자족’이며 이를 위해 △종자혁명(우수 종자 육성과 생산) △과학농사 △영농 기계화 등을 줄곧 강조해 왔다. 2021년 노동당 중앙위원회 제 8기 제 4차 전원회의에서는 ‘농촌문제 해결’을 주요 의제로 삼아 논의해 △농촌환경 개선 △과학기술에 기반한 영농법 장려 △농업 생산력 증대 △곡식, 과일, 채소 등 생산량 증대를 정책화했다(최현아·김관호 2021). 특히 제 4차 전원회의에서는 ‘기후변화로 인한 영향에 ‘적응’하는 영농법 실시를 주문해 기후변화에 대한 인식을 드러낸다. 그러나 재해성 기후 영향이 존재한다는 인식을 보이는 것 외에는 구체적 전략이나 정책이 구체화되지는 않았다(김다울 외. 2022).

에너지, 산림 분야 중장기 계획을 수립하는 것과 더불어 「국토환경보호전략 (2019~2030)」 중장기 전략을 제시하면서 △환경오염 방지 △생태환경 회복 △녹색경제 이행 토대 구축을 총적 목표로 내세웠다. 앞서 살펴본 재생에너지와 산림 부문 과제 외에도 2030년까지 온실가스 감축, 재자원화 및 도시녹화덮임율 증가, 자연보호구 확대를 목표로 두고, △환경과학기술 발전 △환경관리 개선 △전인민적 환경보호사업 실행을 실현 방도로 언급했다. 현재는 1 단계로써 환경오염 확대 방지 및 주요 도시, 수역의 대기 및 물환경 감시체계 확립, 지역별·부문별·단위별 오염물질배출장악체계 확립을 추진 중이다(조선중앙통신 2020).

현 단계의 「국토환경보호전략」의 과업은 중장기적 목표로써 ‘녹색경제’로 이행하는 시작으로 자리매김한다. 북한의 설명에 따르면 녹색경제는 “자연 재생능력과 정화활동 범위 안에서 자원 개발, 오염물질과 폐기물 감소를 기본으로 경제활동”(리경주 2019)이자 “물질적 부의 생산과 분배, 교환과 소비 전과정이 안전하면서도 깨끗하게 되도록 하는 경제”(김철정 2019)으로써 오염 물질 감소와 더불어 경제활동의 전 과정에서 환경에의 부정적 영향을 최소화하는 경제발전 방식의 전환으로도 연결된다.

북한은 녹색경제를 “환경에 영향을 주지 않으면서도 인류의 미래를 담보하는 경제활동방식”으로 이해하며 “천연자원의 남용으로 환경이 오염되고 지구온난화가 초래되고 있는 사태를 극복하고 인류의 생존과 지속발전을 보장하는 데서 필수적인 요구”(김철정 2019)로 인식한다. 자연의 재생능력 범위에서 자원을 이용하고, 자연생태 환경의 유지와 보존에 노력해 자연환경을 보호하면서 경제를 발전시킬 것을 주문한다. UNEP의 ‘녹색경제를 향하여(Towards a Green Economy)’ 보고서는 환경 지속가능성과 경제 성장 간 트레이드오프는 불가피하지 않다는 점을 강조하며 녹색경제를 “저탄소, 자원 효율성, 사회적 포용”을 아우르는 개념으로 지칭한다(UNEP 2011). 2015년 공식 이행되기 시작한 지속가능발전과 이어지는 개념이다. 북한 또한 이 점을 동일하게 받아들이고 있다.

녹색경제 건설은 북한 경제의 주요 과제 중 하나로 제시되고 있다. 2018년 노동당 중앙위원회 제 7기 3차 전원회의에서 ‘경제건설 집중노선’이 선포된 이후 북한의 대표적 경제이론가 리기성²⁾이 『노동신문』에 발표한 글에 따르면 “공장, 기업소들을 생산요소들의 절약형으로 전환하는 사업을 힘있게 밀고나가는 한편 현대과학기술에 의거하여 모든 생산단위들에서 폐설물, 부산물을 리용한 새로운 제품들을 개발하고

2) 리기성은 사회과학원 경제연구소 후보원사이자 교수, 박사로 『노동신문』, 『근로자』 등 북한 국내매체에 기고하는 한편 AP통신, 월스트리트저널 등 외신과 인터뷰하며 북한의 경제정책을 알리는 데 적극적인 역할을 부여받은 학자다.

생산하는 순환경제구조, 녹색경제구조를 전면적으로 확립”(리기성 2018)하는 것이 지식경제시대 주요 과제로 제시한다. 녹색경제 건설은 △새 세기 산업혁명 △과학기술과 생산의 일체화 △지식경제 건설과 더불어 ‘새 세기 경제구조’의 주요한 요소로 거론된다. 그간 김정은 시대 들어 새 세기 산업혁명, 지식경제 건설이 북한 경제발전의 총적 과제로 설정되어 왔다(임을출 2019; 변상정·최경희 2012). 기존의 과제에 녹색경제 건설을 더해 중장기적 목표로 삼은 것이다.

녹색경제 관련 논의는 단순한 수사에 그치지 않고 각 단위에서 고려할 내용을 구체화하는 방안을 모색하는 것으로 이어진다. 녹색제품 품질 관리를 위한 기준과 규격을 국가적으로 제정해 생산과 유통을 진행할 것을 주문하며(윤정성 2020), 환경과학기술을 발전시키기 위한 법규를 제정하는 방안이 제시된다(리동수 2020). 녹색총생산액, 순환경제 계산, 생산단위 녹색화 비중 등 새로운 지표를 도입해 환경에 주는 영향을 고려하는 방안(리선영 2020) 또한 언급된다. 녹색경제 법제화나 녹색경제 발전 중장기 전략으로 구체화되는 흐름은 아직 발견되지 않으나 총적 과제로 호명되고 「국토환경보호전략」에서 언급된 만큼 녹색경제 구축을 위한 후속조치가 수립될 수 있다.

III. 북한의 기후변화 대응 과학기술 연구

기후기술 분야 중에서 북한이 필요로 하는 항목을 구체적으로 파악하기 위해 북한 과학기술 학술지를 대상으로 기후기술 연구 현황과 추이를 검토한다. 북한 과학기술 정보를 수집, 축적해 온 북한과학기술네트워크(nktech.net)는 『과학원통보』를 비롯해 『김일성종합대학학보』, 『김책공업종합대학학보』 등 북한에서 발행되는 자연과학 및 공학 학술지 45 종을 수집해 서지정보를 게시하고 있다. 대부분의 학술지는 1950년대 창간되었으며, 북한과학기술네트워크에서는 1980년대를 전후한 시기부터 서지정보 DB를 공개하고 있다. 이 가운데 의학과 경제학을 제외한 서지정보 중 기후기술과 관련된 서지정보를 추출한다. 서지정보 추출을 위한 정보는 국가과학기술분류체계에서 45개 기후기술 소분류를 서술하는데 사용한 단어를 포함한 서지정보를 모두 추출한 이후 각 소분류 별로 구분했으며, 복수의 소분류에 해당하는 경우 개별 검토를 통해 분야를 특정한다. 복수의 분류에서 모두 추출된 경우에는 복합 분야로 분류했다.

텍스트 데이터 추출을 위한 크롤링 작업에는 파이썬(python) selenium 라이브러리를 사용했으며, 명사 추출에는 한글 띄어쓰기 분석기 pykosspacing 과 형태소 분석기 konlpy 를 사용했다. 북한의 맞춤법 및 띄어쓰기 용례가 우리와 다르기 때문에 정확한 단어 추출을 위해 사용자 단어사전을 별도 구축해 텍스트마이닝을 실행했다.

표 4. 북한 과학기술학술지 서지정보 추출과 분류

중분류	소분류	키워드
비재생에너지	원자력 발전	원자력 원자로 경수로
	핵융합 발전	핵융합
	청정화력	석탄가스화 초임계

재생에너지	수력	수력
	태양광	태양빛 태양전지 태양온실
	태양열	태양열
	지열	지열
	풍력	풍력
	해양에너지	조수력 파력
	바이오에너지	메탄가스
	폐기물	폐기물에너지 폐기물연료화 고형연료화 열분해가스화
신에너지	수소제조	수소제조
	연료전지	연료전지
에너지 저장 운송	전력 저장	전력저장
	수소 저장	수소저장 수소
	송배전 시스템	송배전 송전 배전 전력손실 전력망 전력안정화 전압안정화
	전기저능화 기기	전기저능화
에너지 수요	수송 효율화	교통 교통망 대중교통 전기차 배출가스 배기가스
	산업 효율화	에너지절약 에너지순환 재자원화 친환경 효율화 폐열회수 저전력
	건축 효율화	록색건축 령에너지
온실가스 고정	CCUS	온실가스고정
	Non-Co2 저감	
농업 축산	유전자원 유전개량	유전자원 유전자 열대작물 아열대작물 내병성 내서성 내재해성 신품종 품종
	작물재배	작물 온실 고리형순환 저탄소농업 살충제 농기구 농약
	가축질병 관리	살균제 생균제 축사 바이러스 돼지 토끼 닭
	가공 저장 유통	식품 잔류농약 농약잔류
물관리	수계 수생태계	녹조 댐 수문 수질 영양염류 저수지 제방 하천
	수자원	수자원 담수화 지하수 하수 빗물
	수처리	폐수 분뇨 상수처리 하수처리 수질정화
	수재해	큰물 홍수 가물 무더기비 태풍
기후변화 예측 감시	기후 예측 모델링	기후예측 기후관측 기후변화 온난화 온실가스 기후변동
	기후 정보체계	태풍예보 태풍경보 가뭄경보 가뭄예보 폭염 한파 이상기후 조기경보 기후정보
해양 수산 연안	해양 생태계	갯벌 해류 해수면 해양산성화 적조
	수산자원	수산물 어장 어구 양식장 어류 해조류
	연안재해	난류 연안침식 태풍 폭풍 해일
건강	감염병 관리	감염병 결핵 Dengue 말라리아 미세먼지 진드기 코로나
	식품안전 예방	약진 식중독 식품안전 식품위생
산림 육상	산림 생산	나무 목재 수종 목조 식물자원 식용자원

산림 피해	감염목 산림복원 산림보존 산불 사막화 선충병 병해충
생태 모니터링 복원	산림생태계 식물다양성 생물다양성 습지식물 식물유전 외래종 황폐 산림탄소

추출 결과는 아래 [표 2]에서 보는 것처럼 감축 분야 1,441 개, 적응 분야 6,104 개로 적응기술 연구가 5 배 가까이 더 많다. 이중 2000 년 이후 발간된 논문은 감축 분야 1,171 개, 적응 분야 5,171 개에 해당한다. 감축 보다 적응에 보다 많은 연구가 집중되어 있는 것은 개발도상국 일반과 동일한 양상을 보인다(Traerup, Gregersen, and Hecl 2018).

아래에서는 2000 년 이후 발간된 서지정보를 감축과 적응 두 분야로 나누어 연구 동향을 보다 상세히 파악한다.

표 5. 북한 과학기술 학술지 서지정보 추출 결과

		감축	적응
서지정보 수		1,441	6,104
	2000년 이후	1,171	5,171
단어 수		14,076	34,973

1. 감축 분야 기후기술 연구 동향

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

중분류 에너지 생산 중에서 온실가스 고정(탄소 포집/활용/저장(CCUS))과 비탄소 저감, 에너지 저장(전력 및 수소 저장)에 해당하는 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 우한무역관 2022). 이와 달리 북한에서는 과학기술 학술지는 물론 UNFCCC 제출 정책문서나 『노동신문』 등 북한 미디어에서도 해당 내용을 찾을 수 없다. 북한은 CO2 이용/저장이라는 중간단계를 두지 않고 저탄소 에너지로의 직접 전환을 추진하고 있다고 볼 수 있다.

표 6. 감축 중분류에 따른 서지정보 수

	에너지 생산			에너지 소비	에너지 운송	합계
	비재생에너지	재생에너지	신에너지			
서지정보 수(건)	139	746	27	139	114	1162

비율(%)	12.0	63.9	2.3	12.0	9.8	
-------	------	------	-----	------	-----	--

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, 코로나 19 상황 등 북한 자료 수집과 관련되었을 가능성이 높다. 예컨대 『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 영향을 받았을 것으로 보인다.

