

시스템 사고를 통한 북한 농촌 재생에너지 확산 경로 분석 및 함의*

김은진**, 고도연***

이 연구에서는 시스템 사고를 통해 북한 농촌 재생에너지 보급 문제에 관한 특수한 상황을 인과지도로 구성하고, 제언을 도출하였다. 우선, 가용한 자료를 포괄적으로 검토함으로써 문제와 관련된 북한의 정치·경제적 상황과 국제적 입장을 조명하였다. 이를 바탕으로 시스템 구성 요인을 도출하고, 이들 상호 간에 논리적 구조를 검토하여 인과지도를 구성하였다. 시스템은 크게 내부와 외부로 범주화하였으며 내부 요인에는 북한의 경제정책, 지역 간 격차 및 자력갱생 정책과 시장을 통한 재생에너지 보급 경로 등을, 외부 요인에는 대북제재로 인한 무역과 개발협력 제한, 기후변화 대응 및 국제 논의 참여 등을 포함하였다. 분석을 통해 요인 간에 상호 영향을 미치는 다수의 순환 고리와 연결성이 높은 지렛점을 포착함으로써 북한 농촌 재생에너지 보급의 자연 요인과 확대 요인 및 그들의 역할을 파악하였다. 인과지도 분석 결과, 북한 개발협력의 지렛점으로 기후협력을 포착하였으며, 이를 토대로 다자간의 기후협력 등 경로를 개선하고, 남북한 협력 주체들의 이점에 초점을 두고 그 활성화의 필요성을 제언하였다.

주제어: 북한 농촌, 재생에너지, 시스템 사고, 기후변화, 에너지권

* 익명의 심사위원분들의 유익한 논평에 감사드립니다. 이 논문은 2022년 ‘통일부 신진연구자 정책연구과제 공모사업 지원’을 받아 수행된 연구입니다.

** 교신저자. 서울대학교 환경대학원 박사 수료.

*** 서울대학교 환경대학원 박사 수료.

1. 서론

기후변화는 인류가 직면한 가장 중대한 현안 중 하나이다. 누적된 온실가스 배출로 세계 각지에서 나타나는 폭염, 폭우, 혹한 등 인류에게 막대한 비용을 초래한 이상기후는 앞으로 그 빈도와 정도를 갱신하며 발생할 것으로 예상된다.¹⁾

인류의 화석연료 사용, 특히 탄소집약도가 높은 석탄의 연소는 기후변화의 주된 원인 중 하나이다. 석탄 연소로 인한 이산화탄소 발생량은 2020년 이후 점차 증가하는 중으로,²⁾ 기후변화 완화를 위해 석탄을 포함한 화석연료 기반 체제에서 신속히 벗어나는 것이 필요하다.

북한은 전력원으로 석탄을 주로 사용하는 국가 중 하나로, 그 사용 비율이 매우 높다. 이를 에너지원별로 살펴보면 2018년 기준, 석탄 62%, 수력 22.4%, 석유 6.7%, 기타 8.9%의 순이다.³⁾ 전력 부문에서 수력을 주로 하고 화력을 보조로 활용하고 있으나 석탄 발전을 통한 에너지 생산량은 여전히 높은 비중을 차지하는 중이다.⁴⁾ 이러한 상황은

1) IPCC, 『지구온난화 1.5℃』(대전: 기상청, 2018).

2) IEA, *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021*(IEA, 2022), 5쪽.

3) 김성진 외, 『한반도 탄소중립을 위한 남북 기후개발협력 방안 연구』(세종: 한국환경정책·평가연구원, 2021).

4) 정우진, “북한의 전력증산정책과 과제,” 『KDI 북한경제리뷰』, 2016년 5월호(2016), 3~15쪽; 나용우, 『김정은시대 대외개방정책과 남북 에너지넥스트 구축에 관한 연구』(서울: 통일부, 2018); 김경원 외, 『2020 북한의 산업 I』(서울: KDB산업은행, 2020). 2020년 기준 북한 수력 설비 용량은 4,790MW, 화력은 3,360MW로 수력 발전이 전체 발전의 59%, 화력 발전이 41%를 차지하고 있다. 발전량의 경우 수력 발전이 128억 kWh, 화력 발전이 112억 kWh로 수력 발전이 53%, 화력 발전이 47%를 구성하고 있다[“발전량,” 전력통계정보시스템, <https://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/selectEkesKenGgnChart.do?menuId=010502>(검색일:

기후변화 완화를 위한 전환의 필요성을 부각한다.

북한은 에너지 관리를 위해 「에네르기관리법」(1998년), 「중소형발전소법」(2007년), 「재생에네르기법」(2013년) 등 여러 법률을 제정하였다. 또한, 농촌 지역에 중소형발전소를 통해 전력 보급을 강화[「농업법」(1998년) 제3장 제39조]하고, 농촌 재생에너지 개발을 촉진(제4장 제30조) 하도록 규정한다.

이러한 노력에도 불구하고 2021년 지속가능발전목표(SDGs: Sustainable Development Goals) 이행보고서(VNR: Voluntary National Review)에 따르면, 북한 농촌 에너지 접근성은 여전히 제한적이다.⁵⁾ 농촌에서는 인프라 미비 등으로 자체 벌목 또는 시장을 통해 목재, 석탄을 확보하여 요리와 난방 등 생활 에너지로 활용하는 것으로 확인된다.⁶⁾ 이러한 상황은 농촌 지역 에너지 접근성 향상을 위한 구체적 조치가 필요함을 시사한다.

재생에너지는 기후변화 해소 방안이며,⁷⁾ 에너지 안보 확보, 저개발 국가 주민 삶의 질 및 인권 향상의 수단으로서 특히 북한에서 중요하게 고려된다.⁸⁾ 하지만 북한의 폐쇄성과 대북제재 등으로 보급이 원활

2023년 5월 11일].

5) DPRK, *Democratic People's Republic of Korea: Voluntary National Review* (2021).

6) 박민주, 2022, “북한 주민의 열에너지 기술·생활사: 2000년 이후 북한 주민의 비공식적 난방·취사 실천을 중심으로,” 『통일인문학』, 제89권(2021), 301~348쪽.

7) 개발도상국에 어떻게 재생에너지를 공급할 것인가가 곧 기후변화에 대한 선진국과 개발도상국 사이의 갈등을 해결할 수 있는 요인 중 하나이기도 하다. 디페시 차크라바르티(Dipesh Chakrabarty), 『행성시대 역사의 기후』, 이신철 옮김(서울: 에코리브르, 2023), 220~221쪽.

8) 에너지는 사회권으로 보장되어야 할 기본권에 속한다. “에너지는 인간의 기본적인 욕구를 충족시키는 데 필수적인 전제조건”으로 인간다운 삶을 유지하기 위한 하

하지 않은 상황이다. 따라서 본 연구에서는 북한 농촌 지역 재생에너지 공급의 정치경제적 동학을 시스템 관점에서 분석하여 기후위기 대응과 동시에 경색된 한반도 관계의 평화적 돌파구를 찾고자 한다.

본 연구의 질문은 다음과 같다. 첫째, 북한의 거시경제정책이 주민의 재생에너지 활용에 어떻게 영향을 미쳤는가? 둘째, 기후변화, 대북 제재와 같은 국제적 이슈가 주민의 삶에 어떤 경로로 영향을 미치는가? 셋째, 현재 상황에서 북한 농촌 지역 재생에너지 보급을 확대할 실질적인 방안은 무엇인가?

상기 질문에 답하기 위해 본 연구를 다음과 같이 구성하였다. 2장에서는 연구방법인 시스템 사고와 인과지도를 설명한다. 3장에서는 북한 농촌 에너지 현황을 살펴본다. 4장 및 5장에서는 요인을 심층 분석하고 상호 관계를 인과지도를 통해 살펴본다. 6장에서는 인과지도를 종합하고, 정책 제언을 통한 재생에너지 보급 방안을 제시한다. 7장은 결론으로 연구 요약 및 함의를 개진한다.

2. 시스템 사고 및 인과지도

시스템 사고와 인과지도는 사회 체계와 인간 현상 등 다양한 문제의 체계와 특성을 나타내고 효과적 개입지점을 포착하는 데 활용되어 왔다.⁹⁾ 이 방법이 현상에 대한 관련 요인들 간 인과관계와 되먹임 고

나의 요소이며 누구나 최저 수준의 에너지를 소비할 권리를 가진다. 조운재, “에너지 기본권에 관한 최근의 논의,” 『입법과 정책』, 제11권 1호(2019), 237~263쪽.
9) 시스템 사고와 인과지도는 부동산 정책, 소상공인 지원, 낚시어선 처벌과 단속 등 다양한 분야에서 전략적 개입 지점을 포착하고 개선하는 데 활용되어 왔다.

리(feedback loops)를 시각화하여 정신 모델(mental model) 또는 가설을 표현하여 체계적으로 이해하는 데 유용하기 때문이다. 이 연구에서는 북한 농촌 재생에너지 보급에 영향을 미치는 요인들 간 역동적 상호작용을 조명하고자 연구방법으로 시스템 사고와 인과지도를 도입하였다.¹⁰⁾

인과지도 구축은 양적 자료로부터 독립적인 분석 방법이며 컴퓨터 시뮬레이션을 하기 전의 단계이다.¹¹⁾ 인과지도 구축은 문제정의, 인과지도 작성, 인과지도를 통한 행태 분석, 인과지도 타당성 평가 등의 단계로 구분되지만, 일방향적으로 진행되지는 않는다. 분석 과정에서 미비한 부분이 확인되면, 이전 단계로 돌아가는 과정이 부단히 수행된다. 인과지도 분석은 시스템에 관한 깊은 이해를 촉진하며 정책적 시사점을 도출하는 데 큰 도움이 된다.¹²⁾

최근 북한 관련 연구에서 시스템 사고와 인과지도 활용이 확대되는 중이다.¹³⁾ 북한은 폐쇄적인 사회로 자료 취득이 어려워 양적 연구가

문정환, “시스템다이내믹스를 이용한 낚시어선의 단속과 처벌에 따른 동태적 매커니즘 분석,” 『해양환경안전학회지』, 제28권 2호(2022), 270~279쪽; 박상원, “정책사례에 적용된 시스템 사고의 유용성,” 『사회과학 담론과 정책』, 제8권 2호(2015), 71~89쪽; 서경도 외, “인과지도 분석을 통한 코로나: 19의 소상공인 정책지원 연구,” 『한국융합학회논문지』, 제13권 5호(2022), 531~539쪽.

10) 시스템 사고는 각 변수들 간의 복잡하고 복합적인 관계를 동태적이고 순환적인 인과관계 관점에서 현상을 이해 및 설명하려는 시각으로 인과지도로 시각화할 수 있다. 인과지도 구성 후 이뤄지는 시스템 다이내믹스 시뮬레이션은 인과지도를 저장-유량-도표 모델로 발전시켜 변수들 간 관계를 수치화한 모델을 구성하여 양적 분석을 시도하는 방법이다. 고도연 외, “시스템 사고로 지역주민 재생에너지 수용가능성 문제 열어보기,” 『환경정책』, 제30권 2호(2022), 29~66쪽.

11) 김동환, 『시스템 사고, 시스템으로 생각하기』(서울: 선학사, 2004).

12) 추병주 외, “시스템다이내믹스 방법론을 적용한 주민참여 유인 분석,” 『지방행정연구』, 제20권 1호(2006), 131~164쪽 재인용.

