결과보고서 요약

사업기관	환경계획연구소		
사 업 명	북한의 기후 변화 및 그에 따른 산림 생태계 변화 연구		
사업책임자	성 명	소 속	직 위
	정 수 종	환경대학원	교수
사업기간	2019.4.1.~2020.2.28	사 업 비	

1. 사업 목적

- 범국가적인 문제로 다가오는 기후변화에 적응하기 위하여 북한을 포함한 한반도의 기후변화를 확인하고, 기후변화를 가속화시킬 수 있는 산림 황폐화가 일어나는 지역 등을 정확하게 파악하여 효과적인 협력 체계를 위한 기초자료 구축

2. 사업 내용

- 국・내외의 기후변화 및 지표생태계의 전문가들과의 세미나를 통해, 적합한 방법론을 수립하며 한반도 기후변화의 중요성에 대해 고취함
- 다양한 기후관련 자료를 수집하고 교차검증을 통해 북한의 기후와 산림을 이해하기 위한 기초자료를 구축하였음
- 27개의 모델 앙상블을 이용하여 한반도에서 발생할 수 있는 기후변화에 따른 미래를 전망하여 정책적으로 대비할 수 있도록 함
- 수집・분석된 많은 자료를 시각화하여 자료집으로 구성하여 비전문가에게도 쉽게 이해되고, 이용될 수 있도록 자료집으로 보관

3. 사업 성과

- 위성과 관측 모델 자료를 통합적으로 이용하여 신뢰성 높은 한반도의 기후변화 및 산림생태계 변화에 대한 기초자료 구축하였음
- 남한과 북한의 기온, 강수량, 건조지수의 변화를 지리적으로 정량화하여 지도화하여 기후변화에 대한 취약지역을 확인할 수 있음
- 북한의 산림생태계가 황폐화되고 있음을 위성자료를 통해 확인하였으며, 그에 따라 미래 기후변화 시나리오에서 재해에 취약해질 수 있음을 확인함.

환경계획연구소

1. 사업 배경

□ 개요

○ 사업명: 북한의 기후변화 및 그에 따른 산림 생태계 변화 연구

○ 기관명: 환경계획연구소

□ 추진 배경 및 목적

○ 추진배경

- 북한은 급격한 기후변화를 겪고 있으나, 기반시설 및 기후변화 대응능력이 부족하여 홍수, 가뭄 등, 재해기상에 취약한 것으로 알려져 있음
- 이에 남북협력 기후변화 대응 및 적응 정책수립에 앞서 북한의 환경을 정량적으로 이해할 수 있는 기초자료가 필요함

○ 목적

- 지상 관측 데이터가 부족하고, 제한적으로 접근 가능한 북한의 기후와 산림환경을 다양한 위성자료와 재분석자료를 이용하여 북한의 기후변화와 산림 생태계 변화를 정략적으로 파악
- 기후 자료의 변화와 산림생태계의 변화 자료를 기반으로, 인간의 삶에 직접적인 영향을 줄 수 있는 수자원에 직결된 홍수, 가뭄 등 기후 재난에 취약성을 확인할 수 있음
- 기후변화 시나리오를 기반으로 한반도의 온도와 강수 등 기후변수의 미래변화를 장기적으로 전망하여 추후 효과적인 정책 설계를 위한 기초자료를 마련하고 자료화함

2. 사업 내용

□ 사업 추진 내용

○ 한반도의 기후변화와 산림 생태계 분석을 위한 전문가와의 명확한 목표 설정 및 방법론 조정

- 북한의 기후변화와 산림변화를 이해하기 위해 위성, 기상, 수문, 산림 등 각 분야의 학제 간 협력이 필수적이기 때문에 한국의 기상과학원, 연세대학교, UNIST와 중국의 SUSTECH(중국남방과기대), 미국 유타대학교, 일본의 환경과학원 (NIES) 등 국내외 각 분야의 전문가를 초청하여 한반도의 기후변화와 산림생태계 변화를 주제로 총 14회의 세미나를 실시함