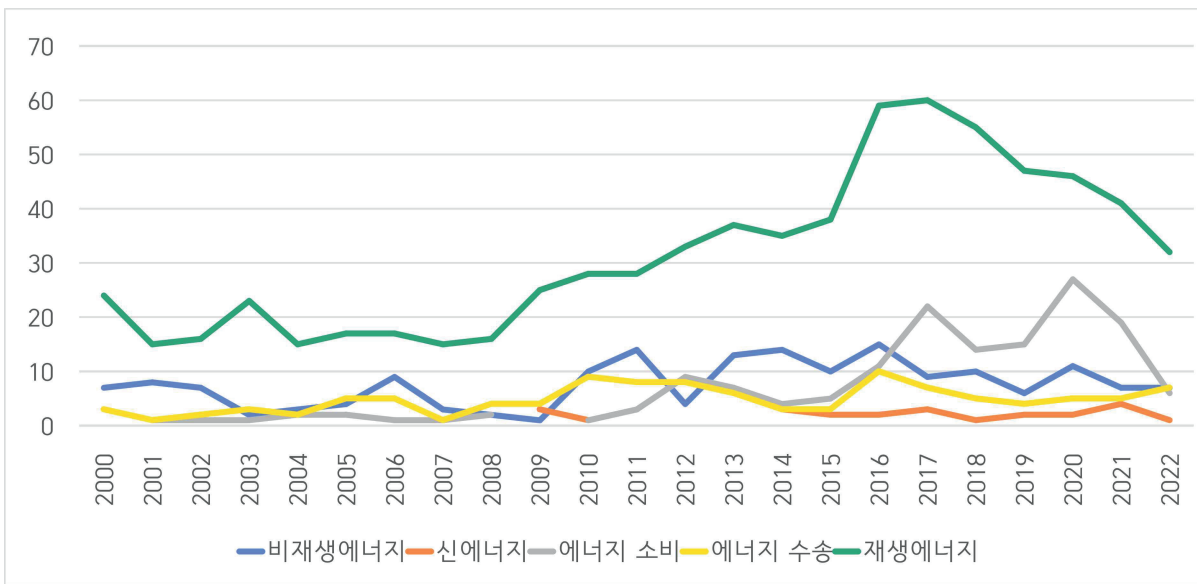


그림 2. 감축 중분류별 북한의 연구 추이(2001~2022)

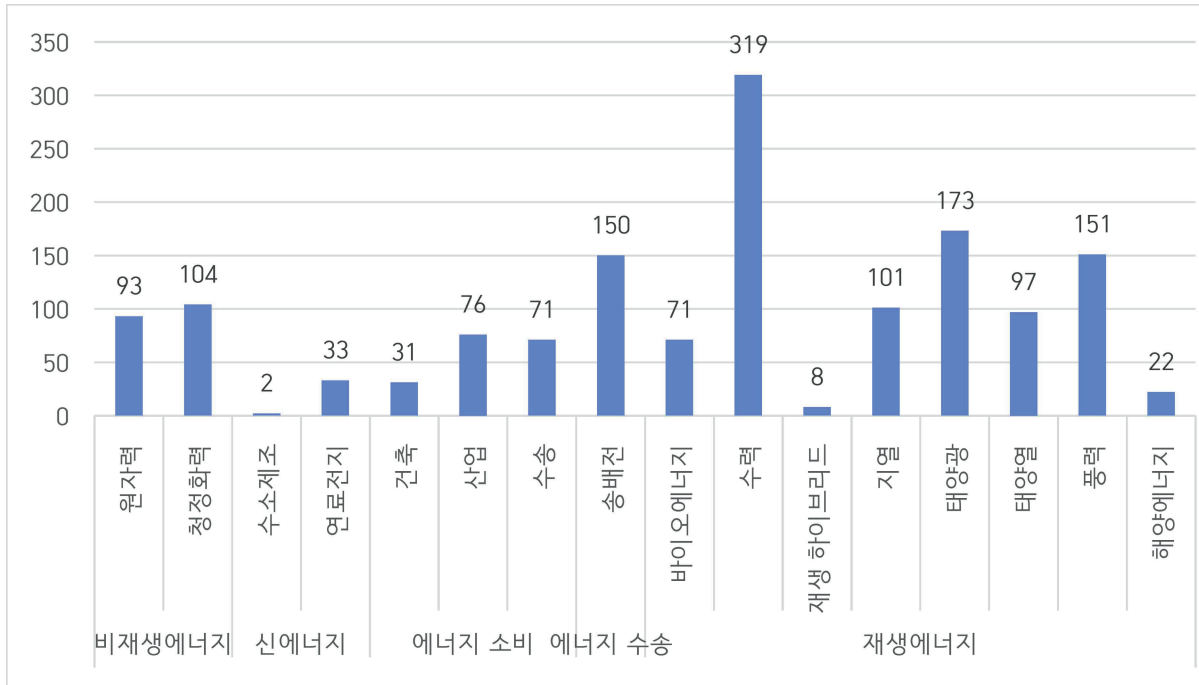


그림 3. 감축 세부 분야별 북한의 연구 빈도수

가장 많은 연구가 집중된 것은 재생에너지 분야이며, 그 중에서도 수력과 풍력, 태양광 발전에 연구가 집중되어 있다. 730 건의 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.

시기별로 보면 수력 연구는 2012년까지 급증하다가 다소 감소하는 추세이며 풍력 연구는 2013년까지 증가한 이후 큰 증감 없이 연구가 지속되다가 2018년 이후 감소하는 추세를 보인다. 태양광과 태양열 연구는 비슷한 추이로 2016년까지 급증하다가 태양열 연구는 감소하고 태양광 연구는 지속되고 있다. 최근의 재생에너지 연구는 풍력과 태양광에 집중되어 있다고 볼 수 있다.

표 7. 감축 재생에너지 분야에 따른 서지정보 수

	수력	지열	태양광	태양열	풍력	해양에너지	바이오에너지	합계
서지정보 수(건)	249	72	163	78	133	19	32	746
비율(%)	33.4	9.7	21.8	10.5	17.8	2.5	4.3	

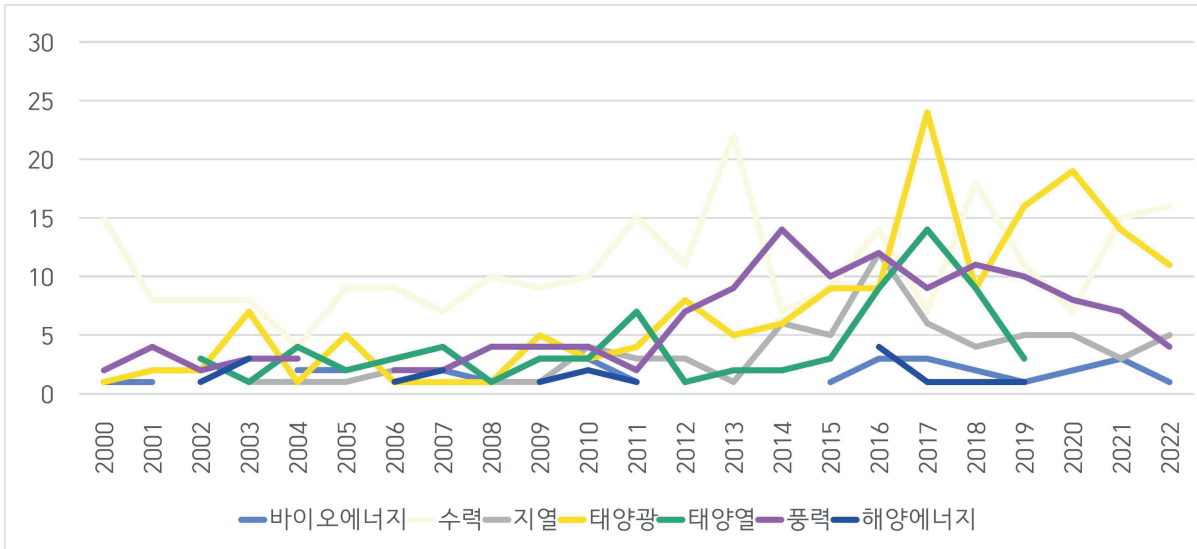


그림 4. 재생에너지 분야 북한의 연구 추이(2000~2022)

에너지 수요 분야는 산업 및 건축, 수송 효율화와 관련된 감축기술을 포함한다. 전체 137 건으로 관련 연구가 많지 않으나 건축 43 건, 산업 52 건, 수송 42 건으로 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 절감에 대한 관심은 상대적으로 최근의 일임을 시사한다. 수송 효율화 관련해서는 대중교통 체계 정비와 관련된 내용이 일부 존재하는 데 그치는 정도로 초보적인 수준이다.

2010년대 중반 이후 에너지 수요, 즉 산업과 건축을 중심으로 한 에너지 절감에 대한 연구가 다수 이루어지는데, 주요 키워드로 에너지 절약과 순환경제가 등장했다. 에너지 수요를 절감하기 위해 새로운 설비나 기술을 도입한다기 보다는 기존 설비의 기술 개진과 혁신을 통해 에너지 수요를 절감하려 시도하고 있음을 시사한다.

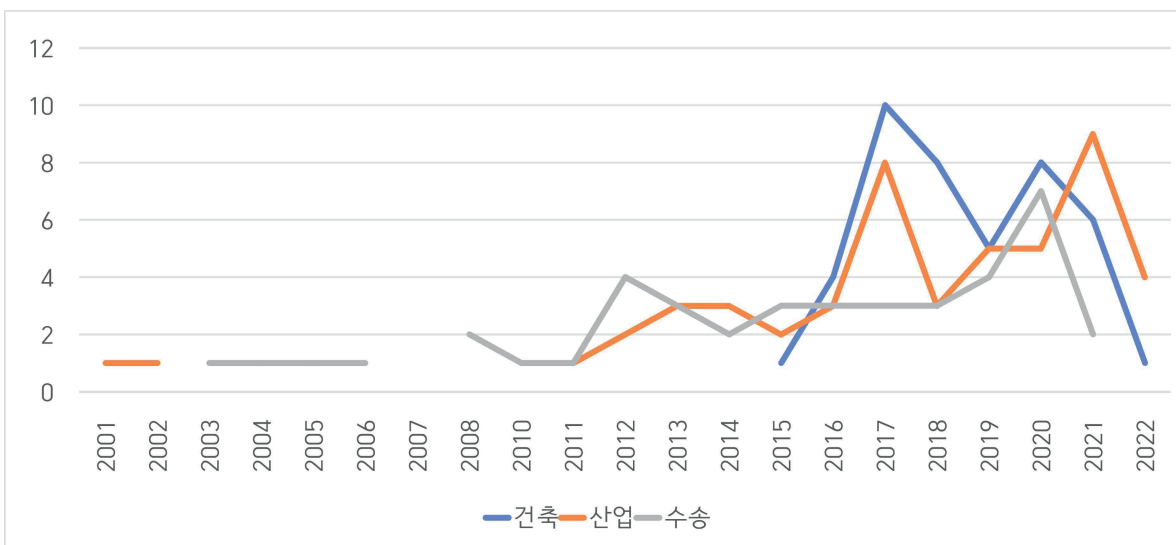


그림 5. 에너지 소비 분야 북한의 연구 추이(2001~2022)

표 8. 감축 분야 북한의 기후기술 주요 키워드

이름	횟수	분야	이름	횟수	분야
수력	293	재생에너지	수력학	62	재생에너지
풍력	159	재생에너지	보이라	59	비재생에너지
발전소	123	비/재생에너지	메탄가스	57	재생에너지
태양열	103	재생에너지	절약	53	산업 효율화
태양전지	101	재생에너지	발전기	49	재생에너지
타빈	85	재생에너지	난방	49	건축 효율화
원자로	82	비재생에너지	송전	47	송배전IT
지열	77	재생에너지	소형	45	재생에너지
태양빛	74	재생에너지	물	40	재생에너지
가스화	65	비/재생에너지	배전	38	송배전IT
에너지기	64	산업 효율화	교통	36	수송 효율화
순환	62	산업 효율화	연료전지	34	신에너지

2. 적응 분야 기후기술 연구 현황

적응기술에 있어서는 농축산과 물관리에 대한 연구가 가장 많은 가운데 최근 들어 산림 연구가 빠른 속도로 증가하고 있다. 반면 건강과 해안, 연안 및 기후예측 및 정보에 관한 연구는 다소 증가하는 추세이기는 하나 낮은 수준에 머물고 있다. 전체 5,171 건 중 물관리가 32.4% 1,673 건, 농축산이 32.2% 1,662 건으로 가장 높은 비중을 차지하며 산림 육상 23.8% 1,239 건으로 전체의 90% 가량을 차지하며 건강 5.8%, 해안연안 3.9%, 기후예측 2.0% 순으로 나타난다.

표 9. 적응 중분류에 따른 서지정보 수

	농축산	물관리	기후예측	건강	산림육상	해안연안	합계
서지정보 수(건)	1662	1673	103	300	1239	202	5171
비율(%)	32.2	32.4	2.0	5.8	23.8	3.9	

시계열적 변화를 살펴보면 농축산, 물관리, 산림 분야 연구는 지속적인 증가 추세를 보이며 특히, 산림 연구는 2015 년을 전후해 증가세가 가속화되었다. 반면 건강, 기후예측, 해안연안 분야 연구는 큰 변화 없이 이어지는 가운데 최근 들어 건강 관련 연구가 다소 증가했다. 이는 건강 분야 중에서도 질병관리 분야 연구가 증가한 데 힘입은 것이다. 질병관리 분야에서는 2020 년 이후 ‘신형코로나비루스’ 연구가 소폭 증가해 코로나-19 상황에 따른 변화를 반영한 것으로 판단된다. 한편 감축 분야 연구 추이와 마찬가지로 2021 년과 2022 년 들어 연구 건수가 감소한 것은 부분적으로 학술지별 수집이 진행되지 않은 상황을 고려해야 할 것으로 보인다.

