

북한 국내외 연구 동향 분석을 통한 남북 기후변화 연구 협력 가능성 탐색

Exploring the possibility of inter-Korean climate change research
cooperation through the analysis of domestic and international
research trends of North Korean researchers

결과보고서

윤순진, 김은진, 박정현

제1장 서론	6
1. 연구 배경 및 목적	6
2. 선행연구 검토	8
제2장 연구 범위 및 방법	12
1. 연구 범위	12
2. 연구 방법	12
제3장 북한 내 연구 동향 분석	19
1. 기후변화 연구 분석	19
2. 재생에너지 연구 분석	34
제4장 북한 해외 협력연구 동향 분석	50
1. 기후변화 연구 분석	50
2. 재생에너지 연구 분석	54
제5장 북한 국제 협력연구 기관과 사례 분석	60
1. 해외 연구 협력 대상 국가 및 기관 분석	60
2. 북중 연구 협력 현황	67
제6장 결론	71

표 목 차

<표 1> 북한 기후변화 연구동향 분석 관련 선행연구 내용 비교	9
<표 2> 기후변화 연구동향 분석 선행연구 키워드 목록	13
<표 3> 재생에너지 연구동향 분석 선행연구 키워드 목록	13
<표 4> 기후변화 및 재생에너지 논문 조사 키워드	14
<표 5> 기후변화 및 재생에너지 북한논문 조사 편수	15
<표 6> 기후변화 및 재생에너지 해외논문 조사 편수	16
<표 7> 학술지별 기후변화 논문 수	19
<표 8> 연도별 기후변화 논문 수	20
<표 9> 키워드별 기후변화 논문 수	20
<표 10> 기후변화 논문 제목 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	22
<표 11> 기후변화 논문 내용 파악정 이전, 2010-2015, 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	24
<표 12> 기후변화 논문 내용 파악정 이후, 2016-2022, 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	26
<표 13> 키워드 '큰물' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	28
<표 14> 키워드 '산림' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	29
<표 15> 키워드 '기후변화' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	31
<표 16> 키워드 '기후' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	32
<표 17> 키워드 '온난화' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	34
<표 18> 학술지별 재생에너지 논문 수	34
<표 19> 연도별 재생에너지 논문 수	35
<표 20> 키워드별 재생에너지 논문 수	36
<표 21> 재생에너지 논문 제목 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	38
<표 22> 재생에너지 논문 내용 파악정 이전, 2010-2015, 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	40
<표 23> 재생에너지 논문 내용 파악정 이후, 2016-2022, 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	41
<표 24> 키워드 '풍력' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	43
<표 25> 키워드 '수력' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	45
<표 26> 키워드 '난방' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	46
<표 27> 키워드 '태양열' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	48
<표 28> 키워드 '지열' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	49

<표 29> 학술지별 기후변화 논문(article) 수	50
<표 30> 연도별 기후변화 논문 수	52
<표 31> 기후변화 논문 초록 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	53
<표 32> 학술지별 재생에너지 논문(article) 수	55
<표 33> 연도별 재생에너지 논문 수	57
<표 34> 재생에너지 논문 초록 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)	58
<표 35> 기후변화 연구 참여 국가 목록	60
<표 36> 기후변화 공동 연구 저자 소속 기관 목록 및 논문 수	62
<표 37> 재생에너지 연구 참여 국가 목록	64
<표 38> 재생에너지 공동 연구 저자 소속 기관 목록 및 논문 수	66
<표 39> 중국 도시별 공동연구 기관 수 및 논문 수	67
<표 40> 면담 대상자 정보	68

그림 목 차

<그림 1> 연도별 기후변화 논문 수	20
<그림 2> 기후변화 논문 제목 워드 클라우드 분석(2010-2022)	21
<그림 3> 기후변화 논문 제목 네트워크 분석(2010-2022)	22
<그림 4> 기후변화 논문 내용 워드 클라우드 분석: 파리협정 이전, 2010-2015	23
<그림 5> 기후변화 논문 내용 네트워크 분석: 파리협정 이전, 2010-2015	24
<그림 6> 기후변화 논문 내용 워드 클라우드 분석: 파리협정 이후, 2016-2022	25
<그림 7> 기후변화 논문 내용 네트워크 분석: 파리협정 이후, 2016-2022	25
<그림 8> 키워드 ‘큰물’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)	27
<그림 9> 키워드 ‘큰물’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)	27
<그림 10> 키워드 ‘산림’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)	28
<그림 11> 키워드 ‘산림’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)	29
<그림 12> 키워드 ‘기후변화’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)	30
<그림 13> 키워드 ‘기후변화’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)	30
<그림 14> 키워드 ‘가물’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)	31
<그림 15> 키워드 ‘가물’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)	32
<그림 16> 키워드 ‘온난화’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)	33
<그림 17> 키워드 ‘온난화’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)	33
<그림 18> 연도별 재생에너지 논문 수	35
<그림 19> 재생에너지 논문 제목 워드 클라우드 분석(2010-2022)	37
<그림 20> 재생에너지 논문 제목 네트워크 분석(2010-2022)	37
<그림 21> 재생에너지 논문 내용 워드 클라우드 분석: 파리협정 이전, 2010-2015	39
<그림 22> 재생에너지 논문 내용 네트워크 분석: 파리협정 이전, 2010-2015	39
<그림 23> 재생에너지 논문 내용 워드 클라우드 분석: 파리협정 이후, 2016-2022	40
<그림 24> 재생에너지 논문 내용 네트워크 분석: 파리협정 이후, 2016-2022	41
<그림 25> 키워드 ‘풍력’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)	42
<그림 26> 키워드 ‘풍력’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)	43
<그림 27> 키워드 ‘수력’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)	44
<그림 28> 키워드 ‘수력’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)	44
<그림 29> 키워드 ‘난방’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)	45

<그림 30> 키워드 ‘난방’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)	46
<그림 31> 키워드 ‘태양열’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)	47
<그림 32> 키워드 ‘태양열’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)	47
<그림 33> 키워드 ‘지열’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)	48
<그림 34> 키워드 ‘지열’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)	49
<그림 35> 연도별 기후변화 논문 수	52
<그림 36> 기후변화 논문 영문 초록 워드 클라우드 분석	53
<그림 37> 기후변화 논문 영문 초록 네트워크 분석	54
<그림 38> 연도별 재생에너지 논문 수	57
<그림 39> 재생에너지 논문 영문 초록 워드 클라우드 분석	58
<그림 40> 재생에너지 논문 영문 초록 네트워크 분석	59
<그림 41> 기후변화 연구 참여 국가 네트워크 분석	61
<그림 42> 재생에너지 연구 참여 국가 네트워크 분석	65

제1장. 서론

1. 연구 배경 및 목적

1) 연구 배경

(1) 기후변화 취약 지역으로의 북한

- 북한은 기후변화에 취약한 국가로 저먼 워치(German Watch)의 국제 기후위기 지수(Global Climate Risk Index)의 기후 위기에 가장 취약한 국가들 중 7위를 차지(저먼 워치, 2013; 그 이후로는 자료 부족으로 평가에 불포함). 탈북민들도 북한 거주 시 기후변화를 경험했다고 보고하고 있음. 여름철 폭염, 겨울철 혹한 등을 경험한 주민이 전체 면접자 중 약 80%를 차지(명수정 외, 2013).
- 『로동신문』과 『민주노선』 기사에 나타난 기후변화 담론 변화를 살펴보면 김정일 시기 자력갱생 강조, 세계 위기 조명 등이 주로 다루어졌고 김정은 시기에는 기후변화 적응, 과학 농사, 산림 복구 등이 주로 등장함(윤순진 외, 2019). 특히 2020-2021년 북한 「로동신문」 기사에서 식량 생산 등에 영향을 미치는 ‘재해성 이상기후’에 대해 지속적으로 보도하며 ‘피해막이 대책’을 수립하고 ‘하천바닥파기’를 추진하는 등 이를 대비하기 위해 노력해야 한다고 언급하고 있음(「로동신문」, 2020과 2021). 북한은 기후변화 취약국가로 북한 당국도 기후변화에 따른 피해를 인지하고 이를 적극 다루고 있음.

(2) 에너지 확보 전략 및 기후변화 대응을 위한 재생에너지 강조

- 북한은 1990년대 경제 위기 이후 중앙 주도로 에너지를 공급하기 어려워짐에 따라 지방 스스로 에너지를 확보하도록 하는 법적, 제도적 조치를 취함. 「중소형발전소법」(2007)과 「재생에너지법」(2013)을 제정하여 농촌을 비롯한 지방에서 스스로 에너지를 확보하도록 법적으로 정비함. 그 결과 북한 발전소 중 중소형 수력발전소는 약 220개로 북한 발전소(에너지 기업 포함)의 80.9%를 차지하며 대부분 2000년대 이후 증

가한 것으로 확인됨(이석기 외, 2018).

- 2016년 북한은 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)에 2030년 국가결정기여(Nationally Determined Contribution, NDC)를 제출하여 기후변화 완화를 위한 목표를 제시함. 특히 에너지 부문에 대해 에너지 효율 증가 및 에너지 소비 감소(목표 2), 전력 산업에서의 에너지 효율 개선과 대체 에너지 이용 장려(목표 3), 재생에너지 개발 이용 확대(목표 4)를 목표로 제시함. 구체적 실행 지표의 경우 재생에너지 활용, 에너지 효율 개선, 에너지 소비 감소 등에 대한 지표를 제시함(DPRK, 2016).
- 2021년 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs) 이행 보고를 위해 UN에 제출한 자발적 국가 검토 보고서(Voluntary National Review, VNR)에서도 북한은 기후변화(목표 13) 관련 향후 계획에 재난 위험경감대책 이행, 국가 온실가스 감축계획 이행, 기후변화 인식 제고 등을 제시하고 있음. 에너지 부문(목표 7)의 경우 전력 생산량 목표 증대와 함께 재생에너지 이용 확대, 에너지 절약형 국가경제 달성, 친환경 원료 활용 촉진 등을 향후 계획으로 제시함(DPRK, 2021).
- 북한에서도 에너지원 확보 차원에서 재생에너지를 활용할 뿐만 아니라 지구온난화의 주요 원인인 화석연료 사용의 문제점을 거론하고 이에 대해 재생에너지를 확대할 것을 『로동신문』을 통해 언급하고 있음. 또한 북한 각 지역에서 재생에너지를 활용하여 전력 및 열을 생산하고 있다는 보도가 이어지고 있음. 『로동신문』 및 「조선중앙통신」 보도를 통해서도 평양 등 주요 도시와 공장 등 주요 시설(예: 평양 류원신발공장, 평양화장품공장, 개성시 정보통신국, 사리원시 사리원담공장 등)을 중심으로 재생에너지를 활용하고 있다는 내용을 확인할 수 있음. DailyNK 보도에 의하면 주택(살림집)에 태양광 패널 설치가 증가해 북한 주민들의 혼수품 구매 방식이 변화하고 있으며 태양광발전소 설치를 위해 주민에게 건설 비용을 부담시켜 갈등이 생기는 등의 상황이 발생하고 있음(DailyNK, 2019; 2021). 이를 통해 재생에너지가 북한 주민들의 삶에 자리 잡고 있다는 사실을 확인할 수 있음.

2) 연구 필요성

- (1) 기후변화 및 재생에너지 관련 북한 내 연구 현황 파악 필요
- 북한에서도 정책 실행 전 『경제연구』 등 기관지와 학술지를 통해 연구를 수행하고 이를 향후 정책에 반영하고 있는 것으로 확인됨. 기후변화와 재생에너지 분야에 대해서는 자연에너지 산업 발전 및 산림 조성 등에 대한 내용이 다루어졌음(김성금, 2012; 양태혁, 2017).
 - 『경제연구』 외에 『김책공업종합대학학보』, 『농업수리화』 등 국내에서 확인할 수 있는 다양한 북한 학술지 자료를 통해 기후변화와 재생에너지 관련 연구 동향을 파악할 필요가 있음.
- (2) 해외 연구 분석을 통한 북한 연구자들의 관심분야 파악 필요
- 북한 연구자들의 국제학술지 논문 게재가 증가하고 있는 추세로 관련 내용에 대해 파악하고 분석하여, 북한 학자들의 관심사 및 향후 연구 협력이 가능한 분야를 발굴할 수 있음.
 - 남북이 공동으로 대응해야할 문제인 기후변화에 북한 연구자들의 관심을 파악하여 향후 기후변화 및 재생에너지 분야 연구 협력을 추진하기 위한 기틀을 마련할 필요가 있음.

2. 선행연구 검토

1) 북한 문헌 분석 선행연구 검토

- (1) 기후변화 분야 북한 문헌 분석 선행연구 검토
- 북한의 기후변화 연구 동향 분석에 대한 선행연구로는 이승욱 외(2017)와 허선혜(2022)의 연구가 있음. 이승욱 외(2017)는 2007년부터 2016년까지 북한의 기상기후 연구 동향을 분석하였으며, 북한 학술지 『기상과 수문』을 중심으로 조사하였으며 기상, 기후, 농업 및 의학 분야 기상 부문, 수문 및 해양 부문, 관측장비 부문 등에 어떤 연구들이 수행되었는지

- 검토함. 구체적인 내용 분석과 동시에 연구자 현황, 연구 주제 분포, 기상기후 관련 기술 수준을 분석하였음. 허선혜(2022)는 『기상과 수문』, 『과학원통보』, 『정보과학과 기술』, 『기술혁신』, 『산림과학기술통보』 등 북한에서 발행되는 42종의 학술지를 검토함. 데이터마이닝 기법을 활용하여 기상과 수문 분야의 세부 주제별로 연구 동향을 분석하였음.
- 산림 분야 연구로 김기대 외(2019), 최현아 외(2021), 임중빈 외(2020)의 연구가 확인됨. 김기대 외(2019)는 산림 분야 연구 동향 분석을 위해 『과학원통보』, 『지질과지리』, 『기상과 수문』, 『농업수리화』 등 32개 학술지를 검토하였으며 사방구조물, 산림 및 수문에 대한 연구를 종합 검토하고 키워드 분석을 실시함. 최현아 외(2021)는 『산림과학』을 중심으로 2013년부터 2019년까지의 자료를 검토함. 연구 동향 분석을 통해 북한 연구자들이 산림복구사업을 중심으로 산림 분야 육종 및 임농복합경영을 연구하고 있다는 점을 밝힘. 임중빈 외(2020)는 1962년에서 2016년까지의 북한 산림과학 연구 동향을 파악함. 『산림과학』, 『생물학』, 『김일성종합대학학보-자연과학』 등 18개의 학술지를 참고하였으며 산림과학 분야와 관련하여 세부 키워드별로 연구 동향을 분석함.
- 선행연구의 분석 방법 및 키워드 선정 방법, 검색기간과 조사 논문 수 등에 대한 내용은 <표 1>에 요약하였음.

<표 1> 북한 기후변화 연구동향 분석 관련 선행연구 내용 비교

선행연구	주제	분석방법	키워드 선정방법	논문검색 사이트	검색기간	조사논문 수	분석 프로그램	분석내용
김기대 외(2019)	북한 사방공학 분야 연구 동향 분석	텍스트 마이닝 (논문 내용 분석)	북한 사방공학 관련 문헌 (논문 내용 분석)	북한과학기술네트워크	1960-2016년	146편	VOSviewer(ver 1.6.10)	논문 제목 대상 단어 출현 빈도 분석
이승욱 외(2017)	북한 기상기후 연구 동향 분석	내용 질적 분석	『기상과수문』 학술지 전체	기상청 국가기후데이터센터, 국립기상과학원 보유 자료	2007-2016년	844편	-	연구자 현황, 연구 주제 분포, 기상기후 관련 기술 수준 분석
임중빈 외(2020)	북한 산림과학 연구 동향 분석	데이터 마이닝	국가과학기술표준분류체계-산림과학 분야 용어	북한과학기술네트워크	1962-2016년	1,389편 (18개 학술지)	R 패키지	각 학술지별 특징, 주제별 연구 동향(연도별) 작성
진경일 외(2022)	북한 환경연구 동향 분석	내용 질적 분석	친환경 건축용어 저자 선정	통일부 북한자료센터	1990-2018년	『조선건축』 111편	-	주제별 연구 내용 요약 정리(제목 중심)

선행연구	주제	분석방법	키워드 선정방법	논문검색 사이트	검색기간	조사논문 수	분석 프로그램	분석내용
최현아 외(2021)	북한 산림 동향 분석	기초통계 내용 및 질적 분석	한국표준산업분류(KSIC) 중 1차 산업 부문 분류	-	20113-2019년	『산림과학』 317편	-	주제별 빈도 분석 및 키워드 분석
허선희 (2022)	북한 기후 동향 분석	데이터 마이닝	국가과학기술정보센터(기상 관련 단어)	북한 과학기술네트워크	1982-2022년	1,263편 (23개 학술지)	웹크롤링 / 통계 분석	논문 발표 빈도 분석, 논문 제목 분석

(2) 재생에너지 분야 북한 문헌 분석 선행연구 검토

- 재생에너지 분야 북한 문헌 연구 동향 분석의 경우 확인되지 않았으며 태양광, 풍력 같은 특정 에너지를 주제로 분석을 하거나 향후 남북 에너지 협력을 주제로 수행된 연구들이 확인됨.
- 특정 에너지원 연구로 북한 주민의 태양광 패널 활용 현황을 조사한 신정수(2023), 태양광 기술 관련 연구인 정지순 외(2021) 등의 연구가 있으며 풍력의 경우 북한 풍력 자원을 분석한 윤준희 외(2010)와 남북 풍력자원을 비교평가한 이정태 외(2019)의 연구가 있음.
- 남북 재생에너지 협력 방안을 모색한 연구로 배성인(2010), 윤순진 외(2010), 김윤성 외(2018), 허준영 외(2018) 등의 연구가 수행되었음.

