



메콩강 유역 농가의 다차원적 기후변화 영향과 적응조치 효과에 관한 융복합 실증연구

2025. 02

메콩강 유역 농가의 다차원적 기후변화 영향과 적응조치 효과에 관한 융복합 실증연구

2025. 02

한국국제협력단

저자

책임연구원

이 종 욱

- 서울대학교 농경제사회학부 교수

공동연구원

권 오 상

- 서울대학교 농경제사회학부 교수

김 광 형

- 서울대학교 응용생물화학부 교수

보조연구원

김 인 애

- 서울대학교 박사과정

이 노 현

- 서울대학교 박사과정

최 태 수

- 서울대학교 박사과정

용 희 원

- 서울대학교 석사과정

장 성 일

- 서울대학교 석사과정

이 승 비

- 서울대학교 석사과정

현지 파트너십

베트남

- Mekong Development Research Institute (MDRI)
- The International Center for Tropical Agriculture (CIAT)

라오스

- National University of Laos
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Laos
- The Green Company

본 연구보고서의 내용은 한국국제협력단의 공식적인 입장과 일치하지 않을 수 있음을 밝힙니다.

본 연구보고서에는 제3자에게 권리(저작권)가 있는 저작물이 포함되어 있을 수 있습니다. 해당 내용 이용 허락은 사용자가 권리당사자에게 직접확인해야하며 그 사용에 관한 일체의 책임은 사용자에게 있습니다.

본 연구보고서의 내용은 출처와 집필자 명시 하에 인용이 가능하며, 아래와 같이 표기 바랍니다.

이종욱, 권오상, 김광형, 김인애, 이노현, 최태수, 옹희원, 장성일, 이승비. 2025. **메콩강 유역 농가의 다차원적 기후변화 영향과 적응조치 효과에 관한 융복합 실증 연구**. 성남:한국국제협력단

※ 본 자료는 KOICA 도서관 홈페이지(<https://lib.koica.go.kr>)를 통해서도 볼 수 있습니다.

국문 요약

기후변화는 전 세계적으로 기온 상승과 강수량 변동성을 증가시켜 가뭄과 홍수 같은 기후 충격을 초래하며, 이는 경제 활동과 인간의 삶의 질에 부정적인 영향을 미친다. 특히 중·저소득 국가는 기후변화에 더욱 취약하여 농업 생산성 저하, 식량안보 위기, 노동력 손실, 열대성 질환 확산, 기후난민 발생, 빈곤층 증가 등 다양한 문제에 직면할 가능성이 크다. 많은 중·저소득 국가의 경제가 농업에 크게 의존하고 있으며, 농가의 기후변화 대응 역량이 부족해 기후변화로 인한 피해가 더욱 심각하게 나타날 우려가 있다. 이는 사회적 불평등을 심화시키고 인간의 삶 전반에 걸쳐 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

메콩강 유역은 베트남, 라오스, 캄보디아, 태국, 미얀마, 중국 등 6개국에 걸쳐 있는 아시아 최대의 다국적 하천으로, 세계 최대 곡창지대 중 하나인 메콩강 삼각주를 포함하여 9,000만 명 이상의 주민들에게 농업, 산업, 생활용수를 공급한다. 그러나 이 지역은 몬순 기후대에 위치해 연간 강수량 변동성이 크며, 기후변화로 인한 가뭄, 홍수, 염분 침투와 같은 재해가 더욱 빈번하고 심각해질 것으로 예상되는 등 기후변화에 특히 취약한 지역으로 평가된다.

이에 따라 본 연구는 농업 의존도가 높고 기후변화 대응 역량이 부족하여 기후변화로 인한 피해가 더욱 심각하게 나타나는 메콩강 유역의 기후변화 영향을 다각적으로 살펴본다. 또한, 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정 요인과 적응조치의 다차원적인 효과를 분석한다. 이를 통해 글로벌 도전 과제인 기후변화에 대응하기 위한 농가의 적절한 적응 방안을 모색하고 정책적 시사점을 도출하여 농업 분야의 효과적인 기후변화 대응 및 국제개발협력 사업모델의 발굴에 기여하고자 한다.

본 연구의 목적은 △융복합 기후변화 실증연구 수행, △중·저소득 국가 연구역량 강화, △근거 기반 기후변화 대응전략 수립 및 성과 공유, △효과적인 기후변화 대응 국제개발협력 사업모델 발굴 및 연계 방안 제시를 통해 기후변화 대응을 위한 과학적 근거를 마련하는 것이다. 이를 통해 기후변화에 취약한 중·저소득 국가의 농가와 정책 의사결정자들에게 실질적인 도움을 줄 수 있는 정책적 시사점을 제시하고자 한다. 이를 위해 세 가지 세부 연구 주제를 설정하여 △기후변화가 농업 생산성 및 가변성에 미치는 영향과 적응조치 효과, △농가의 기후변화 적응 의사결정 요인, △기후변화 적응조치가 농가의 삶의 질에 미치는 영향을 증점적으로 분석한다.

(세부연구 1) 기후변화가 주요 작물 생산성과 가변성에 미치는 영향과 적응조치 효과 분석

세부연구 1은 베트남 농가의 미시 자료와 과거 기후 데이터 및 미래 기후 전망 데이터를 이용해 Δ 기후변화가 농업 생산성과 수익성, 가변성에 미치는 영향을 분석하고, Δ 기후변화가 농가의 기후변화 적응조치 의사결정(작목 선택 및 농기계 지출)에 미치는 영향을 농가 및 지역 특성을 고려하여 분석한다. 또한, Δ 기후변화와 농가의 적응조치가 쌀 생산성에 미치는 영향을 분석하고, Δ 기후변화와 농가의 적응조치가 농업소득에 미치는 영향을 이웃효과에 주목하여 분석한다.

기후변화는 쌀 생산성과 농가 수익성에 큰 영향을 미치며, 특히 일정 수준 이상의 큰 기온 상승이 생산성과 수익성을 감소시키는 영향이 확인되었다. 기온 상승은 쌀 생산성의 가변성(불확실성)을 줄이는 반면 강우량 증가는 쌀 생산성의 가변성을 증가시키며, 두 요인 모두 농가 수익성의 가변성을 증가시켰다. 또한, 이상 기후는 쌀 생산성과 가변성을 악화시켰고, 특히 메콩강 삼각주는 다른 지역보다 쌀 생산성의 가변성이 더 큰 것으로 나타났다.

기후변화에 대응하여 베트남 농가는 쌀 재배면적 비중을 늘리는 경향을 보였으며, 미래 기후변화 시나리오를 고려한 시뮬레이션 결과 미래로 갈수록 쌀과 과수의 재배 비중이 증가하고 기타 식량작물 및 채소류와 특용작물의 비중은 감소할 것으로 예측되었다. 탄소저감 노력이 적을수록 쌀 재배 비중은 더 크게 증가할 전망이다. 또한, 기후변화는 농가의 농기계 지출에도 유의미한 영향을 미쳐 다양한 기후 시나리오에서 단위 면적당 농기계 지출이 꾸준히 증가하는 경향이 나타났다.

농가의 작목 선택과 농기계 지출을 통한 기후변화 적응조치를 고려하여 기후변화가 쌀 생산성에 미치는 영향을 분석한 결과, 기온 상승과 강우량 증가는 쌀 생산성을 악화시키며, 기온과 강우량의 장단기 편차로 특정한 이상 기후 역시 쌀 생산성을 감소시키는 부정적 영향을 미쳤다. 농가의 쌀 재배면적 비중 증가와 농기계 지출 증가가 쌀 생산성을 향상시키는 효과가 나타나 이러한 적응조치가 기후변화에 대응하기 위한 농가의 유효한 조치가 될 수 있음을 시사한다. 미래 기후 시뮬레이션 분석 결과, 기후변화에 대한 적응조치를 반영하지 않으면 쌀 생산성이 크게 감소할 것으로 예상되며, 특히 SSP5-8.5 시나리오에서는 2061년-2080년에 쌀 생산성이 40% 이상 감소할 것으로 보였다. 반면, 농가가 적응조치를 취하면 생산성 감소폭이 줄어들거나 심지어 증가할 수 있으며, 모든 형태의 적응조치를 반영할 경우 쌀 생산성 감소폭은 5% 수준으로 줄어드는 것으로 나타났다. 이러한 적응조치의 효과는 탄소배출 저감 노력이 적은 시나리오일수록 더 크게 나타났다. 특히, 메콩강 삼각주 지역은 다른 지역에 비해 기후변화에 더 취약하며, 이

지역에서의 농가 적응조치 효과가 더욱 클 것으로 예측된다.

쌀 생산성뿐만 아니라 수익성 측면에서도 기온 상승 및 강우량 증가는 농가의 농업소득에도 부정적인 영향을 미쳤지만, 여러 작목이 서로 다르게 영향을 받아 그 효과가 상쇄되므로 쌀 생산성에 비해 농가 수익성 감소의 크기는 상대적으로 작았다. 농가가 기후변화에 대응하기 위해 작목군 비율을 조정하면 농업소득이 증가하는 경향이 나타났다. 또한, 기후변화가 인접 농가에 미치는 영향과 그들의 적응조치가 다른 농가에 미치는 파급효과(이웃효과)가 확인되었으며, 이는 농업소득에 승수효과를 발생시킬 수 있음을 시사한다. 미래 기후 시뮬레이션 분석 결과, 적응 조치를 반영하지 않으면 쌀 생산성 하락폭에 비해 상대적으로 작지만 농가 수익성 역시 장기적으로 감소할 것으로 전망된다. 이는 기후변화에 따른 품목군 간 이질적 반응(분산효과)과 시장 가격 변화에 의한 가격효과 때문인 것으로 보인다. 또한, 농가가 적응조치를 반영하면 장기적으로 농가 수익성이 개선될 수 있으며, 작목군 비중 변경이 수익성 향상에 가장 큰 영향을 미친다. 모든 적응조치를 반영하면 수익성이 최대 9% 증가할 수 있다. 특히, 매곡강 삼각주 지역에서는 적응조치가 농가 수익성을 최대 50%까지 증가시킬 수 있으며, 작목 비중 조정이 기후변화 대응에 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

이러한 분석 결과는 다음과 같은 시사점을 제공한다. 첫째, 기후변화로 인해 쌀 생산성이 하락할 것으로 예상되며, 특히 매곡강 삼각주 지역에서 그 영향이 클 것으로 보인다. 이에 대응하기 위해서는 가뭄과 홍수 대책, 품종 개량, 재해 예방 등의 정책적 지원과 함께 농가 차원에서의 작목구성 변경 및 기계화 추진 등의 기후변화 적응조치가 필요하다. 둘째, 기후변화가 경종 부문 농업소득에 미치는 영향은 쌀 생산성 감소에 비해 상대적으로 적다. 이는 농업소득이 단위 면적당 생산량이 아닌 소득에 초점을 두기 때문이다. 생산성 감소로 인한 시장 가격 상승이 수익성에 긍정적으로 반영되면서 기후변화가 생산성 감소에 미치는 부정적 영향을 일부 상쇄하기 때문이다. 그럼에도 불구하고 기후변화는 농가 수익성을 악화시키는 경향을 보인다. 하지만, 농가가 작물 조합을 변경하고 농기계 투자를 늘리는 등의 적응조치를 취하면 농업소득이 오히려 증가할 가능성도 확인되었다. 따라서 농가의 품목 전환과 기반투자 지원을 위한 교육 및 재정적 지원이 중요하다. 셋째, 농가의 품목 선택에서 이웃 농가와의 상호작용인 이웃효과가 유의하게 나타났다. 이를 통해 품목 변경과 주산지 형성 등의 긍정적 파급효과가 확인되었으며, 품목 선택 관련 교육과 훈련이 긍정적인 외부효과를 창출할 수 있음을 시사한다. 또한, 지역 단위로 조직화된 프로그램이 효과적인 성과를 낼 가능성이 높다.

(세부연구 2) 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응 의사결정 요인 분석

세부연구 2는 베트남 메콩강 삼각주와 라오스 메콩강 유역 농가를 대상으로 설문조사를 실시해 개별 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정 요인을 분석한다. 기후변화 대응조치는 크게 적응조치(Adaptation)와 완화조치(Mitigation)로 나뉘며, 기후변화 대응역량이 부족한 중·저소득 국가는 주로 적응조치를 통해 기후변화에 대응하고 있다. 농업분야의 주요 기후변화 적응조치로는 △재배 일정 조정, △작물 다각화, △종자 품종 변경, △농경지 준비, △재배 기술 조정, △물 사용 관리, △물 시설 개선, △소득 다각화, △농림기상 정보 활용 등이 있다. 이러한 적응조치는 메콩강 유역 농가가 기후변화에 효과적으로 대응하는데 중요한 전략으로 작용한다. 농가의 기후변화 적응역량 강화를 위해 메콩강 유역 국가들은 정부 주도의 기후정보 서비스 제공뿐 아니라 DeRisk South Asia, SAMIS, LaCSA 등의 국제개발협력 프로그램과 협력하고 있다. 이들은 농업 기술 및 정보 접근성을 개선하고 농가의 기후변화 대응역량을 강화하는데 기여하였다.

본 연구는 베트남 메콩강 삼각주와 라오스 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정에 영향을 미치는 다양한 요인을 분석하여 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정 메커니즘을 이해하고, 이를 바탕으로 농가의 기후변화 대응역량을 향상시켜 농업 생산성 증대, 식량안보 확보, 빈곤 완화, 삶의 질 개선을 위한 효과적인 정책 지원 방안을 제시하고 지속 가능한 농업 및 농촌 개발에 이바지하는 것을 목표로 한다.