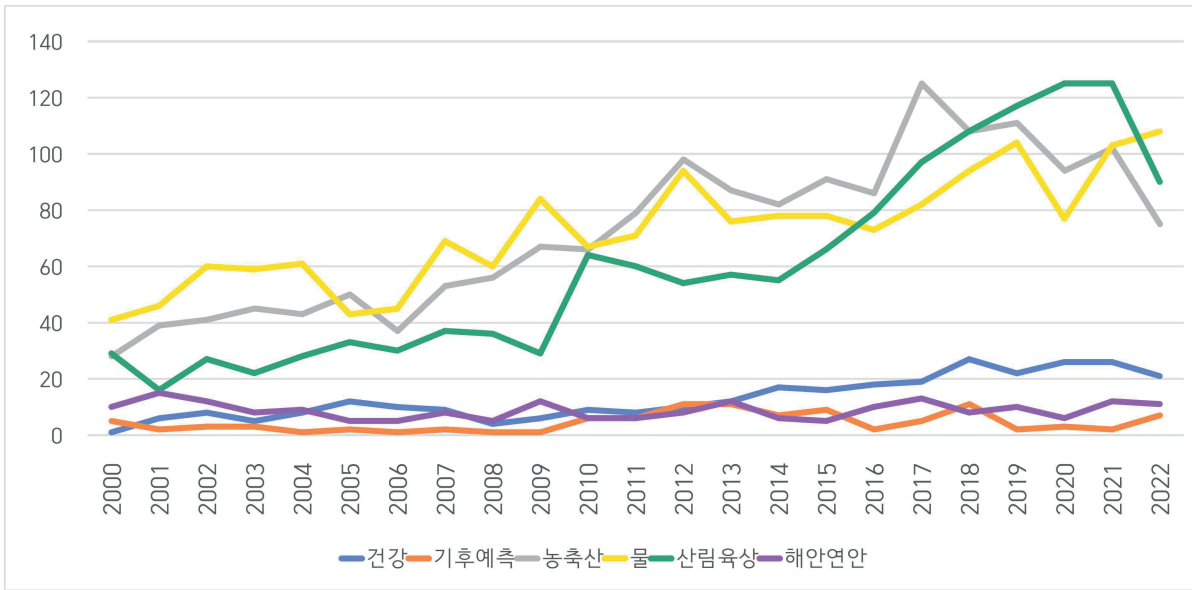


그림 6. 적응 중분류별 북한의 연구 추이(2001~2022)

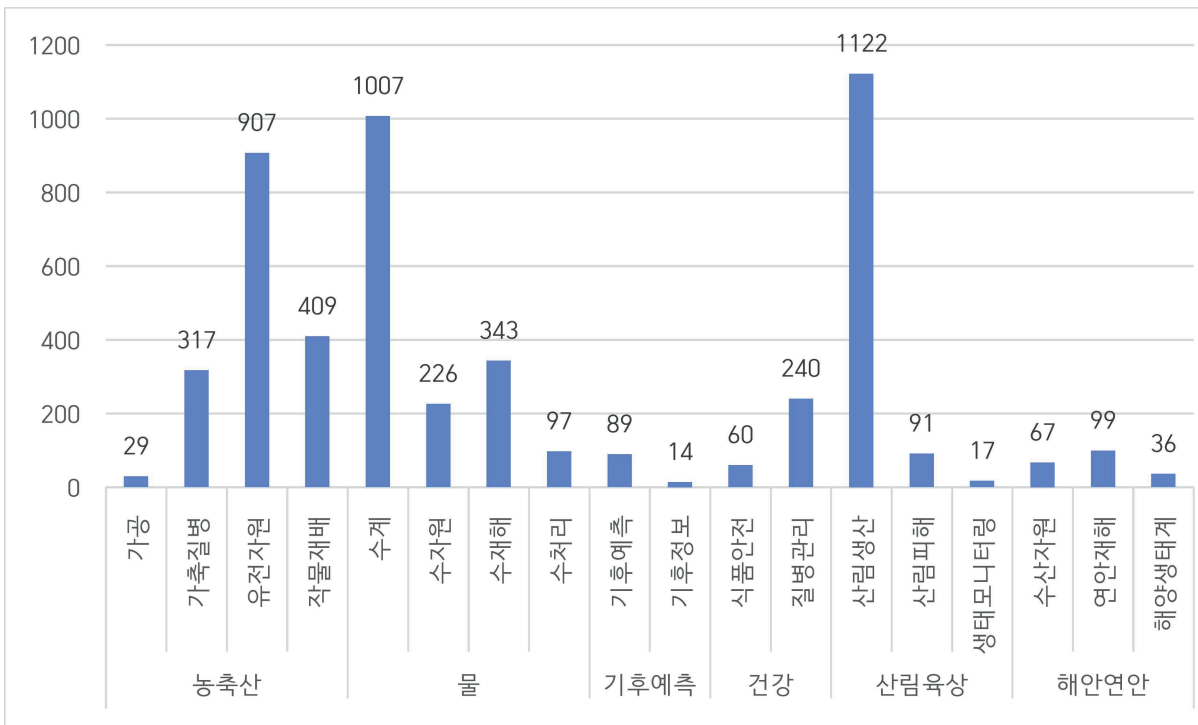


그림 7. 적응 세부 분야별 북한의 연구 빈도수

개별 소분류를 검토하면 산림 생산과 관련한 연구가 1122 건으로 가장 많으며, 그 다음이 수계 1,007 건, 유전자원 807 건 순으로 나타난다. 산림 분야에서는 병해충, 재해 등에 따른 피해를 줄이는 것보다는 조림과 육종 등을 통한 산림 생산에 관한 연구가 활발하며 농축산 분야에서는 중에서는 유전자원에 대한 연구가 가장 활발하다. 중분류 수준에서는 농축산과 물관리 연구가 높은 비중을

차지하나, 소분류 수준에서는 산림 생산 연구가 가장 많아 산림 생산에 특별히 관심을 쏟고 있다고 볼 수 있다.

농축산 중 유전자원, 물관리 중 수계 두 세부 분야에 있어서는 진행 중인 연구가 기후변화와 어느 정도 관련되어 있는지 추가로 파악할 필요가 있다. 적응 기술은 새로운 기술을 개발하고 도입, 확산하는 감축 기술과 달리 새로운 개념을 적용한 것일뿐 기존에 진행해 오던 리스크 대응 기술의 연장선상에 있다(Christiansen, Olhoff, and Trærup 2011). 예컨대 기후변화와 무관하게 작물 재배와 수질 관리, 감염병 관리 등은 항상 국가적으로 신경써야 하는 과제다. 국가 과학기술 분류체계 상 서술을 보면 중분류 농축산-소분류 유전자원 관련 설명으로 △작물 유전자원 수집과 관리 △전통 및 분자 육종 기술 △유용 외래유전자 도입 기술 △환경재해 내성 품종 개량 기술 △메탄 저감형 축산 기술 등을 포괄적으로 언급한다. 품종 개량과 관련해 ‘환경재해 내성 품종’만을 기후변화 적응기술로 좁게 정의하는 것이 아니라 품종 개량과 관련된 기술 일반을 아울러 적응기술로 파악하는 것이다. 때문에 추출된 적응기술은 농축산 일반의 기술 진보와 관련된 것으로 이해하는 것이 적절하다. 다만 적응기술 연구 분포와 추이 변화를 관찰함으로써 북한의 관심 분야를 파악하는 것은 가능하다.

[표 10]은 전체 적응 연구 중 17.5%, 농축산 분야 중 54.6%의 연구가 집중되어 있는 유전자원 세부 분야의 주요 키워드를 추출한 것이며, [표 11]은 전체 적응 연구 중 19.5%, 물관리 분야 60.2%의 연구가 집중되어 있는 수계를 대상으로 하여 주요 키워드를 순위별로 정리한 것이다. 유전자원 연구 907 건을 대상으로 주요 키워드를 추출한 결과 유전자, 품종, 클론, 논벼 등이 주요 키워드로 등장했다. 크게 분류해 본다면 유전자 재조합과 합성, 클론 생성 등 유전기술과 관련된 키워드가 한 축으로, 논벼와 감자 등 특정 작물에 대한 키워드가 다른 한 축으로 나타난다. 비루스와 대장균 등 병충해 방지와 관련된 키워드도 드러나 품종 개량 및 병해충 방지를 통한 농업 생산성 증진 연구가 많음이 드러난다. 다만 농업 생산성 향상은 농업 분야에서 매우 중요한 과제이나 기후변화에 따른 적응과 직접적으로 관련되지 않는다. 기후변화와 직접적으로 관련되어서는 논벼 및 강냉이(옥수수) 배치, 가물(가뭄) 및 염 견딜성 품종에 대한 연구가 부분적으로 진행 중이다.

[표 11]에서 보는 것처럼 물관리 중 수계 연구 1,007 건을 대상으로 주요 키워드를 추출한 결과에 따르면 하천, 저수지, 강 순으로 수자원 관리와 관련된 연구가 가장 많다. 하천과 강 유역과 지류, 수질 등 수자원 관리와 관련한 연구가 다수 등장하며, 큰물(홍수) 연구가 진행 중이다. 이중 큰물 관련 연구는 기후변화에 따른 자연재해에 대한 적응에 해당한다고 볼 수 있으나, 전체 연구에서 차지하는 비중은 낮은 편이다. 다수의 연구가 하천과 저수지 관리에 집중되어 있으며, 농업을 위한 물자원 관리와도 중복되어 나타나 농업 생산성 증진에 기여하기 위한 연구가 진행 중임이 확인된다.

표 10. 농업 유전자원 분야 주요 키워드

이름	횟수
유전자	686
품종	220
클론	85
합성	71
논벼	68
비루스	68
대장균	58
재조합	51
전이	49
감자	42

표 11. 물관리 수계 분야 주요 키워드

이름	횟수
하천	241
저수지	238
강	86
모형	86
수질	77
제방	55
큰물	52
조절	52
류역	44
지류	38

표 12. 적응 분야 북한의 기후기술 주요 키워드

이름	횟수	분야	이름	횟수	분야
유전자	753	농축산	예보	117	예측 정보
나무	492	산림육상	나무모	112	산림육상
저수지	409	물	수문	111	물
하천	336	물	비루스	110	건강
치료	339	건강	유역	109	물
품종	291	농축산/산림	클론	106	농축산
물	217	물	논벼	102	농축산
농업	183	농축산	가물	100	예측 정보
지하수	176	물	수질	100	물
돼지	160	농축산	식물	99	농축산/산림
온실	123	농축산	결핵	99	건강
작물	120	농축산	폐수	99	물

IV. 국제사회에 대한 북한의 기후기술 이전 요청

1. 북한의 국제사회 지원 요청 내용

교토의정서 체제 하에서 2000년 북한은 UNFCCC에 제출한 첫 국가보고서(National Communiqué)에서 에너지 생산과 관련해 △수력발전소 건설 △청정석탄 기술 도입을 우선과제로,

에너지 수요와 관련해 △산업용 보일러 △고효율 형광등 생산을 우선적으로 달성해야 할 과제로 꼽았다. 이외에도 산림 및 연료림 복원·관리와 종자 개발, 지방 고형폐기물 및 폐수 처리를 포함해 14 가지 항목을 우선순위로 제시했다.

먼저 UNFCCC 에 제출한 정책문서 외에 환경 일반과 관련되어 2000 년대 제출한 정책문서를 살펴본 결과는 다음과 같다(부록 2 참조). 2005 년 환경관리 역량수요 자가평가(National Capacity Needs Self-Assessment for Global Environmental Management Report and Action Plan)를 통해 교토의정서 각 항목과 관련해 국제적 훈련과 교육, 지원이 필요하다고 밝힌 바 있다. 북한의 자가평가에 따르면 △기후변화 △토지 황폐화 △생물다양성 세 분야로 나누어 역량강화가 필요한 부분을 기술한다. 2005 년 UNEP 제출 보고서는 △기후변화 △생물다양성 △사막화방지 세 영역에 있어 역량강화 필요 항목을 제시한다. 당시 북한이 가입 중이던 환경협약 각각에 있어 역량강화 필요 부분을 밝힌 것이다.

이중 기후변화와 관련해서는 △기후변화센터 △온실가스 배출 평가체계 △CDM 센터 △UNFCCC 국가전략 및 활동계획 △기후변화 전문교육 △바이오가스기술센터 △기후변화 거대소(Clearing House) △화력발전소 현대화 △수소연료전지 개발과 관련한 역량강화가 필요하다고 명시한다. 화력발전소 건설과 연료전지를 제외하면 모두 기후변화 관련한 정보를 알리고 이를 담당할 각종 국내기구를 수립하는 항에 집중되어 있어 2005 년 당시에는 국제기후레짐 작동에 관한 정보가 상대적으로 부족하다는 점을 간접적으로 드러낸다. 동시에 청정보일러, 열병합 발전, 농촌 재생에너지 관련 기술 이전이 필요하다고 직접적으로 밝혀 온실가스 감축에 있어 에너지 생산 방식 변화가 필요하다는 인식을 반영하고 있다.