(3) 선행연구 검토 결과

- 북한 기후변화 관련 연구에 대해 종합적으로 분석한 연구가 미비하였으며, 데이터 분석 연구는 논문제목만을 분석하여 북한 연구의 구체적인 내용을 파악하기 어려웠음.
- 재생에너지 연구 동향의 경우 국내외 선행연구 중 확인된 연구는 없기에 이 연구를 통해 북한 재생에너지 연구에 대한 함의를 도출할 수 있을 것으로 기대됨.

2) 해외 연구 분석 선행연구 검토

(1) 기후변화 및 재생에너지 분야 해외연구 분석 선행연구 검토

- 북한 학자의 기후변화 및 재생에너지 분야 해외학술논문에 대한 연구 동

향 분석 선행연구는 확인되지 않았으며, 해외학술논문에 대한 분석은 과학기술 분야 논문 연구 동향 분석이 주로 이뤄짐.

- 북한 연구자들의 해외학술논문에 대해서는 자료 정리 및 계량 분석을 시행한 연구들이 있음. 김유일(2021)은 1986년에서 2019년 사이에 북한에서 해외에 발표한 논문을 계량 분석하여 과학기술 연구개발의 동향 변화를 파악하였고 발표된 논문들의 연구자, 연구기관, 연구기관 비중 등을 분석함. 최현규 외(2017)는 2007년부터 2016년 기간 북한 과학자들의 국제학술논문(SCOPUS) 게재 동향을 분석하고 각 연구자들의 연구 분야, 해외 협력 기관, 발행 논문 수 등을 정리함.
- 북한의 중국과의 학술 협력 분석 논문으로 노경란 외(2016)와 윤정원(2020)의 연구가 있음. 노경란 외(2016)는 국제학술지에 게재된 북한 논문들을 검토하여 북한의 과학기술 지식 생산을 위한 공동연구 네트워크를 분석함. 이를 통해 북한이 중국을 중심으로 공동연구를 수행하였으며, 북한 연구기관 중 김일성종합대학, 국가과학원, 김책공업종합대학, 리과대학 등이 국제학술활동에 활발히 참여하고 있는 것을 확인함. 윤정원(2020)은 북한과 중국의 과학기술협력을 분석함. 해외학술논문(SCOPUS)으로 등록된 국제학술지 공저자 논문을 추출하여 네트워크 분석을 하였으며 트리플헬릭스(Triple Helix) 이론 모델을 적용하여 분석을 실시함. 분석 결과 양국간 과학기술협력이 2010년도를 기점으로 중요한 협력주제로 변화하고 있는 것을 확인함.

(2) 선행연구 검토 결과

- 기후변화 및 재생에너지 분야 분석보다는 과학기술 분야 논문 전체를 대상으로 분석한 연구가 대부분으로, 연구 내용 분석이 아닌 연구자 명단 분석, 기관 분석 및 관계를 중심으로 연구가 수행되었음. 따라서 기후변화와 재생에너지 분야에 어떤 연구 주제들이 선호되고 있는지에 대해서는 충분히 연구되지 않은 상태임을 알 수 있음.

제2장 연구 범위 및 방법

1. 연구 범위

- 김정은 위원장 집권 후 발행된 논문을 대상으로 함. 단, 김정은 정권의 시작은 2011년 12월이나 2010년부터 살림집 건설 등 내부 사업을 추진한 것으로 확인되어 2010년부터 조사하였으며, 2010년부터 2023년까지 발행된 연구를 대상으로 함. 2023년 자료의 경우 2023년 말까지 발행된 논문들을 전부 포함하기 어려워 조사 당시까지 발행한 자료를 수집함.

2. 연구 방법

1) 분석 키워드 선정

- 분석 키워드의 경우 북한 논문과 해외 논문 조사 시 같은 단어를 사용하되 북한 논문은 별도의 북한어가 있을 경우 북한어를 활용하였으며, 해외 논문은 영어로 번역하여 선정함.

(1) 기후변화 논문 조사 키워드 선정

- 기후변화 논문 조사 키워드 선정 시 선행연구에서 활용한 키워드를 참고함. 국내 선행연구 중 최충익 외(2012)는 기후변화 연구에 대한 사회연결망을 분석하면서 ‘기후변화’ 키워드를 입력하여 자료를 추출함. 이봉우 외(2020)는 Web of Science의 교육학 분야 논문을 조사하면서 “climate change”를 검색키워드로 선정함.

- 기후변화 연구동향 분석 관련 해외 연구 중 Felipe Romero-Perdomo et al.(2023)은 기후변화 및 순환경제 연구 동향 분석을 진행하면서 climat* chang*, global warming*, circular econom* 등 다양한 키워드를 선정하여 조사함. Johanna Nalau et al(2021)의 경우에도 기후변화 적응 및 기후위기 관리 연구 동향 분석 시 climate change adapt*, climat* chang* adjustment 등의 키워드를 활용함.

- 선행연구에서 활용한 기후변화 논문 조사 키워드는 <표 2>와 같음.

<표 2> 기후변화 연구동향 분석 선행연구 키워드 목록

선행연구	분석 주제	조사 논문	조사 키워드	선정 논문 편수
이봉우 외(2020)	기후변화 교육 연구 동향 분석	Web of Science, 교육학 분야 SSCI급 논문	climate change	194편
최충익 외(2012)	기후변화 연구에 대한 사회연결망 분석	RISS 등록 한국연구재단 등재지 논문	기후변화	197편
Felipe Romero-Perdomo et al(2023)	기후변화/순환경제 연구동향 분석	SCOPUS/Web of Science 등록 논문	climat* chang*, climat* warming*, climat* negotiat*, climat* mitigat*, climat* resilience, climat* vulnerability, Greenhouse gas, Greenhouse development goal 13, climat* action, circular econom*	SCOPUS 789편, Web of Science 614편(조사 후 중복 논문 제외)
Johanna Nalau et al(2021)	기후변화 적응/기후위기 관리 연구동향 분석	SCOPUS/Web of Science 등록 논문	climat* chang* adapt*, climat* adapt*, climat* chang* adjustment, coping with climat* chang*	SCOPUS 10,274편, WEB OF SCIENCE 8,586편 (조사 후 중복된 논문 7,070편 제외)

(2) 재생에너지 논문 조사 키워드 선정

- 재생에너지 논문 조사 키워드 선정 시 선행연구에서 활용한 키워드를 참고함. 국내 선행연구는 확인되지 않았으며, 해외 논문 중 Rodrigo A. Estévez et al(2021)이 renewable energ*, geothermal 등의 키워드를, José Luis Aleixandre-Tudó et al(2019)이 biomass, hydroelectric, solar 등의 키워드를 활용함.

- 선행연구에서 활용한 재생에너지 논문 조사 키워드는 <표 3>과 같음.

<표 3> 재생에너지 연구동향 분석 선행연구 키워드 목록

선행연구	분석 주제	조사 논문	조사 키워드	선정 논문 편수
José Luis Aleixandre-Tudó et al(2019)	재생에너지 연구동향 분석	Web of Science 등록 논문	biomass, geothermal, hydroelectric, solar, ocean, wind, all of them combined with energy*, renewable energy*	12,167편
Rodrigo A. Estévez et al(2021)	재생에너지 연구동향 분석	Web of Science 등록 논문	renewable energ*, bioenerg*, geothermal, photovoltaic, solar energ*, wind energ*, wave energ*, marine energ*	184편

(3) 조사 키워드 선정

- 선행연구 검토 결과 연구자마다 주제에 맞춰 키워드를 선정하고 있는 것을 확인함. 따라서 기후변화와 재생에너지 관련 키워드를 선행연구 키워드를 참고하여 최종적으로 기후변화와 재생에너지 분야별로 <표 4>와 같이 선정함.

<표 4> 기후변화 및 재생에너지 논문 조사 키워드

구분	주제	선정 키워드
북한 논문	기후변화	가뭄, 기상이변, 기후변화, 기후위기, 령탄소, 녹색건축, 녹색경제, 산림, 순환경제, 온난화, 온실가스, 온실효과, 원림, 이상기후, 재해성, 큰물, 탄소중립, 폭우
	재생에너지	난방, 령에네르기, 메탄가스, 생물질, 수력, 수소, 자연에네르기, 재생에네르기, 조력, 조수력, 중소형발전소, 지열, 태양빛, 태양열, 파력, 폐열, 풍력, 해양에네르기
해외 논문	기후변화	abnormal climate, carbon neutrality, circular economy, climate action, climate adaptation, climate change, climate crisis, climate mitigation, climate negotiate, climate policy, climate resilience, climate warming, climate vulnerability, disaster, drought, flood, forest, global warming, green architecture, green economy, greenhouse effect, greenhouse gas, heavy rain, net zero, zer carbon
	재생에너지	bio energy, biomass, geothermal, hydrogen, hydroelectric, marine energy(power), photovoltaic, renewable energy, solar(energy/heat), tidal energy(power), waste heat, water power, wave power, wind power, zero energy

2) 연구 방법

- 북한 논문의 경우 북한과학기술네트워크에 기재되어 있는 연구 목록을 활용하였으며, 해외 논문은 SCOPUS와 Web of Science 자료를 활용함. 키워드 네트워크 분석을 위해 활용한 프로그램은 NetMiner 4x64로 엑셀 파일로 수집 및 정제한 자료를 프로그램에서 활용하여 워드 클라우드 분석 및 네트워크 분석을 진행함.

(1) 북한 논문 자료 추출 및 정제 방법

① 북한 논문 자료 추출

- 북한과학기술네트워크에 기재되어 있는 연구 목록에 대한 웹크롤링을 진행하여 총 73,797건을 추출함. 이 중 논문 제목을 대상으로 키워드를 적용하여 자료를 추출하였고 제목과 내용 확인 후 관련 없는 일부 논문은

목록에서 삭제함.

- 조사 논문 수는 기후변화 545편, 재생에너지 476편임.

② 북한 논문 본문 텍스트화 진행

- 조사한 논문 중 통일부 북한자료센터에서 확보 가능한 논문 원본을 복사하여 본문에 대한 텍스트화를 진행함. 학술지마다 논문 구성이 달라 텍스트화 진행 시 표, 그림, 초록, 참고문헌, 핵심어는 포함하지 않고 본문 내용만 포함함.

- 통일부 북한자료센터 소장자료의 경우 2020년-2021년과 2023년 자료는 소장되어 있지 않아 해당 년도 자료는 본문 분석에 포함하지 않음.

- 텍스트화를 완료한 논문은 기후변화 384편, 재생에너지 392편임.

- 키워드별 조사된 논문 및 텍스트화가 완료된 논문 수를 <표 5>로 요약함.

<표 5> 기후변화 및 재생에너지 북한논문 조사 편수

기후변화			재생에너지		
조사 키워드	조사 편수	텍스트화 완료 편수	조사 키워드	조사 편수	텍스트화 완료 편수
가뭄	50	37	난방	66	60
기후변화	46	39	령에네르기	9	8
령탄소	3	2	메탄가스	2	1
녹색건축	22	13	생물질	13	8
녹색경제	3	3	수력	100	86
산림	192	121	수소	5	2
순환경제	7	7	자연에네르기	10	6
온난화	22	21	재생에네르기	2	2
온실효과	2	2	조수력	7	7
원림	27	16	중소형발전소	4	4
이상기후	2	2	지열	52	47
재해성	7	4	태양빛	72	44
큰물	166	122	태양열	60	54
폭우	8	4	파력	4	4
-	-	-	폐열	5	4
-	-	-	풍력	113	96
-	-	-	해양에네르기	1	1
합계(검색 중복 편수 제외)	545	383	-	476	392

(2) 해외 논문 자료 추출

- SCOPUS 등록 논문의 경우 자료 검색 시 affiliation에서 North Korea로 검색하였고, 2,595건이 추출됨(추출일: 2023년 12월 20일). 이 중 논문 title, abstract, author keywords, index keywords에 선정한 키워드를 검색하여 논문을 추출함.
- Web of Science의 경우 affiliation에서 국가 검색이 되지 않아 조사 키워드를 입력하여 확인되는 논문을 대상으로 함. 검색된 논문 중 country/regions에 North Korea로 등록된 학자를 확인하여 각 키워드별 연구 대상 논문을 추출함(추출일: 2023년 12월 15일).
- Scopus 조사 논문 중 기후변화 69편, 재생에너지 44편이 확인되었으며, Web of Science 조사 논문 중 기후변화 81편, 재생에너지 123편이 확인됨. 중복 논문(기후변화 32편, 재생에너지 22편)을 제외하고 총 분석 대상 논문은 기후변화 118편, 재생에너지 145편임.
- <표 6>으로 키워드별 조사된 논문 수를 요약함.

<표 6> 북한 학자가 참여한 기후변화 및 재생에너지 해외논문 편수

Climate Change			
Scopus	조사 편수	Web of Science	조사 편수
abnormal climate	-	abnormal climate	1
circular economy	2	circular economy	-
climate change	16	climate change	17
climate mitigation	1	climate mitigation	-
climate policy	-	climate policy	3
climate warming	1	climate warming	5
disaster	4	disaster	3
drought	5	drought	6
flood	8	flood	6
forest	25	forest	46
global warming	11	global warming	8
green architecture	-	green architecture	2
greenhouse effect	2	greenhouse effect	2
greenhouse gas	6	greenhouse gas	5
heavy rain	3	heavy rain	-
net zero	-	net zero	2
zero carbon	-	zero carbon	1
합계(검색 중복 편수 제외)	69		81
Renewable Energy			
Scopus	조사 편수	Web of Science	조사 편수
bio energy	-	bio energy	4
biomass energy	1	biomass energy	5
geothermal energy	2	geothermal energy	2

geothermal heat	1	geothermal heat	2
hydrogen energy	8	hydrogen energy	29
hydropower	1	hydropower	-
marine energy	-	marine energy	8
methane energy	1	methane energy	2
methane heat	-	methane heat	1
photovoltaic	15	photovoltaic	11
renewable energy	9	renewable energy	10
solar energy	4	solar energy	23
solar heat	1	solar heat	2
tidal energy	1	tidal energy	1
waste energy	1	waste energy	24
waste heat	1	waste heat	8
wave energy	-	wave energy	29
wind energy	-	wind energy	2
zero energy	2	zero energy	10
합계(검색 중복 편수 제외)	44		134

(3) 자료 분석 시 고려 사항

- 워드 클라우드 분석의 경우 출현빈도 상위 500개 단어를 대상으로 워드 클라우드를 구성함.
- 네트워크 분석과 관련하여 단어 관계성 지정 시 문서(Documents)를 동시 등장 범위로 하여 1개 문서 내에서 등장한 단어 간의 관계 링크를 생성하도록 지정함. 바로 인접한 2개 단어끼리 링크를 생성하도록 하였으며 한 번이라도 연결된 모든 링크를 추출하였음.
- 선후관계의 경우 동시출현을 기준으로 링크가 생성되기에 선후관계 고려 없이 방향성 없는 네트워크로 지정하였으며 동일한 단어가 인접할 경우 자기순환적 링크가 형성되는 것을 방지하였음.
- 링크 가중치(weight)이 아닌 문서 간 링크 등장 수를 고려하여 링크 등장 수의 합계를 적용함.
- 키워드 네트워크 분석에 있어 단어 전체 분석을 실시할 경우 형성된 네트워크가 많아 관계성을 파악하기 어려움. 따라서 해외 연구 분석의 경우 연결 중심성(degree)을 고려하여 20여 개의 단어를 추출하였으며, 국내 연구 제목 분석의 경우 상위 5%, 내용분석의 경우 상위 1% 단어만을 대상으로 하여 네트워크 분석을 실시함.

① 북한 논문 분석 시 고려 사항

- 북한어 사전은 통일부 북한자료센터 북한용어사전을 엑셀파일로 추출하

여 지정어로 활용함. 단어 명단 중 ‘-다’로 끝나는 단어는 동사로 간주하고 삭제함.

- 연구라는 연구대상의 특성상 당연히 많이 등장할 수밖에 없는 단어(‘연구’, ‘방법’, ‘평가’)는 제외함.
- 영어 단어의 경우 제목에 기재되어 있는 영어단어만 포함함.
- 자료 분석 시 제목 분석은 조사한 전체 논문을 대상으로 하였고 본문 분석의 경우 수집한 자료만을 활용하여 분석을 진행함.
- 키워드별 논문 본문 내용 분석 시 해당하는 키워드를 제외하고 분석을 진행함(예: ‘풍력’ 키워드 포함 논문 내용 분석 시 ‘풍력’ 키워드는 제외하고 분석).