가구 설문조사는 라오스 Vientiane 성(308가구)과 베트남 Tien Giang 성(319가구)에서 각각 2024년 6월과 9월에 현지 협력기관과 함께 가구 방문을 통한 일대일 대면 조사 방식으로 진행되었다. 베트남 설문조사는 2022년에 동일 지역에서 실시된 조사를 기반으로 추적 조사를 통해 패널 자료를 구축하였다.

분석의 주요 종속변수는 △개별 기후변화 적응조치 도입, △유사 특성별로 분류한 기후변화 적응조치 그룹 도입, △전반적인 기후변화 적응조치 활용 성향을 측정하는 기후변화 적응조치 지수로 설정하였다. 기후변화 적응조치는 유사한 특성에 따라 △품종/작물 다각화, △농법 조정, △물 사용관리/시설개선, △기후정보 활용, △소득 다각화, △보험 가입으로 분류하였고, 기후변화 적응조치 지수는 주성분분석(Principal Component Analysis)를 활용하여 추정하였다. 주요 설명변수로는 인구통계적 변수, 사회·경제적 변수, 기후정보 접근성, 자원 및 기술적 요인, 기후변화 인식과 피해 경험, 적응조치 인식, 사회적 연결망, 비인지 능력 등 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정에 영향을 줄 수 있는 다양한 요인들을 포함한다.

설문조사 결과, 베트남과 라오스의 대다수 농가가 실제 기후변화가 발생하고 있다고 인식하고 있었으며, 홍수나 가뭄 등의 피해를 경험한 것으로 나타났다. 또한, 기후변화로 인해 미래에도 가뭄이나 홍수 등의 기후 충격이 발생할 것으로 예상하였다. 대다수의 가구가 기후변화 적응조치를 긍정적으로 인식하고 있었지만, 이에 비해 기후정보를 실제 적응조치 도입에 활용하는 농가는 상대적으로 적었다.

농가의 기후변화 적응조치 도입 현황에서 베트남은 △농경지 준비, △재배 기술 조정, △농림기상 정보 활용, △개별 물 시설 개선을, 라오스는 △종자 품종 변경, △재배 기술 조정, △재배 일정 조정, △농림기상 정보 활용을 주로 도입하였다. 두 국가 모두 기후변화 적응조치에 대한 지식을 보유한 가구의 비율과 실제 도입 비율이 유사하게 나타났으나, 베트남은 지식 대비 적응조치 도입 비율이 라오스보다 낮은 것으로 확인되었다.

메콩강 유역 농가의 기후변화 적응조치 도입에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과, 모든 적응조치의 도입 의사결정에 공통적으로 영향을 미치는 요인은 발견되지 않았으나, △농촌지도 서비스(agricultural extension services), △기후정보 접근성(access to agro-climate information), △자기효능감(self-efficacy)이 주요 요인으로 나타났다.

이러한 분석 결과는 다음과 같은 시사점을 제공해준다. 첫째, 농가의 기후변화 적응조치 도입을 촉진하기 위해 기후변화 관련 지식과 인식 개선과 더불어 실질적인 기후정보 접근을 지원하고 이를 실제 활용할 수 있도록 인센티브를 제공하거나 장애 요인을 파악하여 제거하는 등의 정책적 지원이 필요하다. 둘째, 농촌지도 서비스와 연계한 교육 및 훈련 프로그램을 통해 기후 스마트 농업 기술 등 농가의 기후변화 대응역량과 적응조치 실행력을 강화하여야 한다. 셋째, 자기효능감과 같은 비인지 능력을 포함한 농가의 성향과 적응조치 특성에 맞는 지역 단위로 조직화된 지원 방안을 설계해 효과적으로 기후변화 적응조치 도입 행동 변화를 유도할 필요가 있다. 넷째, 농림기상 서비스 등 기후정보를 활용하는 여러 국제개발협력 프로그램과 협력을 강화해 중·저소득 국가의 기후변화 대응 역량을 증진시키기 위한 노력이 필요하다.

(세부연구 3) 기후변화 적응조치가 농가의 삶의 질에 미치는 영향 분석

세부연구 3은 기후변화 적응조치가 농가의 삶의 질에 미치는 다양한 영향을 종합적으로 분석하는 것을 목표로 한다. 기후변화는 중·저소득 국가 농가의 삶에 복합적인 영향을 미치며, 특히 메콩강 유역에서는 농업 생산성과 식량안보를 위협하고 농가의 전반적인 삶의 질 저하를 초래한다. 따라서 기후변화가 농업 생산성뿐만 아니라 소득, 소비, 보건 등 다양한 측면에서 삶의 질에

미치는 영향을 분석하여 실제 농가의 삶의 질 개선에 효과적인 기후변화 대응 정책 수립에 필요한 심층적인 이해를 제공할 필요가 있다.

본 연구는 베트남과 라오스의 메콩강 유역 농가를 대상으로 △가구 소득, △농업 소득, △가구 소비지출, △식품 소비지출, △주관적 삶의 질 등 여러 측면에서 기후변화 적응조치의 효과를 분석한다. 이를 통해 적응조치를 도입한 농가와 미도입 농가 간의 삶의 질 성과 차이를 평가하고, 기후변화 적응조치의 효과를 다각적으로 조명한다. 분석을 위해 베트남과 라오스에서 수집한 농가 설문조사 자료를 활용하며, 분석방법으로는 다중회귀분석(Multiple Ordinary Least Squares), 패널고정효과분석(Panel Fixed-Effects), 내생적교체회귀분석(Endogenous Switching Regression, ESR)을 활용하여 내생성으로 인한 편의를 줄이면서 기후변화 적응조치 도입이 농가 삶의 질에 미치는 영향을 추정한다. 또한, 기후정보 서비스가 농가의 기후변화 대응 능력을 강화하고, 다른 적응조치와 시너지 효과를 통해 기후변화의 부정적인 영향을 완화하는데 어떻게 기여하는지를 분석한다.

분석 결과, 라오스에서는 기후변화 적응조치가 가구 소득, 소비지출, 주관적 삶의 질에 다양한 영향을 미쳤다. 농법 조정은 가구 소득과 소비지출을 증가시키는 긍정적 효과를 보였고, 소득 다각화는 가구 소득과 미래 삶에 대한 낙관도를 높였다. 기후정보 활용은 가구 소득과 농업 소득 증가에 기여하였다. 반면, 품종 및 작물 다각화와 수자원 관리의 소득 증대 효과는 미미했으며, 보험 가입은 소득 감소와 높은 미래에 대한 불안감과 연관되었다. 기후정보 활용과 농법 조정의 결합은 농업 생산성과 소득 증대에 효과적인 시너지를 나타냈다. 이 결과는 상대적으로 높은 비용과 위험이 수반되는 수자원 관리나 품종 및 작물 다각화 등의 적응조치보다 현행 농업의 큰 틀을 유지하는 가운데 상대적으로 적은 비용과 위험부담을 가지고 취할 수 있는 재배 일정 변경 등 일부 농법의 조정이나 기후정보를 보다 적극적으로 농업에 활용하는 방식, 기후변화로 인한 소득 위험을 분산시키기 위한 소득 다각화 등의 적응조치가 효과적임을 시사한다.

베트남의 경우, 내생적교체회귀분석 결과를 통해 보험 구입을 제외한 대부분의 기후변화 적응조치 도입이 농가의 가구 소득과 농업 소득 증대에 긍정적인 효과가 있으며, 가구의 생활수준을 잘 보여주는 소비지출 측면에서도 긍정적인 효과가 있음을 확인하였다. 다만, 영양섭취 측면(식품 소비지출)과 주관적 삶의 질 측면(현재 삶에 대한 만족도 및 미래 삶에 대한 낙관도)에서는 유형별 기후변화 적응조치의 특성에 따라 서로 다른 효과가 나타날 수 있어 목적과 대상의 특성을 고려하여 농가 지원 정책과 사업의 수립 및 수행이 필요하다는 시사점을 도출할 수 있다. 또한, 직접적으로 현재 가구 소득 및 농업 소득을 증대한다고 보기 어려운 보험 구입의 경우

단기적으로 보험 가입을 위한 보험금 지급이나 보험 가입으로 인한 도덕적 해이 등이 가구 소득 및 농업 소득에 부정적인 영향을 미쳤을 가능성이 존재함을 확인하였다.

본 연구에서 도출된 주요 시사점은 다음과 같다. 첫째, 기후변화 대응역량이 취약한 중·저소득 국가 농가의 경우, 농법 조정, 기후정보 활용, 소득 다각화 등 상대적으로 도입 비용과 난이도가 낮고 위험부담이 적은 저비용-지위험 적응조치가 농가의 후생 및 삶의 질 개선에 효과적일 수 있다. 따라서 농가가 이러한 적응조치를 적극적으로 활용하도록 촉진하고, 고비용-고위험 적응 조치는 개별 농가 차원보다는 정부나 지역 사회 차원에서 정책적으로 지원할 필요가 있다. 둘째, 농촌지도 서비스와 금융 접근성이 농가 소득 증대에 긍정적인 영향을 미치므로 지역 단위에서 농촌지도 서비스를 통한 농가 역량강화와 금융 접근성 개선을 위한 정책이 필요하다. 셋째, 기후 정보 활용은 농가의 기후변화 대응역량을 높이고, 다른 적응조치와 결합하여 시너지 효과를 낼 수 있으므로 농가 차원에서 더욱 효과적으로 기후변화에 대응할 수 있는 중요한 도구로 활용될 수 있다. 따라서, 농가가 농림기상정보와 이를 활용한 농업 조언 서비스 등을 적극적으로 활용할 수 있도록 기후정보 서비스 접근성을 개선하고, 이를 실제 농업 활동에 활용할 수 있도록 기술 지원과 역량 강화를 위한 정책이 필요하다.

지속가능한 국제개발협력 사업 모델 제안

본 연구는 한국 정부의 농업 및 기후변화 분야 중장기 국제개발협력 정책 방향뿐만 아니라 베트남과 라오스의 농업 및 기후변화 관련 개발 전략을 고려하고 본 연구의 결과를 반영하여 디지털 기반 기후스마트 농업 국제개발협력 사업모델을 제안하고자 한다. 이를 통해 지속가능한 농업·농촌 개발을 촉진하고, 한국 정부의 농업 및 기후변화 분야 국제개발협력 사업 발굴에 적용 가능한 가이드라인을 제시하고자 한다.

베트남은 농업 부문의 기후변화 대응을 위해 농업 디지털화와 기술 혁신을 중심으로 한 국가 전략을 수립하였다. 이를 통해 농업 생산성을 높이고, 기후변화로 인한 피해를 최소화하려는 정책을 추진 중이다. 라오스는 지속 가능한 농업 시스템 구축과 식량안보 강화를 국가 농업개발 전략의 주요 목표로 설정하고, 농촌 지역의 기후변화 적응역량 강화를 위한 정책을 추진하고 있다.

국제적 네트워크와 협력을 강화함으로써 기후변화라는 글로벌 도전과제에 대응하고, 글로벌 기후변화 역량을 향상시킬 수 있는 방안을 다음과 같이 제시한다. 첫째, 베트남의 메콩강 삼각주 지속가능 개발 프로젝트(Mekong Delta Region Development Policy Operation, Mekong

DPO)와의 연계를 제안한다. 이 프로젝트의 일환으로 아시아 개발은행(Asian Development Bank, ADB)과 한국수출입은행 등이 참여하는 Tien Giang 성의 해안도로 건설 사업과 연계하여 ‘농산물 유통 시스템 개선을 통한 소득증대 사업’을 추진할 수 있다. 이를 통해 건설되는 도로를 활용하여 농산물 유통 시스템을 구축하고 농업 가치사슬을 형성하는 국제개발협력 사업모델을 추진함으로써, 유-무상 연계를 통한 시너지 효과 창출과 민간부문 참여를 통한 BOP(Bottom of Pyramid) 시장 개척이 가능하다. 둘째, 국제농업연구협의그룹(Consultative Group on International Agricultural Research, CGIAR)에서 추진 중인 Asian Mega-Deltas(AMD) 이니셔티브와 협력하여 ‘통합적 기후변화 정보 시스템 자동화를 통한 기후변화 회복력 증진 사업’과 같은 신규 국제개발협력 사업모델을 고려할 수 있다. 이와 유사하게 메콩강 유역 및 중부 고원 등 취약 지역에 농림기상 정보를 제공하는 디지털 플랫폼을 구축하여 농업부문 기후변화 대응역량을 강화할 수 있다.

베트남과 라오스에서 각각 추진할 수 있는 국제개발협력 사업모델은 다음과 같다. 라오스에서는 이미 유의미한 성과를 거둔 SAMIS와 LaCSA와 같은 농림기상 서비스의 장점을 활용하고 한계 점을 보완하여 농림기상 서비스의 전국적 확대를 추진할 수 있다. 또한, 기후변화 취약지역을 대상으로 기후정보 서비스를 제공하고 지역 맞춤형 접근을 통해 농가의 기후스마트 농업 역량강화와 기술 지원을 확대하는 방안도 고려할 수 있다. 베트남에서는 DeRISK와 같은 농림기상 서비스가 농업 분야에서 유의미한 기여를 하며 베트남 정부의 긍정적인 평가를 받았으나 추가적인 외부 지원 없이는 안정적인 서비스 제공이 어려운 상황이다. 이에 장기적으로 재정적, 기술적, 역량적 측면에서 지속 가능한 기후정보 서비스를 제공하기 위해 국가 수준의 농업 기후 디지털 플랫폼(Agro-Climatic Digital Platform, ACDP)을 개발하여 다양한 출처의 데이터와 정보를 통합적으로 관리하여 농가에 서비스를 제공하는 국제개발협력 사업모델을 제안할 수 있다. ACDP의 성공적인 구축과 운영을 위해 개발 및 유지보수를 위한 기술적 기반 마련, 기후정보 및 서비스의 효과적인 전달 체계 구축, 시스템 운영 및 활용을 위한 체계적인 역량강화 프로그램 수립 등이 필요하다.