2003 년 UNEP 보고서가 북한의 자연환경 일반에 대한 소개를 담았으며, 2007 년 UNCBD 와 2006 년 UNCCD 보고서가 각각 생물다양성과 사막화 방지와 관련된 산림 분야에서 기술 수요를 서술한다. 2006 년 제출한 사막화방지협약(UNCCD) 보고서에서는 토지정보 DB 관리센터 설립, 토지 황폐방지 인식 개선 등과 함께 황폐지 복원, 연료림, 경사지 관리, 혼농임업, 유역관리 기술 이전이 필요하다고 적시하고 있으며, 2007 년 생물다양성협약(UNCBD) 보고서에서도 자연보호구 관리체계 수립 및 국가계획 마련, 국가생물안전관리센터, 국가생물다양성정보 DB, 관련 교육과 인식 증진을 우선과제로 꼽았다. 요컨대 2000 년대 국제사회에 대한 북한의 요청은 자국내 필요한 제도적 기반을 마련하고 관련 내용을 주민들에게 알리는 초보적인 단계에 머물러 있다.

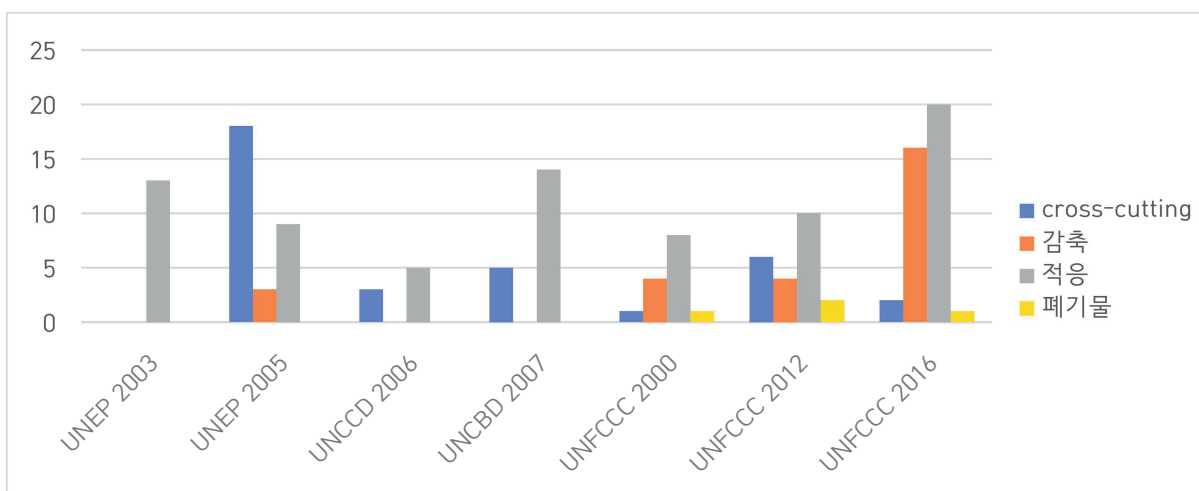


그림 8. 북한의 대외협력 요청 분야

비고: 국제기후레짐에 대한 인식 증진과 훈련, 교육에 대한 요청 항목은 cross-cutting으로 분류

반면 2000 년과 2012, 2016 년 UNFCCC 에 제출한 NDC 에서는 [그림 1]에서 보는 것처럼 감축/적응이 중첩된 역량 강화 외에도 감축과 적응 분야로 기술 수요가 등장하기 시작한다(부록 1 참조). 특히 UNCCD, UNCBD 와 달리 NDC 에는 감축 분야의 기술 등 기후변화 대응과 직접적으로 관련된 항목을 다수 포함한다. 본 연구에서는 기후변화 대응을 위한 기후기술에 초점을 맞추고 있으므로, 생물다양성과 사막화방지협약 제출자료를 제외하고 UNFCCC 에 제출된 기술이전 항목을 중심으로 북한의 필요를 검토한다. 남한의 국가기후기술분류체계를 적용해 북한의 필요 분야를 일차적으로 파악했으며, 중분류와 소분류 수준까지 기후기술 분야를 분류한다.

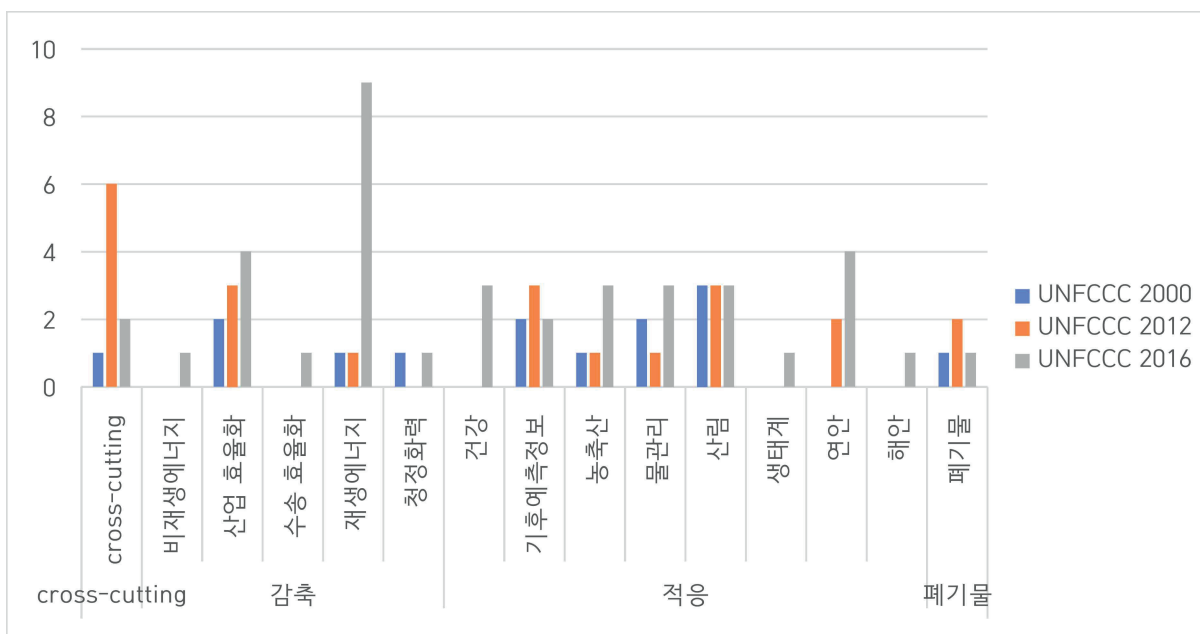


그림 9. 기후기술 세부 분야별 북한의 대외협력 요청 빈도수

비고: 폐기물로 분류된 항목은 '지방 고형 폐기물 처리와 연료화'. 국가과학기술분류체계는 폐기물을 활용한 에너지 활용은 재생에너지로, 폐기물 재활용과 저감은 산업 효율화로 분류하고 있으나 별도로 분류.

2000 년 이후 세 차례 제출된 NDC(Ministry of Land and Environmental Protection 2000; UNFCCC, DPRK, and UNEP 2012; DPRK 2016) 중 복수로 등장한 항목에 있어서도 에너지 생산과 수요 관리 분야에 해당하는 항목이 다수다. 북한이 필요로 하는 감축기술은 재생에너지와 산업 효율화에 집중되어 있으며, 적응기술은 산림 분야가 다수를 이루는 가운데 전체 분야에 비교적 고르게 분포한다. 다만 2010 년대 이후 북한의 기술지원 요청은 보다 구체화된다. 2012 년과 2016 년 국가보고를 통해 지원을 요청한 항목은 감축과 적응 두 분야에 걸쳐져 나타나며, 특히 환경 관련 협약에서 지속적으로 지원을 요청해 왔던 적응 분야 외에도 에너지 생산과 소비 등 감축 분야에서 국제사회 지원을 요청하는 흐름이 두드러진다.

감축기술 중 에너지 생산 분야에 해당하는 것은 청정화력과 풍력, 가정용 석탄 대체와 바이오매스 열병합 발전이며, 에너지 수요 영역에는 대중교통과 에너지 효율 개선이 속한다. 반면 적응기술로는 농업기술과 산림 및 연료림 관리가 일관되게 나타나고 있다. 특히 기술 필요 항목 중 지방 고형 폐기물 처리와 관리는 2000년부터 연속해서 항목에 등장해 북한 내부적으로 문제가 해결되지 않고 있음을 드러낸다.

2. 기술이전 요청 항목 변화

기술이전 필요 항목으로 제출되었던 내용 중에서 목록에서 제외된 항목도 존재한다. 2000년과 2012년 보고서에서는 공기오염과 수질오염 감시 시스템 구축, 고효율 조명 생산, 산업용 보일러 효율 증진 항목이 요청 목록에서 제외되었다. 이중 공기오염과 수질오염 감시시스템, 고효율 조명(LED) 생산은 이후 시간이 지남에 따라 북한 스스로 관련 시스템을 구축해 나가고 있어 대외협력 요청 항목에서 사라진 것으로 보인다.

북한이 UNDP와 공동으로 발간한 2012년 ECCO(Environments and Climate Change Outlook)(UNEP 2012)이 대동강과 압록강, 청천강의 주요 수질 자료를, (Central Bureau of Statistics and MICS 2018)에서 부분적인 음용수 수질 리스크 평가 통계를 게재하고 있으며, 대기오염과 관련해서는 평양 일대 먼지와 SO₂ 발생 수준을 가늠할 수 있는 그래프 자료가 존재해(명수정 2021) 부분적으로나마 대기오염 및 수질오염 측정과 감시가 시행되고 있음을 시사한다. 「대기오염방지법」(2014)과 「대동강오염방지법」(2008), 「보통강오염방지법」(2021)에서도 대기질 및 수질 상태조사 및 감시체계를 언급하고 있어 체계를 정비해 나가고 있음을 시사한다.

고효율 조명과 관련해서는 북한 삼천리조명기구공장에서 국제표준화기구(ISO 4000)에 부합하는 LED 조명 생산이 이루어지고 있어(조선중앙통신 2014) 국제 지원이 진행되지 않는 시기 동안 북한 내에서 개발 및 생산역량이 구축되어 국내 생산이 가능한 것으로 보인다. 석탄가스화의 경우 그간 강조해 온 탄소하나(C1)화학공업 창출과 맞물려 진행 중인 것으로 알려진다.(뉴시스 2018).

2016년에는 석탄가스화(IGCC) 항목이 사라진다. 석탄가스화는 석유 대신 석탄을 고열로 기체화해 합성가스를 만들어 발전에 사용하고 제품 원료로 사용하는 것을 의미한다. 천연가스가 상용화되기 이전 석탄을 이용해 조리, 난방 및 산업용 가스로 사용한 바 있다. 북한은 남흥청년화학연합기업소에 가스화 및 관련 설비가 설치되어 운영 중이며 순천화학연합기업소 석탄가스화 설비가 준공 중이다. 북한은 이러한 석탄가스화 설비를 탄소하나(C1) 화학으로 명명해 발전시키고 있다. 북한의 석탄가스화 설비가 정상가동되면 14만 TOE 가량(2019년 당시 북한 원유 수입량의 30% 내외)의 석유를 대체할 것으로 추정된다(Hippel and Hayes 2019).

표 13. 북한의 UNFCCC 대외협력 우선순위 상위 항목 (3회 모두 등장)

항목	분야1	분야2
지방 고형 폐기물 처리 및 재활용	폐기물	재생에너지
산림 복원 및 조림/지속가능한 산림 관리		산림
적응 농업기술 (작물 다양성 → 선진 농업기술 → 적응 농업기술)		농업

표 14. 북한의 UNFCCC 대외협력 우선순위 상위 항목 (2회 등장)

항목	분야1	분야2
석탄가스화(IGCC)	청정화력	비재생에너지
초임계 화력발전		
풍력 발전	풍력	재생에너지
석탄 대체_가정용 난방, 온수	바이오매스, 태양광	
열병합 발전_소형 바이오매스	바이오매스	
대중교통	수송 효율화	에너지 수요
에너지 효율 개선	산업 효율화	
기후정보 서비스 및 관측체계 개선		기후정보
산림 병충해 관리		산림
적응 연구역량 강화, 교육		다분야 중첩

2012 년과 2016 년을 비교하면, 감축 분야 에너지 생산과 관련해 수력 발전이 목록에서 사라졌고, 비재생에너지인 원자력과 재생에너지인 태양광, 풍력, 바이오매스를 언급해 화석에너지 사용을 대체할 수 있는 기술 지원을 희망하고 있다. 북한이 적시한 비화석에너지 총량을 합하면 발전 용량 4000MW 로 2022 년 현재 북한의 발전용량 8,225MW 의 절반 가까이에 해당한다.³⁾ 수력 발전의 경우 2000 년대 초부터 각 지방에 중소형 수력발전소 건설을 촉구한 데 이어 안변청년발전소, 태천발전소, 원산군민발전소, 어랑천발전소를 신규 건설해 오고 있다. 또한 화석에너지와 관련해서는 그동안 언급해 온 석탄가스화 복합발전(IGCC)이 삭제되고 초임계 화력발전만 언급되고 있다. 이외에도 소규모 열병합 발전이 쌀겨를 이용한 소규모 열병합 발전으로 필요 목록이 구체화되었다.