제한된다. 이러한 점에서 시스템 사고를 활용한 연구가 유용하다. 특히 재생에너지 분야에서의 응용 사례도 다수 보고되었다.¹⁴⁾ 북한 농

-
- 13) 김규일은 북한의 외교안보 딜레마 상황을 구성주의 관점에서 조망하고 시스템 다이내믹스 방법을 활용하여 인과순환지도를 구성, 분석하였다[김규일, “시스템 사고로 본 북한의 외교안보 딜레마와 향후 북한 비핵화 전망,” 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제19권 3호(2018), 5~24쪽]. 박영자는 1992년 전후 기본합의서 발표 당시 남북의 상호작용을 시스템 다이내믹스 관점에서 분석하였다[박영자, “남북관계 전략적 상호작용과 남북기본합의서 이행: 시스템 다이내믹스 분석과 전망,” 『통일정책연구』, 제20권 1호(2011), 25~58쪽]. 이영훈은 북한의 경제-핵무력 병진 노선에 대해 시스템 사고 관점에서 정치, 군사, 경제 각각의 요인들의 관계를 살펴보았다[이영훈, “김정은 시대의 경제: 핵무력 병진노선의 특징과 지속 가능성,” 『북한연구학회보』, 제19권 1호(2015), 1~26쪽]. 하상섭은 북한의 국방력 강화가 북한 안보-경제 메커니즘에 미치는 영향을 김일성, 김정일, 김정은 정권의 세 시기로 구분하여 분석하였다[하상섭, “국제사회 국제제 변화 속 북한 국방력 강화가 북한 안보-경제 메커니즘에 미치는 영향,” 『한국시스템다이내믹스연구』, 제23권 2호(2022), 55~90쪽].
- 14) 이동성 외는 인과지도를 통해 한국의 발전차액지원제도와 신재생에너지 의무할당제도를 비교하고 시뮬레이션을 진행함으로써 발전차액제도가 더 적합한 제도라는 것을 밝혔다[이동성 외, “시스템다이내믹스를 이용한 한국의 신재생에너지 정책 발전 방향에 관한 연구,” 『환경정책』, 제27권 4호(2019), 1~12쪽]. Akhmad Hidayatno 외는 인도네시아 신재생에너지 확대 정책을 분석하였으며[Akhmad Hidayatno et al., “Model conceptualization for policy analysis in renewable energy development in Indonesia by using system dynamics,” *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, Vol.8, No.1(2019), pp.54~58], Mohammed Chentouf 외는 모로코 재생에너지 확대 정책을 분석하여 일자리 창출, 발전소 건설 비용 절감 등의 결과를 도출하였다[Mohammed Chentouf et al., “Assessment of renewable energy transition in Moroccan electricity sector using a system dynamics approach,” *Sustainable Energy* (2020), pp.1~11]. 고도연 외는 인과지도를 통해 재생에너지 사업의 지역 주민 수용 가능성에 관해 분석하고 현재 상황 평가 및 전략을 수립하였다[고도연 외, “시스템 사고로 지역주민 재생에너지 수용가능성 문제 알아보기,” 29~66쪽].

촌 재생에너지 보급에 시스템 사고를 접목하는 것이 종합적이고 체계적인 분석에 유익할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 재생에너지가 본격적으로 북한에 도입된 시기인 김정은 시기로 분석범위를 한정하였다. 국내외 2차 문헌을 중심으로 하되 북한문헌 중 북한 당 기관지인 『로동신문』과 조선중앙통신 자료, 북한 학술지인 『경제연구』, 『기상과 수문』 등의 자료도 포함하였다.¹⁵⁾ 선행연구를 바탕으로 요인 간 인과관계를 분석하고, 이를 기초로 인과지도를 구축하였다. 인과지도 구축에는 시스템 다이내믹스 응용 프로그램인 Vensim PLE를 사용하였다.

3. 북한 농촌 재생에너지 활용 현황

1) 농업 부문 재생에너지 활용 현황

북한은 농촌을 거주민 다수가 농업에 종사하는 지역 또는 지구로 정의한다. 이 지역은 지방 자립 원칙에 따라 농촌 자생력 강화를 전제로 계획되었으며, 소규모 공업 공장들이 외곽에 위치하는 구조이다.¹⁶⁾

15) 북한 학술지의 경우 정책 관련 연구를 수행한 학술지와 ‘자연에너지’, ‘재생에너지’를 제목에 포함한 연구를 대상으로 하였다. 북한에서도 ‘태양빛’, ‘풍력’ 등 다양한 재생에너지원을 연구하는 학술지들이 있으나 대부분 기술적 연구로 본 연구에는 포함시키지 않았다.

16) 김혁, “북한의 농촌지역 DB구축 방안과 농촌개발의 함의,” 『북한토지주택리뷰』, 제5권 2호(2021), 26~47쪽; 김민아, “북한의 농촌 공간계획의 특징에 관한 연구: 김일성 시기 도농연계이론을 바탕으로,” 『한국농촌건축학회논문집』, 제21권 4호(2019), 9~16쪽.

1960년대 이후 농촌의 전기화를 추구해 온 북한은 김정은 정권하에 서도 전력 사용이 필수적인 사업들을 추진해 왔다. 2016년 제7차 당 대회에서는 농업의 기계화 및 과학적 접근을 강조하며, 전력 공급을 기본 전제로 하는 경제발전 계획을 강조하였다.¹⁷⁾

법적으로는 「농업법」(1998년), 「중소형발전소법」(2007년) 등을 통해 농촌 지역의 전력은 중소형발전소를 통해 공급하도록 규정하고, 「재생 에너지법」을 통해 재생에너지 보급 촉진을 강조하였다. 특히 지방정 부를 중심으로 중소형 수력발전소 건설을 독려해 왔으며, 그 결과 2000년 이후 건설이 확인된 발전소가 총 269개로 이 중 중소형 수력발 전소는 총 220개이며, 하천과 저수지 등에 있는 소형 수력발전소를 포 함할 경우 약 6,550기의 수력발전소가 있는 것으로 보고되고 있다.¹⁸⁾

농업에서 전력은 채소온실 등을 활용한 특수작물 재배, 농기계 관 련 지방공장 운영, 양수발전 등에 활용된다. 태양광을 활용한 채소온 실의 경우 단천버섯공장, 만경대 구역 ‘남새온실’이 보고된다. 지방공 장에서는 무연탄가스화, 벼겨가스화 등을 통해 전력을 공급하는 것으 로 보고되었다.¹⁹⁾ 또한 양수발전의 경우 풍력발전기를 활용하여 농장, 목장에서 활용하는 방안과 함께 모내기 현장에 물을 공급하기 위해

17) 최현아 외, “김정은 시대 북한 농업정책과 교류협력 방향,” 『현대북한연구』, 제24권 2호(2021), 132~161쪽.

18) 이석기 외, 『김정은 시대 북한의 산업 및 산업정책』(산업연구원, 2018); “북한의 전력산업 현황,” kotra 해외시장뉴스, https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=520&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=247&bbsSn=247&pNttSn=199421(검색일: 2023년 2월 20일).

19) “실리있게 운영되는 태양빛발전체계-단천버섯공장에서,” 『로동신문』, 2020년 4월 17일; “한겨울의 남새자랑,” 『로동신문』, 2020년 12월 27일; “농기계수리 정비에 필요한 전력을 자체로 해결,” 『로동신문』, 2020년 5월 2일.

활용하고 있는 것으로 확인된다.²⁰⁾

2) 주민 생활 부문 재생에너지 활용 현황

북한에서 주민 전력은 인프라에 해당한다. 1990년 이전까지는 국가 전력망을 통한 송배전에 의존하였지만, 경제위기 이후 제약을 받으면서 일부 주민들은 변압기, 배터리, 발전기, 태양광 패널 등을 이용하여 자체적으로 전력을 확보하거나 송배전이 원활한 지역에 접선해서 필요한 전력을 얻어 사용하였다. 태양광 패널²¹⁾은 2010년 초반부터 도입되어 농촌 주택 개보수를 통해 충전지와 연동하여 설치하는 방식으로 활용되었다.²²⁾

요리 및 난방 등에 활용되는 열에너지의 경우 석탄, 나무 및 일부 지역에서 가스난방 등을 활용하였으며, 북한 농촌에서는 석탄과 나무를 주로 활용하는 것으로 나타났다.²³⁾ 요리와 난방에 전력 의존 비율은 높지 않으며, 농촌의 경우 더욱 그러하다. 예를 들어 유엔아동기금(UNICEF: United Nations Children's Fund)에서 발행한 북한 통계 자료를 보면 요리 연료에서 평양의 청정연료[전기, (바이오)가스 포함] 사용 비율이 가장 높고

20) 송정주, “풍력양수기,” 『기술혁신』, 제7호(2013), 6쪽.

21) 북한에서는 햇빛을 활용해 전기를 생산하는 태양광 패널을 태양열판으로 표현하는 경향을 보인다. 이는 햇빛의 열에너지를 활용하는 태양열과 혼동의 여지가 있으므로 이 연구에서는 독자의 이해를 위해 태양광 패널로 표현하였다.

22) 박민주, “북한 주민-전력 연결망의 재구조화와 기술·사회 변화,” 『북한연구학회보』, 제25권 2호(2021), 50~52쪽; 박희진, “북한의 주택건설 현황과 생활환경 실태,” 『보건복지포럼』, 제298호(2021), 41~42쪽.

23) 박민주, “북한 주민의 열에너지 기술·생활사: 2000년 이후 북한 주민의 비공식적 난방·취사 실천을 중심으로,” 301~348쪽.

(42.1%) 국경 지역인 함경북도(14.4%)와 자강도(13.8%)가 뒤를 잇는다.²⁴⁾

앞서 살펴본 자료들을 통해 북한 주민들의 전력 수요에 관해서 일부 확인할 수 있다. 다만, 농촌 주민의 재생에너지 활용에 관해 참고 가능한 자료는 제한되는 실정이다. 이러한 북한 연구의 특수성은 문제를 조명하는 시스템 사고 및 인과지도 구성에서, 가용한 자료를 토대로 하는 합리적인 추론을 중요시하도록 한다.

4. 내부 요인: 북한의 경제정책과 시장화

본 논문에서는 북한 농촌 재생에너지 보급에 영향을 미치는 내부 요인으로 경제정책과 시장화 등을 식별하였다.

1) 북한의 경제정책과 도농 격차

(1) 거시경제정책의 경로의존성 및 지역불균형

북한 경제정책은 체제형성기에 설정된 노선에 뿌리를 두고 있으며, 중공업 우선주의와 경제-국방 병진으로 대표된다. 이는 수령제 유지와 북한 정권 계승에 해당하는 이데올로기에 속한 노선이기에 변화하기는 어렵다.²⁵⁾ 김정은 정권의 자원배분도 이에 맞춰 운영되었고,

24) UNICEF et al., *2017 DPR Korea MICS* (UNICEF, 2018), p.81, 83.