이와 같은 농업 및 기후변화 분야 국제개발협력 사업모델을 추진함에 있어 다음과 같은 내용을 함께 고려할 것을 제안한다. 첫째, 소농, 여성, 청년, 노약자 등 취약계층의 사업 참여를 사업의 기획·수행·평가 단계 전반에 걸쳐 고려하여야 한다. 이를 통해 국제개발협력 사업의 공적 목적을 달성하고 사업의 성과가 취약계층에도 형평성있게 나타날 수 있다. 둘째, 지역 커뮤니티와 농민조직의 적극적 참여를 통해 자립적이고 지속 가능한 사업 추진을 위한 역량을 강화하여야 한다. 셋째, 기술력과 전문성을 보유한 국내 민간부문의 참여를 적극 활용할 필요가 있다. 이를

통해 BOP 시장 개척 등 새로운 비즈니스 기회를 창출하고 사업의 재정적·경제적 지속 가능성을 확보하며 공여국과 수원국 간 상생과 동반성장을 도모할 수 있다. 더 나아가 국내 및 현지 민간부문 간 협력을 통해 새로운 시장 창출과 현지 민간부문의 역량 강화와 발전에도 기여할 수 있다. 이러한 접근은 국제개발협력 사업의 공적 목적이 지속 가능한 방식으로 달성되도록 돕는 동시에, 한국과 협력국의 상호 발전에 기여할 것이다.

Executive Summary

Overview of the Study

Climate change increases temperature and precipitation variability globally, causing climate shocks such as droughts and floods, which negatively affect economic activities and quality of life. Low- and middle-income countries (LMICs) are particularly vulnerable to climate change, facing more risks of reduced agricultural productivity, food security crises, labor force losses, the spread of tropical diseases, and an increase in climate-induced refugees. Many LMICs rely heavily on agriculture for their economies, and farmers in LMICs have limited information and resources to respond to climate changes, which exacerbates the damage caused by climate change. This dynamic could intensify inequalities and undermine multiple dimensions of human well-being.

The Mekong River Basin, spanning six countries-Vietnam, Laos, Cambodia, Thailand, Myanmar, and China-is Asia's largest trans-boundary river system. It provides agricultural, industrial, and domestic water resources to over 90 million people, including the Mekong Delta, one of the world's most significant rice-producing regions. However, the basin is located in a monsoon climate zone, characterized by high annual rainfall variability. It is particularly vulnerable to climate change, with more frequent and severe climate disasters such as droughts, floods, and saline intrusion expected.

Given this context, the study aims to comprehensively examine the impacts of climate change in the Mekong River Basin, where high agricultural dependence and limited capacity magnify climate-related risks. Specifically, it investigates the determinants of farmers' adoption of climate adaptation measures and evaluates the multidimensional impacts of these measures. This study seeks to identify effective adaptation strategies for farmers to address the global challenge of

climate change and provide policy insights to enhance climate resilience in the agricultural sector, thereby supporting the development of international cooperation models.

The objectives of this research include: (1) Conducting interdisciplinary, evidence-based climate change research; (2) Strengthening research capacity in LMICs; (3) Developing and disseminating evidence-based climate change response strategies; (4) Identifying and proposing effective international development cooperation models for climate change adaptation. Through these efforts, the study aims to offer practical policy recommendations to farmers and policymakers in climate-vulnerable LMICs. To achieve this, the study focuses on three key research areas: The impacts of climate change on agricultural productivity and variability, and the effectiveness of adaptation measures; The factors of farmers' decision-making in adopting climate change adaptation measures; The effects of climate change adaptation measures on farmers' quality of life.

(Sub-study 1) The Impacts of Climate Change on Agricultural Productivity and Variability, and the Effectiveness of Adaptation Measures

Sub-study 1 examines the impact of climate change on agricultural productivity, profitability, and variability, as well as the effectiveness of adaptation measures, using micro-level data from Vietnamese farmers, historical climate records, and future climate projections. It analyzes how climate change affects agricultural productivity, profitability, and variability, and explores how these changes influence farmers' decisions to adopt adaptation measures, such as crop selection and machinery investments. Additionally, it assesses the impact of climate change and farmers' adaptation measures on rice productivity and agricultural income, with a focus on neighborhood effects.

Climate change significantly affects rice productivity and farm profitability. Substantial increases in temperature reduce both productivity and profitability, while also decreasing the variability of rice yields. In contrast, increased rainfall

raises variability of rice productivity, and both factors contribute to increased variability of farm profitability. Extreme weather events exacerbate rice productivity and its variability, with the Mekong Delta region being particularly vulnerable in terms of variability of rice yields.

In response to climate change, Vietnamese farmers tend to increase the proportion of rice cultivation. Simulations based on future climate scenarios suggest that the shares of rice and fruit crops will rise, while the shares of other food crops, vegetables, and industrial crops will decline. Lower carbon mitigation efforts are associated with a greater increase in the proportion of rice cultivation. Climate change also influences machinery expenditure, with a consistent rise in per-unit-area machinery expenditure across various climate scenarios.

The analysis of rice productivity, incorporating adaptation measures such as increased rice cultivation area and higher machinery investments, shows that rising temperatures and rainfall negatively impact rice productivity. Extreme weather events further reduce yields. However, adaptation measures improve productivity, highlighting their potential as effective responses to climate change. Without adaptation, rice productivity is projected to decline significantly, with losses exceeding 40% under the SSP5-8.5 scenario by 2061–2080. Implementing adaptation measures could mitigate these losses or even result in productivity gains, reducing losses to around 5% when all forms of adaptation measures are implemented. The effects of these adaptation measures were more pronounced in scenarios with lower carbon emission reduction efforts. These measures are particularly crucial in the Mekong Delta, where is more vulnerable to climate change compared to other areas.

Higher temperatures and increased rainfall negatively affect agricultural income, though the magnitude of income loss is smaller compared to rice productivity loss. This is due to the offsetting effects of climate change on different crops and the positive impact of higher market prices resulting from reduced productivity. Nonetheless, climate change tends to reduce agricultural income. Adaptation

measures, particularly adjusting crop shares, can lead to income growth. Neighborhood effects highlight the spillovers of adaptation, where climate impacts and adaptation decisions by neighboring farms influence others, potentially amplifying effects (multiplier effects). Future climate simulations suggest that, although income losses are smaller than productivity losses, long-term reductions in income are likely without adaptation. This is likely due to heterogeneous responses between crops (diversification effects) and price effects results from market price changes caused by climate change. Furthermore, if farmers implement adaptation measures, agricultural income can improve in the long term, with changes in crop composition having the greatest impact on farm profitability. When all adaptation measures are implemented, profitability could increase by up to 9%. In particular, in the Mekong Delta region, adaptation measures could boost farm profitability by up to 50%, and adjusting crop composition is expected to play a crucial role in responding to climate change.

The findings suggest several policy implications. First, rice productivity is expected to decline, particularly in the Mekong Delta. To address this, climate change adaptation measures at the farm level, such as changes in crop composition and mechanization, need to be encouraged with policy support for drought and flood mitigation, crop variety improvement, and climate disaster prevention. Second, the impact of climate change on agricultural income from crop farming is relatively smaller than the reduction in rice productivity. This is because agricultural income focuses on income rather than productivity per unit area. The increase in market prices due to the reduction in productivity positively affects profitability, which partially offsets the negative impact of climate change on productivity. Nevertheless, climate change tends to worsen farm profitability. However, agricultural income may actually increase when farmers implement adaptation measures such as changing crop combinations and increasing investment in agricultural machinery. Therefore, education and financial support for crop change and infrastructure investment at the farm level are crucial. Third, the neighborhood effects, which represent the social effect between neighboring farmers in crop selection, were

found to be significant. This suggests that changes in crop selection and the formation of specialized production zones for specific crops create positive spillover effects, and education and training on crop selection can lead to positive externalities. Furthermore, regionally organized community-based programs are likely to deliver effective effective outcomes.

(Sub-study 2) The Factors of Farmers' Decision-Making in adopting climate change adaptation measures among Mekong River Basin Farmers

Sub-study 2 conducts a survey targeting farms in the Mekong Delta of Vietnam and the Mekong River Basin of Laos to analyze the factors influencing farms' decisions to implement climate change adaptation measures. Climate change responses are broadly categorized into adaptation and mitigation measures, with low- and middle-income countries mainly relying on adaptation measures due to limited climate change response capacity. Key climate change adaptation measures in agriculture include (1) adjusting cultivation schedules, (2) crop diversification, (3) changing seed varieties, (4) preparing agricultural land, (5) adjusting cultivation techniques, (6) managing water usage, (7) improving water infrastructure, (8) diversifying income sources, and (9) utilizing agro-climatic information. These adaptation measures serve as crucial strategies for farmers in the Mekong River Basin to effectively respond to climate change. The countries in the Mekong River Basin, in collaboration with international development cooperation programs like DeRisk South Asia, SAMIS, and LaCSA, provide government-led climate information services to enhance farmers' climate change response capabilities. These initiatives have improved access to farming techniques and information, contributing to strengthening farmers' climate change response capacities.

This study aims to analyze various factors influencing the decision-making process for implementing climate change adaptation measures by farms in the Mekong Delta of Vietnam and the Mekong River Basin of Laos. The goal is to understand the decision-making mechanisms behind the adoption of adaptation

measures and to propose effective policies and strategies for improving farmers' climate change adaptation capacity, which can contribute to increased agricultural productivity, food security, poverty alleviation, and improved quality of life, ultimately contributing to sustainable agriculture and rural development.

The household surveys were conducted through one-on-one face-to-face interviews in collaboration with local partners in Vientiane Province, Laos (308 households), and Tien Giang Province, Vietnam (319 households) in June and September 2024, respectively. The Vietnam survey built a panel data set based on a follow-up survey conducted in the same region in 2022.

The key dependent variables include (1) adoption of individual climate change adaptation measures, (2) adoption of adaptation measure groups classified by similar characteristics, and (3) climate change adaptation index, which measures the overall tendency to utilize climate change adaptation measures. Climate change adaptation measures are classified based on similar characteristics into categories such as (4) variety/crop diversification, (5) adjusting farming practices, (6) water use management/infrastructure improvements, (7) climate information utilization, (8) income diversification, and (9) insurance purchase. The climate change adaptation index was estimated using Principal Component Analysis (PCA). The main explanatory variables include demographic variables, socio-economic variables, access to climate information, resource and technical factors, climate change perception and damage experience, adaptation measure perception, social networks, and non-cognitive skills that may influence farmers' decisions to adopt climate change adaptation measures.

Survey results show that the majority of farmers in Vietnam and Laos recognized that climate change is occurring and had experienced damage from floods or droughts. Additionally, they anticipated future climate shocks such as droughts or floods due to climate change. Although most households had a positive perception of climate change adaptation measures, relatively fewer households actually utilized climate information in their adaptation efforts.

In terms of the current status of climate change adaptation measure adoption by farmers, Vietnam primarily adopted (4) agricultural land preparation, (5) adjustment of cultivation techniques, (9) utilization of agro-climatic information, and (7) individual water infrastructure improvements. In contrast, Laos mainly adopted (1) adjusting cultivation schedules, (3) changing seed varieties, (5) adjusting cultivation techniques, and (9) utilizing agro-climatic information. Both countries showed similar proportions of households possessing knowledge how to implement climate change adaptation measures and the actual adoption rates, but Vietnam exhibited a lower adoption rate relative to its knowledge compared to Laos.

The analysis of factors influencing the adoption of climate change adaptation measures by farmers in the Mekong River Basin revealed that no common factors universally affected the decision-making for all measures. However, agricultural extension services, access to agro-climate information, and self-efficacy were identified as key influencing factors.

These findings provide the following implications. First, to promote the adoption of climate change adaptation measures by farmers, policy support is needed to improve climate change-related knowledge and perception, support practical access to climate information, provide incentives to utilize this information, and identify and remove barriers. Second, education and training programs linked with agricultural extension services should strengthen farmers' climate-smart agricultural techniques and their implementation capabilities for adaptation measures. Third, it is essential to design regionally organized support measures tailored to farmers' non-cognitive skills, such as self-efficacy, and the characteristics of adaptation measures to effectively induce behavioral changes for adopting climate change adaptation measures. Fourth, efforts to enhance the climate change response capacities of LMICs should be strengthened through cooperation with various international development cooperation programs that utilize agro-climatic services.

(Sub-study 3) The Effects of Climate Change Adaptation Measures on Farmers' Quality of Life

Sub-study 3 aims to comprehensively analyze the various impacts of climate change adaptation measures on farmers' quality of life. Climate change has complex effects on the lives of farmers in LMICs, particularly threatening agricultural productivity and food security in the Mekong River Basin, thereby lowering the overall quality of life of farmers. Therefore, it is necessary to analyze the impact of climate change on various aspects of quality of life, such as income, consumption, and health, in addition to agricultural productivity. This provides an in-depth understanding required for establishing effective climate change response policies that can improve farmers' quality of life.

This study analyzes the effects of climate change adaptation measures on various aspects such as household income, agricultural income, household consumption expenditure, food consumption expenditure, and subjective quality of life, among farmers in the Mekong River Basin of Vietnam and Laos. By comparing the quality of life outcomes between farmers who adopted adaptation measures and those who did not, the study sheds light on the multidimensional effects of climate change adaptation measures. Using household survey data collected from Vietnam and Laos, the study employs methods such as Multiple Ordinary Least Squares regression, Panel Fixed-Effects analysis, and Endogenous Switching Regression (ESR) to estimate the impact of climate change adaptation measures on farmers' quality of life while mitigating biases caused by endogeneity. The study also examines how climate information services contribute to enhancing farmers' climate response capacities and alleviating the negative impacts of climate change through synergy effects with other adaptation measures.