에너지 수요와 관련해서도 대중교통이 대도시간 버스 급행통행체계 구축으로 구체화되었고, 에너지 효율 개선 목표가 2030 년 25% 소비 절감으로 구체화되어 나타났다. 북한은 2012 년 에너지 효율화 기준 설정 및 라벨링과 관련한 기술 지원을 요청한 바 있는데 에너지 효율 기준 마련에 있어서 일정한 진전이 이루어졌을 수 있다. 특히 가정용 온수와 난방, 조리용 연료⁴⁾로 사용되는 석탄과 장작을 대체할

3) 통계청에 따르면 2021년 현재 북한의 발전 설비용량은 수력이 4,685MW로 59%, 화력 3,360MW로 41%를 차지한다. 한편 발전 전력량은 수력 161억kWh, 화력 94kWh를 합해 255억kWh다.

https://kosis.kr/bukhan/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01_01&vwcd=MT_BUKHAN&rootId=101_001&armTabId=M_01_01_01

4) Ctis는 조리용 및 가정용 설비와 관련한 기술을 목록화하지 않고 있으나, Climate tech-wiki와 TT: clear, CTCN에서는 에너지 감축의 하나로 언급하고 있다.

수 있는 기술지원을 처음으로 포함시켜 앞서 살펴본 것과 같은 대규모 사업 외에도 커뮤니티 차원의 중소규모 기술 도입 또한 고려하고 있음을 보여준다. 또한 시멘트와 벽돌 등 건설 분야에서 에너지 효율적이며 친환경 자재 생산으로 전환을 희망하고 있다.

적응과 관련해서는 기존에 제시되었던 내용을 크게 벗어나지 않으나, 기상기후, 재난관리, 해안과 연안, 수자원 및 수질 관리, 농업과 농토, 전염병 및 고온병 등 건강, 자연보호구 관리 등 분야별로 구체화된 내용을 포함한다. 다만 적응과 관련해서는 연구역량 강화와 교육자료 개발 등 인식 증진과 더불어 각종 시스템 구축과 관련한 과제가 등장해 감축과 비교해 전반적인 진전은 더딘 상황일 수 있다. 다만 혼농임업과 지속가능한 산림 관리는 규모화가 필요한 단계임을 밝혀 지난 시기를 거쳐 시범적인 기술 도입이 실시되고 그 이후 단계를 준비하고 있음이 알 수 있다.

UNFCCC 에 제출한 북한의 기술이전 필요를 검토한 결과는 다음과 같다. 첫째, 북한의 기술 이전은 감축과 적응 분야 모두에서 나타나고 있으며, 세부적으로도 에너지 생산과 수요, 농축산과 물관리, 해양 수산 및 연안과 건강, 산림, 건강, 기후변화 예측 등 여러 분야에 걸쳐져 있다. 단 CCUS 등 온실가스 고정 분야는 제외되어 있으며, 적응과 관련해서는 해양과 연안보다는 농축산과 산림, 물관리 생태계 등 육상과 관련한 분야에 보다 관심을 기울이고 있다. 관심 분야를 살펴보면 감축기술 중 재생에너지와 산업 효율화에 관심을 두고 있으며 적응기술에 있어서는 개발도상국 일반의 기술 수요와 유사하게 농축산을 강조한다(UNFCCC 2023a).

둘째, 적응보다는 감축과 관련한 기술이전 요구가 증가하는 추세다. 적응과 관련한 기술이전 수요 항목은 과거 포괄적으로 언급했던 내용을 구체화하는 성격을 띠는 반면, 감축과 관련해서는 에너지 생산 방식 변화와 가정용 및 산업용 에너지를 효율화 하는 방안을 상대적으로 구체화시켜 제시한다. 특히 과거 찾아볼 수 없었던 가정용 및 조리용 연료 감소를 위한 기술 이전을 적시하고 있어 국가와 지방 층위(level) 외에 지역사회(community) 수준에서도 감축 관련 기후기술을 도입할 의사를 보였다.

셋째, 북한은 자국내 진전 상황을 반영해 기술이전 필요 목록을 제출하는 것으로 보인다. 수력 발전, 석탄가스화, 고효율 조명 생산 등은 UNFCCC 및 UNCBD, UNCCD 에서 우선순위로 꼽았다가 사라진 항목이며, 혼농임업 시범사업을 규모화하는 사업으로 대체하거나 에너지 효율화 기준 마련의 필요성을 지적한 이후 이를 반영한 것으로 보이는 수치를 도출하고 있어 국제사회와의 협력이 이루어지지 않는 경우에도 자체적인 관련 기술을 개발, 적용하고 있음을 시사한다.

넷째, 그럼에도 불구하고 여전히 해결되지 않는 지점은 남아 있다. [표 14]에서 보는 것처럼 △지방 고형 폐기물 처리와 이를 이용한 연료 및 비료 생산, △산림 조림과 보호 △농업기술 도입은 2000 년 처음 우선순위에 등장한 이후 2012 년, 2016 년 정책문서에서 모두 필요 항목으로 꼽힌다.

V. 북한 기후기술 우선순위

1. 정책, 기술, 대외협력 교차

북한의 환경보호 및 기후변화 대응 관련 정책 및 과학기술 연구 동향 분석, UNFCCC 제출 정책문서에서 공통적으로 드러난 분야는 △재생에너지 분야 △산림 분야 △농업 분야로 파악된다.

먼저 조선중앙통신을 통해 밝힌 것처럼 △산림 복구 △수력 및 화력, 재생에너지 기술 도입 △식량문제 해결이 기후변화 대응을 위한 대표적인 정책이자, 북한이 당면한 산림, 에너지, 식량문제를 해결하기 위한 정책으로 자리잡고 있다. 다만 그러나 식량문제 해결을 위한 농업 생산력 증대 방안이 실질적으로 기후변화 영향을 최소화하는 방향과 조응하고 있지는 않다. 2021년 8기 4차 전원회의에서 ‘기후변화 영향에 적응’하는 영농법을 언급했으나 관련 정책이나 전략이 구체화되지는 않은 상태라 향후 정책에 보다 주의를 기울여야 하는 상태다.

과학기술 연구개발의 측면에서는 재생에너지 중에서도 태양광 및 풍력 연구개발에 초점을 두고 있으며, 산림 분야에서는 산림 생산에 큰 관심을 보이고 연구 성과를 지속적으로 증가시키고 있다. 농업 분야에서는 유전자원 개발, 특히 논벼와 감자 등 핵심 식량의 생산량 증대에 관심을 두는 것으로 판단된다.

국제협력에 있어서도 청정화력과 풍력, 태양광 등 에너지 문제 해결, 지속가능한 산림 관리, 농업기술 도입을 지속적으로 요청한 바 있다. 에너지 분야에 있어서는 재정과 기술 지원 요청 항목을 규모와 내용을 구체적으로 명시해 밝혔으나, 산림과 농업 분야의 지원 요청 항목은 지속가능성, 기후변화 적응 등 포괄적인 성격을 표시하는데 그친다. 아래에서는 △재생에너지 △산림 분야에서 북한의 연구개발 및 생산 현황을 검토하고 연구개발 시 주요하게 등장하는 키워드 네트워크 분석을 통해 연구개발 관심사를 그룹별로 분류함으로써 남북협력시 우선할 내용을 구체화하도록 한다.

2. 태양광과 풍력

재생에너지 분야는 감축 기술에 해당하며 관련해 2013년 「재생에너지법」 제정 이후 자연에너지연구소를 설립하고 단계적 증장기 계획을 세워 2044년 재생에너지 발전 설비용량 5000MW를 확보하는 것을 목표로 삼고 있다. 이는 현재 북한 발전 설비용량의 절반 가까이에 해당하는 규모다.

과학기술 연구 중에서도 수력과 풍력, 태양광 및 태양열 연구가 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 김정은 집권 이후 풍력 및 태양광/태양열 연구가 크게 증가하는 추세를 보인다. UNFCCC 정책문서를 통해서도 각 500MW 해상 및 육상 풍력단지 건설과 그리드 연계 1000MW 태양광 발전소 건설에 대한 재정 및 기술이전을 요청했다. 법 및 정책에 따른 재생에너지 발전용량은 풍력 발전용량 목표 10MW에서 보는 것처럼 기관, 기업소, 단체가 건설 및 이용주체가 되는 중소형 풍력 및 태양광/태양열 발전이며, 기술 연구개발 현황에서도 100kW 풍력발전기 설계 연구, 무정전전원장치-풍력 및 태양광 복합 발전 440kW 규모까지만 확인된다. 자체적으로 진행 중인 풍력 및 태양광/태양열 발전 규모와 대외협력 요청 규모는 50배 이상 차이가 있어 자체적인 노력 수준과 필요 발전설비 수준의 차이는 상당히 큰 편이다.

산림 생산과 관련하여 북한이 관심을 갖는 품목은 개별 나무 품종에 관한 연구가 높은 비중을 차지한다. 밤나무, 사과나무, 비타민나무 등 유실수림이 높은 비중으로 등장한다. 열매, 뿌리, 기름, 수확, 다수확 등의 키워드 그룹과

연관되는 것으로 나타나 산림자원으로써 열매를 활용할 수 있는 수종에 관심을 갖고 있음이 드러난다. 유실수 관련 키워드는 접그루, 조직 배양, 시험관 등의 키워드 그룹, 병해충, 구제 등 산림 병해충 방지 그룹과도 연결되어 드러나 산림 과학기술을 활용해 보다 많은 열매를 확보할 수 있는 수종을 병해충 영향을 최소화해 산림을 조성할 수 있도록 연구개발이 진행되고 있다. 유실수 관련 키워드는 사름물, 온실, 나무모, 마름병 등이 한 그룹으로 등장해 나무모를 생산해 손실 없이 옮겨심는 방식에 대한 연구가 진행 중인 것으로 파악된다. 요컨대 열매와 과일 등 산림자원을 추가적으로 확보할 수 있으며, 나무모 심기부터 병해충 관리, 수확에 이르기까지 피해 없이 전 과정을 완성할 수 있는 기술에 큰 관심을 두고 있다.

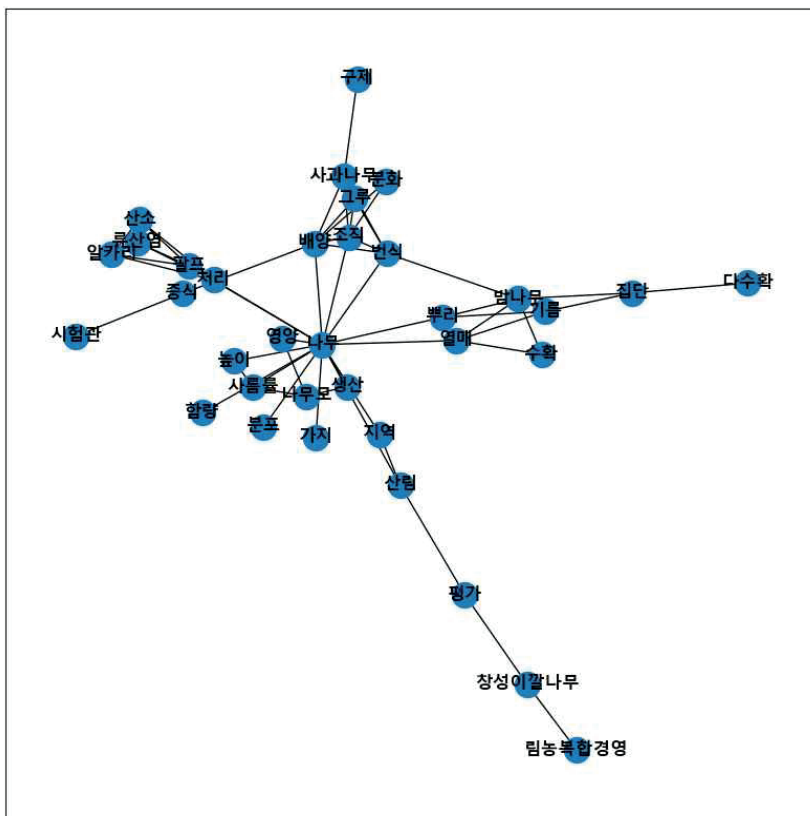


그림 12. 산림 분야 기후기술 키워드 네트워크

다른 한편, 지역별 산림 생태계 구성에 관한 연구도 별도의 키워드 그룹을 구성하게 된다. 이 키워드 그룹에서는 임농복합경영, 모형, 지역, 생태계 등이 서로 연관되어 나타난다. 즉 생태계와 수종을 고려하는데 있어 경영과 모형 구축 측면이 함께 드러나는 것이다. 여기에서도 위의 키워드 그룹과 마찬가지로 임업, 농업이라는 산업적 측면과 생태계라는 환경적 측면이 동시에 고려되고 있어 북한의 산림 조성에 있어 산림 자원 확보 측면이 중요하다는 점이 재확인된다.

본 연구의 결과 기후변화 대응을 위한 산림 협력에 있어서 과실수 등 산림자원을 확보할 수 있는 수종 지원, 나무모 사름롤 제고, 임농복합경영 지원 등을 고려할 수 있을 것으로 보인다. 과거 남북한 산림협력은 양묘장 건설, 묘목과 농자재 지원, 산림 병충해 방제사업이 진행된 바 있다(최현아 2018). 산림 복구 및 조성과 보호를 계획하는데 있어서 산림자원을 최종적으로 확보할 수 있도록 북한의 현실적 필요를 반영할 필요가 있다.