○ 한반도의 기후변화 분석을 위한 자료 수집과 분석

- 북한의 기상·기후 관측은 일부 지역에서만 이뤄지고 있어 데이터의 공간적 해상도가 낮고, 데이터의 공유가 원활히 이뤄지지 않기 때문에 북한의 기상·기후에 대한 이해가 매우 낮은 실정임
- 북한의 환경에 접근하기 위하여 위성자료(GIMMS, AVHRR, MODIS)와 관측자료 기반 그리드 데이터(CRU)를 이용하여 한반도의 기온, 강수량, 산림 생태계 변화에 대한 기초자료를 구축하고 건조량 변화를 통해 가뭄에 대한 취약성에 대해 재고함
- 또 27개의 기후모델 앙상블(27 GCMs ensemble) 결과를 이용하여 기후변화에 따라 과거 (1901-1902), 현재 (1986-2005), 가까운 미래(2041-2060), 그리고 먼 미래(2081-2100)의 한반도에서 발생하는 기후변화를 전망함

○ 정책적 제안에 사용할 수 있는 자료집 작성

- 분석된 자료들은 유의미한 자료들을 선별하여 비전문가도 이해할 수 있도록 시각화함. 시각화된 자료를 중심으로 자료집을 구성하여 향후 효과적 정책 수립의 기반이 될 수 있을 것으로 기대되며, 일부 자료는 통일기반구축학술대회에서 발표되었음.

□ 일정별 추진 사항

일 정	추진 내용
1분기 (3~5월)	▪ 국내 세미나 3회 ·4월 19일에 “기후변화와 시그널”이란 주제로 SBS의 기후변화 전문기자인 안영인 기자가 세미나를 진행함 ·5월 10일~12일 (3일)간 기상과학원의 Lev Labzovskii 박사와함께 한반도의 기상과 기후변화 연구 방법론에 관한 세미나를 진행 ·5월 22일~29일에 남방과기대의 박창의 박사, 주재원 박사를 초청하여 기후변화와 산림생태계의 변화란 주제로 세미나를 진행함
2분기 (6~8월)	▪ 국내 세미나 4회 - 6월 12일에 강원대학교의 곽경환 교수가 세미나에 참석하여 한국의 위성관측과 자료 분석방법에 관한 논의가 이뤄짐 (6월 12일) - 6월 20~26일까지 중국남방과기대의 박창의 박사와 주재원 박사가 참석하여 북한의 산림생태계 변화에 따른 기상재해 위험성에 관한 세미나를 진행함 - 6월 27일에는 일본 환경연구소(NIES)의 Terao 박사가 참석하여 한반도의 기후변화에 따른 지표 탄소순환에 관하여 세미나를 진행함 - 8월 17~24일 1주일간 미국 유타대학교의 Derek V.Mallia가 참석하여 대기환경과 지표 생태계의 상호관계를 주제로 세미나와 자문을 진행하였으며, 특히 미국의 산불 탐지 및 예측에 관한 특별 주제도 함께 진행함
	▪ 해외 워크샵 1회 - 6월 16일부터 19일까지 효율적인 산림관리 전략제시를 위한 I-Tree 프로그램을 이용한 산림 모델링 관련 교육을 미국의 Syracuse에서 배연학생이 참석함
	▪데이터 분석 및 수집 수행 1 - 6월 4일부터 8일까지 5일간, 1분기에서 정립된 목표와 방법론을 기반으로 북한의 산림 및 기후관련 위성자료와 관측기반 그리드 자료 등을 수집함
3분기 (9~11월)	▪ 국내 세미나 6 회 - 9월 17일, 국내 습지 생태의 전문가인 연세대학교 강호정 교수를 초청하여 기후변화와 습지생태계의 피드백에 관한 세미나를 진행함 - 9월 24일, 국내 폭염 전문가인 UNIST의 이명인 교수님