The results show that in Laos, climate change adaptation measures had various effects on household income, consumption expenditure, and subjective quality of life. Adjusting farming practices showed positive effects by increasing household income and consumption expenditure, while income diversification enhanced

household income and optimism about future life. The use of climate information contributed to increasing household and agricultural incomes. On the other hand, the income-increasing effects of variety and crop diversification and water resource management were minimal, and insurance purchase was associated with income reduction and high anxiety about the future. The combination of climate information utilization and adjusting farming practices demonstrated effective synergies in increasing agricultural productivity and income. These results suggest that some adaptation measures, such as changing cultivation schedules or more actively utilizing climate information in agriculture, which can be implemented with relatively low costs and risks while maintaining the overall framework of current agriculture, may be more effective compared to high-cost and high-risk measures such as water resource management or variety and crop diversification.

In Vietnam, the ESR analysis results indicated that most climate change adaptation measures, except for insurance purchases, had positive effects on increasing household and agricultural incomes, and also showed positive effects in terms of household consumption expenditure, which well reflects the living standards of households. However, in terms of nutrition (food consumption expenditure) and subjective quality of life (satisfaction with current life and optimism about future life), different effects could be observed depending on the characteristics of the various types of climate change adaptation measures. This suggests that it is necessary to formulate and implement agricultural support policies and projects considering the objectives and characteristics of the target groups. It was also confirmed that in the case of insurance purchases, which might not directly increase current household income and agricultural income, there is a possibility that short-term negative impacts such as insurance premiums for insurance enrollment or moral hazards caused by insurance enrollment adversely affected household and agricultural incomes.

The key implications derived from this study are as follows. First, for farmers in LMICs with limited climate change response capacities, low-cost and low-risk

adaptation measures such as adjusting farming practices, utilizing climate information, and diversifying income sources, which have relatively low costs and difficulty of implementation, can be effective in improving the welfare and quality of life of farmers. Therefore, it is necessary to promote the active use of such adaptation measures by farmers, while high-cost and high-risk measures should be supported at the governmental or community level rather than at the individual farm level. Second, as agricultural extension services and access to finance have positive effects on increasing farmers' incomes, policies are needed to enhance farmers' capacities through community-based agricultural extension services and improve financial accessibility. Third, utilizing climate information is an important tool that can strengthen farmers' climate change response capacities and create synergy effects when combined with other adaptation measures, thus allowing farmers to respond more effectively to climate change. Therefore, policies to improve access to climate information services and provide technical support and capacity-building to actively utilize these services in agricultural activities are needed.

Proposal of a Sustainable International Development Cooperation Project Model

This study proposes a digital-based climate-smart agriculture international development cooperation project model, considering the long-term international development cooperation policies of the Korean government in the agriculture and climate change sectors, as well as the agricultural and climate change-related development strategies of Vietnam and Laos. Through this, the study seeks to promote sustainable agricultural and rural development and present guidelines applicable to the international development cooperation projects of the Korean government in these fields.

Vietnam has established a national strategy focused on agricultural digitization and technological innovation to respond to climate change in the agricultural sector. This policy aims to increase agricultural productivity and minimize the damage caused by climate change. Laos also has set the establishment of a

sustainable agricultural system and the enhancement of food security as the main goals of its national agricultural development strategy, implementing policies to strengthen the climate change adaptation capacity of rural areas.

By strengthening global networks and cooperation, we propose the following strategies to respond to the global challenge of climate change and improve global climate change capacities. First, we suggest to link with the Mekong Delta Region Development Policy Operation (Mekong DPO) project in Vietnam. A project to 'Increase Income through Improvement of Agricultural Product Distribution Systems' can be promoted in connection with the coastal road construction project in Tien Giang Province, involving the Asian Development Bank (ADB) and Korea Export-Import Bank for Mekong DPO. By utilizing the road being constructed, this project can be promoted to establish an agricultural product distribution system and form an agricultural value chain, enabling synergy effects through the linkage of grants (aid funds) and loans (non-aid funds) and the development of the BOP (Bottom of the Pyramid) market through private sector participation. Second, we propose to collaborate with the Asian Mega-Deltas (AMD) initiatives, being led by the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), for climate information projects such as 'Climate Change Resilience through the Automation of an Integrated Climate Change Information System.' Similarly, a digital platform providing agro-climatic information can be established in vulnerable areas such as the Mekong River Basin and central highlands to strengthen the climate change response capacity of the agricultural sector.

In addition, the following ODA models can be promoted in Vietnam and Laos respectively. In Laos, the advantages of agro-meteorological services such as SAMIS and LaCSA, which have already achieved significant results, can be utilized, and their limitations can be complemented to promote the nationwide expansion of these services. Alternatively, climate information services can be provided to climate-vulnerable areas, and regional tailored approaches can be considered to enhance the climate-smart agriculture capacity of farms and expand technical support. In Vietnam, while agro-meteorological services like DeRISK have made

meaningful contributions to the agricultural sector and received positive evaluations from the Vietnamese government, stable service provision is challenging without additional external support. Therefore, to provide long-term financially, technically, and capacity-wise sustainable climate information services, we suggest to develop a national-level Agro-Climatic Digital Platform (ACDP) that integrates data and information from various sources to provide services to farms. For the successful establishment and operation of the ACDP, it is necessary to prepare a technical foundation for development and maintenance, establish an effective delivery system for climate information and services, and create a systematic capacity-building program for system operation and utilization.

In promoting such ODA models in the agricultural and climate change sectors, we recommend the following considerations. First, the participation of vulnerable groups such as small farmers, women, youth, elderly, and disabled should be considered throughout the planning, implementation, and evaluation stages of a project. This ensures that the public objectives of ODA projects are achieved and that the project's outcomes are equitably distributed to vulnerable groups. Second, the active participation of local communities and farmer organizations should be encouraged to strengthen the capacity for self-reliance and sustainable project. Third, it is necessary to actively utilize the participation of the domestic private sector in Korea, with its technological capabilities and expertise. This can create new business opportunities such as exploring the BOP market, ensure the financial and economic sustainability of the project, and promote mutual development and co-prosperity between donor and recipient countries. Furthermore, cooperation between private sectors in Korea and partner countries can contribute to new market creation and the enhancement and development of local private sector capabilities. This approach will help achieve the public objectives of ODA projects in a sustainable manner while contributing to the mutual development of Korea and its partner countries.

목 차

국문 요약	i
Executive Summary	x
1. 연구 개요	1
1.1. 연구 배경 및 목적	1
1.2. 연구 범위	5
1.3. 연구 방법	18
1.4. 연구 파트너십 활용 결과	27
1.5. 연구 추진 체계	29
2. 기후변화가 주요 작물 생산성과 가변성에 미치는 영향과 적응조치 효과 분석	33
2.1. 서론	33
2.2. 세부 모형 분석 방법론	41
2.3. 분석 데이터	52
2.4. 분석 결과	63
2.5. 결론 및 시사점	89
3. 메콩강 유역 국가 농가의 기후변화 대응 의사결정 요인 분석	91
3.1. 메콩강 유역 3개국의 기후변화 취약성과 피해 현황	91
3.2. 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응조치	95
3.3. 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응 역량 강화를 위한 국제적 지원	100
3.4. 분석 목적 및 필요성	104
3.5. 선행연구 검토	106

3.6. 분석 모형	108
3.7. 분석 데이터	112
3.8. 분석 결과	116
3.9. 결론 및 시사점	130
4. 기후변화 및 기후변화 적응조치가 농가의 삶의 질에 미치는 영향 분석	133
4.1. 연구 목적	133
4.2. 선행연구 검토	133
4.3. 분석 모형	136
4.4. 분석 결과	141
4.5. 결론 및 시사점	153
5. 지속가능한 국제개발협력 사업 모델 제안	154
5.1. 우리 정부 정책 이행 방향 분석	154
5.2. 주요 공여국 유사 사업 정책 이행 분석	157
5.3. 협력대상국 국가 개발 전략 분석	159
5.4. 유사 사업 분석	163
5.5. 지속 가능한 농업을 위한 기후변화 대응 국제개발협력 모델 발굴 및 형성 제안	166
6. 결론	177
6.1. 연구 결과 요약 및 시사점	177
6.2. 연구 결과 환류	180
6.3. 연구의 한계점 및 향후 연구 과제 제안	181
참고 문헌	184

표 목차

〈표 1-1〉 메콩강 유역 3개국의 통계 지표	11
〈표 1-2〉 2022년 메콩강 유역 3개국의 ODA 무상원조 수취금액	13
〈표 1-3〉 국가별 가구 설문조사 자료	18
〈표 1-4〉 문헌조사 목록	19
〈표 1-5〉 라오스 현지조사 개요	24
〈표 1-6〉 베트남 설문조사 개요	26
〈표 1-7〉 연구팀 구성 및 역할	29
〈표 2-1〉 유럽환경청(European Environmental Agency, EEA, 2019)의 기후변화 적응조치 구분	37
〈표 2-2〉 VHLSS 농업생산물 품목 구분	53
〈표 2-3〉 베트남의 지역(region) 구분	54
〈표 2-4〉 연도별, 지역별 농가 수 및 비율	55
〈표 2-5〉 ‘분석 2’ 관련 VHLSS 기초통계량	57
〈표 2-6〉 쌀 생산성, 농업소득, 평균 작목군 비중의 연도별 추세	58
〈표 2-7〉 쌀 생산 시기에 따른 지역 구분	59
〈표 2-8〉 과거 기후 기초통계량	59
〈표 2-9〉 GCM 모형 요약	60
〈표 2-10〉 미래 기후 기초통계량 (MIROC6 모형)	61
〈표 2-11〉 농가 생산성/수익성에 대한 Just-Pope형 함수 추정 결과	65
〈표 2-12〉 기후변수가 작목군별 재배면적 비중 선택행위에 미치는 영향 분석	68
〈표 2-13〉 기후변수가 농가의 쌀 재배면적 선택행위에 미치는 영향 분석 결과	72
〈표 2-14〉 기간별/시나리오별 미래 쌀 재배비중 예측치	73
〈표 2-15〉 기후변수가 농가의 농기계 비용 선택행위에 미치는 영향 분석 결과	74
〈표 2-16〉 기간별/시나리오별 미래 농기계(전체) 지출 예측치 (VND/㎡)	76
〈표 2-17〉 기간별/시나리오별 미래 농기계(쌀 재배용) 지출 예측치 (VND/㎡)	77
〈표 2-18〉 기후변수가 쌀 생산성에 미치는 효과 분석 결과	78
〈표 2-19〉 미래 쌀 생산성 시뮬레이션 결과-전국	81

〈표 2-20〉 미래 쌀 생산성 시뮬레이션 결과-메콩델타	82
〈표 2-21〉 기후변수가 농업소득에 미치는 영향 및 농업소득의 이웃효과 분석 결과	83
〈표 2-22〉 미래 수익성(농업소득) 시뮬레이션 결과-전국	86
〈표 2-23〉 미래 수익성(농업소득) 시뮬레이션 결과-메콩델타	87
〈표 3-1〉 라오스 마을별 설문조사 수 분포	113
〈표 3-2〉 베트남 마을 별 설문조사 수 분포	113
〈표 3-3〉 국가별 설문조사 가구 특성	114
〈표 3-4〉 국가별 기후변화 적응조치 지식 및 실행	117
〈표 3-5a〉 라오스 기후변화 적응조치 지수 요인 분석	121
〈표 3-5b〉 베트남 기후변화 적응조치 지수 요인 분석	123
〈표 3-6a〉 라오스 기후변화 적응조치 분류별 도입 의사결정 요인 분석	125
〈표 3-6b〉 베트남 기후변화 적응조치 분류별 도입 의사결정 요인 분석	127
〈표 3-7〉 라오스 기후변화 적응조치 실행 적극성 요인 분석	129
〈표 4-1a〉 (라오스) 분류화된 기후변화 적응조치의 효과분석	145
〈표 4-1b〉 (베트남) 분류화된 기후변화 적응조치의 효과분석	147
〈표 4-1c〉 (베트남) 분류화된 기후변화 적응조치의 효과분석 (내생적교체회귀 분석)	148
〈표 4-2〉 (라오스) 개별 기후변화 적응조치의 효과분석	150
〈표 4-3〉 (라오스) 기후정보 활용의 시너지 효과분석-1	151
〈표 4-4〉 (라오스) 기후정보 활용의 시너지 효과분석-2	152
〈표 5-1〉 라오스와 베트남의 농림수산 분야 진행 사업	155
〈표 5-2〉 국내 기후스마트농업 기업 (예시)	156
〈표 5-3〉 라오스 ODA 모델 제안: 사업 논리모형(Logframe) 및 기대성과 (예시)	168
〈표 5-4〉 라오스 ODA 모델 제안: 사업 변화이론(Theory of Change) (예시)	169
〈표 5-5〉 베트남 ODA 모델 제안: 사업 논리모형(Logframe) 및 기대성과 (예시)	172
〈표 5-6〉 베트남 ODA 모델 제안: 사업 변화이론(Theory of Change) (예시)	174

그림 목차

[그림 1-1] 메콩강 유역 3개국 지도	6
[그림 1-2] ODA 무상원조 금액(2022)	6
[그림 1-3] 메콩강 유역 3개국의 도시화율 및 농업의 고용 기여도	13
[그림 1-4] 조직도	29
[그림 1-5] 연구단계별 수행 결과	30
[그림 2-1] 세부연구 1의 하위 분석 도식화	40
[그림 2-2] 단기 및 장기 기후 반응 곡선 예: Moore and Lobell(2014)	47
[그림 2-3] 미래기후 시나리오별 작목군 재배비중 예측치	71
[그림 3-1] 라오스 Vientiane성 지도	94
[그림 3-2] 베트남 Tien Giang 성 지도	94
[그림 3-3] 베트남 자산분위별 기후변화 대응성향	119
[그림 3-4] 라오스 자산분위별 기후변화 대응성향	120

1. 연구 개요

1.1. 연구 배경 및 목적

1.1.1. 연구 배경

기후변화는 극단적인 기온 변화나 강수량 변화와 같은 이상기후 현상의 빈도와 강도를 급속도로 증가시키며, 이는 인류의 삶에 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 생태계 교란과 사회경제적 변화를 통해 간접적인 영향도 야기한다. 개인이나 집단이 가진 취약성(Vulnerability)은 이러한 기후변화의 영향을 가속화시킬 수 있으며, 이로 인해 심각한 불평등이 발생할 수 있다. 2023년 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)의 발표에 따르면, 지구 온도 상승 속도가 예상보다 빠르게 진행되고 있으나, 중·저소득 국가들은 재정적 자원의 한계로 인해 기후변화 대응에 취약한 상황이다. 특히 저위도에 위치한 중·저소득 국가는 해수면 상승, 홍수, 가뭄 등 기후변화로 인한 피해가 더 클 것으로 예상된다(IPCC, 2023).