4. 농업

농업 분야에서 북한의 연구개발이 활발한 지점은 유전자, 재조합, 클론, 합성, 배렬, 등에서 보는 것처럼 유전기술을 활용한 품종 개량 및 선발이 한 축을 이룬다. 이러한 그룹은 견딜성, 저항성 등의 키워드와 동시에 등장하며 견딜성은 염(소금), 냉해, 추위, 가뭄 등 농지 상황과 자연재해와 연관되어, 저항성은 특정 살충제 및 병해충과 연관되어 나타나 작물 생산 기후와 농지 조건에 대응하는 방안 연구가 진행 중이다. 다른 한 축은 논벼와 감자, 남새(채소) 등 개별 품목에 대한 연구로 논벼 및 감자는 견딜성, 저항성, 유전자, 품종 등과 연관되어 나타나 해당 품목에 대해 품종 개량 연구가 진행 중임을 드러낸다. 남새는 온실, 온도 등과 연관되어 나타나 온실 재배를 위한 연구가 활성화되어 있음이 나타난다.

이외 토끼, 염소, 돼지 등 집짐승, 예방, 치료, 비루스 등에서 보이듯 질병 예방과 치료 연구개발이 이루어지나 이는 기후변화와 직접적으로 연관된다기보다는 축산업에 있어 질병 방지 문제에 가장 많은 관심을 쏟고 있음을 보여준다.

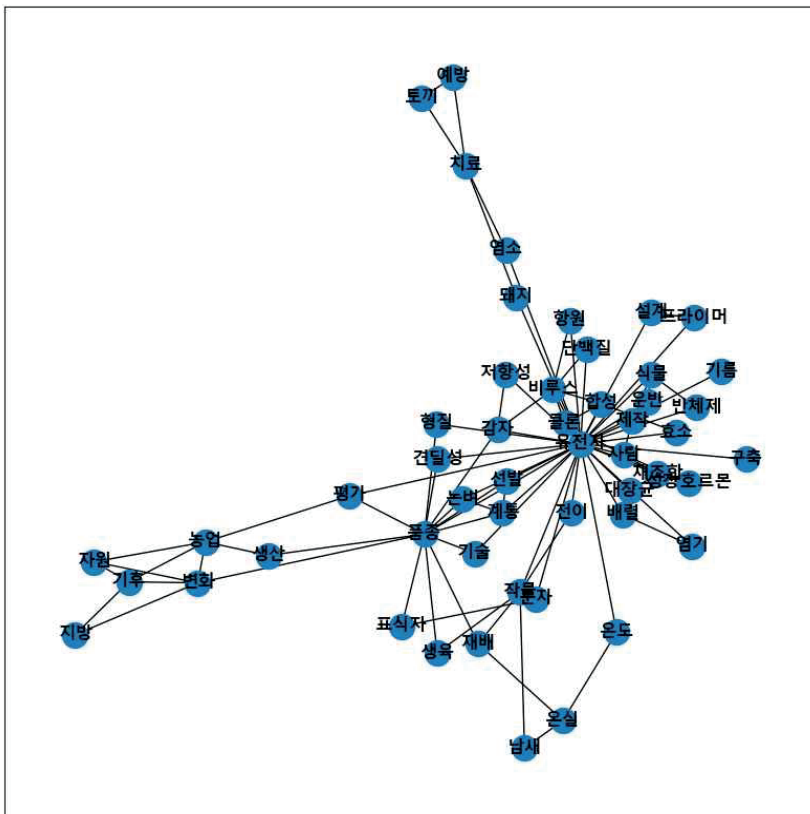


그림 13. 농업 분야 기후기술 키워드 네트워크

농업 분야에서 기후와 연관되어 등장하는 키워드는 변화, 자원이다. 이를 구체적으로 살펴보면 농업기후의 변화에 대한 연구가 진행되며, 대홍단, 개성, 회령을 비롯한 각 지방에서 기후자원에 대한 연구가 진행되었다. 구체적으로 ‘농업기후자원 평가방법’, ‘농업기후자원 정량화 평가’에서 출발해 지역별 농업기후자원 평가가 이루어지고 있어 국가 전역에 걸쳐 농업기후자원을 파악하고 관련 정보를 축적하려는 시도가 진행 중임을 시사한다. 농업기후자원 변화에 따른 논벼, 콩 등 품종의 배치 방안에 대한 연구도 나타난다. 농업기후자원은 작물의 성장가능 기간, 식물과 작물 온도 분포, 한발과 저온출현율 분포 등을 뜻하는 것으로 작물 월동과 생육에 있어 중요한 지표다(김창길·심교문 2009). 북한이 자체적으로 기후변화가 농업에 미치는 영향을 파악하기 위한 자료를 구축 중으로 향후 지역별, 작물별 생산지 변화를 비롯한 기후변화 대응을 초보적으로 준비 중인 것으로 판단된다.

본 연구의 결과 북한은 유전공학 등 과학기술을 활용한 품종 개량과 재배 방안 연구에 관심을 두고 있으며, 특히 농업기후자원 파악을 통해 기후 영향에 대응하기 위한 정보를 확보하는 데도 관심을 두고 있다. 남북은 남북농업협력위원회를 개최해 △협동농장 △종자 △산림자원 △농업 △축산·과수·채소·잡곡·특용작물 분야 협력에 합의한 바 있으며 이에 앞서 직접적인 식량 지원을 넘어 농자재 및 영농기술 지원을 통해 초보적 수준의 개발협력을 진행해 북한 농업생산량 증대를 지원한 바 있다(김영훈 2005). 기후변화 대응을 위한 농업 협력에 있어서는 변화된 기후에 따라 작물 재배지 변화를 고려한 품종 제안 및 재배기술 이전을 고려할 수 있다. 또한 단기적으로는 북한과 상호협력해 정보 교환을 통해 한반도 차원의 기후자원 변화를 파악하고 한반도 차원의 기후변화 대응을 위한 자료를 구축할 수 있다.

VI. 남북 기후기술협력 발전 방향과 과제

1. 환경-경제-과학기술 넥서스

북한이 관심을 갖는 기후기술은 기후변화 대응이라는 국제사회 의제에 대응하는 한편, 국내적으로 해결해야 할 과제인 에너지, 식량 및 자원 부족 문제를 해결하는 데 기여하는 성격을 갖고 있다. 재생에너지 분야는 국가적 차원의 전력 생산 계획에 병행해 지방과 기관, 기업소, 단체가 재생에너지를 활용해 자체 전력을 생산하도록 한다. 소형 풍력과 태양광 발전 연구개발과 생산은 이를 뒷받침하는 조치이다.

산림 분야에서는 대중운동으로써 산림 보호와 조성을 추진하는 한편 과수와 열매, 목재 등 추가적인 산림자원을 확보할 수 있는 수종에 연구개발을 집중해 오고 있다. 농업 분야에서는 종자 개량과 병충해 및 재해 방지를 추진해 식량 생산량을 증대하는 데 일차적인 관심을 쏟는 한편 기후 변동과 이상기후에 따른 적응에도 관심을 보였다. 요컨대 이산화탄소 배출량을 감소시키고 흡수원을 증대하는 정책에도 에너지, 농임업 자원을 확보하기 위한 노력을 병행해 나가고 있는 것이다. 자체적인 노력을 경주하는 한편, 필요에 비해 격차가 존재하는 부분은 국제사회에 지원을 요청해 보완해 나가고자 하는 움직임을 보인다.

북한은 기후변화 대응이라는 환경 문제에 있어서도 자국이 직면하고 있는 에너지 부족과 식량 부족이라는 고질적 문제를 해결하는데 동시에 기여할 수 있는 방안을 모색하고 있는 것으로 보인다.

과학기술 발전을 그 수단으로 삼아 환경 보호와 경제적 이익을 동시에 추구하고 있는 것이다. 온실가스 배출량 감축이라는 국제사회의 약속을 지키는 가운데 경제 성장을 조화시키려는 시도로 향후 남북 경제협력에 있어서도 환경 문제를 조화시키는 지속가능한 성장 방식을 추진해야 함을 시사한다.

또한 남북 환경협력을 추진하는데 있어서도 환경 보호 그 자체에 초점을 맞춘 협력을 추진하는 것과 병행해 추가적인 경제적 이득을 얻는데 긍정적으로 기여할 수 있는 방안을 모색하는 것이 요구된다. 남북은 2018년 남북 산림협력 분과회담에서 양묘장 현대화, 임농복합경영, 산불방지, 사방사업, 산림 병충해 방지 등을 추진하고 산림과학기술 교류 등의 분야에서도 협력할 것에 합의했다. 북한이 관심을 갖고 있는 산림협력 의제 또한 산림자원 생산량 증대와 연관된 바, 환경-경제가 교차하는 통합적 접근을 통해 협력 의제를 선정하고 남북 협력을 실행할 필요가 있다.

그간 실행되었던 남북간 협력은 경제협력과 환경협력, 과학기술협력이 각각 추진 부처별로 서로 독립된 의제로 추진되어 왔다. 때문에 경제협력에서는 환경에의 영향력을 크게 고려하지 않고, 환경협력에서는 경제적 효과성을 주요하게 고려하지 않는 경향이 존재한다. 남한에서 기후변화 대응은 환경 문제에 그치지 않고 산업 전반과 일상생활의 변화를 가져오는 포괄적인 중장기 정책으로 추진되고 있다. 북한에서도 과학기술에 기초한 경제성장과 과학기술을 수단으로 한 환경 보호를 강조하고 있다. 환경과 경제, 과학기술이 상호 교차하는 지점으로써 기후기술협력을 사고할 때 국제사회의 온실가스 감축 약속을 지키고 한반도 차원의 탄소중립(carbon neutrality)를 달성하는 동시에 북한의 부족한 자원을 보완함으로써 상호 호혜적인 협력을 추진할 수 있다.

2. 남북 기후기술협력 로드맵

남북 기후기술협력은 우선적으로 북한의 관심사와 필요를 반영하여 진행될 필요가 있다. 북한이 남북간 협력을 받아들일 수 있도록 수용성을 증진하고 북한 스스로 주인의식(ownership)을 가져 협력의 효과성을 증대하기 위해서다. 보다 장기적인 시각에서는 남북 협력을 통해 한반도 차원의 통합과 공동의 미래를 만들어가는 기반을 구축해 나가기 위해서이기도 하다.

일차적으로 북한이 관심을 갖는 태양광 및 풍력 등 재생에너지 분야 기후기술에 초점을 맞추어 저탄소경제로의 전환을 지원하는 가운데 적응을 위한 세부 분야에서 협력을 병행해 나감으로써 시스템적 전환의 기초를 마련할 필요가 있다.⁵⁾ 북한 내 재생에너지 전환과 산림, 농업 생산력 증진의 실질적인 주체가 기관, 기업소, 협동농장 등 각 단위인 것을 염두에 둘 때 남북 협력 재개시 적지의 시범 단위를 선정해 규모화와 산림 및 농업 생산량 증진을 실험하고, 국가 전체로 단계적으로 확대해 나가는 방안을 강구할 수 있다.

한편 UNFCCC에 지원을 요청한 항목에 지속적으로 나타난 반면 북한 자체적인 연구 사례를 찾기 어려운 △지방 고형폐기물 처리를 위한 기술을 공유하는 것 또한 고려할 수 있다. 북한은 2020년 2020년 「폐기폐설물법」을 개정해 국토환경보호성의 승인을 받아 폐기물을 배출하고 기관, 기업소 각 단위에서 처리시설을 마련해 처리하도록 했으며 「재자원화법」을 제정해 기관, 기업소 단위의 폐기물 및

5) IPCC는 2023년 3월 21일 제58차 총회에서 통합적인 단기 기후행동의 시급성을 강조한 제6차 평가보고서 종합보고서(SYR AR6)를 채택했다. 종합보고서는 기후행동을 위한 '시스템적 사고'의 중요성을 강조한 바 있다(UNFCCC 2023b).

재생원료 활용을 독려하고 있다. 그러나 각 단위의 의무를 적시하는 데 그쳐 지방 단위의 통합된 폐기물 관리는 부재한 상황에서 통합관리체계를 마련하기 위한 역량강화(capacity building)를 지원할 수 있다.

위의 의제는 남북간 대화 재개시 다양한 층위의 남북회담에서 기후변화에 대응하는 기술협력 차원에서 논의될 필요가 있다. 과거 남북경제협력추진위원회, 남북농업협력위원회, 남북산림협력 분과회담이 작동한 바 있으나 개별 주체별로 분산된 회담이 진행되어 왔다. 기후변화 대응이 경제, 농업, 산림 등 모든 분야를 포괄적으로는 아우르는 만큼 한반도 차원의 기후변화 대응을 위한 공동 기구를 수립하고, 기본적인 방향과 가이드라인을 마련한 바탕 위에 범부처별로 온실가스 감축과 기후변화 적응에 기여하도록 하는 방향을 고려할 수 있다(탄소중립위원회 2021). 한반도 차원에서 탄소중립 정책이 주류화되고, 남북 협력이 활성화된다면 남북한 두 정치체 및 각 해당 부처간 협력을 제도화하는 거버넌스 구축 필요성이 대두될 것이다.