25) 휴전 직후인 1953년 김일성이 처음 제시했던 ‘자립적 민족경제 건설’에 포함된 중공업 우선발전 전략은 소련파, 연안파와의 권력 투쟁 가운데 김일성의 주장을 공고화하면서 이를 반대하는 이들을 숙청하는 방식으로 활용되었다. 경제-국방 병진노선도 마찬가지였다. 1961년 알바니아 사태, 1962년 쿠바 미사일

2010년경부터는 기반산업 및 단기간에 성과를 거둘 수 있는 분야에 집중하면서 신규 수력발전소 건설과 화력발전소 개보수에 힘썼다.²⁶⁾

이러한 노력은 주요 지역과 산업에 집중되었으며, 상대적으로 중요도가 덜했던 농촌 주민은 소외되었고, 이는 1990년대 경제위기 이후 심화되었다. 즉, 전력 공급 차등화 정책을 통해 정치·경제적으로 선별된 우선순위에 따라 전력이 공급되었으며 전력 공급에서 주민은 후순위로 동상과 공장 기업소를 우선하고 잉여 전력을 사용하는 구조로 이뤄져 있다.²⁷⁾ 중공업 등이 발달하지 않은 농촌 지역은 대부분 전력 공급 후순위에 해당한다.

농촌 지역 에너지 활용 현황을 통해서도 개별 주민의 전력 사용의 어려움을 유추해 볼 수 있다. 지역 주민의 전기 사용은 엄격히 단속되었고, 취사와 난방을 위해 일부 산간에서는 비공식 별채를, 일부 농촌에서는 마른 풀 및 벚짚과 같은 것을 활용하였다.²⁸⁾

이러한 에너지 문제를 극복하고 농촌 경제를 강화함으로써 북한 경제 발전을 기대할 수 있다. 식량 생산량 증대를 통한 식량안보 강화와 농촌 지역 기계화를 통해 잉여 인력을 공업 지역으로 유도할 수 있으며, 이는 북한 내수 시장 활성화를 촉진할 수 있다.²⁹⁾

위기 등을 통해 위기의식을 느낀 김일성은 국방력 강화를 주장하였고 이 노선 역시 갑산파 숙청에 활용되었다. 임수호, “북한 경제전략 변화의 정치동학: 이 데올로기, 이익갈등, 경제정책,” 『INSS 연구보고서』, 제15호(2021).

26) 이석기 외, 『김정은 시대 북한의 산업 및 산업정책』, 12~13쪽.

27) 박민주, “북한 주민-전력 연결망의 재구조화와 기술·사회 변화,” 53~54쪽.

28) 박민주, “북한 주민의 열에너지 기술생활사: 2000년 이후 북한 주민의 비공식적 난방·취사 실천을 중심으로,” 316~322쪽; 박희진, “북한의 주택건설 현황과 생활환경 실태,” 41쪽.

29) 북한은 2013년 ‘우리식의 경제관리방법’이라는 이름으로, 2014년에는 ‘5.30조치’라고 알려진 새로운 경제관리방법을 도입해서 운영하고 있는 것으로 확인된

상기 내용의 인과를 다음과 같이 구성할 수 있다. [중공업 우선주의 노선 및 경제-국방병진 노선 강조]가 [주요 지역 및 산업 시설 전력 집중도에 정(+)]의 영향을 미치며, 이는 [전력 공급 차등화 정도에 정(+)]의 영향을 주는 것으로 이어진다. [전력 공급 차등화 정도]는 [농촌 주민 에너지 접근성]에는 부(-)의 영향을 미치며, [농촌 주민 에너지 접근성]은 [농촌 생산력]에 정(+)]의 영향을 준다. [농촌 생산력]은 [경제 성장 촉진]에는 정(+)]의 영향을 주는 것으로 구성할 수 있다.

(2) 지방 자력갱생과 재생에너지 강조

북한 정권은 ‘중공업 우선주의 노선’과 ‘경제-국방 병진노선’의 기치 아래 자원 집중 분야가 아닌 산업과 지방은 스스로 자원을 충당하는 자력갱생을 강조해 왔다.³⁰⁾ 1990년대 경제위기 이후 지방경제는 자립도를 높여야 했으며 이는 농업 및 농업 자원의 자체 확보를 의미했다.³¹⁾

북한은 전력에 있어서도 자력갱생을 강조하였다. 2007년 「중소형발전소법」을 채택하여 20,000kw까지의 발전능력을 가진 “수력, 화력, 조수력, 풍력” 등의 자원을 활용한 소규모 발전소를 건설하여 전력 수요

다. 농업 부문도 이러한 개혁 조치에 포함되었으며 농장법 개정(2012년 사전 개정)을 통해 국가 수매계획을 수행하고 남은 농산물을 농장원들이 자체적으로 분배하여 사용하도록 규정하고 있다[이석기 외, 『김정은 시대 북한 경제개혁 연구: ‘우리식 경제관리방법’을 중심으로』(산업연구원, 2018), 216~221쪽]. 이를 통해 개인이 사적 자산을 축적할 수 있는 가능성을 열어 두고 있다.

- 30) 임을출, “북한 지역 간 빈부격차 양태와 결정요인 분석,” 『통일문제연구』, 제28권 2호(2016), 95~96쪽.
- 31) 양문수, “지방경제를 통해 본 북한의 변화: 1990년대를 중심으로,” 『비교경제연구』, 제11권 2호(2004), 9~17쪽.

에 이바지할 것을 강조하였고, 「농업법」(1998년)을 통해서도 농업 부문 전력 공급을 중소형발전소를 건설하여 전력 수요를 보충하도록 명문화하였다(제3장 제39조). 「재생에너지법」에서는 농촌 지역에서의 재생에너지 개발 이용을 별도로 규정하여 “도, 시, 군인민위원회는 재생에너지개발 및 리용계획에 따라 농촌지역에서 주민용연료 및 동력을 재생에너지로 해결하기 위한 사업을 전망적으로 현실성있게 밀고나가야 한다”(제4장 제30조)라는 내용을 명시하였다.³²⁾

2000년대 들어 지역별로 중소형발전소 수가 급격히 증가한 것으로 볼 때 농촌을 포함한 지방 주민 및 공업의 전력은 지역 자체적으로 해결하도록 강조했다는 것을 알 수 있다.³³⁾ 북한 당국은 지방 전력 문제를 재생에너지 등을 통해 해소하도록 하는 의지를 보여주었다. 2014년에는 자연에너지연구소를 확대 개편하여 대학 연구기관들과 함께 재생에너지 기술 개발을 위해 노력하는 모습을 보였으며, 각 지역에서 재생에너지를 도입했다는 내용을 『로동신문』에 보도함으로써 재생에너지 확대 현황을 북한 주민들에게 강조하였다.

이러한 당국의 노력에도 불구하고 농촌을 포함한 지방의 재생에너지 도입은 주요 도시 및 공공기관을 중심으로 도입되고 있음을 『로동신문』을 통해 확인할 수 있다. 이에 더해 주민들을 위한 에너지원 확보보다는 공장 및 공공시설에 도입된 재생에너지를 강조함으로써 지방에서도 북한 당국의 전력 확보가 주민 생활 부문이 아닌 산업 및 지

32) 김정은 위원장은 신년사를 통해 주민 전력문제 해소에 지역 재생에너지의 중요성을 강조하였다. “북한 김정은 2014년 신년사 전문,” YTN, 2014년 1월 2일 (검색일: 2023년 9월 21일); “김정은 북한 국무위원장 2019년 신년사(전문),” SPN 서울평양뉴스, 2019년 1월 1일(검색일: 2023년 9월 21일).

33) 이석기 외, 『김정은 시대 북한의 산업 및 산업정책』, 189~205쪽.

〈표 1〉 지역별 재생에너지 확대 노력(2015~2021년)

지역	지역별 재생에너지 확대 노력
평양시	<ul style="list-style-type: none"> • 만경대 구역, 보통강 구역, 대성 구역 등 평양시 여러 구역들에서 태양에너지로 거리, 공원의 가로등, 불장식을 확보(2015.10.23.) • 김정숙평양제사공장에서 분산형 태양발전지판을 집중형으로 바꿔 효율 증대, 태양발전지판도 2배 확대하여 설치(2016.02.05.) • 평양자동차기공장에서 소형화, 경량화된 새로운 풍력발전기를 개발. 5V의 낮은 전압을 충전에 필요한 전압으로 끌어올려 이용하는 축전지충전장치 활용(2016.07.23.) • 류원신발공장을 에네르기절약공장으로 바꿈. 400kW 규모 태양발전전체계와 태양열물가열체계, 분산형수원냉난방체계를 갖추고 1,000여 장의 빛전지판 및 태양발전전조조반, 축전지로 구성되어 있는 태양발전전체계를 구성. 무도양재배온실에 메탄가스 생산 등으로 남새 생산성 향상(2017.11.25.) • 평양화장품공장에서 자연에너지 활용(2019.01.18./2019.08.19.) • 계통병렬형태양발전전체계를 도입하여 발전에 활용(2020.02.22.) • 사동구역: 장천남새전문협동농장에서 주택택에 태양열물가열기와 태양발전지를 설치(2015.10.23.)
개성시	<ul style="list-style-type: none"> • 기관, 기업소, 학교 및 수만 세대 살림집에 태양발전지판과 축전지 설치(2015.10.23.) • 개성시정보통신국에서 태양발전지판 활용. 고려성군관에서 태양에네르기발전소 설립. 개성시 은덕원, 송도사범대학에서 태양열에너지를 활용한 물가열기 설치. 고려동, 박연리에서 풍력발전기 설치(2019.02.25.)
평양남도	<ul style="list-style-type: none"> • 자연에너지 개발 이용을 통해 전력 확대 추진(2019.12.21.) • 평성시: 풍력과 태양에너지 적극 이용 노력(2018.02.21.)
평양북도	<ul style="list-style-type: none"> • 평안북도송배전부에서 자연에너지 발전 효율을 높이기 위해 노력. 자연에너지 개발 이용을 통한 전력 확대 추진(2019.09.14./2019.12.21.) • 신의주시: 국가과학원 신의주첨단기술교류소, 자연에네르기연구소가 풍력과 태양발전지판을 결합한 전력생산체계 개발 도입 • 마전지구에서 풍력 및 태양발전지판 시설 설치(2019.03.20.) • 자연에네르기발전소 개건. 도송배전부로동계급을 중심으로 태양발전지판 설치 등 수행(2020.12.22.) • 철산군: 동평협동농장에서 증자씩티우기에 태양열을 활용한 온실 활용(2016.04.05.)
함경남도	<ul style="list-style-type: none"> • 고원군: 고원탄광에서 태양발전지판을 설치하여 조명문제 해결(2016.01.16.) • 흥원군: 읍협동농장에서 무도양남새온실개발을 위해 노력. 메탄가스발효액을 활용한 남새온실을 건설하여 운영 중(2015.11.14.)
황해남도	<ul style="list-style-type: none"> • 건물 창문, 지붕에 태양발전지판 설치(2019.12.21.) • 은륜군: 자연에네르기연구소 설치(2019.05.14.) • 은천군: 풍력발전기 500여대 설치(2019.12.21.)