대부분의 중·저소득 국가들은 경제가 농업에 크게 의존하고 있어, 기후변화에 따른 농업 생산성 손실이 크게 우려되고 있다(Rosenzweig et al., 2014), 따라서, 이는 농가의 소득 감소, 빈곤 증가, 식량안보 악화 같은 사회문제를 초래할 가능성이 높으며, 이러한 변화는 교육, 보건, 삶의 질 등 다양한 측면에서 농가의 후생(Welfare) 저하를 초래할 수 있다.

메콩강(Mekong River) 유역은 면적이 795,000km²에 달하는 아시아 최대의 다국적 하천으로, 베트남, 라오스, 캄보디아, 태국, 미얀마, 중국 등 인접 국가의 9,000만 주민들에게 농업, 산업, 생활용수를 제공하고 있다. 그러나 메콩강 유역은 여름에 강수가 집중되는 몬순 기후대에 위치하여 연중 강수량 변동성이 커서 기후변화에 매우 취약한 지역으로 평가된다. 특히 기후변화로 인해 우기 강수량 변동성이 -16% ~ +17%로 예상되는 등 미래 기후 예측의 불확실성이 매우 크다(Mekong River Commission, 2017). 따라서, 세계 최대 곡창지대 중 하나인 메콩강 삼각주(Mekong Delta) 지역은 기후변화로 인해 농업 생산성, 식량안보, 보건, 삶의 질 등 다방면에서 복합적인 피해가 예상된다.

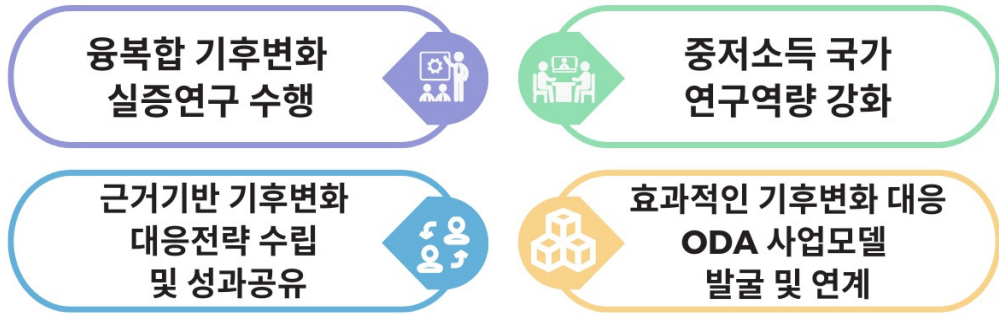
하지만 이러한 피해의 심각성에 비해 이상기후 발생 등 기후위기 관련 정보 공유는 원활하지 않다. 메콩강은 상류에 위치한 중국과 미얀마를 거쳐 하류 유역인 태국, 라오스, 캄보디아, 베트남 까지 포괄하기 때문에 강 사용과 관련하여 국가 간 이해관계가 상충하는 경우가 종종 발생하여 정보 교류가 제한적인 문제가 발생한다. 메콩강 위원회(Mekong River Commission, MRC)의 회원국인 캄보디아, 라오스, 태국, 베트남은 정보를 공유하기 위한 노력을 하고 있지만, 중국과 미얀마는 회원으로 가입하지 않고 있다. 또한 중국의 상류 댐 건설은 하류로의 물 흐름을 인위적으로 변화(건기의 유량 증가, 우기의 유량 감소 등)시키는 원인이 되기도 한다. 따라서 중국과 MRC 간의 제한적인 정보 공유는 이상기후 등 메콩강 유역의 기후위기 상황에 대한 시의적절한 대응에 어려움을 가중시키고 있다.

우리나라의 ODA 중점협력국이자 메콩강 유역에 위치한 베트남, 라오스, 캄보디아는 기후변화로 인한 농업 분야 피해가 특히 심각하다. 가뭄과 홍수가 빈번하게 발생하면서 농업용수 공급의 변동성이 커지고, 이는 작물 수확량의 불안정성을 초래한다. 또한, 수력발전 감소, 메콩강 통행의 교착, 산사태로 인한 토양 유실, 해수면 상승, 폭풍 등으로 인한 교통 및 급수 인프라 손상 등이 발생하여 시장 접근성이 저해되고, 이로 인해 농가 소득이 크게 감소하는 등 문제가 발생한다.

따라서 본 연구는 농업 의존도가 높아 기후변화로 인한 피해가 더욱 심각하게 나타나는 메콩강 유역의 농촌 지역을 대상으로 다차원적인 기후변화의 영향과 농가의 적응조치 도입 효과를 다각도로 분석하는 융복합 실증연구를 통해 전 세계적 도전 과제인 농업 분야의 기후변화에 대응하기 위한 농가의 적절한 적응조치 방안을 모색하고 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

1.1.2. 연구 목적

본 연구는 중·저소득 국가의 연구 역량 강화와 지속 가능한 연구 네트워크 구축을 목표로, 연구 대상 지역의 현지 기관 및 연구진과의 협력(Partnership)을 통해 공동 연구를 추진한다. 또한, 데이터에 기반한 실증연구를 바탕으로 중·저소득 국가 농촌 지역의 기후변화 대응전략 수립과 국제개발협력 정책 개발을 위한 제언을 도출하고자 한다. 이를 위한 세부 연구 목적은 다음 네 가지로 구분된다.



융복합 기후변화 실증연구 수행

본 연구는 세계 최대 곡창지대 중 하나이자 기후변화에 취약한 지역인 메콩강 유역의 베트남, 라오스, 캄보디아¹⁾ 농촌 지역에서 현지 데이터를 기반으로 기후변화의 영향과 기후변화 적응조치 효과를 다각적으로 분석한다. 세부적으로 △경제(생산성 변화, 소득 변동 취약성), △농업(식량 안보), △교육, △삶의 질 등의 분야를 포함한다. 또한, 농가의 기후변화 대응 의사결정 요인과 기후변화 적응조치의 효과를 구체적으로 분석한다. 이를 위해 농업·자원경제학, 개발경제학, 기상학, 식물미생물학, 농학 등 다학제 융복합 연구 파트너십을 통한 실증연구를 수행한다.

중·저소득 국가 연구역량 강화

우리나라 ODA 중점협력국인 베트남과 라오스 현지 기관 및 연구진과의 파트너십을 구축하여 연구 측면에서 각자의 장점을 강화하고 부족한 점을 보완하여 시너지 효과를 내는 공동 연구를 추진한다. 이를 통해 중·저소득 국가 연구역량을 강화하고 지속 가능한 연구 네트워크를 구축한다.

근거기반 기후변화 대응전략 수립 및 성과 공유

실증연구에 기반한 과학적 근거를 바탕으로 기후변화에 취약한 중·저소득 국가 농촌 지역의 기후변화 대응 전략을 수립하고, 국제개발협력 정책 개발을 위한 제언과 교훈을 도출한다. 연구 결과는 국내·외 이해관계자들과 공유하고 학술지 투고 및 학술 회의 발표를 통해 성과를 확산한다.

1) 캄보디아의 경우, 제안서 심사의견을 반영하여 현지 연구 파트너십 없이 자료 수집 및 분석이 가능한 범위 내에서 제한적으로 부차적인 연구를 진행하였다.

기후변화 대응 ODA 사업 모델 발굴 및 연계

연구 결과를 기반으로 효과적인 기후변화 대응 ODA 사업 모델을 발굴하고, 다국적 국제개발협력 네트워크와 협력·연계하여 기후변화에 취약한 중·저소득 국가 농촌 지역의 기후변화 관련 개발 문제 해결 및 개선에 실질적으로 기여하고자 한다. 특히, 기후변화 대응을 위한 혁신적인 대안으로 주목받고 있는 기후 정보 서비스 관련 국제적 협력 체계를 평가하여, 국가 간 전략적 파트너십과 연계 가능한 ODA 사업 모델을 발굴하고자 한다. 이를 통해, 우리나라가 국제 사회에서 국제개발협력을 통한 기후변화 대응을 선도하는 국가로 자리매김하는 데 기여하고자 한다.

본 연구의 결과는 우수 학술지 투고와 학술 회의 등을 통해 국내·외 여러 이해관계자에게 환류하며, 이를 기반으로 효과적인 기후변화 대응 ODA 사업 모델을 발굴하고 다국적 국제개발협력 네트워크와의 협력 방안을 도출한다. 이를 통해 기후변화에 취약한 중·저소득 국가 농촌 지역의 기후변화 대응 정책 수립 등 기후변화 분야 개발 문제 해결에 기여하고자 한다.

1.2. 연구 범위

본 연구는 메콩강 유역의 다양한 지리적, 경제적, 사회적, 제도적 특성을 반영하여 **베트남, 라오스, 캄보디아**를 주요 연구 대상 지역으로 선정하였다(그림 1-1). 이들 국가는 최근 10년 동안(코로나19 팬데믹 시기 제외) 연평균 약 6.1%의 경제 성장률을 기록했다(World Bank, 2023). 2023년 기준 GDP 성장률은 베트남 5.0%, 라오스 3.7%, 캄보디아 5.4%로 나타났다. 또한, 코로나19 팬데믹 이전인 2019년의 세 국가의 GDP 성장률은 베트남 7.4%, 라오스 5.5%, 캄보디아 7.1%였다. 세 국가에서 농림수산업 부문이 GDP에서 차지하는 비중은 도시화와 산업화의 영향으로 점차 감소하는 추세이지만 여전히 12.0~21.5% 수준을 유지하고 있다. 농림수산업의 고용 기여도(농림수산업이 전체 고용에서 차지하는 비중) 역시 감소 추세에 있지만, 여전히 전체 고용의 많은 부분을 차지하고 있다.

경제 성장으로 인해 연구 대상 국가 모두 온실가스 배출량이 꾸준히 증가하고 있다. 특히, 2020년 기준 베트남의 총 온실가스 배출량은 470,578ktCO₂eq²⁾로 라오스(30,491ktCO₂eq)와 보디아(42,363ktCO₂eq)보다 10배 이상 많다. 이들 국가는 2050년까지 탄소배출 ‘Net Zero’를 달성하기 위한 온실가스 감축 목표(Nationally Determined Contribution, NDC)를 발표하며 온실가스 감축에 대한 목표와 절차 등을 공개하였다. 농업 분야의 경우, 베트남은 2050년까지 총 5,640만 톤, 라오스는 2030년까지 연평균 12.8만 톤, 캄보디아는 2050년까지 총 1,560만 톤의 온실가스 배출 감축 계획을 수립하였다.

그러나 이들 국가는 다른 여러 중·저소득 국가와 마찬가지로 온실가스 배출 감축 등 기후변화 대응³⁾을 위한 자원과 역량이 부족하다. 특히 농가 차원에서 기후변화 완화(mitigation) 전략의 실행에 어려움을 겪고 있다. 또한, 메콩강 유역의 이들 국가들은 기후변화에 취약하며, 기후에 민감한 농업 분야의 의존도가 높아 이상 기후 현상 등 기후변화에 적절히 적응(adaptation)하는 것이 중요한 도전 과제이다.

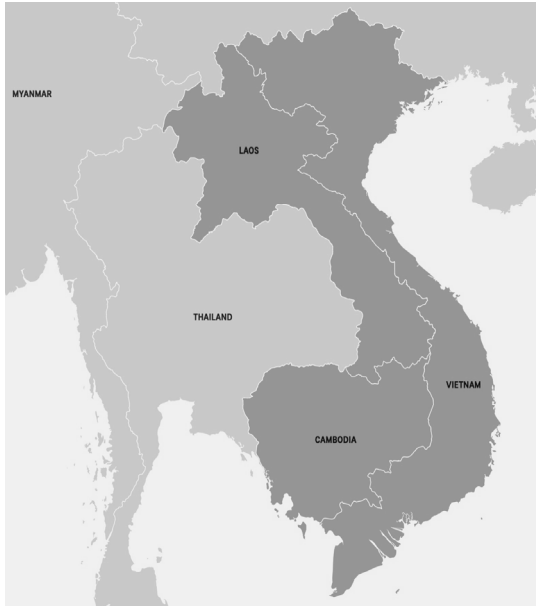
기후변화에 대응하기 위한 완화조치와 적응조치 모두 중요하지만 중·저소득 국가의 여건과 역량, 제약 조건 등을 고려할 필요가 있다. 따라서, 본 연구는 농업 분야 기후변화 적응조치에 초점을 맞추어 **기후변화가 메콩강 유역의 연구 대상 국가의 농가에 미치는 영향과 기후변화 적응조치**

2) 온실가스 배출량 단위인 이산화탄소상당량톤(tCO₂eq)은 저탄소 녹색성장 기본법 제2조 제9호에 따른 기 타 온실가스의 지구 온난화 영향이 이산화탄소 1톤에 상당하는 양을 의미한다.