물론 이는 지금 현재 상상하기 힘들다. 북한은 2019년 이래 남한과의 접촉을 거부하는 중이며, 단기적으로는 실행 가능한 의제를 찾기 힘든 상황에서 한반도 차원의 기후변화 대응이라는 중장기적 의제를 염두에 두고 남북 기후기술협력 기반을 마련할 필요가 있다. 현재 기후변화레짐 하에서 기술이전은 TNA에 기반해 실시되고 있으며 북한이 2012년 TNA를 위한 재정 지원을 요청한 바 있다. 국제기후레짐은 각국이 스스로 필요 기술을 파악하고 기술 도입을 위한 행동계획과 프로그램, 사업을 도출한 기술수요평가(TNA)에 바탕해 각국에 기술지원이 이루어지도록 권고하고 있다. CTCN을 통해 북한의 TNA 실행을 간접 지원함으로써 지원해 북한의 기후기술 수요 현황을 체계적으로 파악하고, 향후 재개될 남북협력을 위한 협력 사례를 만들고, 신뢰를 구축하는 방안을 병행해 나가야 한다. 중장기적으로는 한반도 차원의 탄소중립(net-zero) 실현을 위해 기후정보를 상호 교환하고 에너지 전환을 추진하는 기반을 마련한다.

VII. 결론

본 연구는 현재 북한의 기후변화 대응 양상을 기후기술에 초점을 맞추어 논의하고 있다. 기후변화 대응은 국제사회에서 가장 시급한 의제이자 전세계 모든 국가가 관심을 가지고 있는 분야다. 북한 또한 산림, 에너지, 식량 문제를 중심으로 기후변화에 대응하고 있으며, 국가계획을 수립하는 한편 자체적인 연구개발을 진행해 나가고 있으며, 대외협력을 국제사회의 재정 및 기술 지원을 받아 자국내 부족한 역량을 보충해 나갈 계획 또한 진행하고 있다. 본 연구는 과학기술을 통해 재생에너지, 산림, 농업 분야에서 우선적으로 추진해 나갈 기후기술 분야를 초보적으로 구체화했다.

북한은 에너지, 산림, 식량을 중심으로 기후변화 대응을 위한 국가적인 정책을 추진하고 있으며, 자체적인 연구개발과 생산을 통해 온실가스 배출량 감축을 위한 노력을 진행하고 있으며 기후변화에 따른 영향에 적응하기 위한 방안을 모색하고 있다. 기후변화는 북한 또는 남한에만 고립되어 영향을 미치지 않는다. 때문에 한반도 차원의 기후변화 대응을 모색하는 일이 절실하다.

지금 현재 남북관계는 접촉과 대화가 단절된 상태가 장기화되고 있으며, 남북간 정치, 군사적 긴장이 갈수록 격화되고 있다. 남북간 협력이 현실화되는 데는 상당한 시일이 필요할 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고 국제사회의 규범과 규칙 하에 남북이 공동으로 진행해 나갈 수 있는 노력을 포착하는 일은

남북간 신뢰 구축과 나아가, 남북간 평화 정착의 기반을 마련하는 차원에서 중요하다. 남북 기후기술협력은 대북제재로 인해 자재, 장비 등 북한으로의 하드웨어 이전이 전면적으로 제한된 상황에서 상호 보유한 기후기술을 교류하고 새로운 기술에 대한 이해를 심화시킬 수 있는 소프트웨어 협력 차원에서 구상할 수 있다는 장점을 갖는다. 기후기술의 실질적 적용과 상용화 단계에 이르지 않더라도 간접적인 방식을 통해서라도 실행 가능한 교류 의제를 탐색해 남북간 소통을 이어가는 접근이 요구된다.

VIII. 참고문헌

- Central Bureau of Statistics, and MICS. 2018. “2017 DPR Korea MICS Survey: Multiple Indicator Cluster Survey in DPR Korea.” Pyongyang: UNICEF.
<https://www.unicef.org/dprk/media/156/file/MICS.pdf>.
- Charlery, Lindy, and Sara Lærke Meltofte Trærup. 2019. “The Nexus between Nationally Determined Contributions and Technology Needs Assessments: A Global Analysis.” *Climate Policy* 19 (2): 189–205. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1479957>.
- Choi, Hyeonjung. 2021. “North Korea’s Climate Change Policy in the Kyoto Protocol System.” Asan Report. Seoul: The Asan Institute for Policy Studies.
- Christiansen, L., A. Olhoff, and S. Trærup. 2011. “Technologies for Adaptation: Perspectives and Practical Experiences.” Roskilde: UNEP Risø Centre.
- DPRK. 2016. “Intended Nationally Determined Contribution of Democratic People’s Republic of Korea,” September.
- . 2019. “DPRK Letter to SG Special Envoy for NDC.Pdf.” New York: UNFCCC.
- Green Climate Fund. 2019. “NDA Strengthening and Country Programming Support for DPR Korea through FAO.” Green Climate Fund.
- Habib, Benjamin. 2013. “DPRK Meets UNFCCC: An Introduction to North Korea’s Interactions with the International Climate Change Regime.” *International Review of Korean Studies* 10 (1): 65–90.
- . 2015. “Balance of Incentives: Why North Korea Interacts with the UN Framework Convention on Climate Change.” *Pacific Affairs* 88 (1): 75–97.
- Hippel, David Von, and Peter Hayes. 2019. “DPRK Investments in Coal Gasification Driven by Long-Run Juche and Sanctions Proofing.” NAPSNet Special Report.
<https://nautilus.org/napsnet/napsnet-special-reports/dprk-investments-in-coal-gasification-driven-by-long-run-juche-and-sanctions-proofing/>.
- Kim, Rakhyun E., and Saleem H. Ali. 2016. “Green Diplomacy - An Opportunity for Peace-Building?” *Environmental Policy and Law* 46: 86.
- KOTRA 우한무역관. 2022. “중국의 탄소포집(CCUS) 산업 발전 가속화.” KOTRA 해외시장뉴스. September 14, 2022. <https://dream.kotra.or.kr/kotranews/index.do>.
- Ministry of Land and Environmental Protection. 2000. “DPR Korea’s First National Communication under the Framework Convention on Climate Change.” Ministry of Land and Environmental Protection. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/DRRK_INC.pdf.
- NK테크. 2008. “북한의 「중소형발전소법」 제정 배경과 전망.” 뉴스레터, July 24, 2008.
http://www.nktech.net/inform/nkt_briefing/nkt_briefing_v.jsp?record_no=244.
- OECD. 2023. *The Climate Action Monitor 2023: Providing Information to Monitor Progress Towards Net-Zero*. The Climate Action Monitor. OECD. <https://doi.org/10.1787/60e338a2-en>.
- Scartozzi, Cesare M., and Gordon Kang. 2023. “North Korean Climate Diplomacy: Engagement, Priorities, and Opportunities for Collaboration.” *The Pacific Review*, 1–28.
<https://doi.org/10.1080/09512748.2023.2261646>.
- Song, Jaeryoung. 2023. “Is Climate Technology Cooperation Possible with the Democratic People’s Republic of Korea?” *International Journal of Environmental Studies* 80 (4): 1143–1158.
<https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2150020>.

- State Commission of Science & Technology. 2018. "Building Capacity for Environmental Life Cycle Assessment(ELCA) in DPRK." Climate Technology Centre & Network.
<https://www.ctc-n.org/technical-assistance/requests/building-capacity-environmental-life-cycle-assessmentelca-dprk>.
- Traerup, Sara, Luch Ellen Gregersen, and Vladimir Hecl. 2018. "Technology Needs Assessments 2015-2018: Summary of Country Priorities." UNEP DTU Partnership, UNFCCC Secretariat.
- UNEP. 2011. "Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers." Nairobi: UNEP.
- . 2012. "DPRK Environment and Climate Change Outlook." Pyongyang.
- UNFCCC. 2023a. "TT:Clear." 2023. <https://unfccc.int/ttclear>.
- . 2023b. "Yearbook of Global Climate Action 2023 - Marrakech Partnership for Global Climate Action." Bonn: UNFCCC. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Yearbook_GCA_2023.pdf.
- UNFCCC, DPRK, and UNEP. 2012. "DPR Korea's Second National Communication on Climate Change." UNFCCC. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/prknc2.pdf>.
- 김경남. 2006. "자연환경이 경제생활에 미치는 역할." 『경제연구』 2006년 3호
- 김철정. 2018. "록색경제 발전에서 나서는 요구." 『경제연구』 2019년 2호.
- 김다울, 김범환, 한하린, 이대은. 2022. "북한 기후변화 적응을 위한 국제협력방안_농업과 자연재해를 중심으로." 전략지역심층연구 22-01. 세종: 대외경제정책연구원.
- 김영훈. 2005. "남북농업협력위원회 구성 의미와 과제." KREI 북한농업동향, 2005.
- 김윤성, 윤성권, 이상훈. 2018. "남북 재생에너지 협력을 위한 전략과 정책적 과제." Environmental Law and Policy 21: 131-165. <https://doi.org/10.18215/elvp.21..201809.131>.
- 김종선, 이춘근, 남달리, 박진희. 2014. "북한 환경기술 연구현황과 남북 과학기술 협력방안." 정책연구 2014-18. 세종: 과학기술정책연구원.
- 김창길, 심교문. 2009. "기후변화가 농업부문에 미치는 영향." In , 295-322. 나주: 농업관측센터.
- 뉴시스. 2018. "'북한,석탄 가스화 생산 급증으로 경제난 완화' WSJ." 뉴시스, December 18, 2018, sec. 국제. https://mobile.newsis.com/view.html?id=NISX20181218_0000505474.
- 로동신문. 2011. "로동신문 《지구온난화를 몰아온 장본인》." (3월 28일).
- . 2022. "록색경제발전에 이바지하는 재자원화." (2월 8일).
- . 2023. "애국의 마음, 공민적량심을 지니고 달라붙어야 한다 -여러 단위에서의 자연에너지에 의한 전력생산정형을 놓고." (12월 13일)
- 리기성. 2018. "당의 새로운 전략적로선관철에서 나서는 중요한 요구." 『노동신문』 2018년 10월 29일.
- 리동수. 2018. "환경산업을 발전시키는것은 사회주의경제건설의 필수적요구." 『경제연구』 2018년 4호.
- 리선영. 2020. "환경관리를 위한 록색경제계산의 필요성." 『경제연구』 2020년 3호.
- 리연희. 2014. "생물산업의 환경적 특징." 『경제연구』 2014년 1호.
- 명수정. 2021. "북한 환경통계의 특징과 시사점." 세종: 통계청.
- 박미선, 윤여창, 이효원. 2013. "북한 미디어에 나타난 기후변화 프레임: 로동신문과 민주조선을 중심으로." 『환경정책』 21 (4): 151-172.
- 배성인. 2010. "북한 에너지난 극복을 위한 남북 협력 가능성 모색-신재생에너지를 중심으로." 『북한연구학회보』 14 (1): 59-90.
- 변상정, 최경희. 2012. "김정은 체제의 '강성국가' 건설 전략과 전망: '지식경제강국'을 중심으로." 『동서연구』 24 (2): 171-196.
- 변학문. 2016. "김정은 정권 '새 세기 산업 혁명' 노선의 형성 과정." 『한국과학사학회지』 38 (3): 485-508.
- 손기웅. 2007. 『북한의 환경정책과 실태. 주제가 있는 통일문제 강좌 16』. 서울: 통일부 통일교육원.
- 오삼연, 박소영. 2022. "북한의 자연재해와 기후변화 대응전략." 『현대북한연구』 25 (3): 181-223.