황해북도	<ul style="list-style-type: none"> • 자연에너지 개발이용을 통한 전력확대 추진(2019.12.21.) • 사리원시: 은덕원에서 에너지문제 해결을 위해 태양빛전지판 설치(2016.01.30.) • 사리원담공장에서 태양빛전지판과 풍력발전기를 설치하고 자연에너지를 효과적으로 활용(2016.06.09./2016.08.05.)
강원도	<ul style="list-style-type: none"> • 물과 돌을 활용하여 전기 생산(2020.03.06.) • 원산시: 원산청년발전소에서 10여대의 수자식려자기를 제작, 도입하여 수력발전소 개선(2020.03.06.) • 세포군: 세포지구축산기지에서 풍력양수기 설치(2015.10.23.)
자강도	<ul style="list-style-type: none"> • 도 곳곳에 지열, 풍력, 태양빛 등 자연에너지 활용 설비 설치(2015.09.29.) • 중소형 발전소를 건설하면서 이미 건설한 발전소 개선을 위해 노력(2020.03.06.) • 강계시: 강계제2사범대학에서 풍력 및 태양빛전지판 설치하여 학교 운영에 필요한 전력 공급(2015.11.14.)
양강도	<ul style="list-style-type: none"> • 삼지연시: 풍력발전기 설치. 100kw 능력의 태양빛발전체계 구축. 수백 장의 태양빛전지 설치(2017.11.18.)

주: 농축산 지역 및 지자체 중 농업 비중이 높은 지역은 짙은 글씨로 표기했다.

자료: 『로동신문』, 조선중앙통신, 2015~2021년 기사 저자 정리했다.

방정부 운영에 좀 더 초점이 맞춰져 있다는 것을 추정할 수 있다. 그럼에도 <표 1> 기사를 통해 도별 재생에너지 확보 노력이 지속됨을 확인할 수 있다.

위의 내용을 인과관계로 정리하면 다음과 같다. [중공업 우선주의 노선 및 경제-국방병진 노선 강조]가 [지방정책으로의 자력갱생 강조]에 정(+)¹의 영향을, 이는 [지방의 에너지 확보 필요성]에 정(+)²의 관계를, [지방의 에너지 확보 필요성]은 [농촌 재생에너지 강조 수준]에 정(+)³의 영향을 준다. 이는 [농촌 주민 에너지 접근성]에 정(+)⁴의 영향을 주며 [농촌 생산력]과 [경제성장 촉진]으로 이어지는 관계에 정(+)⁵의 영향을 주는 것으로 구성할 수 있다. [경제성장 촉진]은 다시 [중공업 우선주의 노선/경제-국방 병진노선 강조]에 정(+)⁶의 영향을 주는 순환이 구성된다.

2) 경제활동: 시장화와 지역 격차

1990년대 경제위기 이후 북한 주민들은 에너지를 확보하기 위해 관련 기업소에서 가스를 구매하거나 장마당에서 석탄을 구매하는 등의 방식을 사용해 왔다. 국경에서 먼 산간 지역의 경우 가스나 석탄 구매가 쉽지 않아 나무 땔감을 활용하는 경우가 많다.³⁴⁾ 앞의 사례에서 볼 수 있듯이, 공적 영역에서 에너지 공급이 제한되는 상황 가운데 주민들의 에너지원 확보에서 중요한 요인은 시장에의 접근성과 재정적인 여력이다.

북한의 주요 유통망 및 시장은 주요 도시와 국경 지역을 중심으로 형성되어 있으며 이에 따라 지역 격차가 심화되었다.³⁵⁾ 앞서 언급한 지역별 청정연료 사용 비율 격차가 이를 보여준다.

재생에너지 관련 물품의 수입은 무역 네트워크를 통해 이루어졌으며, 주요 시장을 중심으로 공급되었을 것으로 추정된다. 재정적인 여력이 있는 잠재적 구매자들이 시장에서 물품을 구매함으로써 주민에게 재생에너지 보급이 이뤄지며, 특히 수입이 용이한 국경지역에서 재생에너지 관련 물품 구매 및 사용이 활발했다는 조사 결과가 이러한 상황을 보여준다.³⁶⁾

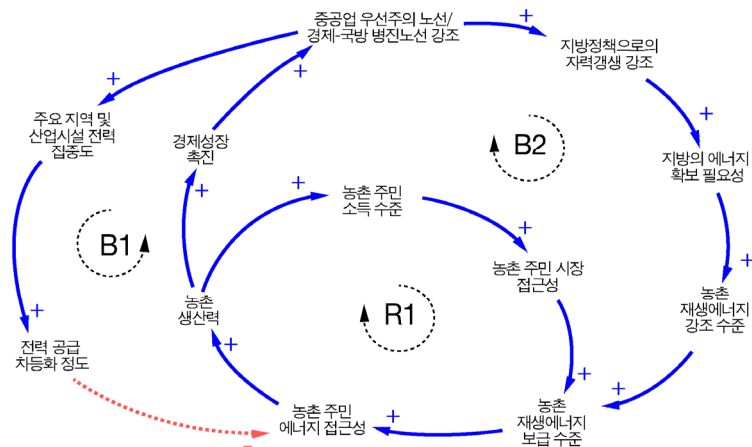
34) 박민주, “북한 주민의 열에너지 기술생활사: 2000년 이후 북한 주민의 비공식적 난방 취사 실천을 중심으로,” 319~330쪽.

35) 홍민 외, 『북한 변화 실태 연구: 시장화 종합 분석』(서울: 통일연구원, 2018), 337~407쪽; 북한 지역별 조도 분석 결과를 보면 대북제재가 강화됨에도 평양, 제조업 관련 도시, 무역 중심지 등이 발전하였고, 지방과 같은 배후 지역은 지역 불평등이 심화된 것으로 나타나고 있다. Yong Suk Lee, “International isolation and regional inequality: Evidence from sanctions on North Korea,” *Journal of Urban Economics*, Vol.103(2018), pp.34~51.

앞서 살펴본 내용을 인과관계로 정리하면 다음과 같다. 도시 및 국경 지역에 인접한 지역 주민들은 시장 접근성이 높다. 이는 [농촌 재생에너지 보급 수준에 정(+)]의 관계를 가지고, [농촌 재생에너지 보급 수준]은 [농촌 주민의 에너지 접근성]에, 이는 다시 [농촌 생산력]에 정(+)]의 영향을 미쳐 [농촌 주민의 소득 수준]을 높이고 결국 농촌 주민의 시장 접근성을 향상시키는 순환을 이룰 수 있다.

〈그림 1〉은 앞서 살펴본 국내 요인과 그 관계를 인과지도화한 것이다.

〈그림 1〉 북한 농촌 재생에너지 보급에 대한 내부 요인 인과지도



주: 양의 인과관계는 실선으로, 음의 인과관계는 점선으로 표기했다.

36) 지역별 태양광 패널 보급률을 살펴보면 관북 지방(함경남북도)이 51.9%로 가장 높았고, 그다음이 관서 지방(평안남북도)이 45.8%였다. 평양 보급률인 36.0%에 비해 관북/관서 지방의 태양광 패널 보급률이 높은 것을 확인할 수 있다. 신정수, “북한 가구부문의 태양광패널 활용과 역할,” 『KDI북한경제리뷰』, 2023년 4월호(2023), 69~78쪽.

5. 외부 요인: 대북제재와 기후변화의 영향

앞서 내부 요인에서는 북한 농촌 재생에너지 보급이 북한 당국의 경제정책 및 시장화와 긴밀히 연계되어 있음을 확인하였다. 이러한 내부 요인은 외부 환경과도 긴밀한 관계를 가진다. 이 장에서는 국제적 상황이 북한 농촌 재생에너지 보급에 어떻게 영향을 미치는지를 분석한다. 이를 위해 대북제재로 인한 무역 및 개발협력 제한 현황과 기후 변화에 대한 북한의 대응을 검토하였다.

1) 대북제재³⁷⁾의 영향

(1) 대외 무역 제한

북한의 대외무역은 중국 무역 의존도가 전체 거래의 91.7%를 차지할 정도로 높다.³⁸⁾ 김정은 집권하에서 재생에너지 기술개발을 시도함에도 태양열 온수기, 태양광 셀(cell) 등 핵심 부품을 중국에서 수입해 왔다. 이렇게 수입한 물품은 북한 공장에서 태양광 패널을 제작하는 데 활용

37) 이 장에서는 유엔 대북제재에 초점을 맞춘다. 유엔 대북제재는 북한의 핵 및 미사일 실험에 대한 국제적 반응이다. 미국 자체적인 제재의 경우 내부적인 부정적 여론과 의회 상황, 발의자의 개별 특성 등에 따라 달라지는 복잡성을 띠고 있다. 한국의 경우 2010년 '5.24 조치'가 발표되면서 남북교류협력사업은 거의 중단되었고, 2016년 마지막으로 유지되던 개성공단 역시 전면 중단되었다[서보혁 외, 『대북 제재 현황과 완화 전망』(통일연구원, 2018), 38~77쪽; 표윤신 외, “미국 의회의 대북제재 법안 통과 결정요인 분석,” 『연구방법논총』, 제6권 3호(2021), 40~47쪽]. 그러나 본 연구에서는 이러한 세부적 요인들이 연구 범위를 넘어선다고 판단하여 다루지 않기로 한다.

38) 이요셉, “2019년 북한-중국 무역동향과 시사점,” 『KITA 남북경협 리포트』(한국무역협회 남북협력실, 2020), 2~3쪽.

되어 가정, 상업시설 등에서 전기 생산에 이용되는 것으로 확인된다.³⁹⁾

북한 무역은 대북제재에 큰 영향을 받는다. 북한 내 은행 등 무역 관련 각종 기관들이 제재 대상에 포함되며 산업용 기계, 운송수단, 철강, 기타 금속류 등에 대한 수입도 금지되었다.⁴⁰⁾ 2017년 안보리 결의안 2397호는 기계 및 전자 제품의 북한 수출을 금지했고 이에 따라 전자제품 수입은 2015~2017년 기간 10.5%(약 32,843만 달러)에서 2018년 0.3%(약 665만 달러), 2019년 0.1%(약 257만 달러), 이후 0%로 사실상 중단되었다.⁴¹⁾ 재생에너지에 활용되는 부품인 배터리, 전동기, 변압기, 패널 등에 대한 수입이 거의 이뤄지지 않아 재생에너지 보급 확장이 저해되었다.⁴²⁾

상기 내용을 토대로 대북제재가 북한의 대외 무역 및 북한 농촌 재생에너지 보급에 영향을 미치는 요인 및 관계는 다음과 같이 정리할 수 있다. [대북제재 강화 정도]는 [대외 무역 활성화]에 부(-)의 영향을

39) 정지순 외, “북한의 태양에너지 개발 및 활용 현황,” 『북한포커스』(서울: KDB 산업은행 미래전략연구소, 2021), 3~5쪽.

40) 서보혁 외, 『대북 제재 현황과 완화 전망』, 31쪽; 박효민, “유엔 안보리의 대(對) 북한 제재 연구: 분야별 주요 내용 및 주요국의 이행을 중심으로,” 『법제연구』, 제57권(2019), 183~201쪽.

41) 최지영, “대북제재 강화가 북한경제에 미치는 영향: 북중무역 감소의 파급효과를 중심으로,” 『KINU Insight』, 제4호(통일연구원, 2020), 4쪽.

42) 최장호 외는 북중 무역에 대해 코로나19의 영향을 검토하고 있다. 그러나 2017년 대북제재 강화 이후 전자기기 수입 등이 급감한 것으로 미뤄 볼 때 코로나19 확산이 북중 무역에 영향을 미쳤으나 단기적인 영향으로 판단하여 대북제재의 영향만을 다루었다. 수입량의 경우 2015~2017년 평균 312,786만 달러였으나 2018년 221,687만 달러, 2019년 257,381만 달러, 2020년 49,106만 달러, 2021년 26,016만 달러로 점차 감소하였고, 코로나19 확산으로 급격히 감소한 것을 확인할 수 있다[최장호 외, “2021년 북중 무역 평가: 경제난과 무역 정상화,” 『KIEP 오늘의 세계경제』, 제22권 5호(대외경제정책연구원, 2022), 5~6쪽].