	을 초청하여 기후변화에 따른 기후재난 정의와 예측이란 주제로 세미나를 진행함 - 9월 27일, 미국 NASA의 인벤토리 전문가인 Tomohiro oda를 초청하여 인간활동으로 인한 대기 변화와 인벤토리를 이용한 산출법이란 주제로 세미나를 진행함 - 9월 28일, 기상과학원의 Lev labzovskii 박사를 초청하여 위성자료를 이용한 동아시아 지역 환경변화와 자료동화 방법에 관한 세미나를 진행함 - 10월 1일 취리히대학교와의 공동세미나를 통해 한반도에서 발생하고 있는 기후변화와 우리의 노력에 대해 알리는 시간을 가짐 - 11월 26일 동경대의 전구 수자원 모델의 전문가인 김형준 교수를 초청하여 기후변화에 따른 수자원 모형 변화와 북한의 수자원에 관한 주제로 세미나를 진행함
4분기 (12월~2월)	▪데이터 분석 및 수집 수행 2 - 12월: 박훈영 박사를 중심으로 2명의 박사과정(김종호, 박채린)이 세미나를 통해 정립된 데이터와 방법론을 적용하여, 북한의 기후 특성에 관한 분석이 이루어짐 - 1월: GCMs을 이용하여 한반도의 온도, 강수, 건조지수 등에 관한 미래를 전망함 - 2월: 수집된 데이터와 분석된 자료들을 시각화하고, 주석을 더해 한반도의 기후변화 전망집을 작성함 (2월 28일 요약본과 함께 제출 예정)

3. 사업 성과

□ 사업 성과

○ 분석자료를 통한 한반도 기후변화 진단과 학술대회 발표

- 위성을 이용하여 남한의 식생은 증가하고 있는 반면, 북한의 42% 지역에서 식생이 감소하고 있는 것으로 나타났음. 특히 황해도, 평안남도, 평양 등 인구가 밀집한 지역에서 식생이 감소하고 있어 인위적 요소에 의한 영향으로 판단됨.
- 특히 평양인근에서 산림면적은 감소하고 초지가 늘어나고 있어 산림황폐화가 발생하고 있는 것으로 보임
- 부족한 강수량 자료를 위해 머신러닝을 이용한 강수량 관측을 통일기반구축사업 중 일부로 진행하고 그 결과를 2019년 10월 2일, 한국기상학회의 환경응용분과에서 주재원 박사가 관련 내용을 발표한 바 있음

○ 한반도의 기후변화와 미래 전망 자료집

- 한반도의 기후 분석 결과 북한의 기온이 남한보다 더 큰 폭으로 변하는 것으로 나타났으며, 한반도는 전반적으로 건조해지고 있으며, 더욱 건조해질 것으로 나타났음. 이는 이후 사용 가능한 수자원 문제와 산불문제 등으로 이어질 수 있어 더욱 각별한 관리가 필요한 것으로 보임
- 또 한반도의 수자원은 2100년까지 10% 정도 늘어날 것으로 보이지만 북한의 수자원은 기후변화 시나리오에 따라 -10 ~ 10%까지 큰 차이가 발생하여 높은 불확실성을 보여주었음. 북한지역은 기후변화와 밀접한 관계가 있는 산림 식생을 관리하며, 수자원의 측면에서 집중적인 관리가 필요할 것으로 분석됨.
- 북한의 기후변화와 미래 전망분석 결과는 자료집으로 정리되어 2월 28일 최종 결과보고서와 함께 제출될 예정임

○ 한반도의 기후변화와 산림생태계 변화 자료 학술대회 발표

- 통일기반 구축사업의 결과로 분석된 한반도의 기후변화와 산림생태계 변화, 그리고 미래 전망 자료를 2020년 봄 기상학회에서 발표할 예정

□ 관련분야 기여도

○ 효과적인 정책수립을 위한 기초자료 구축

- 북한의 부족한 기상·기후 관측망과 한정적인 자료로 접근이 어려웠던 북한의 자료를 다양한 자료를 이용하여 한반도 단위에서 기초자료를 구축해냈음
- 한반도의 기후변화와 미래 전망분석 결과는 자료집으로 정리되어 2월 28일 최종 결과보고서와 함께 제출될 예정임