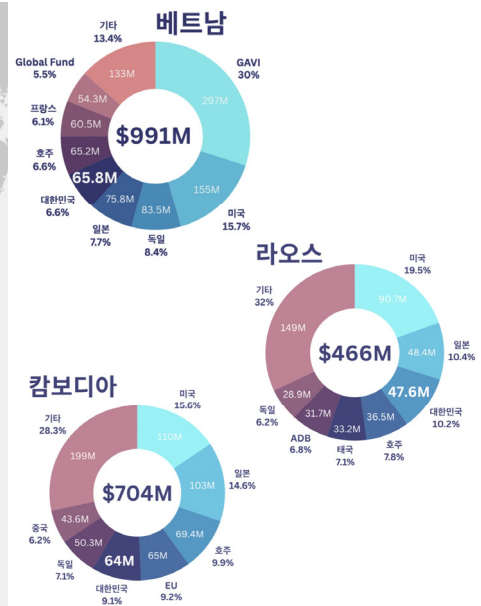
3) 농업 분야의 기후변화 대응을 위한 완화(mitigation)조치와 적응(adaptation)조치에 대해서는 3.2장에서 자세히 살펴본다.

효과를 주요 작물 생산성과 가변성을 중심으로 분석한다. 또한, 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정 요인과 이러한 적응조치가 농가의 삶에 미치는 다각적인 영향을 분석한다.

[그림 1-1] 메콩강 유역 3개국 지도



[그림 1-2] ODA 무상원조 금액(2022)



(연구팀 작성 / 통계출처: OECD)

1.2.1. 메콩강 유역 3개국의 주요 경제 현황과 농업 기여도 및 개발전략

〈표 1-1〉은 메콩강 유역 3개국의 경제 전반 및 가구 수준의 현황을 분석하기 위해 각 국가의 주요 경제 지표와 가구 수준의 데이터를 기반으로 한 주요 경제 현황을 보여준다. [그림 1-3]은 메콩강 유역 3개국의 낮은 도시화율과 높은 농업 고용 기여도의 변화 양상을 보여준다. 베트남과 캄보디아는 2012년에 비해 2022년에 농업의 고용 기여도가 크게 감소했지만, 여전히 농업이 전체 고용의 30% 이상을 차지한다. 특히 라오스는 농업의 고용 기여도가 감소하다가 다시 증가하여 2022년에는 2012년 수준인 약 70%에 도달했다. 이를 통해 메콩강 유역 3개국 경제에서 **농업이 여전히 중요한 경제적 역할**을 하고 있음을 확인하였다. 또한 메콩강 유역 3개국의 ODA 현황과 개발전략, 그리고 우리나라의 해당 국가에 대한 국제개발협력 중점지원 전략을 분석하여 연구 대상 국가의 대한 이해와 중점 개발 문제를 살펴본다. [그림 1-2]와 〈표 1-2〉는 2022년 메콩강 유역 3개국의 ODA 무상원조 수취 금액 규모와 분야별 비율을 나타낸다. 우리나라는 개발 협력국에 대한 중장기 전략이자 국가별 지원의 기본 지침인 국가협력전략(Country Partnership Strategy, CPS)을 수립하였고, KOICA는 CPS와 별도로 자체 협력국 지원전략

마련의 필요성, 전략 정합성 제고, 통합적 사업발굴의 필요성, 타 원조 기관 대비 KOICA의 비교 우위를 활용한 개발효과성 제고 등을 위해 국가지원계획(Country Plan, CP)을 수립하였다.

베트남 (Socialist Republic of Vietnam)

베트남은 메콩강 삼각주를 포함한 광대한 농업 지역이 국가 경제에 큰 기여를 하고 있다. 농업은 베트남 GDP에서 중요한 부분을 차지하며, 쌀, 커피, 해산물 등이 주요 수출 품목이다. 2023년 기준 베트남의 실질 GDP는 약 3,774억 달러, 1인당 실질 GDP는 3,817 달러로 세계 평균 1인당 실질 GDP 11,567 달러는 물론 중·저소득 국가 평균 1인당 실질 GDP 5,337 달러보다도 낮은 수준이다. 다만, 베트남의 1인당 실질 GDP는 지속적인 성장세를 보이고 있다. 2023년 베트남의 1인당 GDP 성장률은 4.3%로 세계 평균 1.8%와 중·저소득 국가 평균 3.5%보다 높은 수준이고, 2018년 베트남의 사회적 빈곤선 기준 빈곤율은 20.7%로 세계 평균 27.7%와 중·저소득 국가 평균 30.4%보다 낮은 수준이다. 따라서, 베트남 가구의 평균 소득은 증가 추세에 있으며 생활 수준도 점진적으로 향상되고 있음을 알 수 있다. 하지만, 2018년 국가 빈곤선 기준 베트남의 빈곤율은 6.7%이고 도시 지역의 빈곤율은 1.5%인 데 비해 농촌 지역의 빈곤율은 9.6%로 농촌 지역의 빈곤율이 도시 지역과 비교했을 때 약 6.4배 더 높고 베트남 전체와 비교하여도 4.5배 더 높게 나타났다. 이는 도시 지역의 생활 수준은 상당히 높아졌지만, 도시와 농촌 지역 사이에 큰 소득 불균형이 존재함을 시사한다.

베트남의 경제는 농업 부문에 많이 의존하고 있다. 2023년 기준 베트남의 농림수산업 GDP 기여도는 12.0%로 농림수산업이 베트남 전체 GDP에서 차지하는 비중이 제조업(23.9%)이나 서비스업(42.5%)보다 적지만, 세계 평균 4.1%나 중·저소득 국가 평균 9.0%와 비교했을 때 국가 경제에서 농업 부문이 차지하는 비중이 여전히 높다. 더욱이 베트남의 농림수산업 고용 기여도는 33.6%(2022년 기준)로 산업(30.6%) 및 서비스업(35.8%) 고용 기여도와 큰 차이가 없으며, 세계 평균(26.4%) 및 중·저소득 국가 평균(32.3%)보다 농림수산업이 국가 전체 고용에서 차지하는 비중이 여전히 크다.

2022년 베트남의 ODA 무상원조 수취 금액은 9.91억 달러로, 이 중 우리나라의 기여도는 약 6.6%(0.658억 달러)였다. 베트남의 장기 국가발전 전략인 ‘2021~2030 사회경제 개발전략 (Socioeconomic Development Strategy, SEDS)⁴⁾’에 따르면 베트남은 경제, 사회, 환경, 정

4) Government Agencies: Central Committee of Communication(2021). CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN KINH TẾ - XÃ HỘI 10 NĂM 2021-2030.

치외교 분야에서 과학기술, 혁신, 디지털 전환을 통해 2030년까지 신흥공업국 및 상위 중소득 국가로 성장을 계획하고 있다. 이 중, 경제 부문에서 ‘지역 경제와 해양 경제 발전 및 농촌 개발 활성화’, 환경 부문에서 ‘환경보호와 기후변화 대응’, ‘자연재해 예방과 경감대책, 재난관리’ 등 **농업/농촌 및 기후변화**와 관련된 전략적 목표를 수립하였다. 베트남의 2022년 농림수산업 분야 ODA 무상원조 수취 금액은 약 4,080만 달러(222개 사업)로 전체 ODA 무상원조 중 약 4%를 차지했으며, 환경 분야의 경우 5,550만 달러(167개 사업)로 약 5%를 차지했다.

우리나라는 제3기(2021-2025) CPS에서 교통, 보건위생, 환경, 교육, 공공행정분야를 베트남에 대한 중점 지원 분야로 선정하였다. 특히 환경 분야에서 △기후변화 대응역량 제고를 위한 친환경 경 인프라 구축 및 역량 강화 지원, △베트남 탄소 중립 사회 전환을 위한 친환경 에너지 확충 및 스마트 도시 인프라 지원, △기후변화 저감을 위한 산림협력, 고형·해양 폐기물 처리 및 순환 경제 구축 지원을 중점 분야별 지원방향으로 설정하여, 기후변화 대응을 위한 지원 전략을 수립하였다. 이를 기반으로 수자원 관리 및 관개 사업, 환경관리 역량 강화, 스마트 농업 및 청정 농업 개발 등을 위한 친환경 인프라 확충과 산림협력 등 **기후변화 적응 및 저감** 지원을 하나의 중요한 기본 지원 방향으로 설정하여 메콩강 삼각주 및 홍강 등 취약 지역의 가뭄, 홍수, 해수면 상승 등 기후변화 피해 경감을 위한 지원을 강화하고자 한다. KOICA의 CP에서도 ‘포용적이고 지속가능한 농촌지역 평화마을 조성’을 CP 프로그램 중 하나로 설정하여 **농림수산업 및 농촌개발**을 중점 지원하고 있다.

라오스 (Lao People's Democratic Republic)

라오스는 내륙 국가로, 농업과 수력 발전이 주요 산업이다. 특히, 메콩강을 통한 수력 발전은 라오스 경제의 핵심 요소로 메콩강에 대한 의존도가 높은 편이다. 2023년 라오스의 실질 GDP는 203억 달러 수준이며, 1인당 실질 GDP는 2,660 달러, 1인당 GDP 성장률은 2.3%로 라오스 가구의 평균 소득 수준이나 경제 성장률은 다른 중·저소득 국가들에 비해 낮은 편이다. 라오스의 농림수산업 GDP 기여도는 16.1%(2023년 기준)로 세계 평균(4.1%)이나 중·저소득 국가 평균(9.0%)보다 높다. 또한, 농림수산업 고용 기여도는 69.6%(2022년 기준)로 중·저소득 국가 평균(32.2%)보다 2배 이상 높으며, 라오스의 산업 고용 기여도(7.2%)와 서비스업 고용 기여도(23.3%)와 비교했을 때 라오스의 인구 대부분이 농업에 종사하고 있음을 알 수 있다.

2018년 라오스의 빈곤율은 사회적 빈곤선 기준으로 30.5%로 중·저소득 국가 평균(30.4%) 수준이며, 국가 빈곤선 기준으로는 18.3%로 도시(7.0%)와 농촌(28.3%) 사이에 7배 이상 빈곤율

의 차이가 존재한다. 더욱이 임금 노동자의 빈곤율이 4.5%, 비농업 자영업자의 빈곤율이 5.5%, 실업 및 비경제활동인구의 빈곤율이 21.3%인 것에 비해 농업 종사자의 빈곤율은 24.6%로 나타났다(Lao Statistics Bureau, 2020). 이는 라오스에서 농업 종사자가 임금 노동자나 비농업 자영업자뿐만 아니라 실업 및 비경제활동인구보다 더 경제적으로 취약하다는 것을 보여준다. 따라서, 라오스의 경우 전반적인 생활 수준의 개선을 위한 정부의 정책적 노력뿐만 아니라, 특히 경제적 취약성이 큰 농촌 지역과 농가의 삶의 질을 향상 시키기 위한 노력이 필요하다.

2022년 라오스의 ODA 무상원조 수취 금액은 4.66억 달러로, 이 중 우리나라의 기여도는 약 10.2%(0.476억 달러)였다. 라오스는 장기 국가발전 전략인 'Vision 2030(2016-2030)'과 10개년 사회, 경제 개발을 위한 '국가시행전략(2016-2025)'을 기반으로 혁신적, 친환경적, 지속 가능한 경제 성장을 통한 상위 중소득국 진입을 목표로 설정하였다. 또한, 제9차 국가사회경제 개발계획 2021-2025(National Socio-Economics Development Plan)⁵⁾을 통해 중점 분야별 국가개발전략과 정책 우선순위를 설정하였다. 이 중, 웰빙 분야에서 '개인 및 사회적 수준의 웰빙 제고를 위한 사람들의 생활여건 개선'을 통해 **삶의 질 향상**을 추진하고 있고, 환경 분야에서 '환경친화적 개발 달성 및 재난위험 경감'을 통해 **기후변화 대응**을 중요한 정책 우선순위로 설정하였다. 라오스의 2022년 농림수산업 분야 ODA 무상원조 수취 금액은 약 4,070만 달러(150개 사업)로 전체 ODA 무상원조 중 약 9%를 차지했으며, 환경 분야의 경우 약 1,000만 달러(55개 사업)로 약 2%를 차지했다.

우리나라는 제3기 CPS에서 물관리, 보건위생, 에너지, 지역개발, 교육분야를 라오스에 대한 중점 지원 분야로 선정하였다. 특히 물관리 분야에서 △통합적 물관리 체계 구축을 위한 정책역량 강화, △수자원 관리 시스템 및 기반시설 구축, 지역개발 분야에서 △도농간 개발격차 완화, 재해 예방 및 농촌지역 주민 삶의 질 향상을 위한 농촌 환경 개선, △농촌 빈곤 해소 및 식량안보 달성 지원을 위한 농업 가치사슬 향상을 중점 분야별 지원방향으로 설정하여, **기후변화 대응 및 농업·농촌 개발과 삶의 질 향상**을 위한 지원 전략을 수립하였다. KOICA의 CP에서도 '포용적이고 지속가능한 농촌개발'을 CP 프로그램 중 하나로 설정하여 농림수산업 및 농촌개발을 중점 지원하고 있다.

5) Lao PDR Ministry of Planning and Investment(2021). 9th Five-Year National Socio-Economic Development Plan (2021-2025).