미치며, 후자는 [재생에너지 수입량에 정(+)]의 영향을 미친다. [재생에너지 공급량], [농촌 재생에너지 보급 수준], [농촌 주민 에너지 접근성], [농촌 생산력], [경제성장 촉진]으로 이어지는 인과 고리는 각각 정(+)]의 영향을 주는 관계로 구성할 수 있다. [경제성장 촉진]은 내부 요인에서 살펴본 [중공업 우선주의 노선/경제-국방 병진노선 강조]와 정(+)]의 관계를 가지며 이는 [북한 핵/미사일 실험 빈도]와 [대북제재 강화 정도]와 정(+)]의 관계로 이어진다.

(2) 대북지원 및 개발협력의 한계

2017년 이후 광범위하게 적용된 대북제재는 북한과의 에너지 관련 개발협력 추진을 어렵게 하였다. 제재의 영향으로 유엔개발계획(UNDP)의 재생에너지 보급을 포함하는 북한 농촌 에너지 지원 사업과 같은 프로젝트들이 중단되었다.⁴³⁾ 대북제재 면제 신청을 통해 북한 개발협력 사업을 추진할 수 있지만 과정상 긴 시간이 소요되며 면제 방식이 경직되어 있다. 면제 승인 이후에도 불확실성과 복잡성이 존재하여 사업을 추진하기가 쉽지 않다.⁴⁴⁾

앞서 UNDP 사례를 통해 확인할 수 있듯이 개발협력을 통해 북한

43) UNDP는 지속가능한 에너지 개발 프로그램(SRED: Sustainable Rural Energy Development), 농촌 지속가능한 에너지 솔루션(SES: Sustainable Energy Solutions for Rural livelihoods in DPRK) 등의 사업을 2009년부터 2019년까지 추진하였으며 자체 보고서를 통해 대북제재로 인한 은행계좌 폐쇄에 따른 송금의 한계, 물자 조달의 어려움 등을 제기하였다[UNDP final report(2014)]. UNDP의 신규 사업의 경우에도 마찬가지이다. 북한 당국이 2019년 유엔 녹색기후기금(GCF)에 신청했던 '능력배양사업'은 제재 면제 과정에서 반려되었다[지혜론, "대북 제재가 인도주의 활동에 미치는 영향," 『문화와 정치』, 제8권 1호(2021), 78~80쪽].

44) 지혜론, 위의 글, 78~91쪽.

농촌 재생에너지 보급이 가능하다. 하지만, 현 대북제재가 광범위하게 북한 경제에 영향을 주고 있어 상기 개발협력 경로를 제한하는 상황이다. [대북제재 강화 정도]는 [대북제재로 인한 북한 재생에너지 개발협력 진입 난이도]에 정(+)⁴⁵⁾의 영향을 준다. 후자는 [농촌 재생에너지 개발협력 활성화 수준]에 부(-)의 관계를 거치며 다시 [재생에너지 기술개발 수준]에 이어 [농촌 재생에너지 보급 수준]과 정(+)⁴⁶⁾의 관계를 가진다. [농촌 재생에너지 보급 수준]에서 [농촌 주민 에너지 접근성]으로 이어지는 정(+)⁴⁷⁾의 관계는 앞서 살펴본 인과관계와 같다.

2) 기후변화에 대한 북한의 대응

(1) 기후변화에 대한 북한 당국의 대응

북한에서 기후변화로 인한 폭염, 혹한 등 이상기후 현상이 빈번히 발생하는 중이다.⁴⁵⁾ 국제단체에서는 북한을 기후변화 취약국가 중 하나(전체 국가 중 7위)로 분류하였다.⁴⁶⁾ 기후변화는 에너지 수요를 증가시키고 주민 삶의 질을 떨어뜨리기 때문에 국가적으로 적극 대응할 필요가 있다.

북한 내에서도 기후변화와 이상기후, 재생에너지의 관계를 강조한 보도들이 이어지고 있다. 당 기관지인 『로동신문』을 중심으로 관련 내용을 살펴보면 2004년에 이미 “원유, 석탄 등 화석연료의 대대적인 소

45) 명수정 외, 『한반도 기후변화 대응을 위한 남북협력 기반 구축 연구 III』(세종: 한국환경정책·평가연구원, 2013), 58~79쪽; 명수정 외, 『북한의 기후변화 취약성과 기후변화 대응을 위한 남북협력(I)』(세종: 한국환경연구원, 2021), 15쪽.

46) Sven Harmeling et al., *Global Climate Risk Index 2013*(Bonn: GermanWatch, 2012), p.6.

비로 하여 지구생태환경이 심히 파괴되”었고, 이로 인해 이산화탄소 배출량이 증가하였으며 “세계 여러 나라들에서는 태양열, 풍력, 지열, 조수력, 수소, 생물연료 등 재생에너지를 효과적으로 개발, 리용하기 위한 사업”이 활발히 추진되고 있다는 내용을 언급한 바 있다.⁴⁷⁾ 지구온난화를 초래하는 주원인은 “화석연료사용에 의한 온실효과가스의 대량적인 방출에 있다”라고도 지적한다.⁴⁸⁾ 재생에너지는 “환경에 영향을 주지 않으면서도 자원의 제한을 받지 않는” 에너지원으로 재생에너지 사용을 증가시켜야 한다는 점을 강조하고 있다.⁴⁹⁾

법률에서도 이러한 논조가 반영되어 「재생에너지법」을 통해 재생에너지 개발 이용을 국토환경 보호와 연관 지어 규정하였으며(제1장 제1조, 제2조), 「환경보호법」에서 환경보호 및 경제의 지속적인 발전을 위해 재생에너지 자원을 적극 활용해야 한다고 강조하였다(제2장 제64조).⁵⁰⁾ 이는 재생에너지의 적극 활용을 통한 환경보호와 에너지 문제 해소 필요성을 분명히 제시한다.

북한의 재생에너지 개발 및 확장 의지는 북한 학술지 연구 동향을 통해서도 일부 파악할 수 있다. 2012년부터 2021년 기간 동안 ‘재생에너지’와 ‘자연에너지’를 제목에 포함하고 본 연구에 참고한 북한

47) “재생에너지개발리용을 위한 노력,” 『로동신문』, 2004년 10월 27일.

48) “주목을 끄는 재생에너지개발리용,” 『로동신문』, 2015년 11월 29일.

49) “적극화되는 재생에너지개발과 리용,” 『로동신문』, 2013년 7월 18일.

50) 북한에서 기후변화에 대해 인지하고 이에 대응하기 위한 기술을 개발하고 있다는 것은 확실하다. 북한에서 수행된 연구 중 1990년대 중반부터 기후 관련 연구가 수행되었고, 김정은 집권 후 그 수는 눈에 띄게 증가하였다. 특히 2010년대에 기후변화영향평가 및 대응기술 연구가 상당히 수행된 것을 알 수 있다. 허신혜, “데이터마이닝을 활용한 북한 기상기후 연구 동향 분석: 1982~2022년 북한 학술지 논문을 중심으로,” 『동북아연구』, 제37권 2호(2022), 245~250쪽.

〈표 2〉 북한 재생에너지 연구 동향(2012~2022년)

구분	학술지명	논문 제목
정책 및 경제성 연구	『경제연구』	<ul style="list-style-type: none"> 김성일, “현시기 재생에너지기산업을 발전시키는데서 나서는 중요문제”(2012). 장성호, “자연에너지를 적극 리용하는것은 전력문제해결의 필수적요구”(2014). 양태혁, “자연에너지의 리용범위를 확대하는데서 나서는 중요한 문제”(2017).
	『김일성종합대학학보: 경제학』	<ul style="list-style-type: none"> 장현식, “자연에너지와 화석에너지에 의한 전력생산의 경제적효과성을 분석하는데서 나서는 문제”(2019).
기술 연구	『기상과 수문』	<ul style="list-style-type: none"> 엄신섭, “자연에너지자원조사를 위한 자동기상관측기의 구성과 기능”(2020). 엄신섭 외, “군단위 혼성자연에너지자원개발의 우선권 지구평가방법”(2021).
	『전기, 자동화공학』	<ul style="list-style-type: none"> 김승혁, “적용성가상완전저항에 의한 자연에너지발전 역변환기들사이의 정확한 무효전력분배조종”(2017).
	『전자공학』	<ul style="list-style-type: none"> 최기영 외, “무정전전원장치, 풍력발전기, 태양빛전기를 리용한 440kW 자연에너지발전소구성과 컴퓨터감시조종체계실현”(2017).
	『정보과학과 기술』	<ul style="list-style-type: none"> 심희연 외, “자연에너지에 의한 전력생산에서 로바스트최량화방법에 대한 연구”(2020).
	『조선건축』	<ul style="list-style-type: none"> 로광명, “건물립체와 자연에너지기생산용설비의 결합방법”(2016).
	『지질 및 지리과학』	<ul style="list-style-type: none"> 최인수 외, “재생에너지자원결합개발방식의 우선권지구평가방법”(2017). 리광철 외, “GIS기술을 적용한 태양: 풍력혼성자연에너지 발전소적지평가방법”(2020).

주: 2020~2021년 자료의 경우 논문 원문은 확인되지 않는다.

자료: 북한과학기술네트워크(nktech.net) 소장 자료 중 2012~2022년 기간 논문 제목에 ‘자연에너지’, ‘재생에너지’로 검색된 자료 목록을 저자가 정리했다.

학술지 연구 목록은 〈표 2〉와 같다. 『경제연구』와 『김일성종합대학학보-경제학』에서는 경제성과 정책적 측면에 초점을 맞춰 연구를 수행하였고 『기상과 수문』, 『지질 및 지리과학』 등의 학술지는 재생에너지

지의 기술개발 측면에 초점을 맞춰 연구를 수행해 온 것이 확인된다.

이상의 내용을 통해 다음의 인과관계를 고려할 수 있다. [북한 온실가스 배출량은 장기적으로 [인위적인 기후변화 추세에 정(+)]의 영향을 줄 수 있다. 이는 [이상기후 및 피해 발생 추세]에도 정(+)]의 관계를 가지며 [북한의 재난 인식 및 기후변화 완화 필요성 강조]에서 [재생에너지 개발 및 확장 의지]로 이어지는 관계에 정(+)]의 영향을 준다. [재생에너지 개발 확장 의지]는 [재생에너지 기술개발 수준]에 정(+)]의 관계를 가지며 [농촌 재생에너지 보급 수준]에도 정(+)]의 관계로 이어진다. 후자는 [북한 온실가스 배출량을 낮추는 부(-)]의 관계로 이어지는 순환을 그릴 수 있다.