② 해외 논문 분석 시 고려 사항

- 대부분의 논문에 논문 초록이 없는 북한 논문과 달리 해외 논문의 경우 논문 초록에 연구에 대한 내용을 요약하여 기재하고 있어 논문 초록을 대상으로 분석을 시행함.
- 워드 클라우드 분석 및 네트워크 분석 시 적용한 동의어로 data, datum을, 지정어로 climate change를 설정하였으며 논문 특성상 자주 등장하는 단어인 analysis, content, method, paper, result, study를 제외어로 지정함. 재생에너지 논문 분석의 경우 제외어에 energy를 추가하였음.

제3장 북한 내 연구 동향 분석

1. 기후변화 연구 분석

1) 기초 정보

- 학술지별 조사 논문 수를 보면 『기상과 수문』, 『농업수리화』, 『산림과학』과 같은 기상, 농업, 산림을 주로 다루는 특정 학술지에서 기후변화 관련 연구가 주로 수행되고 있는 것을 확인함. 그 외에 『기계공학』, 『예방의학』과 같은 학술지는 관련 연구를 거의 수행하고 있지 않아 기후변화를 연구하는 학문 분야의 폭이 넓지 않았음을 알 수 있음.

<표 7> 학술지별 기후변화 논문 수

학술지명	조사 편수(A)	텍스트화 완료 편수(B)	비율(%)*
경제연구	24	24	100
과학원통보	13	11	85
기계공학	1	1	100
기상과 수문	119	93	78
기술혁신	8	4	50
김일성종합대학학보-경제학	2	2	100
김일성종합대학학보-생명과학	4	3	75
김일성종합대학학보-자연과학	29	29	100
김일성종합대학학보-지구환경과학및지질학	33	17	52
김책공업종합대학학보	1	1	100
농업수리화	103	79	77
농업연구원학보	1	1	100
분석	1	1	100
산림과학	70	46	66
산림과학기술통보	42	12	29
생물학	13	12	92
예방의학	1	1	100
전기, 자동화공학	1	1	100
정보과학과 기술	8	1	13
조선건축	41	28	68
조선약학	1	1	100
지질 및 지리과학	26	18	69
컴퓨터와 프로그래밍기술	3	2	67

주: *은 조사 편수 대비 텍스트화 완료된 논문 수 비율로 B/A*100으로 구함

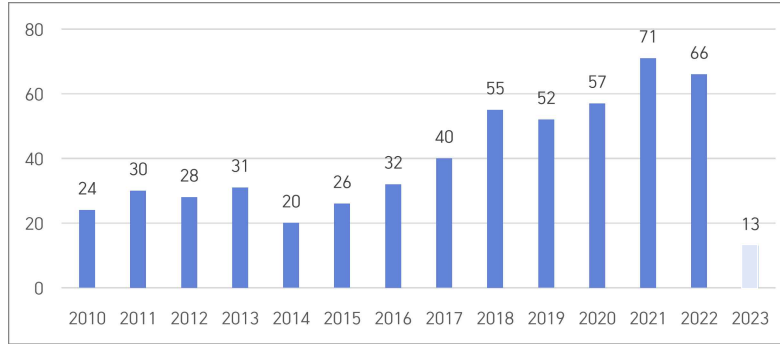
- 연도별 조사 논문 수를 보면 김정은 시기 꾸준히 관련 연구를 수행해온 것으로 나타나며 특히 2018년부터 연구 수가 증가하였음.

2) 논문 제목 분석

– 두 주요 키워드 ‘산림’, ‘큰물’의 빈도수가 높았고, ‘산림’의 경우 ‘토지’, ‘생태’, ‘수종’, ‘조성’ 등과, ‘큰물’의 경우 ‘조절’, ‘류출’, ‘류역’, ‘피해’ 등과 강한 연결을 보여 ‘산림’, ‘큰물’ 각각 다른 단어들이 연결되어 이원화된 기후변화 연구의 경향이 뚜렷이 드러남.

<표 8> 연도별 기후변화 논문 수

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
24	30	28	31	20	26	32	40	55	52	57	71	66	13



주: 2023년은 6월까지만 포함함. 1년치가 아니라서 막대 색깔을 달리함.

<그림 1> 연도별 기후변화 논문 수

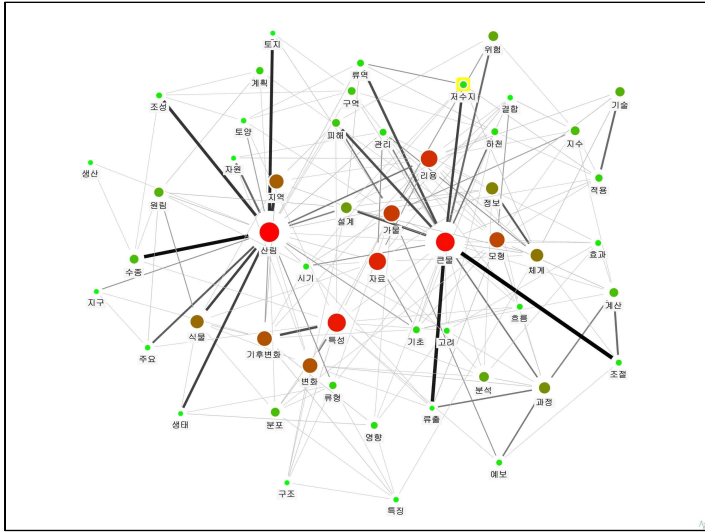
– 키워드 당 연도별 기후변화 논문 건수를 보면 ‘큰물’, ‘산림’, ‘기후변화’, ‘가물’, ‘온난화’ 순으로 관련 연구가 많음.

<표 9> 키워드별 기후변화 논문 수

키워드	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	총계	순위
가물	3	1	1	2	2	1	3	5	6	5	0	0	9	38	4
기후변화	3	1	6	4	6	4	1	3	4	1	0	0	6	39	3
령탄소	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	11
목색건축	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	0	0	0	14	7
목색경제	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3	10
산림	4	8	10	9	4	12	8	3	13	22	2	1	25	121	2
순환경제	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3	1	0	0	7	8
온난화	2	4	3	5	0	2	1	2	2	0	0	0	0	21	5
온실효과	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11
원림	1	0	1	1	0	2	3	6	3	1	0	0	1	19	6
이상기후	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	11
재해성	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	9
큰물	6	14	8	10	8	6	13	13	14	11	0	0	21	124	1
총계	21	30	30	31	20	27	32	38	48	47	5	1	66	396	



<그림 2> 기후변화 논문 제목 워드 클라우드 분석(2010-2022)



<그림 3> 기후변화 논문 제목 네트워크 분석(2010-2022)

<표 10> 기후변화 논문 제목 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도 수	순위	단어	연결 링크 수
1	산림	200	1	산림	101
2	큰물	143	2	큰물	75
3	자료	54	3	특성	42
4	특성	52	4	자료	41
5	가물	48	5	리용	37
6	기후변화	47	6	가물	34
7	영향	41	7	모형	33
8	리용	38	8	기후변화	31
9	변화	37	8	변화	31
10	모형	36	10	지역	29
11	체계	35	11	식물	28
12	설계	34	12	체계	26
13	계산	31	13	정보	25
14	과제	30	14	과정	24
15	식물	29	15	설계	23
15	원림	29	16	분석	21
15	지역	29	16	위험	21
18	위험	28	18	기술	20
18	저수지	28	18	원림	20
18	정보	28	20	계산	19
			20	분포	19
			20	수종	19
			20	지수	19

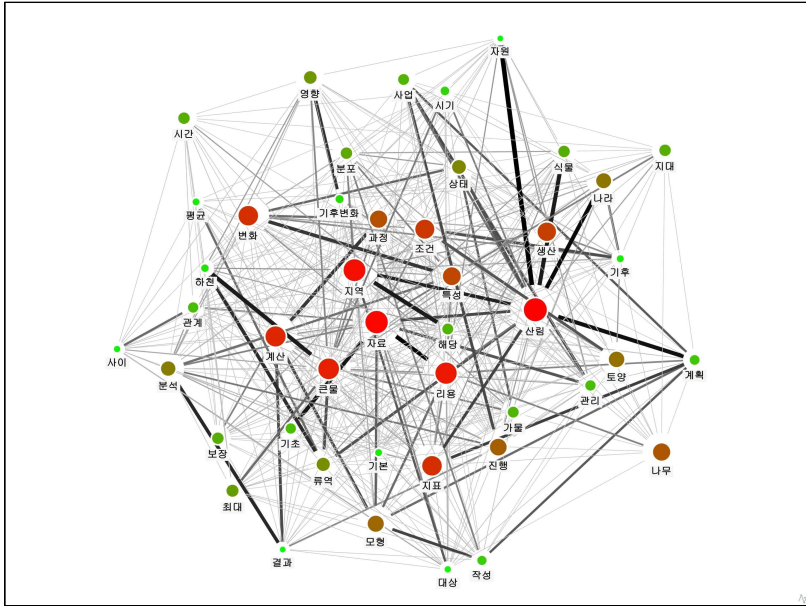
3) 본문 분석

(1) 파리협정 채택 전후 비교 분석

- 2015년 채택된 파리협정 전후 연구 경향에 차이가 있는지 알아보기 위해 2015년 이전과 이후 연구를 각각 분석하여 비교함.
- ‘큰물’과 강하게 연결된 단어로 ‘저수지’가 새로이 등장하고, ‘산림’과 강하게 연결된 단어로 ‘생태’가 등장하는 등의 차이가 발견됨.
- 하지만, 그 외에 ‘큰물’, ‘자료’와 연결되어 등장하는 단어들 간에 괄목할 만한 차이는 드러나지 않으며, ‘산림’, ‘큰물’, ‘자료’에 대한 주된 관심 또한 큰 변화를 보이지 않음.



<그림 4> 기후변화 논문 내용 워드 클라우드 분석: 파리협정 이전, 2010-2015



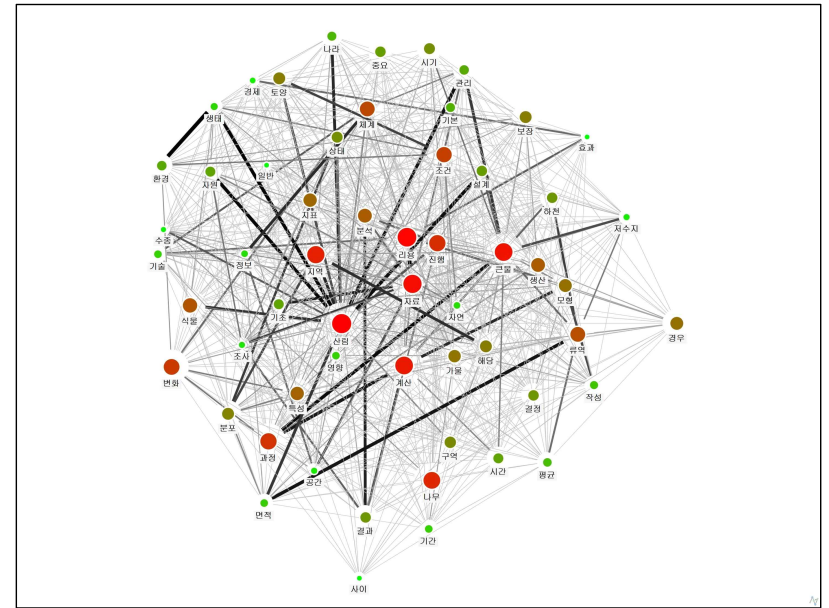
<그림 5> 기후변화 논문 내용 네트워크 분석: 파리협정 이전, 2010-2015

<표 11> 기후변화 논문 내용: 파리협정 이전, 2010-2015, 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	산림	1303	1	산림	357
2	자료	1011	2	자료	326
3	큰물	798	3	지역	308
4	지역	609	4	리용	285
5	리용	587	5	큰물	247
6	지표	474	6	계산	211
7	계산	468	7	변화	203
8	나라	373	7	지표	203
9	변화	364	9	조건	177
10	나무	355	10	생산	171
11	특성	348	11	특성	168
12	모형	334	12	과정	159
13	조건	332	13	나무	158
14	영향	325	14	진행	156
15	지역	322	15	모형	154
16	기온	309	16	토양	139
17	사업	300	17	나라	138
18	과정	299	18	분석	136
19	생산	297	19	상태	135
20	분석	292	20	지역	133



<그림 6> 기후변화 논문 내용 워드 클라우드 분석: 파리협정 이후, 2016-2022



<그림 7> 기후변화 논문 내용 네트워크 분석: 파리협정 이후, 2016-2022

<표 12> 기후변화 논문 내용: 파리협정 이후, 2016-2022, 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	산림	1933	1	산림	495
2	자료	1455	2	리용	471
3	큰물	1222	3	자료	443
4	리용	1071	4	큰물	344
5	계산	916	5	계산	327
6	지역	652	6	지역	319
7	진행	559	7	나무	285
8	가물	543	8	진행	282
9	과정	509	9	과정	223
10	나무	498	10	변화	217
11	모형	485	11	조건	215
12	류역	461	12	체계	213
13	조건	454	13	류역	208
14	결과	435	14	식물	204
15	체계	434	15	분석	202
16	평균	434	15	생산	202
17	분석	424	17	특성	201
18	변화	422	18	지표	199
19	기술	416	19	경우	191
20	자원	409	19	모형	191

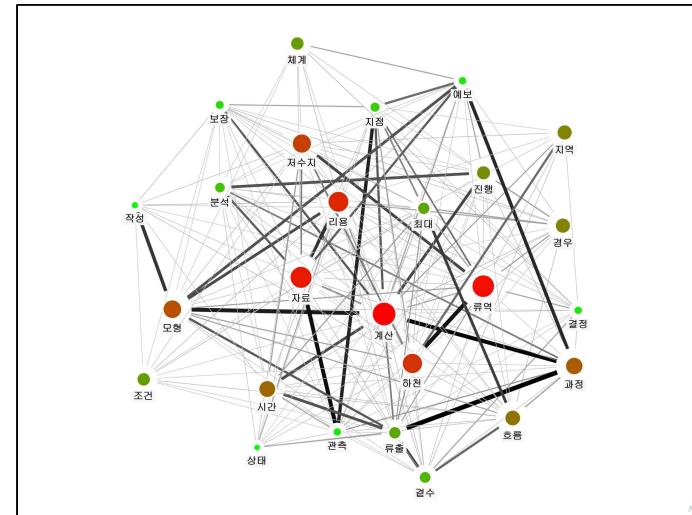
(2) 관련 논문 수 상위 5개 키워드별 논문 내용 상세 분석

- 기후변화 관련 논문 중 빈출한 상위 5개 키워드 관련 논문을 각각 분석하여 각 분야별 경향을 탐색함.
- ‘큰물’의 경우 하천, 저수지 유역에서의 피해를 막기 위해 예보, 관측 등을 통해 관련된 자료를 구축하고 물량 조절을 위한 수학적·공학적 계산을 시도하는 연구 경향이 있음.
- ‘산림’의 경우 ‘자료’에 주요한 링크가 많이 연결되어 있어 북한이 산림 관련 자료를 수집하고 기지를 구축하는 것에 많은 관심을 쏟고 있는 것을 엿볼 수 있음. 또한, 다른 키워드 관련 연구들에 대한 분석과 달리 ‘환경’, ‘보호’ 등의 단어가 주요한 링크로 연결되어 등장하여, 산림을 환경보호의 주요한 수단으로 여기고 있음.
- ‘기후변화’의 경우 평균 기온, 강수량 변화 등 기상 변화와 그로 인해 변하는 온도 하에서 식물의 생장이 가능한지 등에 대한 관심이 큼.
- ‘가물’의 경우 강수지수, 물공급지수, 가물평가지수 등 가물을 대비하기 위한 ‘지수’를 ‘계산’하고 이를 이용하여 토양을 보전하는 데 대해 관심이 높음.
- ‘온난화’는 관련해서는 기온 변화에 대한 관심이 드러남. 농업이 가능한

기후조건에 대해서 관심이 있다는 점에서 ‘기후변화’ 키워드가 들어간 연구들과 비슷한 경향을 보임.