5. 자체평가 및 건의사항

□ 사업평가

○ 사업의 적절성

- 2019년도 통일기반 구축사업의 이러한 사업 중 하나로 북한지역을 포함한 한반도의 기후변화와 산림생태계 변화를 확인하고, 미래를 전망하여 향후 북한의 기후변화 대응·적응 정책을 위한 기초자료를 정립하였음
- 국내외의 기후변화 관련 전문가들을 초청하여 북한의 기후변화를 새로운 시각으로 접근할 수 있었으며, 한반도 기후변화 연구의 중요성에 대해 알렸음

○ 사업의 효율성

- 기후의 개념으로 한반도에 접근하여 장기 자료와 모델 자료를 함께 분석하여 새로운 접근방법을 제시하였으며, 이 결과를 통일기반구축사업의 결과물로 학술대회와 기상학회(2020년 예정)에 “통일기반구축사업”의 이름으로 공유하여 통일에 대한 전문가들의 관심을 고취함

○ 사업의 영향력

- 기존의 자료들은 유역 단위로 접근되어 관측자료가 부족한 북한지역을 대상으로 적용하기는 어려웠지만, 새로운 접근방식을 제시하여 북한의 대기와 산림생태계를 지속적으로 모니터링하며 한반도 공동 환경정책을 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 기대됨
- 기후변화와 산림생태계 등 전문적인 분석들을 한반도 지도로 가시화하여 비전문가도 쉽게 접근할 수 있을 것으로 기대되며 정책 등 다양한 분야에 이용될 수 있음

○ 사업의 발전 가능성

- 통일기반 구축사업 진행 중 다양한 분야의 전문가를 통해 위성을 이용한 대기오염 관측의 가능성이 나타났음. 위성을 이용하여 기후변화의 1급 원인물질인 대기 중 이산화탄소를 관측할 수 있으며, 대기오염 원인물질인 이산화황과 이산화질소 등도 확인할 수 있음
- 대기오염 물질에 대한 자료는 대기오염물질 간 비율을 나타내는 배출계수를 통해 북한의 에너지 사용행태를 알려줘, 북한의 에너지와 보건 측면에서 중요한 자료로 발전될 수 있을 것으로 기대됨

□ 미흡한 점(한계) 및 개선(보완)할 점

○ 북한의 기후변화를 정량적으로 평가하기 위해 국내외 석학들과 새로운 방법들을 적용했으나, 한반도의 문제를 공유할 수 있는 중국과 일본 등 외국과의 공동연구까지 발전시키지 못했음. 범국가적 문제인 기후변화 해결을 위해 공동목표를 설정하고 지속가능한 모니터링과 데이터베이스화가 이루어질 수 있도록 부가적인 노력이 필요함

□ 향후 계획

○ 2020년도 통일기반구축사업은 2019년도에 확인한 기후 특성을 기반으로 최근 가장 문제로 지적되는 미세먼지를 포함한 대기오염물질과 에너지 사용에 중점을 두고 이뤄질 예정임

○ 이를 단발적으로 끝나지 않고 지속가능하도록 중국의 북경대와 협력체계를 구축하고 공동목표를 설정하여 신뢰도 있는 자료를 구축할 예정임

□ 건의사항

○ 예산 편성 및 집행에 관련되어 법인회계로 진행되었지만, 서울대학교 재무과와 통일평화연구원 사이에서 합의된 명확한 규정이 없어서 예산집행에 어려움을 겪음. 특히 품의서를 통해 승인 후 집행하는 방식은 스케줄에 변동이 많은 해외 전문가 초청의 경우에 사용 불가능한 경우가 발생하여 연구실에서 자체적으로 처리해야 하는 경우도 있었음

6. 성과 관련 지표

□ 대표 사업 실적

○ 2020년 봄 기상학회 구두 발표 (예정)

□ 성과 자율 지표

○ 2019년 가을 기상학회 구두 발표 1회

○ 2020년 봄 기상학회 구두 발표 1회(예정)

○ 한반도의 기후변화와 산림생태계 변화와 미래 자료집 1건

○ 총 13회의 세미나를 통한 전문가 초청 (사진자료 첨부함)