(2) 북한 당국의 기후변화 관련 국제 논의 참여

기후변화는 범지구적 문제로, 국제사회의 연대된 노력이 필요하다. 각국은 이를 인식하고 국제 논의에 참여한다. 북한도 2016년 파리협정을 채택하고 지속적으로 유엔기후변화협약(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change) 회의에 참여하며 고위급 성명 발표를 통해 자국의 입장을 개진하고 있다.⁵¹⁾

51) 북한은 유엔기후변화협약 COP 회의에 참여하여 고위급 성명(High-level Segment Statement)을 통해 자국의 입장을 밝히고 있다. 2019년 대표 연설에서는 파리협정에서의 감축 목표를 강조하며 모든 국가의 적극적 참여와 선진국의 규범적 책임을 다할 것을 주장하고 재정적, 기술적 지원의 필요성을 강조하였다. 이와 유사하게 2022년 제출한 성명서에는 선진국의 역사적 책임과 의무를 강조하며 기후변화 대응을 위해 과학기술 협력을 추진할 것을 언급하고, 국제사회와의 협력 의지를 밝혔다. DPRK, “Speech by Head of Delegation of DPRK at UNFCCC COP 25”(2019), pp.1~3; DPRK, “National Statement Democratic People’s Republic of Korea High-Level Segment, UNFCCC COP 27”(2022), pp.1~4.

국제 기후변화 회의에서 각국은 자신의 상황에 따라 온실가스 감축 목표를 유엔에 통보한다. 이때, 각국은 비슷한 상황에 있는 국가끼리 모인 협상그룹을 구성하여 협상하며 이러한 국가 및 협상그룹 간 논의를 통해 국제 장기 온난화 제한 목표 달성에 필요한 적절한 수준의 완화 몫을 도출한다. 북한 또한 이러한 과정을 통해 온실가스 감축 목표를 제시하였다.

북한은 유엔기후변화협약에 국가결정기여(NDC: Nationally Determined Contribution)를 제출(2016, 2019년 두 차례 제출)하여 자국의 온실가스 감축 목표를 밝혔다. 2016년 제출한 국가결정기여에서는 2030년까지 배출량의 8%인 14.997 MtCO₂-eq(조건부 32.25%)를, 2019년 재제출한 국가결정기여에서는 전체 배출량의 16.4%인 35.8 MtCO₂-eq(조건부 52% 감축)를, 2021년 지속가능발전목표 이행보고서에서는 2030년까지 15.63%인 36.0 MtCO₂-eq(조건부 50.34%) 감축을 명시하였다.⁵²⁾

자체 역력이 부족한 저개발 국가는 대체로 조건부 감축 목표를 설정하여 개발협력 등 국제사회와 협력을 통한 추가적인 완화 가능성을 모색한다. 이를 통해, 북한은 비조건부와 조건부의 격차를 크게 뚫으로써 완화를 위해서는 관련 국제개발협력이 요긴함을 강조하고 그 통

52) 북한은 온실가스 감축을 위해서 재생에너지 확대를 강조하며, 관련 세부지표로 100MW 규모의 태양광 시스템 설치, 500MW 규모의 해상풍력 및 육상풍력 발전소 건설, 바이오가스 활용, 가정용 온수에 태양열 시스템 활용 등을 제시하였다. 지속가능발전목표 이행보고서에서도 에너지 부문 계획에서 전력 생산량 목표 달성에 재생에너지 이용 확대, 친환경 연료 및 기술 도입 촉진 등 관련 계획을 언급하였다. DPRK, *Intended Nationally Determined Contribution of Democratic People's Republic of Korea*(2016), pp.7~10; DPRK, *Updated Nationally Determined Contribution of the DPRK*(2019); DPRK, *Democratic People's Republic of Korea: Voluntary National Review*, p. 28, 41.

로를 열어 두려 함을 알 수 있다.

이는 북한이 자신의 완화 몫을 인식하면서도 개발도상국 위치를 활용하여 이를 달성하기 위한 조건부 목표를 제시함으로써 추가적인 국제개발협력 논의를 강조한다고 볼 수 있다. 이러한 통로를 통해 대북 제재로 인한 재생에너지 개발협력 진입 장벽을 낮출 여지가 있어 보인다.

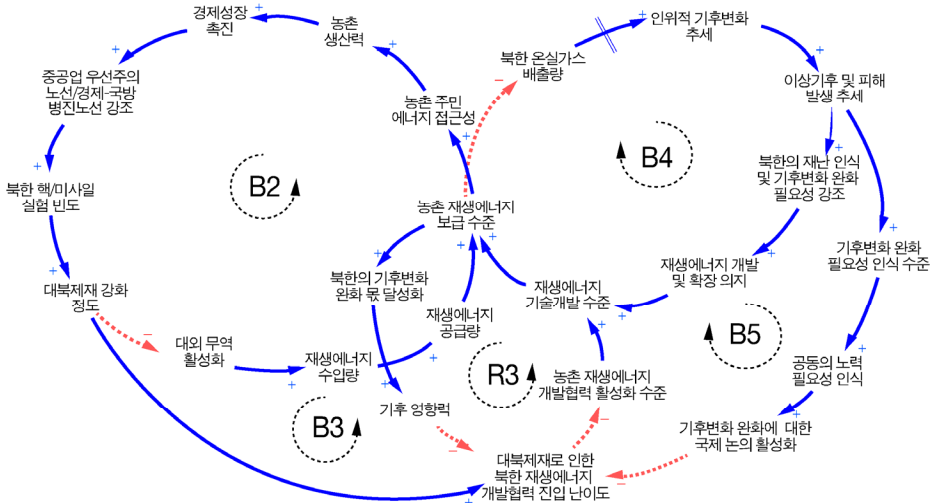
앞선 논의를 통해, 기후변화로 인한 이상기후 현상 및 이에 대한 북한의 대처가 어떤 인과관계를 가지는지를 다음과 같이 정리하였다.

[기후변화 완화 필요성 인식 수준]이 증가하면 [공동의 노력 필요성 인식] 또한 향상될 수 있다. 후자는 [기후변화 완화에 대한 국제 논의 활성화]에 정(+)의 관계로 이어진다. 국제 논의가 활성화 되면 [대북제재로 인한 북한 재생에너지 개발협력 진입 난이도]에 부(-)에 영향을 줄 수 있다. 개발협력 진입 난이도가 낮아지면 [농촌 재생에너지 개발협력 활성화 수준]이 높아지는 부(-)의 관계가 형성되며 이는 [재생에너지 기술개발 수준]을 높여 [농촌 재생에너지 보급 수준]이 증가하는 정(+)의 관계를 구성할 수 있다.

또한, [농촌 재생에너지 보급 수준]이 증가하면 [북한의 기후변화 완화 몫 달성도]가 높아지는 정(+)의 관계를 그리게 된다. 이는 북한의 기후영향력에 정(+)의 영향을 주며 [대북제재로 인한 북한 재생에너지 개발협력 진입 난이도]에 부(-)의 영향을 주어 [농촌 재생에너지 개발협력 활성화 수준]을 높이는 부(-)의 관계를, 이는 다시 [재생에너지 기술개발 수준]을 높이고 [농촌 재생에너지 보급 수준]을 높일 수 있는 정(+)의 관계를 구성하게 된다.

상기 내용을 종합하여 구성한 외부 요인의 인과지도는 <그림 2>와 같다.

〈그림 2〉 북한 농촌 재생에너지 보급에 대한 외부 요인 인과지도



6. 인과지도 종합 및 정책 제언

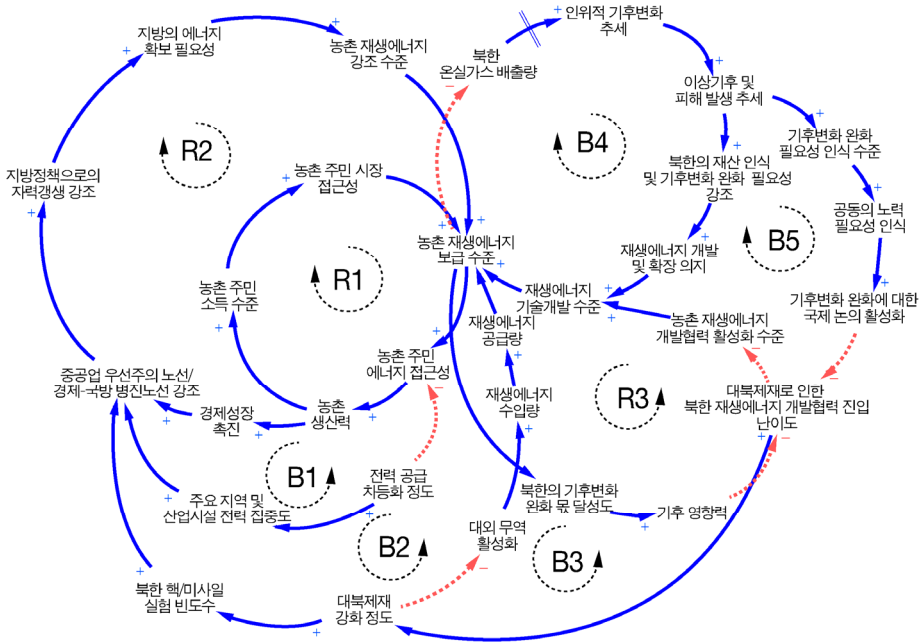
1) 인과지도 종합

앞서 검토한 북한 농촌 재생에너지 보급에 영향을 미치는 국내외 요인에 관한 인과지도를 종합하면 〈그림 3〉과 같다.

〈표 3〉에서는 전체 인과지도에서 식별된 주요 강화 되먹임 고리(reinforcing loop: R)와 균형 되먹임 고리(balancing loop: B)를 정리하였다.

강화 되먹임 고리를 먼저 살펴보면, R1과 R3에서는 각각 농촌 소득과 북한의 기후 영향력 강화로 농촌 재생에너지 보급이 활성화되는 선순환 구조를 형성한다. R2에서는 북한의 경제성장과 자력갱생 정책

〈그림 3〉 북한 농촌 재생에너지 보급 현황에 대한 인과지도



〈표 3〉 북한 농촌 재생에너지 보급에 대한 되먹임 고리

유형	되먹임 고리 내용
R1	농촌 주민 소득 증대 및 재생에너지 보급 강화 루프
R2	북한 경제성장과 특정 경제노선 강조로 재생에너지 보급을 강조하는 루프
R3	북한의 기후변화 영향력 향상으로 농촌에 재생에너지 보급이 강화되는 루프
B1	북한 경제성장과 기존 경제정책 강조가 전력 공급 차등화로 이어져 에너지 접근성이 저하되는 균형 루프
B2	대북제재가 대외 무역 감소로 이어져 농촌 재생에너지 보급 수준이 저하되는 균형 루프
B3	대북제재가 농촌 재생에너지 개발협력 저하로 이어지는 균형 루프
B4	북한 온실가스 배출에 따른 재생에너지 개발 의지 확장 균형 루프
B5	기후변화 완화 필요성 인식에 따른 대북 기후협력 균형 루프

등이 강조된다.

균형 되먹임 고리의 경우 경제성장이 지역 전력 공급 차등화 강화 등으로 이어지는 B1과, 기존 경제노선의 강화로 연결된 대북제재 강화가 농촌 재생에너지 보급 수준을 낮추는 B2를 형성한다. 경제성장 및 대북제재는 개발협력 진입 난이도를 증가시켜 B3을 구성한다. B4에서는 온실가스 배출에 따른 이상기후 현상이 재생에너지 개발 및 확장 의지를 촉진하는 것을 보여준다. B5에서는 기후변화 완화 인식 수준이 증가하여 이를 위한 공동의 노력의 필요성을 공감하고 북한 농촌 재생에너지 개발협력 등이 활성화된다.