<그림 8> 키워드 ‘큰물’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)

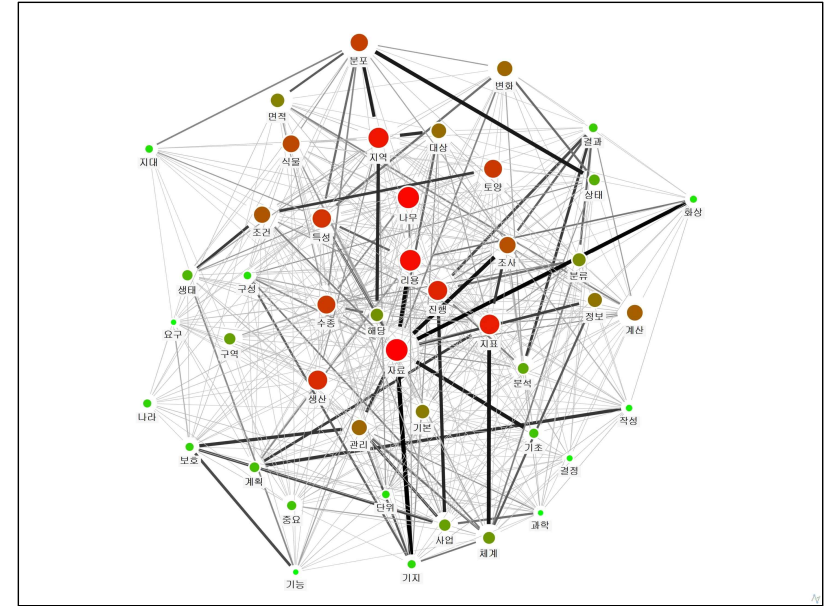


<그림 9> 키워드 ‘큰물’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)

<표 13> 키워드 '큰물' 논문 내용

빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	계산	870	1	계산	265
2	류역	657	2	류역	251
3	자료	581	3	자료	213
4	흐름	564	4	리움	205
5	과정	531	5	하천	198
6	하천	499	6	저수지	167
7	모형	471	7	모형	163
8	류출	469	8	과정	157
9	리움	464	9	시간	152
10	시간	427	10	흐름	147
11	저수지	417	11	경우	134
12	최대	346	11	지역	134
13	조절	329	13	진행	123
14	피해	328	14	조건	118
15	위험	325	14	체계	118
16	물량	262	16	류출	117
16	지점	262	16	최대	117
18	결수	257	18	결수	112
18	관측	257	19	분석	111
20	분석	248	20	지점	110



<그림 11> 키워드 '산림' 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)

<표 14> 키워드 '산림' 논문 내용

빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	자료	1551	1	자료	395
2	나무	704	2	나무	337
3	리움	591	3	리움	308
4	지역	581	4	지역	254
5	지표	552	5	지표	231
6	진행	470	6	진행	229
7	기지	435	7	생산	182
8	보호	401	8	특성	168
9	수종	380	9	수종	166
10	특성	363	9	토양	166
11	생태	360	11	분포	162
12	조성	356	12	식물	158
13	사업	355	13	조사	149
14	생산	354	14	조건	148
15	조건	344	15	계산	147
16	식물	343	16	관리	140
17	정보	342	16	변화	140
18	관리	339	18	대상	135
19	조사	335	19	정보	130
20	분포	332	20	기본	128



<그림 10> 키워드 '산림' 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)

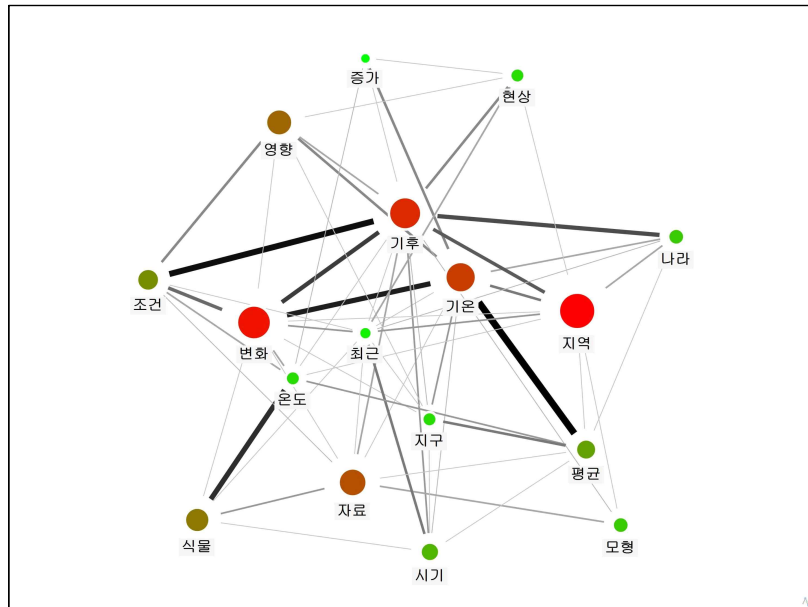
<표 15> 키워드 '기후변화' 논문 내용

빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	기온	331	1	지역	138
2	지역	246	2	변화	135
3	평균	226	3	기후	112
4	변화	217	4	기온	88
5	기후	208	5	자료	74
6	영향	161	6	영향	73
7	강수량	131	7	식물	69
8	온도	126	8	조건	61
9	식물	114	9	평균	59
10	나라	110	10	시기	58
11	년평균	109	11	나라	55
12	자료	108	11	모형	55
13	최근	98	13	온도	54
14	조건	96	13	지구	54
15	이상	92	13	현상	54
16	시기	90	16	최근	52
17	생산	88	17	증가	50
18	강수	85	18	강수량	47
19	기간	80	18	산림	47
19	증가	80	18	특성	47



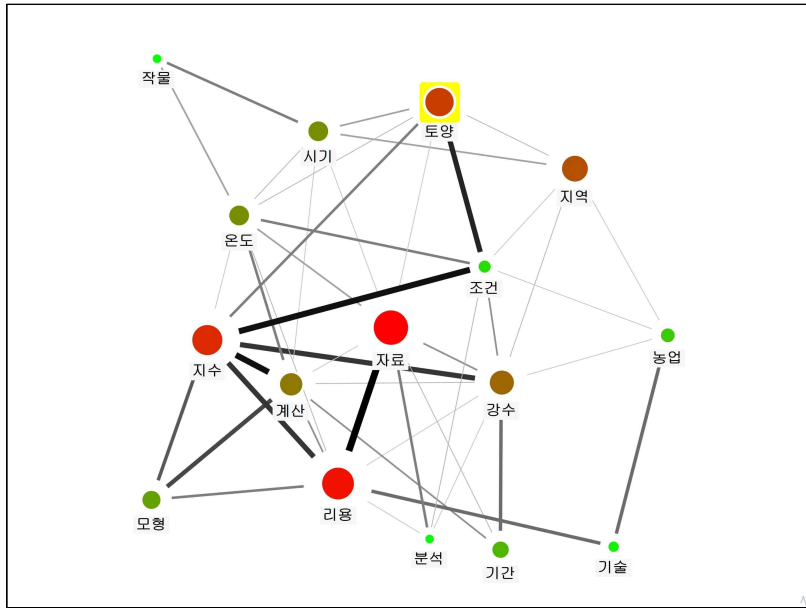
<그림 12> 키워드 '기후변화' 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)



<그림 13> 키워드 '기후변화' 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)



<그림 14> 키워드 '가물' 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)



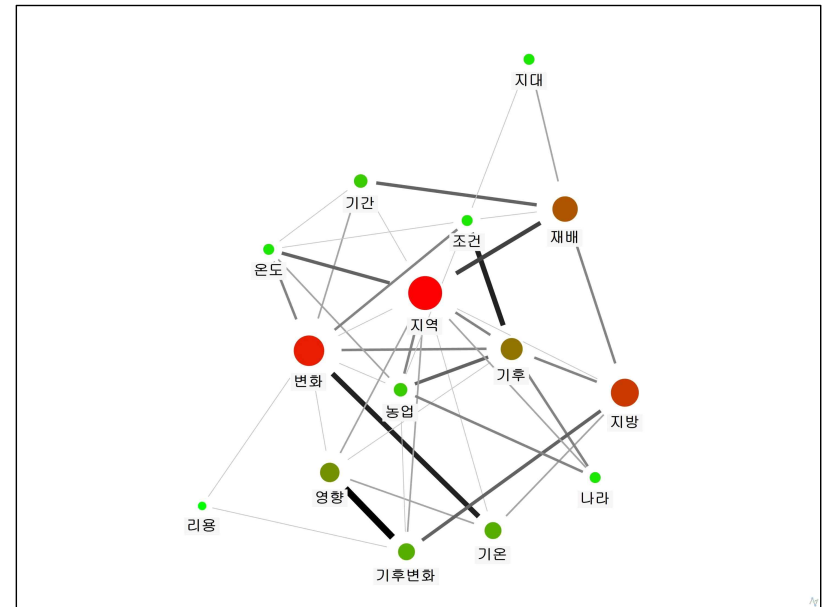
<그림 15> 키워드 '가물' 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)



<그림 16> 키워드 '온난화' 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)

<표 16> 키워드 '가물' 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	지수	307	1	자료	101
2	자료	219	2	리용	87
3	리용	195	3	지수	86
4	계산	152	4	토양	70
5	모형	118	5	지역	67
5	토양	118	6	강수	63
7	온도	114	7	계산	59
8	시기	107	8	시기	57
9	강수	100	8	온도	57
10	조건	98	10	모형	55
11	변화	92	11	기간	49
11	지역	92	12	농업	48
13	기간	91	13	조건	47
14	예보	89	14	기술	42
15	피해	81	15	분석	41
16	세기	78	15	작물	41
17	결과	76	17	강냉이	40
18	기술	74	17	변화	40
19	계절	72	19	식물	39
19	현상	72	19	특성	39
			19	현상	39



<그림 17> 키워드 '온난화' 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)

<표 17> 키워드 '온난화' 논문 내용
빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	기온	133	1	지역	86
2	지방	129	2	변화	74
3	지역	118	3	지방	53
4	변화	93	4	재배	51
5	온도	88	5	기후	44
5	평균	88	6	영향	39
7	기후	83	7	기온	38
7	영향	83	7	기후변화	38
9	이상	80	9	기간	37
10	정도	72	9	농업	37
11	자원	65	11	나라	35
11	적산온도	65	11	온도	35
11	평년	65	11	조건	35
14	기후변화	62	11	지대	35
15	농업	60	15	리용	34
16	재배	57	16	자원	33
17	기간	52	17	이동	30
17	날자	52	17	적산온도	30
19	지구온난화	48	17	증가	30
19	최근	48	20	이상	29

2. 재생에너지 연구 분석

1) 기초 정보

- 학술지별 조사 논문 수를 보면 『기술혁신』에서 가장 많은 연구를 수행하고 있어 주로 기술 부문에 초점을 맞춰 연구가 진행되고 있음. 그 외에 『기상과 수문』, 『기계공학』, 『김책공업종합대학학보』에서도 20편 이상의 논문이 발행되어 공업 부문에 초점을 맞춰 재생에너지 연구를 수행하고 있음을 확인함.

<표 18> 학술지별 재생에너지 논문 수

학술지명	조사 편수(A)	텍스트화 완료 편수(B)	비율(%)*
경제연구	9	9	100
계량 및 규격화	1	1	100
과학원통보	24	19	79
기계공학	33	29	88
기상과 수문	48	43	90
기술혁신	121	109	90
김일성종합대학학보-경제학	1	1	100

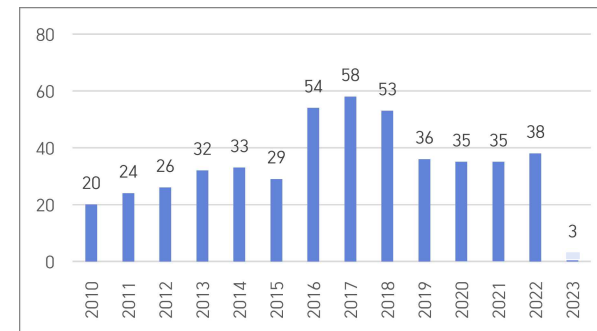
학술지명	조사 편수(A)	텍스트화 완료 편수(B)	비율(%)*
김일성종합대학학보-물리학	4	2	50
김일성종합대학학보-생명과학	7	3	43
김일성종합대학학보-수학	5	4	80
김일성종합대학학보-자연과학	28	28	100
김일성종합대학학보-정보과학	1	-	0
김일성종합대학학보-지구환경과학및지질학	3	1	33
김일성종합대학학보-화학	1	-	0
김책공업종합대학학보	34	31	91
농업수리화	8	5	63
물리	1	1	100
생물학	1	1	100
수학	1	1	100
예방의학	1	1	100
전기, 자동화공학	47	38	81
전자공학	17	9	53
정보과학	4	3	75
정보과학과 기술	8	3	38
조선건축	32	21	66
지질 및 지리과학	25	21	84
채굴공학	2	1	50
컴퓨터와 프로그래밍기술	6	3	50
화학과 화학공학	3	3	100

주: *은 조사 편수 대비 텍스트화 완료된 논문 수 비율로 B/A*100으로 구함

- 연도별 조사 논문 수를 보면 김정은 시기 꾸준히 관련 연구를 수행해온 것으로 확인되며 특히 2016년-2018년 기간에 가장 많은 연구가 수행되었음.

<표 19> 연도별 재생에너지 논문 수

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
20	24	26	32	33	29	54	58	53	36	35	35	38	3



주: 2023년은 6월까지지만 포함함. 1년치가 아니라서 막대 색깔을 달리함.

<그림 18> 연도별 재생에너지 논문 수

- 키워드 당 연도별 재생에너지 논문 건수를 보면 ‘풍력’, ‘수력’, ‘난방’, ‘태양열’, ‘지열’ 순으로 관련 연구가 많음.

<표 20> 키워드별 재생에너지 논문 수

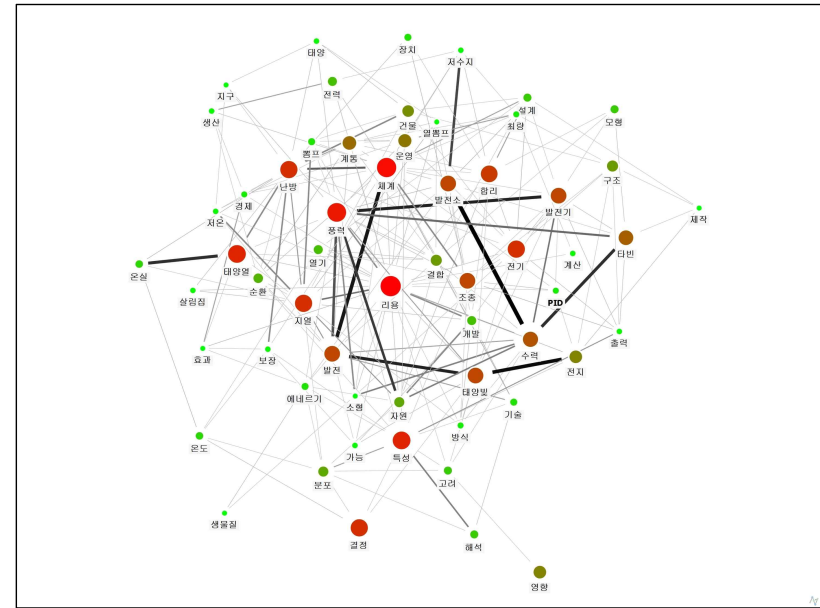
키워드	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	총계	순위
난방	4	9	2	4	3	8	9	12	4	3	0	0	2	60	3
량에너지	0	0	0	0	0	0	1	4	3	0	0	0	0	8	7
메탄가스	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	16
생물질	0	0	0	0	1	2	1	0	2	1	0	0	1	8	7
수력	4	7	10	14	5	3	9	2	11	7	0	0	14	86	2
수소	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	14
자연에너지	0	0	0	0	1	0	1	3	0	1	0	0	0	6	10
재생에너지	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	14
조수력	2	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	7	9
중소형발전소	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	11
지열	4	3	3	2	6	5	10	6	4	3	0	0	1	47	5
태양빛	0	0	1	0	3	1	3	15	6	8	0	0	7	44	6
태양열	3	7	1	2	3	4	9	14	8	3	0	0	0	54	4
파력	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4	11
패열	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	4	11
풍력	4	2	7	9	14	9	12	14	11	10	0	0	4	96	1
해양에너지	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	16
총계	21	29	28	32	37	33	59	73	53	38	0	0	31	434	

2) 논문 제목 분석

- ‘풍력’, ‘태양빛’, ‘지열’, ‘태양열’ 등이 주요한 키워드로 등장함.
- 논문을 검색할 때 키워드 ‘태양열’로 검색된 논문이 ‘태양빛’보다 많았으나, 제목에 포함된 키워드 자체는 ‘태양빛’이 ‘태양열’보다 많아 복합과학 기술네트워크의 분류에 다소 오류가 있음을 발견.
- ‘수력’은 ‘발전소’, ‘풍력’은 ‘발전기’, ‘태양빛’은 ‘전지’ ‘태양열’은 ‘온실’ 등 서로 주요하게 연결된 단어의 차이가 드러남.