캄보디아 (Kingdom of Cambodia)

캄보디아 역시 메콩강 유역의 풍부한 자원이 국가 경제에서 중요한 역할을 한다. 농업과 어업이 국가 경제의 핵심 산업이며, 최근 관광업도 주요 산업으로 성장하고 있다. 2023년 캄보디아의 실질 GDP는 263억 달러, 1인당 실질 GDP는 1,553 달러, 1인당 GDP 성장률은 4.3%로 최근 몇 년간 빠른 경제 성장을 보이고 있지만 여전히 중·저소득 국가 평균뿐만 아니라 인접 국가인 베트남, 라오스보다 가구 평균 소득 수준이 낮다. 캄보디아의 농림수산업 GDP 기여도는 21.5%(2023년 기준)로 본 연구의 대상인 메콩강 유역 3개국 중 농림수산업이 GDP에서 차지하는 비중이 가장 높다. 또한, 농림수산업 고용 기여도는 36.6%(2022년 기준)로 국가 전체 고용에서 농림수산업이 차지하는 중요도가 높다. 국가 빈곤선 기준 빈곤율은 17.7%(2012년 기준)로 도시(6.4%)와 농촌(20.8%) 사이에 소득 격차도 현저하게 높아 이를 해소하기 위한 정책이 필요하다.

2022년 캄보디아의 ODA 무상원조 수취 금액은 7.04억 달러로, 이 중 우리나라의 기여도는 약 9.1%(0.64억 달러)였다. 캄보디아는 5년 주기로 최상위 국가개발전략인 사각전략(Rectangular Strategy for Growth, Employment, Equity, and Efficiency, RS)을 발표하며, 제4기 사각전략(RS Phase IV, 2018-2023)에서 포용적, 지속적 개발을 4대 전략 중 하나로 설정하였다. 이를 통해 **농업·농촌 개발과 환경 지속가능성 및 기후변화 대응**을 중요한 개발 전략 분야로 꼽았다. 또한, 사각전략 이행을 위한 국가전략개발계획(National Strategic Development Plan, 2019-2023)을 통해 농업 분야에서 ‘생산성, 다양화, 상업화 개선’, ‘축산 및 양식업 촉진’ 등을 주요 내용으로 개발을 추진하고 있으며, 환경 분야에서 ‘지속가능한 환경’, ‘개발 파트너십 구축’을 주요 내용으로 선정하였다. 캄보디아의 2022년 농림수산업 분야 ODA 무상원조 수취 금액은 약 6,040만 달러(224개 사업)로 전체 ODA 무상원조 중 약 9%를 차지했으며, 환경 분야의 경우 약 1,920만 달러(79개 사업)로 약 3%를 차지했다.

우리나라는 제3기 CPS에서 교통, 물관리 및 보건위생, 교육, 지역(농촌)개발 분야를 캄보디아에 대한 중점 지원 분야로 선정하였다. 특히 물관리 분야에서 △수자원 안정적 확보 및 공급, 지역(농촌)개발 분야에서 △농업 기반 시설 확충 등을 통한 농촌 소득 증대 및 경쟁력 강화, △농산물 가치사슬 강화 및 품질경쟁력 향상, 수출확대 기반마련, △농촌 기술역량 강화를 중점 분야별 지원방향으로 설정하여, **기후변화 대응 및 농업·농촌 개발**을 위한 지원 전략을 수립하였다. KOICA의 CP에서도 ‘포용적이고 지속가능한 농촌개발’을 CP 프로그램 중 하나로 설정하여 농림수산업 및 농촌개발을 중점 지원하고 있다.

이들 3개국은 모두 농업이 경제에 중요한 기여를 하고 있으며, 특히 농촌 지역의 경제적 상황이 상대적으로 열악하다. 기후변화는 이들 국가의 농업 부문에 심각한 영향을 미치고 있어, 각국은 기후변화에 대응하기 위해 기후변화 취약성이 큰 농업 부문과 농촌 지역을 지원하기 위한 정책적 노력이 필요하다. 이를 위해 농가의 기후변화 대응 역량을 강화하고, 농업 생산성과 소득 수준 개선과 안정화를 함께 추진하여 전반적인 삶의 질과 생활 수준을 개선해야 한다. 15세 이상 성인 문해율, 전기 사용 가능 인구 비율, 인터넷 사용 인구 비율, 100명 당 이동통신 가입자 수 등을 살펴보면, 세 국가 모두 농가의 기후변화 대응 역량을 향상 시킬 수 있는 기본적인 여건은 갖추고 있다. 이를 기반으로 농가 차원에서 효과적이고 효율적으로 기후변화에 대응할 수 있는 적응조치의 활용이 요구된다. 이러한 기후변화 적응조치는 농업 부문에 미치는 기후변화의 영향을 최소화하고, 농가의 경제적 안정과 삶의 질 개선을 도모하며, 궁극적으로는 국가 경제 성장에 기여할 것이다.

〈표 1-1〉 메콩강 유역 3개국의 통계 지표

지표	세계	중·저소득국가	베트남	라오스	캄보디아
실질 GDP (2023년)	-	-	3,773.6억 달러	203.0억 달러	263.1억 달러
1인당 실질 GDP (2023년)	11,567.2 달러	5,337.3 달러	3,817.2 달러	2,659.7 달러	1,552.8 달러
1인당 GDP 성장률 (2023년)	1.8%	3.5%	4.3%	2.3%	4.3%
농림수산업 GDP 기여도 (2023년)	4.1%	9.0%	12.0%	16.1%	21.5%
제조업 GDP 기여도 (2023년)	15.3%	20.5%	23.9%	9.2%	18.3%
서비스업 GDP 기여도 (2023년)	61.8%	53.1%	42.5%	44.0%	33.4%
농림수산업 고용 기여도 (2022년)	26.4% (여:25.6%/남:26.9%)	32.2% (여:32.6%/남:32.0%)	33.6% (여:34.9%/남:32.4%)	69.6% (여:70.0%/남:69.5%)	36.6% (여:38.7%/남:34.8%)
산업 ⁶⁾ 고용 기여도 (2022년)	23.9% (여:17.2%/남:28.3%)	24.3% (여:19.0%/남:27.6%)	30.6% (여:26.7%/남:34.3%)	7.2% (여:5.6%/남:8.6%)	26.6% (여:23.7%/남:29.1%)
서비스업 고용 기여도 (2022년)	49.7% (여:57.2%/남:44.9%)	43.5% (여:48.5%/남:40.5%)	35.8% (여:38.5%/남:33.2%)	23.3% (여:24.8%/남:21.9%)	36.8% (여:37.5%/남:36.1%)
국가 빈곤선 기준 빈곤율 ⁷⁾ (2018년)	-	-	6.7% (도:1.5%/농:9.6%)	18.3% (도:7.0%/농:28.3%)	17.7%(2012년) (도:6.4%/농:20.8%)
사회적 빈곤선 기준 빈곤율 ⁸⁾ (2018년)	27.7%	30.4%	20.7%	30.5%	-
출생 시 기대수명 (2022년)	72.0년	70.4년	74.6년	69.0년	69.9년

지표	세계	중·저소득국가	베트남	라오스	캄보디아
GDP 대비 정부지출: 보건 (2021년)	6.5%	2.8%	2.0%	0.7%	2.0%
GDP 대비 정부지출: 교육 (2021년)	4.2%	3.7%	2.9%	1.9%	1.7%
15세 이상 성인 문해율 (2022년)	87.0% (여:83.8%/남:90.3%)	84.8% (여:81.0%/남:88.7%)	96.1% (여:95.1%/남:97.2%)	87.5% (여:83.4%/남:91.6%)	83.8% (여:79.7%/남:88.1%)
전기 사용 가능 인구 비율 (2022년)	91.4% (도:97.7%/농:84.0%)	89.5% (도:96.9%/농:82.6%)	100% (도:100%/농:100%)	100% (도:100%/농:100%)	92.3% (도:97.7%/농:84.0%)
인터넷 사용 인구 비율 (2021년)	63.1%	57.1%	74.2%	62.0%	60.2%
100명 당 이동통신 가입자 (2021년)	107.4명	103.0명	138.9명	65.0명	120.0명
우리나라 전체 ODA 지원규모 (2022)	38,247.6억원	-	1,471.1억원	1,100.4억원	1,789.0억원
우리나라 양자무상 ODA 지원규모 (2022)	.	-	597.3억원	455.3억원	529.6억원
우리나라 KOICA ODA 지원규모 (2022)	.	-	451.3억원	296.1억원	365.2억원

연구팀 작성/통계출처: World Development Indicators, World Bank.

- 6) 산업(industry) 부문은 광업 및 채석, 제조업, 건설업, 그리고 공공시설(전기, 수도, 가스)을 포함한다.
- 7) 베트남의 도시 및 농촌 지역 빈곤율은 General Statistics Office of Vietnam(2019), 라오스의 도시 및 농촌 지역 빈곤율은 Lao Statistics Bureau(2020), 캄보디아의 도시 및 농촌 지역 빈곤율은 ADB(2015)을 각각 참고하였다.
- 8) 사회적 빈곤선 기준 빈곤율(poverty headcount ratio at societal poverty line)은 세계은행의 사회적 빈곤선을 기준으로 빈곤 상태에 있는 인구의 비율을 나타내며, 사회적 빈곤선은 실질구매력을 고려하여 각 국가의 중위 소득에 따라 조정된다.

〈표 1-2〉 2022년 메콩강 유역 3개국의 ODA 무상원조 수취금액

2022년 ODA 무상원조 총 수취금액	베트남 (\$991M)			라오스 (\$466M)			캄보디아 (\$704M)		
분야 Sector	금액	사업수	비율	금액	사업수	비율	금액	사업수	비율
농림수산 Agriculture, Forestry, & Fishing	\$40.8M	222	4%	\$40.7M	150	9%	\$60.4M	224	9%
금융서비스 Banking & Financial Services	\$14.3M	85	1%	\$10.1M	37	2%	\$4.4M	45	1%
통신 Communications	\$2.9M	53	<1%	\$4.4M	41	1%	\$10.8M	454	2%
교육 Education	\$124M	292	13%	\$74.7M	193	16%	\$95.7M	292	14%
에너지 Energy	\$47.2M	63	5%	\$3.9M	37	1%	\$7.6M	37	1%
환경 General Environment Protection	\$55.5M	167	6%	\$10.0M	55	2%	\$19.2M	79	3%
공공행정 Government & Civil Society	\$112M	703	11%	\$91.2M	500	20%	\$139.0M	659	20%
보건 Health	\$481M	356	49%	\$84.1M	252	18%	\$195.0M	336	28%
인도적 지원 Humanitarian Aid	\$4.7M	60	<1%	\$5.2M	55	1%	\$11.7M	60	2%
산업 Industry, Mining & Construction	\$9.7M	88	1%	\$6.4M	50	1%	\$11.0M	62	2%
수송/저장 Transport & Storage	\$10.3M	50	1%	\$52.3M	43	11%	\$27.1M	51	4%
물/보건위생 Water & Sanitation	\$12.2M	95	1%	\$24.2M	62	5%	\$33.0M	113	5%
기타 Other/Unspecified	\$76.4M	369	8%	\$58.5M	220	13%	\$89.4M	304	13%

연구팀 작성/통계출처: OECD

[그림 1-3] 메콩강 유역 3개국의 도시화율 및 농업의 고용 기여도

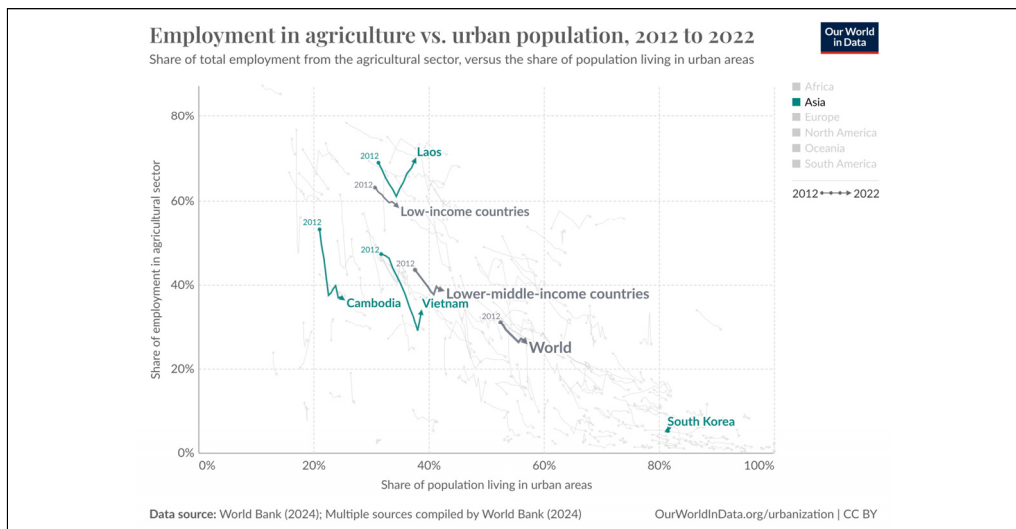


그림 출처: Our World in Data

1.2.2. 메콩강 유역 3개국의 기후변화 적응 역량

메콩강 유역의 주요 국가인 베트남, 라오스, 캄보디아는 농업 부문에 대한 높은 의존도와 농촌 및 농가의 취약성으로 인해 기후변화가 지속될 경우 심각한 경제적, 사회적 영향을 받을 가능성이 높다. 이들 국가의 상당수 인구가 생계를 농업에 의존하고 있으며, 농업 생산성은 기후변화의 영향을 직접적으로 받는다. 이에 따라 기후변화 적응 역량 강화를 위한 정책적 대응이 요구되고 있다. 하지만, 이들 국가의 기후변화 적응 역량은 부족한 실정이다.