2) 정책 제언

강화 되먹임 고리는 변화를 증폭시키는 구조로, 작은 개입이 큰 변화를 촉발할 수 있다. 반면, 균형 되먹임 고리 내 요인들은 특정 지점으로 안정화되며 지속적인 변화를 제약한다. 구성된 인과지도 및 되먹임 고리를 통해 문제를 해소하기 위한 제언을 도출할 수 있다. 이때, 인과지도에서 연결성이 높아 지렛점이 되는 곳을 주목할 필요성이 크다.

인과지도에서 확인 가능하듯이, 북한의 내부 상황(B1)과 중공업 우선주의 및 핵무장과 이에 대한 국제 사회의 제재 기조(B2)가 견고하여 농촌 재생에너지 보급이 제한된다. 그렇다면 이러한 상황을 타개하기 위한 지렛점은 어디일까?

관련하여, R3, B3, B5가 교차하는 [대북제재로 인한 북한 재생에너지 개발협력 진입 난이도] 요인 및 관련 사항을 보면, 북한은 핵 무력을 포기하지 않는 상황에서도 기후변화 대응 명목을 통해 대북협력 활성화 통로를 염두에 둬서 확인된다. 이는 기후변화 대응 문제에서

개도국의 적극적인 참여가 필요하고 강조되는 상황에서 대북제재로 인한 개발협력 제한을 우회하는 통로를 제시한다.⁵³⁾

식별된 통로는 북한과 국제사회의 역학을 활용하여 발전할 여지가 있다. 즉, 북한에는 그들의 기후변화 피해 상황과 대응 필요성 인식 제고, 전력 확보와 경제 성장 현안에 시너지 효과를, 국제사회에는 기후 협력을 통한 공동의 편익 제고, 주민의 에너지 기본권 향상을 통한 인권 증진, 기후정의(climate justice) 교정 등 다면적인 측면에 기반하여 접근함으로써 협력의 통로를 확장해 나아가야 한다.⁵⁴⁾

특히, 북한과의 협력은 우리나라에 큰 이점을 가져올 것으로 기대된다. 우리나라는 2030년에 2018년 총배출량 대비 40% 감축과 2050년 탄소중립 달성을 위해 국외 감축 수단을 적극 활용해야 한다. 이뿐만 아니라 재생에너지 공급 안정성을 효과적으로 확보하기 위해서는 인접국과의 협력을 공고히 해야 한다. 관련하여 최인접국인 북한과의

53) Kim Eunjin(2023.6.17.), "Climate Change, Extreme Weather, and North Korea," Undercurrent: Contemporary North Korea Review, <https://undercurrentnk.blogspot.com/2023/06/climate-change-extreme-weather-and.html>(검색일: 2023년 10월 7일).

54) 2022년에 개최된 유엔기후변화협약 COP 27 회의에서는 개발도상국의 '손실과 피해' 지원을 위한 별도의 기금을 마련하기로 합의하였으며, 2023년에 개최된 COP 28 회의에서 세부 사항을 논의 중이다. 북한 역시 기후변화로 인한 피해가 지속되는 만큼 개발도상국으로의 북한을 주목할 필요가 있다("기후변화 고동' 개도국 지원... 첫걸음 떼는 데 그쳤다," 『한겨레』, 2022년 11월 20일; "COP28, 개도국 위한 '기후 손실과 피해 기금' 공식 출범," 『서울경제』, 2023년 12월 1일).

기후정의는 가난한 나라의 사회적 약자들이 기후위기의 피해를 가장 크게 입거나 그럴 가능성이 높은 상황에 주목하여 제기되었다[홍덕화, "기후불평등에서 체제 전환으로: 기후정의 담론의 확장과 전환 담론의 급진화," 『ECO』, 제24권 1호(2020), 8~12쪽].

다양한 협력 전략을 적극 고려할 필요성이 크다.

무엇보다, 북한의 지속된 무력도발과 국제사회의 제재 등에 따라 경색된 남북관계가 지속되는 실정이며 이러한 상황이 고착화되는 것은 평화 증진의 관점에서 변화될 필요가 있다. 이러한 상황을 타개하여 공동의 이익 창출 및 상호 신뢰를 구축해 나아가기 위한 디딤돌로 우리나라는 남북 간 재생에너지 등 기후변화 관련 협력 통로를 적극 모색할 수 있다.

유엔기후변화협약하 기후 협력 체계를 활용하여 다양한 소통채널을 모색하는 것이 가능하다. 동시에, 국제기구 및 다자협력을 통한 기후 변화 대응도 고려할 필요가 있다. 북한 연구자들이 중국 연구자들과 재생에너지 관련 협력을 수행한 사례가 존재함을 고려하면 인접 국가 간 다자협력 체계를 마련하는 것이 용이할 수 있을 것이다.⁵⁵⁾ 특히, 동북아시아 지역은 2022년 기준 온실가스 다배출 국가인 중국(1위), 러시아(5위), 일본(8위), 한국(14위)과 저배출 국가인 북한(63위) 등이 인접함을 고려할 때,⁵⁶⁾ 이 지역들 간 협력은 유엔기후변화협약하 국제 사회에 기후영향력 강화에도 도움이 될 것으로 생각된다.

상기 경로를 통해 지역 풍력발전, 영농형 태양광, 바이오가스 등 농촌에 적용할 수 있는 다양한 재생에너지 협력 사업들을 추진할 우회

55) Haijun Cao et al., “The Influence of Energy System Model on Renewable Energy Policy Governance,” *Earth and Environmental Science*(2020), pp.1~8; Yongjae An et al., “Modelling the impacts of challenging 2030 DPRK’s GHGs mitigation targets on DPRK’s energy system,” *E3S Web of Conferences*, Vol.145, No.2(2019).

56) M. Crippa et al., *JRC Science for Policy Report: GHG Emissions of All World Countries* (European Commission, 2023) 자료를 활용하여 온실가스 배출량 국가 순위를 정리하였다.

로를 모색할 수 있을 것이다.⁵⁷⁾

7. 결론

재생에너지는 북한 농촌 지역의 에너지 접근성 향상을 위해 효과적으로 활용할 수 있는 에너지원이다. 북한 당국도 자국의 에너지 부족과 기후변화 등 문제를 인식하고 재생에너지를 확대하기 위해 노력하고 있다. 본 연구에서는 기후변화와 연계하여 이 문제를 조명하고 시스템 사고를 통해 북한 농촌 지역 재생에너지 보급 시스템을 검토하였다. 그 결과 농촌 지역 재생에너지 보급 향상을 위해 재생에너지 개발협력 관련 체계 구축이 중요함을 확인하고, 남북한에 초점을 두고 협력의 이점을 부각하였다. 향후 한국은 이를 실현하기 위해 다양한 소통 채널을 적극 활용할 필요가 있을 것이다.

이 연구에서는 시스템 사고를 통해 북한 농촌 재생에너지 보급에 대한 인과지도를 구성하고, 북한 내부적 상황과 기후변화라는 국제적 현상에서 향후 북한과의 관계에 변화를 가져올 것으로 기대되는 지렛점에 관한 정책적 통찰을 제공하였다는 점에서 연구적·실천적 함의가

57) 북한 연구자들은 생물질을 에너지원으로 활용하는 연구를 수행하고 있다. 김세식 외는 소형생물질가스화로를, 친춘갑은 생물질의 가스화를 연구하였다[김세식·전영남, “소형생물질가스화로,” 『기술혁신』, 제9호(2014), 6~7쪽; 친춘갑, “생물질의 가스화와 그 리용,” 『김책공업종합대학학보』, 제12호(2015)]. 박철민 외는 버거를 활용한 생물질기체연료 활용 연구를 수행하기도 하였다[박철민·류동혁, “버거에 의한 생물질기체연료의 저온비불길연소에 대한 연구,” 『김일성종합대학학보: 화학』, 제2호(2020), 77~79쪽]. 북한 학자들의 연구 관심사를 파악하여 기후변화 대응을 위한 남북협력 방안을 마련할 필요가 있다.

있다. 마지막으로 본 연구의 한계점을 밝히면서 정리하고자 한다. 먼저, 북한 자료의 접근성 문제와 현장 연구의 제약이다. 또한, 세밀한 시사점 도출을 위해서는 북한 재생에너지 기술 수준이 재생에너지 보급에 어떻게 영향을 미쳤는지 등 거시적 요인에 관한 후속 연구가 필요하다. 마지막으로, 현재 구축된 인과지도의 요인 간 영향관계는 향후 국내외 상황에 따라 변화될 가능성이 있다. 따라서 관련 고찰을 토대로 최신의 인과지도 구성 및 적시적인 정책 함의 도출 연구가 지속될 필요가 있다.

■ 접수: 10월 27일 / 수정: 12월 6일 / 채택: 12월 11일

참고문헌

1. 북한 자료

1) 단행본

DPRK, *Democratic People's Republic of Korea: Voluntary National Review* (2021).

2) 논문

김성일, “현시기 재생에너지기산업을 발전시키는데서 나서는 중요문제,” 『경제연구』, 제3호(2012), 23~24쪽.

김세식·전영남, “소형생물질가스화로,” 『기술혁신』, 제9호(2014), 6~7쪽.

김승혁, “적응성가상완전저항에 의한 자연에너지발전역변환기들사이의 정확한 무효전력분배조중,” 『전기, 자동화공학』, 제2호(2017), 35~36쪽.

로광명, “건물립체와 자연에너지생산용설비의 결합방법,” 『조선건축』, 제3호(2016), 40쪽.

박철민·류동혁, “버저에 의한 생물질기체연료의 저온비불길연소에 대한 연구,” 『김일성종합대학학보-화학』, 제2호(2020), 77~79쪽.

송정주, “풍력양수기,” 『기술혁신』, 제7호(2013), 6쪽.

양태혁, “자연에너지의 리용범위를 확대하는데서 나서는 중요한 문제,” 『경제연구』, 제4호(2017), 31~33쪽.

장성호, “자연에너지를 적극 리용하는것은 전력문제해결의 필수적요구,” 『경제연구』, 제3호(2014), 25~27쪽.

장현식, “자연에너지와 화석에너지에 의한 전력생산의 경제적효과성을 분석하는데서 나서는 문제,” 『김일성종합대학학보: 경제학』, 제1호(2019), 21~30쪽.

천춘갑, “생물질의 가스화와 그 리용,” 『김책공업종합대학학보』, 제12호(2015), 10~12쪽.

최기영·박정철, “무정전원장치, 풍력발전기, 태양빛전기를 리용한 440kW자연에너지발전소구성과 컴퓨터감시조종체계실현,” 『전자공학』, 제1호(2017),

63~64쪽.

최인수·엄신섭·리재길, “재생에너지자원결합개발방식의 우선권지구평가방법,” 『지질 및 지리과학』, 제4호(2017), 19~21쪽.

3) 신문

『로동신문』, 2015~2021.

4) 기타 자료

조선중앙통신, 2015~2021.

조선민주주의인민공화국 농업법(1998).

조선민주주의인민공화국 에너지관리법(1998).

조선민주주의인민공화국 재생에너지법(2013).

조선민주주의인민공화국 중소형발전소법(2007).

DPRK, *Intended Nationally Determined Contribution of Democratic People's Republic of Korea*(2016).

_____, “National Statement Democratic People's Republic of Korea High-Level Segment, UNFCCC COP 27”(2022).

_____, “Speech by Head of Delegation of DPRK at UNFCCC COP 25”(2019).

_____, *Updated Nationally Determined Contribution of the DPRK*(2019).

2. 국내 자료

1) 단행본

김경원·김민관·김영화·김혜진·원보경·이유진·정지순·최재현, 『2020 북한의 산업 I』 (서울: 산업은행, 2020).