<그림 19> 재생에너지 논문 제목 워드 클라우드 분석(2010-2022)



<그림 20> 재생에너지 논문 제목 네트워크 분석(2010-2022)

<표 21> 재생에너지 논문 제목

빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	풍력	114	1	리용	88
2	수력	99	2	체계	71
3	체계	93	3	풍력	52
4	리용	84	4	태양열	36
5	태양빛	72	4	특성	36
6	발전	57	6	결정	34
7	지열	54	6	난방	34
8	발전소	53	6	전기	34
9	결정	52	6	지열	34
10	태양열	49	10	합리	33
11	난방	48	11	발전	32
12	특성	45	11	발전기	32
13	전기	41	11	발전소	32
14	발전기	36	11	조종	32
15	조종	35	11	태양빛	32
16	자원	34	16	수력	30
17	타빈	33	17	타빈	28
18	전지	30	18	계통	26
19	건물	28	19	운영	23
19	해석	28	20	영향	22
			20	전지	22

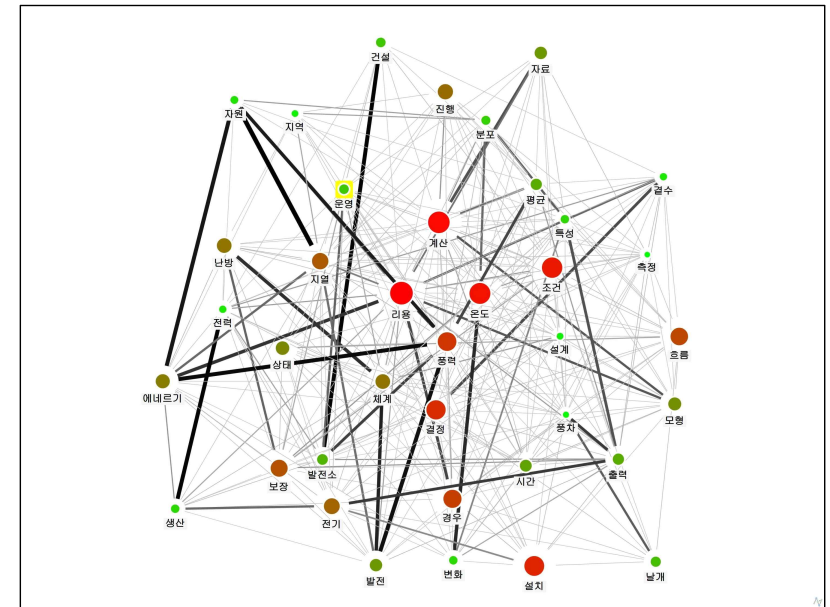


<그림 21> 재생에너지 논문 내용 워드 클라우드 분석: 파리협정 이전, 2010-2015

3) 본문 분석

(1) 파리협정 전후 비교 분석

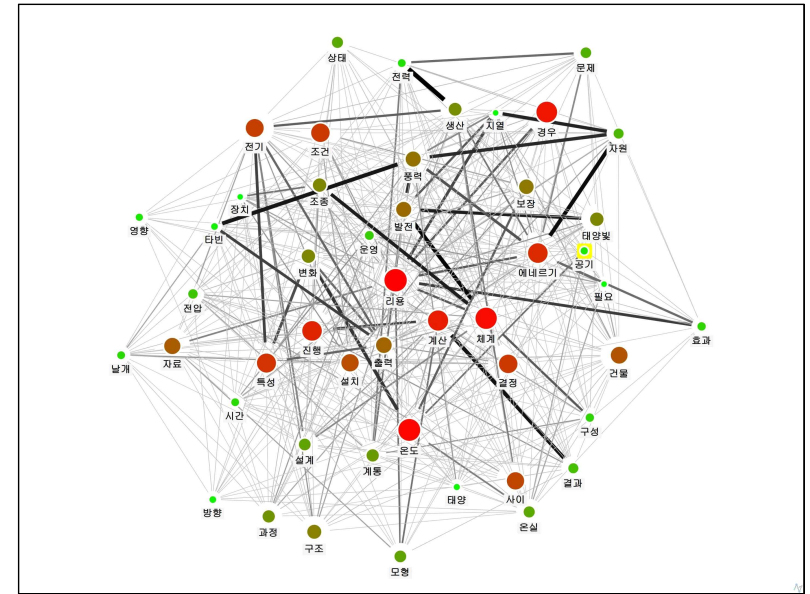
- 파리협정 이전에는 발전원으로 ‘풍력’, ‘지열’, ‘수력’이 주요하게 나타났지만, 파리협정 이후에는 ‘풍력’에 이어 ‘태양빛’이 더 자주 등장하고 다른 단어들과 더 많이 연결됨.



<그림 22> 재생에너지 논문 내용 네트워크 분석: 파리협정 이전, 2010-2015

<표 22> 재생에너지 논문 내용: 파리협정 이전, 2010-2015, 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	리용	743	1	리용	325
2	풍력	504	2	계산	227
3	계산	488	3	온도	207
4	온도	446	4	조건	169
5	지열	404	5	설치	151
6	자원	337	6	결정	144
7	전기	328	7	풍력	143
8	에네르기	326	8	경우	141
9	흐름	317	9	흐름	140
10	발전소	292	10	보장	139
11	수력	282	11	지열	137
12	결정	280	12	전기	136
13	조건	279	13	진행	135
14	난방	274	14	난방	125
15	출력	244	14	체계	125
16	문포	242	16	에네르기	124
17	모형	226	17	상태	116
18	체계	225	18	모형	115
19	발전	222	19	발전	114
20	건설	221	19	자료	114
20	결수	221			



<그림 24> 재생에너지 논문 내용 네트워크 분석: 파리협정 이후, 2016-2022

<표 23> 재생에너지 논문 내용: 파리협정 이후, 2016-2022, 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

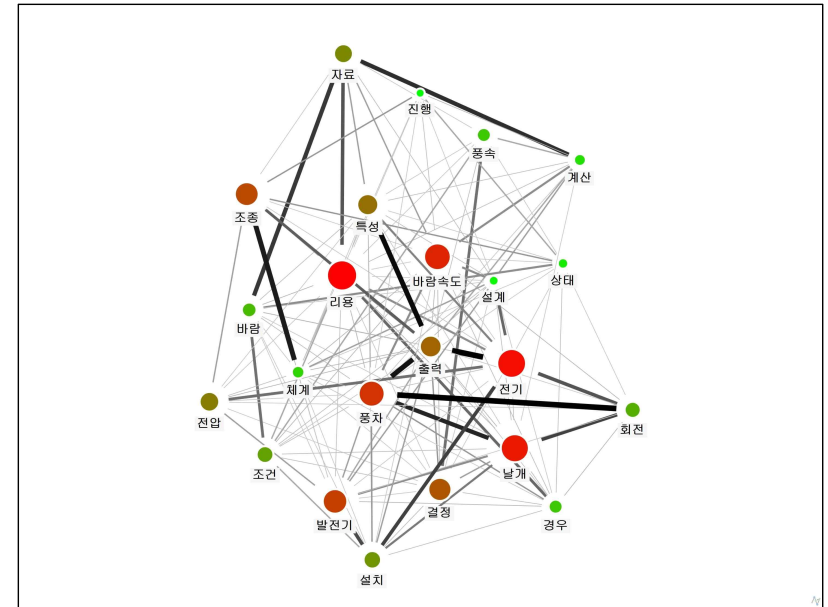


순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	리용	1018	1	리용	490
2	온도	603	2	온도	250
3	에네르기	533	3	체계	247
4	계산	513	4	경우	234
5	체계	480	5	계산	225
6	풍력	479	6	진행	216
7	자원	477	7	에네르기	202
8	전기	453	8	특성	201
9	전력	448	9	결정	199
10	생산	424	9	조건	199
11	발전	410	11	전기	191
12	태양빛	376	12	사이	185
13	특성	362	13	설치	182
14	경우	328	14	건물	170
15	출력	327	15	자료	167
16	결정	320	16	출력	162
16	수력	320	17	발전	158
18	진행	318	18	풍력	157
19	문제	316	19	보장	155
20	자료	301	20	구조	152

<그림 23> 재생에너지 논문 내용 워드 클라우드 분석: 파리협정 이후, 2016-2022

(2) 관련 논문 수 상위 5개 키워드별 논문 내용 상세 분석

- 재생에너지 관련 논문 중 빈출한 상위 5개 키워드 관련 논문을 각각 분석하여 각 분야별 경향을 탐색.
- ‘풍력’ 연구는 주로 일정 출력을 확보하기 위해 풍차의 여러 요소(회전, 날개)에 관심을 가지고, 또한 일정 수준의 바람속도(풍속)를 확보하기 위한 관측 연구가 주요하였음.
- ‘수력’의 경우 저수지 발전소 건설 및 운영 관련 연구가 많았고, 이를 위한 체계를 확립, 모형 계산을 하는 등의 공학적 연구가 주요하였음.
- ‘난방’과 ‘지열’의 경우 키워드가 비슷하게 등장하는데, 주로 지하수를 활용하며 이를 확보하기 위한 펌프, 온도 등에 관련한 연구가 주요하였으며, 이러한 높은 관심은 기온이 낮은 북한의 특성에서 비롯된 것으로 보임.
- ‘태양열’의 경우 태양열을 통한 열기를 이용하여 온실의 일정한 공기 온도를 보전하는 등 보온, 난방 관련 관련한 연구가 주요하였음.



<그림 26> 키워드 ‘풍력’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)



<그림 25> 키워드 ‘풍력’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)

<표 24> 키워드 ‘풍력’ 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	전기	405	1	리용	182
2	리용	398	2	전기	140
3	바람속도	295	3	날개	137
4	출력	260	4	바람속도	115
5	날개	228	5	풍차	111
6	풍차	219	6	발전기	107
7	회전	212	7	조종	102
8	풍속	204	8	결정	98
9	결정	189	9	출력	96
9	발전기	189	10	특성	95
11	계산	187	11	전압	93
12	조종	185	12	자료	90
13	특성	179	13	설치	89
14	밀도	176	14	조건	88
15	전압	172	15	회전	87
16	에너지	171	16	바람	85
17	평균	169	17	경우	83
18	분포	167	17	풍속	83
19	바람	157	19	체계	82
20	자료	156	20	계산	80

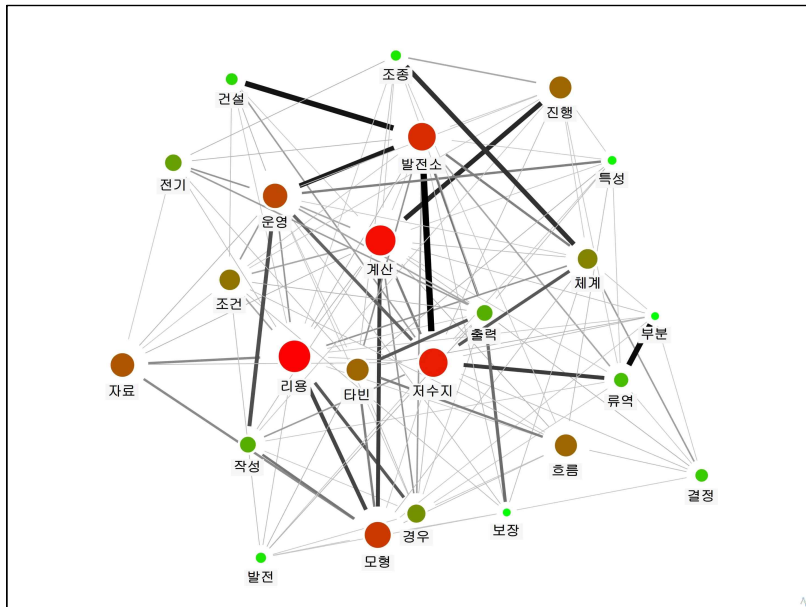


<그림 27> 키워드 '수력' 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)

<표 25> 키워드 '수력' 논문 내용

빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

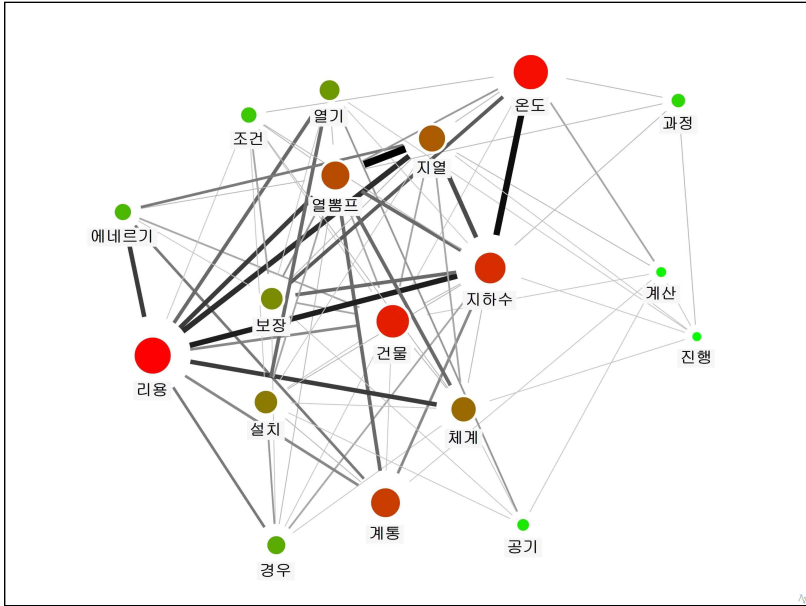
순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	발전소	411	1	리용	189
2	계산	348	2	계산	167
3	리용	318	3	저수지	143
4	저수지	291	4	발전소	127
5	모형	227	5	모형	113
6	자원	223	6	운영	109
7	자료	220	7	자료	104
8	운영	218	8	진행	101
9	터빈	211	8	터빈	101
10	흐름	198	8	흐름	101
11	전기	184	11	조건	100
12	류역	183	12	체계	98
13	체계	155	13	경우	95
14	조건	154	14	전기	93
15	출력	147	15	작성	81
16	기술	133	15	출력	81
17	경우	132	17	류역	74
18	진행	130	18	결정	72
19	건설	125	19	건설	71
20	전력	118	20	발전	69
			20	조종	69



<그림 28> 키워드 '수력' 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)



<그림 29> 키워드 '난방' 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)



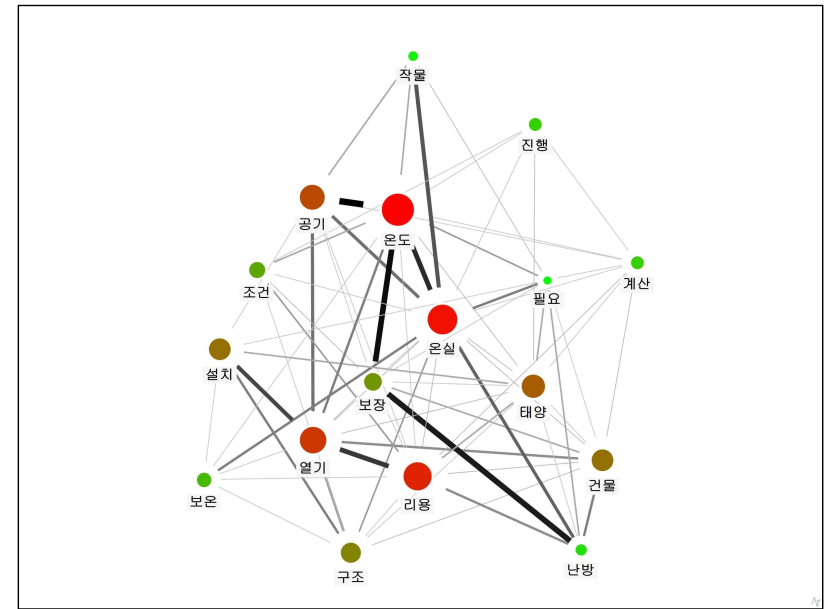
<그림 30> 키워드 ‘난방’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)



<그림 31> 키워드 ‘태양열’ 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)

<표 26> 키워드 ‘난방’ 논문 내용 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

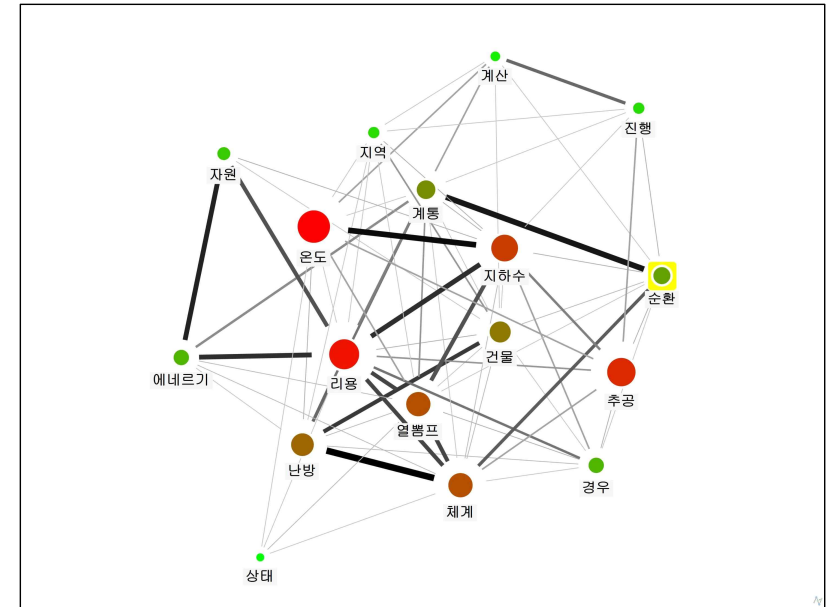
순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	온도	310	1	리용	137
2	리용	258	2	온도	132
3	지열	215	3	건물	106
4	지하수	190	4	지하수	104
5	계통	178	5	계통	94
5	체계	178	6	열펌프	92
7	건물	159	7	지열	87
7	열펌프	159	8	체계	81
9	열기	143	9	설치	74
10	보장	131	10	보장	72
11	순환	125	11	열기	71
12	에너지	118	12	경우	68
13	계산	97	13	에너지	67
14	태양열	96	14	조건	65
15	공기	87	15	과정	61
15	펌프	87	16	공기	60
17	랭난	86	17	계산	57
18	경우	84	18	진행	54
19	설치	76	19	순환	53
20	환수	74	20	펌프	50



<그림 32> 키워드 ‘태양열’ 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)

<표 27> 키워드 '태양열' 논문 내용
빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	온도	344	1	온도	152
2	온실	329	2	온실	146
3	열기	213	3	리용	107
3	태양	213	4	열기	90
5	리용	177	5	공기	83
6	공기	165	6	태양	78
7	복사	124	7	건물	69
8	난방	111	7	설치	69
9	열물	110	9	구조	67
10	보장	102	10	보장	65
11	환기	94	11	조건	57
12	조건	88	12	보온	54
13	설치	83	13	계산	52
14	계산	78	13	진행	52
15	구조	76	15	난방	51
16	건물	71	16	작물	49
17	보온	69	17	필요	45
18	시간	68	18	경우	44
18	흐름	68	19	복사	43
20	내부	65	20	흐름	41
20	흡수	65			



<그림 34> 키워드 '지열' 논문 내용 네트워크 분석(2010-2022)

<표 28> 키워드 '지열' 논문 내용
빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	온도	393	1	온도	157
2	리용	319	2	리용	143
3	추공	217	3	추공	99
4	지하수	204	4	지하수	98
5	체계	181	5	체계	83
6	난방	174	5	열펌프	83
7	자원	170	7	난방	77
8	열펌프	157	8	건물	76
9	계통	122	9	계통	71
10	순환	121	10	순환	63
11	건물	112	11	에너르기	59
12	계산	102	11	경우	59
13	발전	95	13	자원	58
14	에너르기	94	14	지역	57
15	깊이	92	14	진행	57
16	지역	81	16	계산	53
17	펌프	80	17	상태	52
18	작업	76	18	상태	51
19	랭난	75	18	조건	51
20	경우	74	20	펌프	47
20	지하	74	20	설치	47



<그림 33> 키워드 '지열' 논문 내용 워드 클라우드 분석(2010-2022)

제4장 북한 해외 협력연구 동향 분석

1. 기후변화 연구 분석

1) 기초 정보

- 조사된 논문 118편 중 article 110편, conference paper 5편, note 1편, review 1편, short survey 1편임.
- 각 논문(article)이 수록된 학술지를 살펴본 결과 총 83개의 학술지가 확인되었으며 같은 학술지에 여러 번 논문을 수록하는 경우는 몇 건을 제외하고 없었음. *AIP ADVANCES*, *Environmental Science and Pollution Research*, *Journal of Earth System Science*에 수록된 논문이 4편으로 타 학술지에 비해 수록된 논문 빈도수가 높았음.