- 윤정성. 2020. "최근 녹색경제발전에서 주목되는 문제." 『경제연구』 2020년 4호.
- 윤순진, 안새롬, 홍종호, 이찬희. 2019. "언론보도 분석을 통해 본 북한의 기후변화 담론." 『아태연구』 26 (3): 65-101. <https://doi.org/10.18107/japs.2019.26.3.003>.
- 이종찬. 2015. "북한 기후변화 대응을 위한 환경 협력 모델 제안." 한국환경정책학회 학술대회논문집: 121-137.
- 임을출. 2019. "북한의 4차 산업혁명: 대응전략, 추진방식과 성과." 『동아연구』 38 (2): 1-35. <https://doi.org/10.33334/sieas.2019.38.2.1>.
- 임중빈, 김경민, 김명길, 이종민, and 박진우. 2020. "데이터 마이닝을 활용한 북한 산림과학 연구 동향 분석 (1962~2016)." 『한국산림과학학회지』 109 (1): 81-98.
- 임철희, and 최현아. 2022. "한반도 환경협력을 위한 국제사회 동향과 미래 협력방안." 『한국환경생물학회』 40 (2): 224-238. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2022.40.2.224>.
- 조선의 오늘. 2016. "태양빛전지판들이 조립되어 나온다." (5월 21일)
- . 2018. "현실적의의가 큰 과학연구성과들을 다발적으로." (8월 16일)
- 조선중앙통신. 2009. "기후변화방지를 위한 공화국정부의 노력." (6월 5일)
- . 2014. "조명, 장식용 LED등 연구제작, 생산기지-삼천리조명기구공장." (12월 25일)
- . 2020. "조선의 2019년-2030년 국가환경보호전략," (2월 18일).
- 조영남. 2006. "사회제도가 환경보호에서 노는 역할." 『경제연구』 2006년 3호
- 진운호. 2022. "SDGs 관점에서 개성공단 평가와 활성화 방안 연구: 개성공단의 성과와 한계를 중심으로." 『유라시아연구』 19 (2): 31-53. <https://doi.org/10.31203/aepa.2022.19.2.002>.
- 차승주. 2015. "북한의 환경담론." 『도덕윤리과교육』 49: 117-138.
- 최충익, 이동관, 최준호. 2019. "기후변화 국제협력 패러다임 변화에 따른 남북한 환경협력방안." 『한국지적정보학회지』 21 (2): 190-97. <https://doi.org/10.46416/JKCIA.2019.08.21.2.190>.
- 최현아. 2018. "남북한 산림협력 방향과 과제: 국제사회 지원 사업을 바탕으로." 『통일정책연구』 27 (2): 1-20.
- , 김관호. 2021. "김정은 시대 북한 농업정책과 교류협력 방향." 『현대북한연구』 24 (2): 132-161. <https://doi.org/10.17321/rnks.2021.24.2.004>.
- , 베른하르트 젤리거. 2017. "북한 환경문제 해결을 위한 협력 방안-유럽연합(EU) 지원 사업이 주는 시사점을 중심으로." 『KOREAN UNIFICATION STUDIES』 21 (1): 47-73.
- , 임철희. 2021. "북한 산림학술지에 나타난 산림연구 특성 분석과 이를 기초한 산림협력 방안." 『현대북한연구』 24 (1): 88-111. <https://doi.org/10.17321/RNKS.2021.24.1.003>.
- 탄소중립위원회. 2021. "2050 탄소중립." (11월 8일) <https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148881562>.
- 허선혜. 2022. "데이터마이닝을 활용한 북한 기상기후 연구 동향 분석: 1982~2022년 북한 학술지 논문을 중심으로." 『동북아연구』 37 (2): 221-62. <https://doi.org/10.18013/JNAR.2022.37.2.007>.
- 황규성. 2019. "개성공단 노동체제의 정치경제학." 『노동정책연구』 19 (2): 175-202. <https://doi.org/10.22914/jlp.2019.19.2.006>.
- 허성철. 2018. "녹색의 의미에서 중요한 문제." 『경제연구』 2018년 2호.

[부록 1] 북한의 UNFCCC 재정 및 기술지원 요청 항목

1st NC(National Communiqué), 2000
우선순위

2nd NC, 2012
기술 지원 요청

3rd NC, 2016
재정 및 기술 지원 요청

환경개발센터 역량 강화
소규모 수력 발전소 건설
산성비 및 대기오염 감시 시스템
청정석탄 기술(IGCC) 도입
산업용 보일러 효율 증진
산림 복원 및 조림
연료림 조성 및 관리
압록강 및 대동강 수질오염 추적 감시 시스템
고효율 형광등 공장 건설
지방 고형 폐기물 처리 및 재활용
지방 폐수 처리 및 재활용 파일럿 프로젝트
지속가능한 산림 개발 위한 종자 역량 강화
동서해안 해수면 상승 예측 및 경고 시스템
신규 작물 다양성 제고

수력 발전_청천강
초임계 화력발전
석탄가스화 복합발전(IGCC)
대중교통 이용
고효율 조명(CFL/LED)
친환경 건축
소규모 열병합 발전(CHP)
에너지 효율 개선_효율화 기준 및 분류
가축 쓰레기 관리
지속가능한 산림 관리
통합 산림 병충해 관리
지방 고형 폐기물 관리 및 연료, 비료 생산
통합 수자원 관리(대동강)
선진 농업 기술
통합 연안 관리
인식 증진
산림 복원 및 연료림 조성

재정 지원 요청
국가기후변화센터 설립 및 역량 강화
GHG inventory 전략 수립 및 역량 강화
격년 GHG inventory
CDM 프로젝트 활동
CRUE 역량 강화
기후정보서비스 개선
기상기후 관측체계 개선
기후변화 TNA_Technology Needs Assessment

전력 송배전 손실 6% 감축
2000MW 원자력 발전
그리드 연계형 1000MW 태양광 발전
500MW 해상 풍력단지(서해안)
500MW 연안 풍력단지
가정용 및 사무용 고효율 열난방 설비(석탄난방 대체)
조리용 바이오가스 (거름 및 가정용 쓰레기 이용)
조리용 전기 스토브(석탄 스토브 대체)
가정용 태양열 온수(석탄 대체)
농촌 가정용 고효율 장작난로(장작난로 대체)
쌀겨 열병합 설비
지방 고형 폐기물 수집 및 처리용 중앙집중형 설비
지방 고형 폐기물 처리 바이오가스 설비
초임계 화력 발전소
기술 현대화 통한 에너지 소비 25% 절감(2030 목표)
시멘트 첨가제(고로재 또는 석탄재) 15~50% 증가
수직 벽돌가마(터널 벽돌가마 대체)
대도시 버스 급행 통행시스템
혼농임업 및 지속가능 산림 관리 규모화
기후변화 적응 연구역량 강화
기후정보 서비스 및 관측 네트워크 개선
적응 영향력 교육자료 개발
커뮤니티 기반 재난관리체계 역량강화
주요 해안 조기경보체계 수립
수질오염 방지 및 정화기술 도입
주요 해안 통합 수자원관리 역량 강화
수자원 분배 소비체계 수립
저수지 및 강 관리 역량강화
기후변화 적응 농업기술 개발 배포
농토 통합 지속가능 관리체계 수립
병충해 잡초 예방관리 통합체계 수립
연안 통합관리 역량강화
연안 인구 및 경제활동 재배치
위생 전염병 방지 강화
고온 유래 병 의료 서비스 강화
전염병 DB 및 질병 모니터링체계 수립
커뮤니티 퇴화림 및 연료림 관리 복원
산림 병충해 방지
서해 연안 생태계 보호체계 개선
자연보호구 관리체계 개선

* 회색 바탕은 감축 분야, 흰색 바탕은 적응 분야
** bold 표시는 이후 재정 및 기술요청 항목에 등장하지 않은 부분

[부록 2] 북한의 UNEP, UNCCD, UNCBD 우선순위 및 대외협력 요청 항목

 UNEP, 2005
 역량강화 필요 항목

기후변화	생물다양성	사막화방지
국가기후변화위원회 수립	산림 생태계 및 생물서식지 현지내 복원	사막화방지 평가 및 모니터링 체계 수립
기후변화 감축 위한 과학기술기구 수립	지속가능 농림업 통한 유역생태계 통합 관리	사막화방지 행동계획 개발
온실가스 배출량 측정기구 수립	생물다양성 파악 및 모니터링	기상기후 관측 및 예보 역량
이해관계자 관리기구 개선	생물다양성 지속가능 이용 및 보존계획 수립	토지관리 통합 DB 및 정보수집 역량
국가 및 지역 CHM 수립	멸종위기종 현지의 보존	토지이용 법제에 사막화방지협약 반영
CDM 진행 위한 국가기구 수립, 국제협력	해양생물다양성 보존, 관리 및 지속가능 이용	효과적 토지관리 평가
온실가스 DB 데이터 구축 및 국제협력	생물다양성 보존, 지속가능 이용 위한 사회경제적 유인 개발	토지 및 수자원 부문 제도적 역량
기후변화인식증진센터 및 교육, 인식증진 계획 수립	생물다양성 보존, 지속가능 이용 훈련, 기술이전 국제협력	산림지 분류, 평가, 정기 관측 역량
리우협약 인식개선, 대중조직 참여 활성화	생물다양성 보존, 관리 국가, 지방기금 제공	농촌 지역 연료림 조성, 지역사회 기반 산림관리
온실가스 저감 위한 기술 도입과 기술이전	자연보호지역, 장비 관리체계 개선	목재림 가공, 유통 선진기술 도입
농촌 지역 에너지 부족과 온실가스 관리 강화 조치	생물다양성 연구 강화	유기농법 기술 이전, 배포
온실가스 감축 장기 에너지-환경계획, 방법론	고려약 원재료 보존, 지속가능 이용	방풍림 조성 등 에코파밍 기술 도입
온실가스 배출 제한 벌칙 부과체계 강화	자역보호지역 생물다양성 관리계획 개발	용수구역 조사, 평가, 관리
지역, 분야별 온실가스 감축 기술서비스기구 수립	외래종 부정적 영향 방지 조치	경사지 파악, 평가 기술
가정용, 산업용 고효율 에너지 장비 기술 도입, 이전	통합 생물다양성 관리 법제화	목초지 황폐화 방지 기술
전력 송배전 손실 저감 투자 증가	생물다양성 전문가 훈련체계 및 인식증진 개선	토양 분류 및 GIS DB 연구
에너지 거래 방법론 개발	정규교육체계 하 생물다양성 교육 보장	참여적 토지 이용 평가 방식 연구
온실가스 저감 시범사업 진행, 전국화	유전자원 접근 및 혜택에서 공정성 보장	가정 조리용, 난방용 연료 효율성 개선 연구
바이오매스 통합 이용 시범사업, 지방 워크숍 진행	에코여행 개발	산림지 및 토양 연구 제도적 기반 연구
지방 풍력자원 재조사, 상용화 기술 준비	도시녹화	토양 오염 평가, 방지 제도적 기반 연구
태양 에너지 개발 이용 위한 국가 투자 증가		정규교육과정 내 형박 및 지속가능 토지 이용 반영
탄광 석탄분석장비 현대화, 분석 기술 향상		지속가능한 토지관리 지식 및 조기경보체계
산업용 에너지 생산, 이용 연계, 단계적 이용체계		지속가능 토지관리 기술이전 훈련 방식
에너지-경제-환경 통합관리 체계, 제도적 기반 수립		토지 황폐화, 지속가능 관리 인식 증진
초소형 풍력발전 설비 재조정, 강화, 기술 현대화		토지이용 환경영향평가체계
유기비료 농업 생산 과학기술 정보 전달		신에너지 기술 개발, 기술이전
지구온난화 대응 산림 생태계 과학적 보존 연구		황폐화 방지, 지속가능 토지이용 자원
학술, 교육 부문 과학적 하천 토지 관리 기술 지원		접경지 토지, 수자원 관리 양자협력 사업
조림, 재조림 균형 계획 역량 증진		사막화방지 지역(region) 프로그램 참여계획
벌목 통제 강화		아시아 TPN 등 지역 프로그램 연계
산불 방지, 모니터링 대중운동		
산림지 경작지 전환 통제		
해수면 상승 고려한 연안지역 과학적 관리 연구역량		

[부록 2] 북한의 환경협약 실행 우선순위 및 국제협력 요청 항목

UNEP, 2003
우선순위

지속가능 산림관리 전략 수립
연료림 조성, 관리
산림자원정보센터 설립
대동강 통합 오염 모니터링 시스템 수립
수자원 인식 증진 워크숍
지방 폐수 관리, 재사용_평양
갈발 APMP 도입 통한 압록강 오염 방지
통합 공기환경 모니터링체계 수립
평양화력발전소 집진설비 개량
대도시 공기정화 워크숍, 함흥, 만포
지방 폐기물 토양 오염 모니터링, 조사역량 강화
토양 보호 과학기술 워크숍
생물다양성 자원목록 조사, 평가
생물다양성 조사
산림 황폐화 복원
해양자원 관리 개선

UNCCD, 2006
국제협력 요청

토지관리정보 DB 구축, 국가전략 및 행동계획
황폐 산림지 복원, 지속가능 연료림 기술 이전
경사지 관리, 혼농임업 기술 이전
협동농장관리위원회 토지 관리 역량 강화
참여적 유역관리 역량 강화, 지속가능 농업
국가산림계획 개발, 지방 DFMB, IFMB 역량 강화
자연재해 조기경보, 사전예방 역량 강화
토지 황폐화 방지 인식 증진, 인적자원 개발

* DFMB 구역 산림관리부서, IFMB 산업 산림관리부서

UNCBD, 2007
우선순위

자연보호구역 관리체계 수립
자연보호구역 네트워크 국가계획 수립
금강산, 칠보산 생물다양성 보존
습지 생태계 황폐화 복원 활동계획 수립
멸종위기종 보존 역량 강화, 데이터 업데이트
저어새 두루미 보존
농촌 인근 야생종 현장 관리
유전자원 현지외 보존 역량강화
국가생물안전관리센터 역량강화
황폐림 및 저수지 복원
산림 생물다양성 보존 및 지속가능 관리 모델 개발
혼농림업 관리 확산
환경친화적 농업 시스템 및 농업 생물다양성 보존 확산
해안 수자원 지속가능 이용, 해양 생물다양성 모니터링
고려의학 자원 보존 및 지속가능 이용
생태계 관측 기지 및 네트워크 수립
국가 생물다양성 정보 시스템 수립
지방 생물다양성 보존계획 준비
생물다양성 보존 교육, 훈련 및 인식 증진

본 보고서의 내용은 연구자의 의견이며,
(재)숲과나눔의 공식적인 견해와는 다를 수 있습니다