김도훈·문태훈·김동환, 『시스템 다이내믹스』(서울: 대영문화사, 2001).

김동환, 『시스템 사고, 시스템으로 생각하기』(서울: 선학사, 2004).

김성진·한희진·박보라, 『한반도 탄소중립을 위한 남북 기후개발협력 방안 연구』(세종: 한국환경정책·평가연구원, 2021).

나용우, 『김정은시대 대외개방정책과 남북 에너지섹터스 구축에 관한 연구』(서울: 통일부, 2018).

명수정·김지영·임미영·황선훈·손기웅·안지호·김미자·강성대·주광수·성수호·Furna Rajbhandari·김성균·김영일·정태성·최현일·Stuart Thorson, 『한반도 기후변화 대응을 위한 남북협력 기반 구축 연구 Ⅲ』(세종: 한국환경정책·평가연구원, 2013).

명수정·최영은·최현일·Youngil Kim, 『북한의 기후변화 취약성과 기후변화 대응을 위한 남북협력(1)』(세종: 한국환경연구원, 2021).

서보혁·이무철·서정건·임상순·임형섭, 『대북 제재 현황과 완화 전망』(서울: 통일연구원, 2018).

이석기·권태진·민병기·양문수·이동현·임강택·정승호, 『김정은 시대 북한 경제개혁 연구: '우리식 경제관리방법'을 중심으로』(세종: 산업연구원, 2018).

이석기·변학문·나혜선, 『김정은 시대 북한의 산업 및 산업정책』(세종: 산업연구원, 2018).

차크라바르티, 디페시(Dipesh Chakrabarty), 『행성시대 역사의 기후』, 이신철 옮김 (서울: 에코리브르, 2023).

홍민·오경섭·정은아·한기범·양문수·차문석·전영선·김보근·박희진·최은주, 『북한 변화 실태 연구: 시장화 종합 분석』(서울: 통일연구원, 2018).

IPCC, 『지구온난화 1.5°C』(대전: 기상청, 2018).

2) 논문

고도연·송재민·윤순진, “시스템 사고로 지역주민 재생에너지 수용가능성 문제 열어보기,” 『환경정책』, 제30권 2호(2022), 29~66쪽.

김규일, “시스템 사고로 본 북한의 외교안보 딜레마와 향후 북한 비핵화 전망,” 『한국시스템다이내믹스 연구』, 제19권 3호(2018), 5~24쪽.

김민아, “북한의 농촌 공간계획의 특징에 관한 연구: 김일성 시기 도농연계이론을 바탕으로,” 『한국농촌건축학회논문집』, 제21권 4호(2019), 9~16쪽.

김신, “북한체제시장화와 불가역적 체제변화 가능성 분석,” 『통일과 평화』, 제12권 1호(2020), 47~79쪽.

- 김혁, “북한의 농촌지역 DB구축 방안과 농촌개발의 함의,” 『북한토지주택리뷰』, 제5권 2호(2021), 26~47쪽.
- 박민주, “북한 주민-전력 연결망의 재구조화와 기술·사회 변화,” 『북한연구학회보』, 제25권 2호(2021), 41~77쪽.
- _____, “북한 주민의 열에너지 기술·생활사: 2000년 이후 북한 주민의 비공식적 난방·취사 실천을 중심으로,” 『통일인문학』, 제89호(2022), 301~348쪽.
- 박영자, “남북관계 전략적 상호작용과 남북기본합의서 이행: 시스템 다이내믹스 분석과 전망,” 『통일정책연구』, 제20권 1호(2011), 25~58쪽.
- 박효민, “유엔 안보리의 대(對)북한 제재 연구: 분야별 주요 내용 및 주요국의 이행을 중심으로,” 『법제연구』, 제57호(2019), 183~212쪽.
- 박희진, “북한의 주택건설 현황과 생활환경 실태,” 『보건복지포럼』, 298(2021), 37~49쪽.
- 신정수, “북한 가구부문의 태양광패널 활용과 역할,” 『KDI북한경제리뷰』, 2023년 4월호(2023), 69~78쪽.
- 양문수, “지방경제를 통해 본 북한의 변화: 1990년대를 중심으로,” 『비교경제연구』, 제11권 2호(2004), 1~44쪽.
- 이동성·문태훈, “시스템다이내믹스를 이용한 한국의 신재생에너지 정책 발전 방향에 관한 연구,” 『환경정책』, 제27권 4호(2019), 1~12쪽.
- 이영훈, “김정은 시대의 경제: 핵무력 병진노선의 특징과 지속 가능성,” 『북한연구학회보』, 제19권 1호(2015), 1~26쪽.
- 이요셉, “2019년 북한-중국 무역동향과 시사점,” 『KITA 남북경협 리포트』(한국무역협회 남북협력실, 2020).
- 임수호, “북한 경제전략 변화의 정치동학: 이데올로기, 이익갈등, 경제정책,” 『INSS 연구보고서』, 2021-15(국가안보전략연구원, 2021).
- 임을출, “북한 지역 간 빈부격차 양태와 결정요인 분석,” 『통일문제연구』, 제28권 2호(2016), 91~126쪽.
- 정우진, “북한의 전력증산정책과 과제,” 『KDI 북한경제리뷰』, 5월호(2016), 3~15쪽.
- 정지순·최준혁, “북한의 태양에너지 개발 및 활용 현황,” 『북한포커스』(KDB산업은행 미래전략연구소, 2021), 3~5쪽.

조성은, “북한 주민의 소비생활 변화와 함의,” 『보건복지포럼』(2021), 6~20쪽.

조운재, “에너지 기본권에 관한 최근의 논의,” 『입법과 정책』, 제11권 1호(2019), 237~263쪽.

지혜론, “대북 제재가 인도주의 활동에 미치는 영향,” 『문화와 정치』, 제8권 1호(2021), 65~100쪽.

최장호·최유정, “2021년 북중 무역 평가: 경제난과 무역 정상화,” 『KIEP 오늘의 세계 경제』, 제22권 5호(대외경제정책연구원, 2022).

최지영, “대북제재 강화가 북한경제에 미치는 영향: 북중무역 감소의 파급효과를 중심으로,” 『KINU Insight』 2020-4호(통일연구원, 2022).

최현아·김관호, “김정은 시대 북한 농업정책과 교류협력 방향,” 『현대북한연구』, 제24권 2호(2021), 132~161쪽.

추병주·정운수, “시스템다이내믹스 방법론을 적용한 주민참여 유인 분석,” 『지방행정 연구』, 제20권 1호(2006), 131~164쪽.

표운신·히재영, “미국 의회의 대북제재 법안 통과 결정요인 분석,” 『연구방법논총』 제6권 3호(2021), 37~75쪽.

하상섭, “국제사회 극체제 변화 속 북한 국방력 강화가 북한 안보-경제 메커니즘에 미치는 영향,” 『한국시스템다이내믹스연구』, 제23권 2호(2022), 55~90쪽.

허선혜, “데이터마이닝을 활용한 북한 기상기후 연구 동향 분석: 1982~2022년 북한 학술지 논문을 중심으로,” 『동북아연구』, 제37권 2호(2022), 221~262쪽.

홍덕화, “기후불평등에서 체제 전환으로: 기후정의 담론의 확장 and 전환 담론의 급진화,” 『ECO』, 제24권 1호(2020), 7~50쪽.

3) 신문

“기후변화 고통’ 개도국 지원… 첫걸음 떼는 데 그쳤다,” 『한겨레』, 2022년 11월 20일.

“COP28, 개도국 위한 ‘기후 손실과 피해 기금’ 공식 출범,” 『서울경제』, 2023년 12월 1일.

4) 기타 자료

“김정은 북한 국무위원장 2019년 신년사<전문>,” SPN 서울평양뉴스, 2019년 1월 1일.

“발전량,” 전력통계정보시스템, <https://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/selectEkesKenGgnChart.do?menuId=010502>(검색일: 2023년 5월 11일).

“북한 김정은 2014년 신년사 전문,” YTN, 2014년 1월 2일.

“북한의 전력산업 현황: 부족한 전력 문제 타개를 위한 수력·태양광·풍력 등 신재생 에너지 확대 추진,” kotra 해외시장뉴스, 2022년 12월 28일, https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=520&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=247&bbsSn=247&pNttSn=199421(검색일: 2023년 2월 20일).

3. 국외 자료

1) 단행본

Crippa, M. et al., *JRC Science for Policy Report: GHG Emissions of All World Countries*(European Commission, 2023).

Harmeling, Sven and David Eckstein, *Global Climate Risk Index 2013* (GermanWatch, 2012).

IEA, *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021*(IEA, 2022).

UNICEF-DPRK, 2018, *2017 DPR Korea MICS*, UNICEF.

2) 논문

An, Yongjae, Haijun Cao and Cholu Kwon, “Modelling the impacts of challenging 2030 DPRK’s GHGs mitigation targets on DPRK’s energy system,” *E3S Web of Conferences*, Vol.145, No.2(2019).

Cao, Haijun, Yongjae An and Cholu Kwon, “The Influence of Energy System Model on Renewable Energy Policy Governance,” *Earth and*

Environmental Science(2020), pp.1~8.

Chentouf, Mohammed and Mohamed Allouch, "Assessment of renewable energy transition in Moroccan electricity sector using a system dynamics approach," *Sustainable Energy*(2020), pp.1~11.

Hidayatno, Akhmad, Regina Dhamayanti and Arry Rahmawan Destyanto, "Model conceptualization for policy analysis in renewable energy development in Indonesia by using system dynamics," *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, Vol.8, No.1(2019), pp.54~58.

Lee, Yong Suk, "International isolation and regional inequality: Evidence from sanctions on North Korea," *Journal of Urban Economics*, Vol.103 (2018), pp.34~51.

3) 기타 자료

Kim Eunjin, "Climate Change, Extreme Weather, and North Korea," Undercurrent: Contemporary North Korea Review(2023.6.17.), <https://undercurrentnk.blogspot.com/2023/06/climate-change-extreme-weather-and.html>(검색일: 2023년 10월 7일).

UNDP, *Terminal Tripartite Review Report*(2014).

Analysis and Implications of North Korean Rural Renewable Energy Diffusion Path through Systems Thinking

Kim, Eunjin(Seoul National University) ·

Ko, Doyeon(Seoul National University)

This study utilizes systems thinking to organize the distinctive aspects surrounding rural renewable energy deployment in North Korea into a causal map from which actionable recommendations are derived. A thorough examination of available data was conducted to elucidate North Korea's political, economic, and international stances related to the issue. System components were identified and their logical interconnections were scrutinized to construct the causal map. The system was broadly categorized into internal and external factors. Internal factors encompass North Korea's economic policies, regional disparities, self-reliance policies, and pathways for renewable energy deployment through markets. External factors include constraints on trade and development cooperation due to sanctions, responses to

climate change, and participation in international discussions. Numerous feedback loops and highly interconnected choke points were identified, unveiling factors that both impede and facilitate rural renewable energy deployment in North Korea. The causal map analysis underscored climate cooperation as a pivotal point for development cooperation in North Korea. As a recommendation, pathways for climate cooperation, including multilateral initiatives, should be revitalized with a focus on mutual benefits for cooperating actors.

Keywords: North Korean rural areas, renewable energy, systems thinking, climate change, energy rights