<표 29> 학술지별 기후변화 논문(article) 수

연번	학술지명	조사 편수
1	Agroforestry Systems	1
2	AIP ADVANCES	4
3	Air Quality, Atmosphere and Health	2
4	Animal Biology	1
5	Animals	1
6	Applied Geography	2
7	APPLIED MATHEMATICAL MODELLING	1
8	APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY	1
9	Applied Soil Ecology	1
10	ASIA PACIFIC JOURNAL OF TOURISM RESEARCH	1
11	Atmospheric Research	1
12	Biologia	2
13	Biomass and Bioenergy	1
14	Circular Economy and Sustainability	1
15	COMPUTERS & STRUCTURES	1
16	Electronic Journal of Graph Theory and Applications	1
17	Environmental Pollution	2
18	Environmental Science and Pollution Research	4
19	Erwerbs-Obstbau	1
20	European Journal of Forest Research	1
21	Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants	1
22	FORESTS	1
23	Fractals	1
24	FRONTIERS IN GENETICS	1
25	Frontiers in Plant Science	2
26	Frontiers of Earth Science	1
27	Fuzzy Sets and Systems	1
28	Genetic Resources and Crop Evolution	2

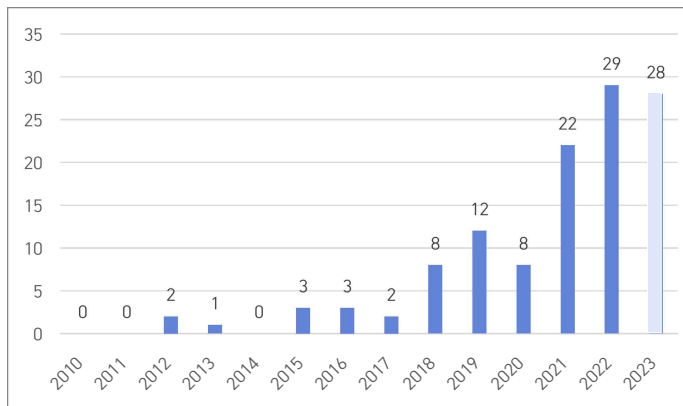
연번	학술지명	조사 편수
29	GEOTEXTILES AND GEOMEMBRANES	1
30	GIScience and Remote Sensing	1
31	INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH	1
32	INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS	1
33	INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGICAL MACROMOLECULES	1
34	International Journal of Environmental Science and Technology	3
35	International Journal of Global Warming	1
36	INTERNATIONAL JOURNAL OF STRUCTURAL STABILITY AND DYNAMICS	1
37	INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMATIC AND EVOLUTIONARY MICROBIOLOGY	1
38	INTERNATIONAL JOURNAL OF TRANSPORTATION SCIENCE AND TECHNOLOGY	1
39	Jilin Daxue Xuebao (Diqu Kexue Ban)/Journal of Jilin University (Earth Science Edition)	1
40	JOURNAL OF CHROMATOGRAPHY B-ANALYTICAL TECHNOLOGIES IN THE BIOMEDICAL AND LIFE SCIENCES	2
41	Journal of Cleaner Production	2
42	Journal of Coastal Conservation	1
43	Journal of Earth System Science	4
44	Journal of Environmental Management	1
45	Journal of Forestry Research	1
46	Journal of Hydrology	1
47	JOURNAL OF INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY	1
48	Journal of Quaternary Science	1
49	JOURNAL OF SOILS AND SEDIMENTS	1
50	Journal of Testing and Evaluation	1
51	Journal of the Indian Society of Remote Sensing	1
52	Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering	1
53	Mathematical Geosciences	1
54	Meteorology and Atmospheric Physics	2
55	Mountain Research and Development	2
56	Natural Hazards	1
57	NONLINEAR DYNAMICS	3
58	ORE GEOLOGY REVIEWS	1
59	PHYSIOLOGIA PLANTARUM	1
60	Plant and Soil	1
61	Plant Biotechnology Reports	1
62	POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY	1
63	Proceedings of Institution of Civil Engineers: Energy	1
64	Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management	1
65	Quaternary Research (United States)	2
66	Russian Meteorology and Hydrology	1
67	SAGE Open	1
68	Science Advances	1
69	Science of the Total Environment	2
70	SCIENTIFIC PROGRAMMING	1
71	Sensors	1
72	SUSTAINABILITY	1
73	Sustainability (Switzerland)	1
74	SUSTAINABLE ENVIRONMENT RESEARCH	1
75	THEORETICAL AND APPLIED CLIMATOLOGY	1
76	Theoretical and Experimental Plant Physiology	3
77	THERMAL SCIENCE	1
78	TRANSGENIC RESEARCH	1
79	Urban Climate	1
80	WATER	1
81	Water (Switzerland)	1

연번	학술지명	조사 편수
82	Water Resources Management	1
83	Weather and Climate Extremes	1

- 연도별 조사 논문 수를 보면 2010년대 후반 해외 학술 활동이 증가한 것으로 확인되며 2021-2023년 기간 연 20건 이상으로 해외 학술 활동이 증가한 것으로 나타남.

<표 30> 연도별 기후변화 논문 수

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	0	2	1	0	3	3	2	8	12	8	22	29	28



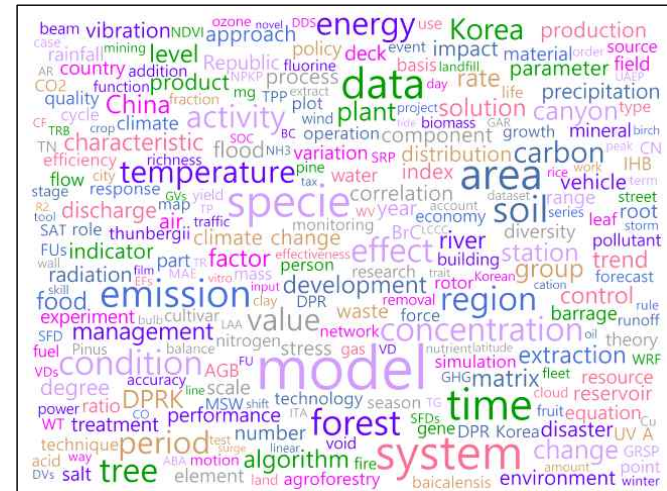
주: 2023년은 Web of Science 등록 논문은 12월 15일까지, SCOPUS 등록 논문은 12월 20일까지 등록 확인된 논문만 포함함. 1년치가 아니라서 막대 색깔을 달리함.

<그림 35> 연도별 기후변화 논문 수

2) 논문 초록 분석

- forest, system, model 단어의 빈도수가 높아 모델링 및 시스템 분석, 숲 관련 연구가 많은 점을 확인함. 하지만 연결 중심성 분석 결과 soil, tree, forest와 같은 단어들의 연결성이 높았으며 나무 종(tree-specie) 과 숲 지역(forest-area) 관련 연구가 가장 많이 이뤄지고 있었음. emission의 경우 다른 단어들과의 연결 중심성은 높았으나 주요 키워드

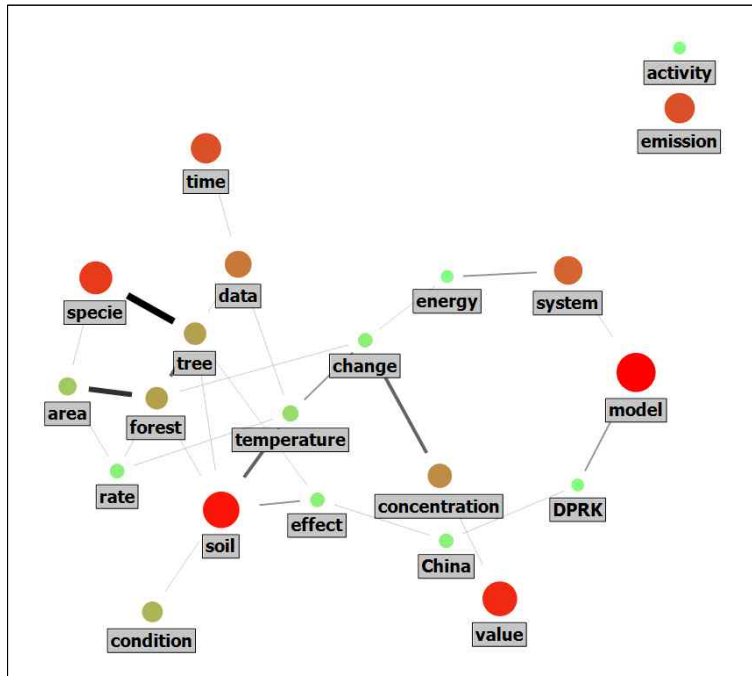
내에서의 연결은 확인되지 않았고 soil은 temperature를 제외한 effect, forest, tree, condition과 약한 연결을 보여 연결성은 높지만 개별 주제에 대한 연구 수 자체는 많지 않은 것을 확인함. 지역 모델링과 에너지 시스템에 대한 연구 또한 이뤄지고 있음을 확인하였음.



<그림 36> 기후변화 논문 영문 초록 워드 클라우드 분석

<표 31> 기후변화 논문 초록 빈도수 상위 20개 단어(좌) 및 연결 링크 수 상위 20개 단어(우)

순위	단어	빈도수	순위	단어	연결 링크 수
1	model	91	1	model	58
2	system	68	2	soil	45
3	specie	62	3	value	41
4	time	60	4	specie	39
5	area	60	5	time	38
6	data	59	6	emission	38
7	emission	52	7	system	37
8	soil	49	8	data	36
9	forest	46	8	concentration	35
10	condition	44	10	tree	32
11	tree	43	11	forest	32
12	region	43	12	condition	31
13	effect	42	13	area	29
14	concentration	42	14	temperature	28
15	energy	41	15	rate	27
16	temperatru	40	16	effect	27
17	period	40	17	change	27
18	activity	40	18	China	27
19	value	39	19	energy	26
20	carbon	36	20	activity	26
			20	DPRK	26



<그림 37> 기후변화 논문 영문 초록 네트워크 분석

관심이 높은 것으로 확인됨.

<표 32> 학술지별 재생에너지 논문(article) 수

연번	학술지명	조사 편수
1	ACS APPLIED ENERGY MATERIALS	1
2	ACS Applied Materials and Interfaces	3
3	ACTA MATHEMATICA SCIENTIA	3
4	ALCHERINGA	1
5	Animal Reproduction Science	1
6	APPLICATIONS OF MATHEMATICS	1
7	APPLIED CATALYSIS B-ENVIRONMENT AND ENERGY	1
8	APPLIED ORGANOMETALLIC CHEMISTRY	1
9	AQUACULTURAL ENGINEERING	1
10	ARCHIVE OF APPLIED MECHANICS	2
11	Bioresource Technology	2
12	CERAMICS INTERNATIONAL	1
13	CHEMICAL PHYSICS	1
14	CHEMICAL PHYSICS LETTERS	2
15	CHEMOSPHERE	1
16	CHIRALITY	1
17	COMMUNICATIONS IN MATHEMATICAL SCIENCES	4
18	COMPOSITE STRUCTURES	1
19	Electrochimica Acta	2
20	Energy and Buildings	1
21	ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT-X	1
22	ENERGY SOURCES PART A-RECOVERY UTILIZATION AND ENVIRONMENTAL EFFECTS	3
23	Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects	1
24	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	2
25	HYDROMETALLURGY	1
26	IEEE ACCESS	2
27	INDIAN JOURNAL OF PHYSICS	1
28	INORGANIC CHEMISTRY	1
29	INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY	2
30	International Journal of Hydrogen Energy	9
31	INTERNET TECHNOLOGY LETTERS	1
32	JOURNAL OF CHEMICAL INFORMATION AND MODELING	1
33	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	2
34	JOURNAL OF COMPUTATIONAL PHYSICS	1
35	Journal of Electronic Materials	4
36	Journal of Environmental Management	1
37	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES	1
38	JOURNAL OF EVOLUTION EQUATIONS	1
39	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	1
40	JOURNAL OF HAZARDOUS TOXIC AND RADIOACTIVE WASTE	1
41	JOURNAL OF HYDROLOGY	1
42	JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A	1
43	JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE	1
44	JOURNAL OF MECHANICS	1
45	JOURNAL OF MOLECULAR LIQUIDS	1
46	JOURNAL OF MOLECULAR MODELING	2
47	JOURNAL OF OCEAN ENGINEERING AND MARINE ENERGY	1
48	Journal of Ocean Engineering and Science	1
49	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B	1

2. 재생에너지 연구 분석

1) 기초 정보

- 조사된 논문 145편 중 article 137편, conference paper 4편, review 3편, short survey 1편임.
- 각 논문(article)이 수록된 학술지를 살펴본 결과 총 91개의 학술지가 확인되었으며 같은 학술지에 여러 번 논문을 수록하는 경우는 몇 건을 제외하고 없었음. 9편의 논문이 수록된 *International Journal of Hydrogen Energy*와, 5편이 수록된 *JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C*, *RSC Advances*, 4편이 수록된 *Journal of Electronic Materials*이 다수의 논문이 수록된 학술지로 수소 에너지, 화학, 전기 재료 연구 등에 대한

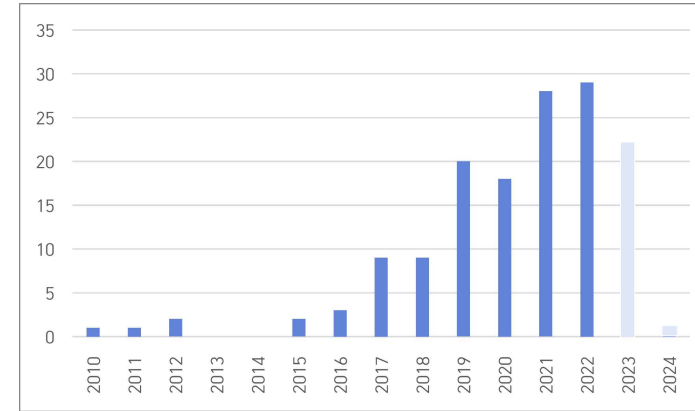
연번	학술지명	조사 편수
50	Journal of Physical Chemistry C	2
51	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	5
52	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS	2
53	JOURNAL OF POWER SOURCES	1
54	JOURNAL OF RADIOANALYTICAL AND NUCLEAR CHEMISTRY	1
55	JOURNAL OF RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY	1
56	JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA B-OPTICAL PHYSICS	1
57	JOURNAL OF WATER PROCESS ENGINEERING	1
58	LASER PHYSICS	1
59	MAGAZINE OF CIVIL ENGINEERING	1
60	Materials Advances	1
61	MATHEMATICAL METHODS IN THE APPLIED SCIENCES	1
62	MECCANICA	1
63	MECHANICS OF SOLIDS	1
64	METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A-PHYSICAL METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE	1
65	MONATSHEFTE FUR CHEMIE	1
66	Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	2
67	Nonlinear Analysis: Real World Applications	1
68	NONLINEAR ANALYSIS-REAL WORLD APPLICATIONS	2
69	OPTICAL MATERIALS	1
70	PHYSICA A-STATISTICAL MECHANICS AND ITS APPLICATIONS	1
71	Physica B: Condensed Matter	2
72	PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS	1
73	Physical Review B	1
74	PHYSICAL REVIEW B	1
75	Physical Review Materials	2
76	PLASMONICS	1
77	Proceedings of Institution of Civil Engineers: Energy	3
78	PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART G-JOURNAL OF AEROSPACE ENGINEERING	1
79	PROTEINS-STRUCTURE FUNCTION AND BIOINFORMATICS	1
80	RSC Advances	5
81	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	1
82	SOIL DYNAMICS AND EARTHQUAKE ENGINEERING	1
83	Solar Energy	1
84	SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS	1
85	Solid Fuel Chemistry	1
86	STRUCTURAL CHEMISTRY	1
87	SUSTAINABLE ENVIRONMENT RESEARCH	1
88	Taiyangneng Xuebao/Acta Energiae Solaris Sinica	1
89	Thermal Science	1
90	THIN-WALLED STRUCTURES	1
91	Wind Energy	2

* article로 표기된 논문 1건은 proceedings paper가 동시 기재되어 있어 article로 간주하고 표에 포함함.

- 연도별 조사 논문 수를 보면 2017년부터 해외 학술 활동이 증가한 것으로 나타나며 2019-2023년 기간 약 20건 정도의 해외 학술 활동이 이뤄진 것으로 확인됨.

<표 33> 연도별 재생에너지 논문 수

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	1	2	0	0	2	3	9	9	20	18	28	29	22	1



주: 2023년은 Web of Science 등록 논문은 12월 15일까지, SCOPUS 등록 논문은 12월 20일까지 등록 확인된 논문만 포함함. 1년치가 아니라서 막대 색깔을 달리함.

<그림 38> 연도별 재생에너지 논문 수

2) 논문 초록 분석

- 단어 빈도수를 보면 hydrogen, calculation, model, material 등 공학적 측면에서 수소와 재료에 대한 언급이 많은 것을 확인함. 연결 중심성을 검토한 결과 hydrogen-adsorption, property-material, system-power 연결이 높아 수소 에너지 연구, 재료 적합성 및 안정성, 에너지 시스템 연구가 가장 많이 이뤄지고 있는 것을 확인함.

제5장 북한 국제 협력연구 기관과 사례 분석

1. 해외 연구 협력 대상 국가 및 기관 분석

1) 기후변화 연구 협력 분석

① 협력 국가 분석

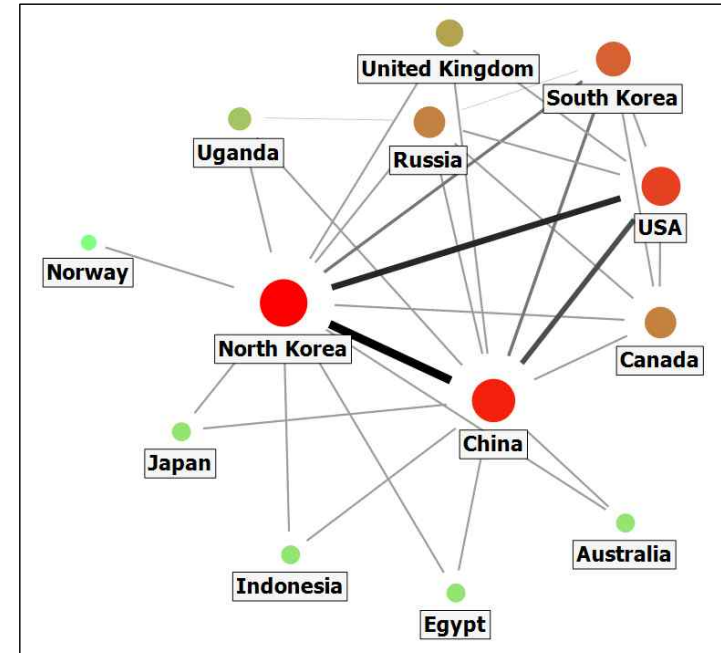
- 기후변화 논문 중 국가 간 협력이 이뤄진 논문은 총 118편 중 60편임. 북한학자들만으로 저자가 구성된 논문이 58편으로 전체 논문 중 49%를 차지함.
- 논문별로 저자 주소를 확인하여 확인된 국가명을 토대로 아래와 같이 정리함. 예를 들어 논문 1편에 중국 기관 소속 학자 3명이 참여했을 경우 중국 참여 수 1로 계산함.

<표 35> 기후변화 연구 참여 국가 목록

국가 명	논문 수
Australia	1
Canada	1
China	59
Egypt	1
Indonesia	1
Japan	1
Norway	1
Russia	1
South Korea	2
Uganda	1
United Kingdom	1
USA	4

* 논문 수는 중복 계산됨.

- 한국 소속 저자가 확인된 논문 2편 중 1편에는 이화여자대학교의 Kwon S., Bae Y., Kim A., Jang Y.와 한국 기관 소속인 외국인(Andersen D., Othman S.N., Moores N., Seliger B., Glenk F.)이 참여하였음. 다른 1편의 경우 한양대학교 소속의 Jin, Guangri가 참여하였음.



<그림 41> 기후변화 연구 참여 국가 네트워크 분석

- 해외 학술 활동 참여 국가 네트워크 분석 결과 중국과 북한과의 연결이 가장 높은 것을 확인할 수 있음. 그 외에 중국을 중심으로 하는 네트워크와 북한을 중심으로 하는 네트워크 두 가지 축을 중심으로 연구 협력 네트워크가 형성되어 있음.
- 북한학자와의 협력 대상 국가의 경우 유럽, 아시아, 아프리카 국가 등 다양한 것으로 나타남.

② 협력 기관 분석

- 연구 협력이 진행된 총 60편의 논문 중 중국 기관이 47개이며, 오스트레일리아 2기관, 캐나다 1기관, 이집트 1기관, 인도네시아 1기관, 일본 1기관, 노르웨이 2기관, 러시아 3기관, 한국 4기관, 우간다 1기관, 영국 2기관, 미국 3기관이 참여하였음. 북한 기관의 경우 총 16개 기관이 참여하였으며 김일성종합대학이 40편의 논문에 참여하여 가장 많이 연구 협력

을 진행한 기관으로 나타남.

- 중국 소속 기관 중 베이징에 위치한 기관이 9개로 가장 많았으며, 그 다음 순으로 장춘 6개 기관, 하얼빈 6개 기관과의 연구 협력이 진행됨. 참여 논문 수는 하얼빈에 위치한 Northeast Forestry University 소속 저자들이 17편에 논문에 참여하여 가장 많은 논문을 발행하였음.

<표 36> 기후변화 공동 연구 저자 소속 기관 목록 및 논문 수

국가 명	도시	기관명	논문 수
Australia	Adelaide	The University of Adelaide	1
	Sydney	University of New South Wales	1
Canada	Toronto	IUCN Species Survival Commission	1
China	Beijing	Beijing Forestry University	2
		CAS Centre for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences	1
		China Meteorological Administration	5
		Chinese Academy of Sciences	3
		Environmental Education Media Project	1
		North China Elect Power University	1
		Tsinghua University	2
		University of Chinese Academy of Sciences	1
		University of Science and Technology Beijing	2
	Changchun	Jilin Provincial Academy of Forestry Sciences Faculty of Life Science	1
		Jilin University	1
		Northeast Institute of Geography and Agroecology	3
		Northeast Normal University	1
		Songliao River Basin Water Resources Protection Bureau	1
		Univ, Sci & Technol Innovat Ctr Municipal Wastewater Tr	1
	Guiyang	Guizhou Education University	1
	Hangzhou	Zhejiang A&F University	4
		Zhejiang University	1
	Harbin	Harbin Engineering University	1
		Harbin Institute of Technology	3
		Heilongjiang Agricultural Products and Veterinary Drug Feed Technology Identification Station	1
		Heilongjiang Vocational College for Nationalities	1
		Northeast Agricultural University	3
		Northeast Forestry University	17
	Jilin	Jilin Forestry Research Institute	1
		Yanbian University	1
	Kunming	Kunming Institute of Botany	3
		World Agroforestry Centre(ch)	4
		Yunnan Agricultural University	1
	Nanchang	Jiangxi Agricultural University	1
	Nanjing	Nanjing Forestry University	1
		Nanjing Normal University	1
Qingyang	Off Qingyang Sponge City Construct & Management	1	
Shanghai	Shanghai Polytechnic University	1	
	Tongji University	2	
	University of Shanghai for Science and Technology	2	
Shenyang	Northeastern University	3	
Shenzhen	Southern University of Science and Technology	1	
Tianjin	Nankai University	3	

국가 명	도시	기관명	논문 수	
	Wuhan	Tianjin University of Technology	1	
		China University of Geosciences	7	
		Freshwater Aquaculture Collaborat Innovat Ctr Hub	1	
		Huazhong Agricultural University	1	
		Huazhong University of Science and Technology	1	
		Wuhan University	1	
	Xiamen	Xiamen University	1	
	Xian	Northwestern Polytech University	1	
Egypt	Shibin Al Kawm	Menoufia University	1	
Indonesia	Bogor	World Agroforestry Centre(Indo)	1	
Japan	Sapporo	Hokkaido University	1	
Norway	Asker	Landøya Secondary School	1	
North Korea	Pyongyang	University of Oslo	1	
		Academy of Forestry Sciences	2	
		Central Forestry Designing and Technical Institute	1	
		Earthquake Administration	1	
		Institute of Earth Environmental Information	1	
		Kim Chaek University of Technology	9	
		Kim Il Sung University	40	
		KumSong School	1	
		Ministry of Land and Environmental Protection	6	
		Pyongyang International Information Centre of New Technology and Economy	1	
		Pyongyang University of Architecture	1	
		Pyongyang University of Science and Technology	2	
		State Academy of Sciences	7	
		University of Science(NK)	1	
		Sariwon	North Hwanghae Provincial Forest Management Board	1
			Sariwon Kye Ung Sang University of Agriculture	2
		Wonsan	Wonsan Agriculture University	8
			Wonsan Fisheries University	1
		Russian Federation	Petersburg	Russian Academy of Sciences
	Makhachkala		Dagestan State University	1
Vladivostok	Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences		1	
South Korea	Seoul	Birds Korea	1	
		Ewha Womans University	1	
		Hanns Seidel Foundation	1	
Uganda	Kampala	Hanyang University	1	
		Kyambogo University	1	
United Kingdom	Cambridge	University of Cambridge	1	
	London	University of London	1	
United States	CA	The United States Geological Survey (USGS) Menlo Park	1	
	Houghton	Michigan Technological University	2	
	TX	Re:wild	1	

* 연구협력이 진행된 총 60편의 논문 저자 소속 재정리

2) 재생에너지 연구 협력 분석

① 협력 국가 분석

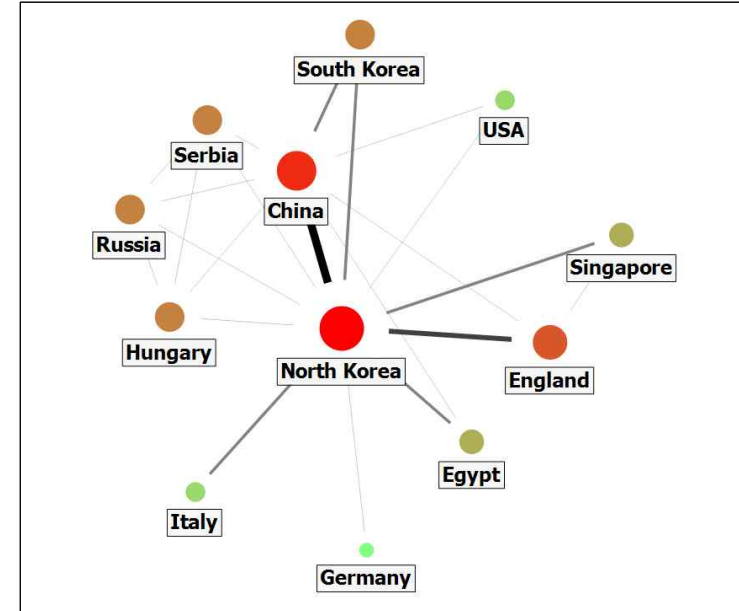
- 재생에너지 논문 145편 중 국가 간 협력이 이뤄진 논문은 54편임. 북한 학자들만으로 저자가 구성된 논문은 91편으로 전체 논문 중 63%를 차지함.
- 연구 참여 국가의 참여 정도는 기후변화 논문 국가 계산 방법과 동일하게 적용함.

<표 37> 재생에너지 연구 참여 국가 목록

국가 명	논문 수
China	48
England	3
Egypt	2
Germany	1
Hungary	1
Italy	2
Russia	1
Serbia	1
Singapore	2
South Korea	2
USA	1

* 논문 수는 중복 계산됨.

- 한국 소속 저자가 확인된 논문 2편 중 1편은 한양대학교에 소속된 Jin G.가 참여하였으며 다른 1편의 경우 대전보건대학교 소속의 Lee, Dong-Chan, 고려대학교 Park, Jino, 극지연구소의 Woo, Jusun, 한국지질자원연구원의 Kwon, Yi Kyun 등 다수의 한국인이 참여한 연구로 확인됨.



<그림 42> 재생에너지 연구 참여 국가 네트워크 분석

- 해외 학술 활동 참여 국가 네트워크 분석 결과 중국과 북한과의 연결이 가장 높았으며, 그 외에 북한-싱가포르-영국 학자와의 관계 또한 확인됨.

② 협력 기관 분석

- 연구협력이 진행된 총 54편의 논문 중 중국 기관이 33개로 확인되었고, 이집트 2기관, 영국 1기관, 독일 1기관, 헝가리 1기관, 이탈리아 1기관, 러시아 1기관, 세르비아 1기관, 한국 8기관, 미국 1기관이 참여한 것으로 확인됨. 북한 기관의 경우 총 7개 기관이 참여하였으며 김일성종합대학 24편, 김책공대 13편, 국가과학원 14편 등 여러 기관에서 해외 연구 협력을 진행하였음.
- 중국 소속 기관 중 베이징에 위치한 기관이 8개로 가장 많았으며, 그 다음 순으로 톈진 4개 기관, 장춘 3개 기관, 상하이 3개 기관에서 공동 연구를 진행함. 참여 논문 수는 선양에 위치한 Northeastern University 소

속 저자들이 10편의 논문에 참여하여 단일 기관으로는 가장 많은 공동연구를 진행함.

<표 38> 재생에너지 공동 연구 저자 소속 기관 목록 및 논문 수

국가 명	도시	기관명	논문 수
China	Baoding	Hebei University	2
		Beijing Forestry University	1
	Beijing	Beijing University of Chemical Technology	3
		Chinese Academy of Sciences(B)	3
		China University of Geosciences	2
		COFCO NHRI	1
		Tsinghua University	1
		University of Chinese Academy of Sciences	1
		University of Science and Technology Beijing	1
		changchun university of science and technology	1
	Changchun	Jilin University	2
		Northeast Normal University	1
	Changsha	Central South University	1
	Ganzhou	JiangXi University of Science and Technology	1
	Hangzhou	Huazhong University of Science and Technology	2
		Zhejiang University	2
	Harbin	Harbin Engineering University	1
		Harbin Institute of Technology	4
	Hong Kong	The University of Hong Kong (HKU)	1
	Nanjing	Nanjing Normal University	1
		Shanghai International Studies University	2
	Shanghai	Shanghai University	2
		Tongji University	1
		Northeastern University	10
	Shenzhen	Chinese Academy of Sciences	6
	Suzhou	Suzhou Furong Environm Engr Co Ltd	1
		HEBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	1
	Tianjin	Nankai University	5
		Tianjin Ecoenvironm Comprehens Support Ctr	1
		Tianjin University	2
	Wuhan	Wuhan University	3
	Xi'an	Northwestern Polytechnical University	1
	Zhenjiang	Jiangsu University	1
Agricultural Engineering Research Institute (AENRI)		1	
Egypt	Giza	Agricultural Engineering Research Institute (AENRI)	1
	Ismailia	Suez Canal University	2
England	London	Imperial College London	3
Germany	Berlin	Freie Universität Berlin	1
Hungary	Budapest	Eötvös Loránd University	1
Italy	Trieste	International Centre for Theoretical Physics	2
		Hamhung University of Chemical Engineering	1
North Korea	Hamhung	Hamheung University of Chemical Industry	1
		Kim Chaek University of Technology	13
	Pyongyang	Kim Il Sung University	24
		Pyongyang University of Mechanical Engineering	1
		State Academy of Sciences	14
		University of Science	11
		Rostov Na Donu	Southern Federal University
Serbia	Belgrade	University of Belgrade	1

국가 명	도시	기관명	논문 수
Singapore		Nanyang Technological University	2
South Korea	Andong	ANDONG NATIONAL UNIVERSITY	1
		Chungbuk National University	1
	Gwacheon	Gwacheon National Science Museum	1
	Inchon	Korea Polar Research Institute	1
		Hanyang University	1
	Seoul	Korea University	1
		Daejeon Health Sciences College	1
Taejon	Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources	1	
	USA	Houghton	Michigan Technological University

* 연구협력이 진행된 총 60편의 논문 저자 소속 재정리

2. 북중 연구 협력 현황

1) 협력 기관 분석

- 중국 각 도시의 협력 기관 수와 공동 저자로 기재된 논문 수는 아래와 같음. 베이징과 하얼빈에 있는 기관들과 가장 많은 연구를 수행한 것으로 확인됨.

<표 39> 중국 도시별 공동연구 기관 수 및 논문 수

도시 명	기후변화 연구		재생에너지 연구		기관 수 합계	논문 수 합계
	기관 수	논문 수	기관수	논문 수		
Baoding			1	2	1	2
Beijing	9	18	8	13	17	31
Changchun	6	8	3	4	9	12
Changsha			1	1	1	1
Ganzhou			1	1	1	1
Guiyang	1	1			1	1
Hangzhou	2	5	2	4	4	9
Harbin	6	26	2	5	8	31
Hong Kong			1	1	1	1
Jilin					2	2
Kunming	3	8			3	8
Nanchang	1	1			1	1
Nanjing	2	2	1	1	3	3
Qingyang	1	1			1	1
Shanghai	2	5	4	6	6	11
Shenyang	1	3	1	10	2	13
Shenzhen	1	1	1	6	2	7
Suzhou			1	1	1	1
Tianjin	2	4	4	9	6	13
Wuhan	5	5	1	3	6	8
Xiamen	1	1			1	1
Xian	1	1	1	1	2	2
Zhenjiang			1	1	1	1

* 기관 수 합계 및 논문 수 합계에 기후변화 연구 및 재생에너지 연구 중복 기관 및 중복 논문 포함됨.

2) Harbin 기관 공동연구 사례 조사

- 하얼빈에 있는 기관이 한 학교 당 발행 논문 수가 다수로 확인되어 하얼빈을 방문하였음. 북한 학자들과의 연구 협력 사례에 대한 질적 조사를 실시함.
- 인터뷰 대상자는 총 6명으로 하얼빈 교육기관인 Harbin Institute of Technology와 Northeast Forest University 소속이며 교수 4명, 학생 2명으로 구성됨. 2023년 10월 기관당 그룹 면접을 실시하여 연구 협력에 대한 경험을 확인함.

<표 40> 면담 대상자 정보

연번	소속 기관	대상자	직위	연령
1	A	a	교수	40대
2	A	b	교수	60대
3	A	c	교수	20대
4	B	d	교수	40대
5	B	e	박사과정	20대
6	B	f	박사과정	20대

(1) A 기관 공동 연구 사례

① 공동 연구자 특징

- 북한에서 교수로 재직 중이나 박사학위가 없는 연구자가 A 기관에 학위 과정을 진행하러 온 사례임. 학생으로 참여한 북한 연구자의 연령은 40대로 학업 과정에 어려움을 겪었다고 함. 북중관계 변화로 A 기관 전공을 1년 정도 수료한 후 타 학과로 이동하였음.

② 협력 사례 계기

- 북한에 있는 대학교를 통해 연락을 받았으며, 학생 개인과 입학 전에 직접 연락을 한 적은 없었음. 학생이 교수의 연구 분야를 보고 연락하면 교수가 승낙하고 학생은 입학하였음. 북한 학생이 중국에 공부를 하러 오는 사례가 종종 있으며, 중국 정부의 외국인 학생 지원 장학금으로 학교를 다님.

(2) B 기관 공동연구 사례

① 공동 연구자 특징

- 북한에서 학사를 마친 20대 학생이 석사과정으로 입학하여 공부를 하였으며, 기본적인 이론 등에 대해서는 북한에서 배웠고, 학교 수업도 잘 따라오는 편이었다고 함. 처음에는 영어를 잘 하지 못했으나 학교 수업을 통해 학습하여 영어 논문을 쓸 정도로 실력이 향상되었고 논문 1저자를 하기도 하였음.

② 협력 사례 계기

- 학교 내 국제 관리 부서에서 외국인 전형을 관리하고 있음. 북한 학생도 전공을 결정하고 중국에 왔고 지도교수를 선택하면 국제부에서 해당 과에 알려주는 방식으로 진행됨. 해당 과에는 1명의 학생을 받았고 중국 정부의 외국인 장학금을 통해 생활비와 학비 등을 지원받음.

(3) 두 기관 사례 비교 분석

① 공통 사항

- A 기관과 B 기관 모두 연구를 진행하고자 하는 학생과 사전에 직접 연락한 적은 없으며 북한 기관과 연락을 하거나 학교 내에 국제 관련 부서를 통해 연락을 받아 학생으로 받아들였음.
- 북한 학생들의 연구는 공동 연구로 이뤄졌으며 연구실 활동을 통해 다른 학생 및 지도교수와의 공동 연구가 수행되었음.
- 두 학생 모두 개인적인 이야기는 많이 나누지 않았으며 1년에 한 번 정도 북한으로 돌아갔던 것으로 확인됨. B 기관 학생의 경우 코로나19 상황으로 인해 4년 동안 귀국하지 못한 것으로 보고되었음.
- 재정적인 상황의 경우 중국 정부의 장학금을 받아서 학비 및 생활비를 충당하였고, 받은 돈의 일부분을 모아서 북한에 있는 집으로 보냈다고 보고됨.

② 차이점

- A 기관 학생의 경우 북한에서의 지위 등으로 중국에서의 생활에 조심하는 모습을 보였다고 보고됨. 외부 학술회의 참여 시 다른 북한 학생과 함께 이동하였으며 다른 학생의 이동을 위해 수업을 빠지는 경우도 있었음. B 기관 학생의 경우 북한 학생들끼리 교류하기도 하였으나 연구실 내 현장 답사 등에 적극 참여하였고 동료 학생들과도 활발하게 교류하고 활동하였다고 함.

(4) 공동연구 수행 경험 조사 함의

- 북한 학생들이 중국에서 공부하고 생활하는 비용을 중국의 외국인 장학금을 통해 충당함으로써 정부의 지원이 없이 북한 연구자와의 협력이 이뤄지기는 쉽지 않음을 확인함.
- 연구자의 연령 차이를 고려할 수 있음. A 기관의 경우 함께 북한 학생과 공동생활을 했던 학생도 관련 이야기에 대해 조심하는 모습을 보였고 교류 자체도 많지 않았다고 보고함. B 기관의 경우 북한 학생이 학교생활에 적극적이었고 연구실 랩미팅 등에 적극 참여하였다고 보고되었음. 따라서 북한 학생의 북한에서의 지위 및 연령에 따른 차이가 외부활동에서의 차이를 보일 수 있다는 점을 시사할 수 있음.

제6장 결론

- 북한의 기후변화 연구의 경우 북한 자체적으로는 2010년대부터 꾸준히 연구를 수행해왔으며 해외 학술 활동의 경우 2020년대에 본격적으로 진행한 것으로 확인됨. 북한 내에서는 산림과 홍수(큰물) 연구가 주로 이뤄지고 있었으나 해외 연구에서는 산림과 관련된 지역 분석, 나무 종 연구, 토양 관련 연구가 주로 수행되었음. 기후변화와 관련한 국내외 연구 동향의 경우 산림 자료 수집 및 기지 구축, 나무 수종 분석 등 산림 연구에 더 초점을 맞추고 있음을 확인함.
- 북한 내에서 수행된 연구들 중 주요 키워드별로 연구된 내용을 분석한 결과를 요약하면, 홍수(큰물)의 경우 저수지 피해 예방, 관측 등의 연구가 주를 이루었으며 산림은 산림 자료 수집 및 기지 구축 연구에 집중하였음. 기후변화는 온도 변화와 식물 생장에 대해, 가뭄(가물)은 가뭄 대비 지수 계산 및 토양 보전을, 온난화 연구는 기온 변화에 주목하고 있는 것으로 확인됨.
- 재생에너지 연구의 경우 북한 자체적으로는 2010년대부터 꾸준히 연구 수가 증가하였고 2016-2018년에 가장 많은 연구가 수행되었음. 해외 연구 활동도 2017년부터 연구 수가 급증하여 2010년대 후반 재생에너지 관련 연구에 대한 국내외 활동이 활발하였음을 확인함.
- 재생에너지 연구 내용을 살펴보면 북한 내에서는 풍력, 태양광(태양빛), 태양열, 지열 등 다양한 에너지원에 가지고 연구를 수행하였으나, 해외 연구에서는 수소 에너지 연구, 소재 연구, 전력 시스템 연구 등을 수행한 것으로 드러나 북한 내에서 수행되는 연구와 해외 학술 연구와의 연구 내용에서의 차이를 보임.
- 북한 내에서 수행된 연구들 중 주요 키워드별로 연구된 내용을 분석한 결과를 요약하면, 풍력 연구는 풍력발전기 관련 부품에 관심을 가지고 있었으며, 수력은 저수지 발전소 운영을 주로 연구함. 난방과 지열은 지하수 이용, 온도 관련 연구를 수행하였고 태양열은 온실과 연계된 연구가 주로 나타남.
- 해외 학술 활동의 경우 북한 학자들로 구성되어 논문을 발표한 수가 많아 자체적으로 해외논문 게재에 대한 역량을 확보해나가고 있다는 점을 확인하였음. 협력 연구의 경우 중국 연구기관과의 협력이 주를 이루고

있는 것으로 나타남. 중국에서 학위 취득을 하면서 공동 연구를 수행하는 경우도 상당하여 협력 연구의 경우 공동 저자가 있는 중국 연구자들의 관심사도 상당 부분 반영되었음을 추정할 수 있음.

- 중국 연구자와의 협력 연구의 경우 중국 학교에서 학위 취득 과정을 진행하면서 공동 연구가 수행되었고 특히 중국 정부의 지원을 통해 이러한 학술교류가 이뤄지고 있음을 확인하였음. 북한 학자들과 연구 협력을 추진할 경우 이러한 점을 고려해야 함.
- 북한의 국내의 연구를 보면 이공계 연구들이 대부분을 차지함. 기후변화가 사회에 미치는 영향이나 기후변화 정책, 기후변화에 대한 주민 인식, 기후변화 대응을 위한 사회 변화와 교육 방안 등 사회과학 연구가 거의 이루어지지 않음.
- 향후 연구 협력 분야를 고려하면 기후변화 분야는 산림 공간 분석 및 식물 종에 대한 연구를, 재생에너지 분야의 경우 수소에너지와 전력 시스템, 에너지 관련 소재 연구 등의 협력이 가능할 것임. 가뭄 대비 식물 중 분석, 풍력 및 태양광 소재 연구 등 구체적인 분야에서의 연구 협력이 추진된다면 향후 기후변화 대응을 위한 남북 협력 가능성을 높일 수 있을 것으로 보임.

참고문헌

- 김기대·강민정·김동엽·이창우·우충식·서준표(2019), 「북한의 사방공학 분야 연구동향 분석」, 『한국산림과학회지』, vol. 108, no. 4, 469-483.
- 김성금(2012), 「전국을 수립화, 원림화하는 것은 현시기 산림조성사업의 중요한 과업」, 『경제연구』, 2012년 4호, 22-24.
- 김유일(2021), 「해외서지정보를 활용한 북한 과학기술 연구개발 트렌드 변화분석(1986~2019)」, 『한국콘텐츠학회논문지』, vol. 21, no. 4, 137-152.
- 김윤성·윤성권·이상훈(2018), 「남북 재생에너지 협력을 위한 전략과 정책적 과제」, 『환경법과 정책』, 제21권, 131-165.
- 노경란·김은정·최현규(2016), 「국제학술논문을 통해 본 북한의 과학기술 지식생산에 관한 연구」, 『한국비블리아학회지』, vol. 27, no. 4, 205-227.
- 명수정·김지영·임미영·황선훈·손기용·안지호·김미자·강성대·주광수·성수호·Furna Rajbhandari·김성균·김영일·정태성·최현일·Stuart Torson(2013), 『한반도 기후변화 대응을 위한 남북협력 기반 구축 연구 III』, 한국환경정책·평가연구원.
- 배성인(2010), 「북한의 에너지난 극복을 위한 남북 협력 가능성 모색 - 신재생 에너지를 중심으로 -」, 『북한연구학회보』, 제14권 제1호, 69-90.
- 신정수(2023), “북한 가구부문의 태양광패널 활용과 역할,” 『KDI북한경제리뷰』, 2023년 4월호, 69-78.
- 양태혁(2017), 「자연에너르기의 리용범위를 확대하는데서 나서는 중요한 문제」, 『경제연구』, 2017년 4호, 31-33.
- 윤순진·안새롬·홍종호·이찬희(2019), 「언론보도 분석을 통해 본 북한의 기후변화 담론 변화」, 『아태연구』, vol. 26, no. 3, 65-101.
- 윤순진·임지원·안정권·임효숙·조영래(2010), 「남북 재생가능에너지 협력의 필요성과 장애요인」, 『환경논총』, 제49권, 63-93.
- 윤정원(2020), 「북한-중국 과학기술협력 네트워크의 구조적 특성과 변화에 대한 연구: 트리플헬릭스 접근을 기반으로」, 『아시아리뷰』, vol. 10, no. 2, 291-319.
- 윤준희·서은경·박영산·김학성(2010), 「종관 바람 관측 자료를 이용한 북한 지역

의 풍력자원 분석」, 『한국지구과학회지』, 31권 3호, 225-233.

이봉우·조현국(2020), 「상세 서지분석을 이용한 기후변화 교육 관련 연구 동향 분석」, 『에너지기후변화교육』, 제10권 제2호, 99-109.

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

이승욱·이대근·임병환(2017), 「최근 10년(2007~2016년) 북한의 기상기후 연구 동향 -기상과 수문지를 중심으로-」, 『대기』, vol. 27, no. 4, 411-422.

이정태·김현구·윤창열·강용혁(2019), 「거시적 관점에서 본 남북한 풍력자원 비교 평가」, 『신·재생에너지』, 제15권 제2호, 16-23.

임중빈·김경민·김명길·이종민·박진우(2020), 「데이터 마이닝을 활용한 북한 산림 과학 연구 동향 분석(1962~2016)」, 『한국산림과학회지』, vol. 109, no. 1, 81-98.

정지순·최준혁(2021), “북한의 태양에너지 개발 및 활용 현황,” 『북한포커스』, KDB산업은행 미래전략연구소, 3-5.

최충익·강보영(2012), 「기후변화 연구에 관한 사회연결망 분석과 함의」, 『한국 지역개발학회지』, 제24권 제5호, 1-20.

최현규·노경란, 『북한과학자의 국제학술논문(SCOPUS) 분석 연구: 2007-2016』, 2017, 한국과학기술정보연구원.

최현아·임철희(2021), 「북한 산림학술지에 나타난 산림연구 특성 분석과 이에 기초한 산림협력 방안」, 『현대북한연구』, vol. 24, no. 1, 88-111.

허선혜(2022), 「데이터마이닝을 활용한 북한 기상기후 연구 동향 분석: 1982~2022년 북한 학술지 논문을 중심으로」, 『동북아연구』, 37권 2호, 221-262.

허준영·유진아·우창빈(2018), 「LRRD 접근을 통한 남북 신재생에너지 협력에 대한 탐색적 연구」, 『국제·지역연구』 27권 4호, 95-130.

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

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

Felipe Romero-Perdomo·Juan David Carvajalino-Umaña·Jaime Leonardo Moreno-Gallego·Natalia Ardila·Miguel Ángel González-Curbelo(2022), Research Trends on Climate Change and Circular Economy from a Knowledge Mapping Perspective, *Sustainability*, 14(1), 1-17.

Johanna Nalau·Brodie Verrall(2021), Mapping the evolution and current trends in climate change adaptation science, *Climate Risk Management*, vol. 32, 1-22.

José Luis Aleixandre-Tudó·Lourdes Castelló-Cogollos·José Luis Aleixandre-Rafael Aleixandre-Benavent(2019), Renewable energies: Worldwide trends in research, funding and international collaboration, *Renewable Energy*, vol. 139, 268-278.

Rodrigo A. Estévez-Valeria Espinoza·Roberto D. Ponce Oliva·Felipe Vásquez-Lavín·Stefan Gelcich(2021), Multi-Criteria Decision Analysis for Renewable Energies: Research Trends, Gaps and the Challenge of Improving Participation, *Sustainability*, 13(6), 1-13.

Sven Harmeling·David Eckstein(2013), *Global Climate Risk Index 2013*, GERMANWATCH.

『DailyNK』, 「나선시, 태양광발전소 건설 첫삽 뜨기도 전에 주민 돈 거둬들여」, 2021년 4월 29일, <https://www.dailynk.com/20210429/>(검색일: 2023년 1월 30일).

『DailyNK』, 「태양광 발전 설치증가, 신희부부 혼수품도 바뀌었다」, 2019년 11월 20일, <https://www.dailynk.com/%ED%83%9C%EC%96%91%EA%B4%91-%EB%B0%9C%EC%A0%84-%EB%B3%B4%EA%B8%89%EC%9D%B4-%EC%8B%A0%ED%98%BC%EB%B6%80%EB%B6%80-%ED%98%BC%EC%88%98%ED%92%88%EB%8F%84-%EB%B0%94%EA%BF%94%EB%86%A8%EB%8B%A4/>(검색일: 2023년 1월 30일).