국가적응역량(ND-GAIN) 지수는 기후변화에 대한 국가별 취약성 및 회복력, 그리고 적응 준비도 등을 종합적으로 평가하는 지표로, 물 가용성, 식량 안보, 교육 수준 등 다양한 변수를 바탕으로 산출된다. 2020년 기준으로 베트남의 국가적응역량 순위는 100위, 라오스는 121위, 캄보디아는 144위로 185개국 중 중하위권에 속해 있어 이들 국가의 낮은 기후변화 적응 역량을 나타내고 있다. 이는 메콩강 유역 3국의 농가들이 기후변화로 인한 환경 변화에 적절히 대응하지 못한 가능성이 높다는 것을 의미하며, 이에 따라 기후변화가 해당 지역 주민들의 삶에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

베트남은 기후변화에 대응하기 위해 중장기 국가발전 전략 등을 통해 정책적 노력을 꾸준히 확대해 왔으며, 특히 인프라 구축과 기후변화 대응 전략 수립에 있어 어느 정도 진전을 이루었다. 그럼에도 불구하고 베트남은 세계에서 58번째로 적응 역량이 취약한 국가로 평가되고 있으며, 물 가용성과 식량안보 문제가 여전히 중요한 과제로 남아 있다. 빈번하게 발생하는 가뭄과 홍수는 농업 생산성에 큰 타격을 주고 있으며, 이러한 재해는 농촌 지역의 경제적 취약성을 더욱 악화시키고 있다. 따라서 농가의 기후변화 적응 역량을 강화하기 위한 조치가 필요하다.

라오스는 특히 농업 및 수자원 관리 부문에서 기후변화의 영향을 크게 받고 있다. 농촌 지역의 낮은 교육 수준과 기본 인프라 부족은 기후변화 적응 역량을 더욱 저해하는 요인으로 작용하고 있다. 라오스는 농업 중심의 경제 구조를 가지고 있어 기후변화로 인한 농업 생산성 저하에 크게 취약하다. 이로 인해 식량안보 문제와 농가 소득 불안정이 심화되고 있으며, 농가의 기후변화 대응에 필요한 정책적 지원이 요구된다.

캄보디아 역시 기후변화로 인한 농업 생산성 저하와 식량안보 위협에 직면해 있으며, 기후변화 대응을 위한 준비도는 매우 낮은 상태다. 농업 부문에서 기후변화가 가져올 위험은 단순히 농업 생산성 감소에 그치지 않고, 국가 경제 전반에 걸쳐 심각한 영향을 미칠 수 있다. 이에 따라 농가의 기후변화 적응을 위한 투자 확대와 혁신적 대응 방안이 요구된다. 캄보디아의 경우, 특히

기후변화로 인한 농업 생산성 감소 위험이 크기 때문에 정부 차원에서 기후변화 대응 역량을 강화하는 전략적인 접근이 필수적이다.

메콩강 유역 3개국과 인근 국가들은 동남아시아의 중요한 곡창지대로서 경제적 중요성을 가지는 동시에 기후변화에 대응하기 위한 역량의 취약성을 선명하게 보여준다. 이는 기후변화가 단순히 환경적 문제에 그치는 것이 아니라 이 지역 주민들의 생계와 삶의 질 전반에 걸쳐 광범위한 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 본 연구는 이러한 배경에서 기후변화와 이에 대한 적응조치가 메콩강 유역의 농업 부문 및 농가의 생계에 미치는 영향을 다각적으로 분석하고자 한다. 이를 통해 대상 국가 및 지역 정부, 농가들이 보다 효율적이고 효과적인 기후변화 대응 전략을 수립하고, 현장 실무에서의 의사결정에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다. 궁극적으로 이 연구는 메콩강 유역의 기후변화 적응 역량을 강화하고, 농촌 지역의 지속 가능한 발전을 촉진하는데 기여하고자 한다.

1.2.3. 세부 연구 주제

본 연구는 메콩강 유역의 베트남과 라오스를 중심으로 기후변화가 농가에 미치는 다차원적 영향을 분석하고 기후변화 적응조치의 효과를 평가함으로써 자원이 제한된 중·저소득 국가들이 기후변화에 대응할 수 있는 전략을 수립하고 국제개발협력 정책을 개발하는데 기여하고자 한다. 이를 위해 세 가지 세부 연구 주제를 설정하였으며, 각 주제는 기후변화가 농업 생산성 및 그 가변성에 미치는 영향, 농가의 기후변화 적응 의사결정 요인, 기후정보 서비스의 효과성 평가 등을 다룬다.

01

세부연구주제 1

기후변화가 주요 작물의 생산성과 가변성에 미치는 영향과 적응조치 효과 분석
(국가 가계조사자료, 농업센서스자료, 기후자료 활용)



02

세부연구주제 2

메콩강 유역 국가 농가의 기후변화 적응 의사결정 요인 분석
(농가 설문조사 수집/활용)



03

세부연구주제 3

기후변화 및 기후변화 적응조치가 농가의 삶에 미치는 영향 분석
(농가 설문조사 수집/활용)



[세부연구 1] 기후변화가 주요 작물 생산성과 가변성에 미치는 영향과 적응조치 효과분석

세부연구 1에서는 베트남의 농가단위 미시 자료를 이용하여 기후변화가 주요 작물의 생산성과 수익성에 미치는 영향과 주요 기후변화 적응조치의 효과를 분석한다. 특히, 면적당 또는 가구당 생산성의 기댓값과 그 변동성에 중점을 두어 **기후변화로 인한 경제적 불확실성**을 측정하고, 이에 따른 **적응 조치의 효과**를 분석한다. 이는 단순히 평균 생산성 변화만을 고려하는 것이 아니라 기후변화가 초래할 수 있는 생산성의 변동성과 소득 불안정성에 대한 농가의 대응 전략을 파악하는데 중점을 둔다.

또한, 기후변화 대응을 위한 **효율적인 작물 조합 선택** 문제도 함께 다룬다. 기후변화 및 이에 대한 적응조치가 농가의 작물 선택에 미치는 영향을 분석하여 농가의 최적 농업 전략 수립에 기여하고자 한다. 이를 위해 베트남의 가계 조사 자료인 Vietnam Household Living Standard Survey(VHLSS)를 활용하며, 기후변수는 미국 국립해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 및 WorldClim 등의 데이터베이스를 활용하여 미래 기후 변수 전망치를 고려한 분석을 수행한다.

[세부연구 2] 메콩강 유역 국가 농가의 기후변화 적응 의사결정 요인 분석

세부연구 2에서는 베트남 메콩강 삼각주 및 라오스 메콩강 유역의 농가를 대상으로 **기후변화 적응조치 도입 및 활용 의사결정**에 영향을 미치는 주요 **요인**을 분석한다. 이를 위해 농가의 인구통계학적 특성(연령, 성별, 교육수준 등), 사회·경제적 변수(소득, 자산, 고용상태 등), 그리고 기후변화와 기후변화 적응조치에 대한 지식(Knowledge), 인식(Perception), 태도(Attitude), 행태(Practice/Behavior) 등을 측정하여 종합적으로 분석한다. 특히 기후정보 접근성 및 농민의 비인지 능력(자기효능감 등) 등을 고려하여 농가의 기후변화 적응조치 활용 의사결정에 영향을 미치는 다양한 요인을 분석하여, 농가의 기후변화 적응조치 활용 의사결정 메커니즘에 대한 이해를 증진시키고 이를 활용하여 정책 개발에 기여하고자 한다.

[세부연구 3] 기후변화 및 기후변화 적응조치가 농가의 삶의 질에 미치는 영향 분석

세부연구 3에서는 **기후변화와 기후변화 적응조치가 농가의 삶의 질**에 미치는 영향을 다각도로 분석한다. 이를 위해 베트남과 라오스에서 수집한 농가 설문조사 자료를 바탕으로 △농가소득(가구원 1인당 소득), △농업 생산성(가구원 1인당 농업소득), △생활수준(가구원 1인당 소비지출), △보건/영양(가구원 1인당 식품소비지출), △삶의 질(주관적 행복도, 미래에 대한 낙관도)

등 다양한 측면에서 기후변화의 영향을 분석한다. 특히, **기후정보 서비스의 활용**을 통한 기후변화 적응조치의 도입이 농가의 삶의 질에 미치는 영향을 분석하여, 기후변화의 부정적 영향을 완화하는데 기후정보 서비스의 활용이 어떻게 기여할 수 있는지를 살펴보고, 기후정보 서비스의 활용과 다른 기후변화 적응조치와의 시너지 효과를 분석한다. 이를 통해 농가의 기후변화 적응 조치 도입의 다차원적인 효과를 살펴보고 이를 활용하여 기후변화 대응을 위한 효과적인 정책 개발을 위한 제언을 도출하고자 한다.

1.3. 연구 방법

본 연구에서 활용한 조사 방법론은 크게 문헌조사와 가구 설문조사로 나눌 수 있다. 먼저 연구대상 국가들의 기초조사 및 현황 분석을 위해 문헌조사를 실시하였고, 가구단위 미시자료를 현지 연구 파트너십을 통해 확보하여 분석에 활용하였다. 또한, 베트남과 라오스의 농가 설문조사를 통해 연구 대상 지역의 데이터를 확보하여 계량 분석을 수행하였다.

1.3.1. 문헌조사

문헌조사는 기존의 자료를 통해 정보를 얻는 조사 방법으로, 기초조사를 비롯하여 연구 대상 지역의 현황에 대한 정확한 자료를 얻기 위해 실시하였다. 이를 통해 경제적 지표, 국가발전 전략, 기후변화 관련 정책 현황 등 전반적인 연구 배경 및 국가의 주요 개발 문제를 파악할 수 있으며, 조사 설계에 토대로 활용하였다.

본 연구에서는 메콩강 지역의 농림수산물 생산량, 가구의 삶의 질 현황, 현지의 기후변화 양상 등을 파악하여 종합적 분석을 위한 기초조사를 진행하였다. 특히 메콩강 삼각주 인접 지역에서 보고된 기후변화에 의한 피해 사례를 분석하여 연구 방법을 구체화하였다. 이를 위해 각 국가별 기후변화와 관련된 현황을 파악하기 위해 VHLSS(베트남), AHS(라오스), CSES(캄보디아) 등 각국 가구 설문조사 원자료(raw data)와 각국의 농업 센서스 자료 등을 수집 및 분석하였다. 기후변수 자료는 NOAA 등의 데이터베이스를 활용하였고, WorldClim의 미래기후변수 전망치도 활용하였다.

〈표 1-3〉 국가별 가구 설문조사 자료

자료명	내용
Vietnam Household Living Standard Survey (VHLSS)	세계은행과 베트남 통계청이 베트남 가구의 생활 수준 및 빈곤 정책의 영향을 파악하고자 실시하는 가구 단위 설문조사로 2002년 이후 격년으로 수집된다. 전체 표본은 30,000가구 이상이며 인구통계 및 사회·경제적 정보, 가구의 경제 상황, 교육, 보건 등의 문항이 포함된다(World Bank, n.d.).
Annual Household Survey (AHS)	라오스 통계청이 국민계정의 추산 및 라오스 가구의 생활 수준을 파악하고자 실시하는 가구 단위 설문조사로서 2004년 이후 격년으로 수집된다. 전체 표본은 2,000가구 이상이며 가구 구성원의 인구통계 및 사회·경제적 정보, 가구의 노동 투입, 소비 지출 등의 문항이 포함된다(ISHN, n.d.).
Cambodia Socio-Economic Survey (CSES)	캄보디아 통계청이 캄보디아 가구의 빈곤 여부 및 생활 수준을 파악하고자 실시하는 가구 단위 설문조사로서 1993년 이후 비정기적으로 실시된다. 전체 표본은 3,000가구 이상이며 가구 구성원의 인구통계 및 사회·경제적 정보, 교육, 보건, 소비 지출 등의 문항이 포함된다(ISHN, n.d.).

또한, 문헌조사 과정에서 파악된 대상 국가의 전략 문서 및 통계 자료를 비롯해 추가로 수집된 기후 및 기상 자료를 기반으로 대상 국가 및 지역의 기후변화 피해 현황, 대응 역량, 유관 정책 목표 등을 파악하고, 가구 설문조사 진행을 위한 기초자료로 활용하였다.

〈표 1-4〉 문헌조사 목록

구분	문헌 목록
국가별 개황 자료 (경제지표 등)	국내 - 한국농수산식품유통공사. 2022. 2022년 베트남 국가 심층조사 보고서. - 한국농수산식품유통공사. 2021. 2021년 캄보디아 국가 심층조사 보고서. - 외교부. 2018. 베트남 개황 2018.3. - 외교부. 2019. 라오스 개황 보고서. - 외교부. 2019. 캄보디아 개황 보고서. - 최원호. 2015. 베트남의 농업개황. 세계농업. 163호 나주: 한국농촌경제연구원. - 최원섭. 2014. 베트남 농업 개황. 세계농업. 제163호. 한국농촌경제연구원. - 한국교육과정평가원. 2012. 베트남의 국가개관 및 교육제도. - 관계부처합동. 2023. 라오스 국가협력 전략. - 관계부처합동. 2023. 베트남 국가협력 전략.
	해외 - World Bank National Accounts Data. - FAO & WFP. 2020. Special Report: 2019 FAO/WFP Crop and Food Security Assessment Mission (CFSAM) to the Lao People's Democratic Republic. FAO. - FAO. 2016. Country Programming Framework for Lao PDR 2016~2021. - ADB (Asian Development Bank). 2018. Agriculture, Natural Resources, and Rural Development Sector Assessment, Strategy, and Road Map. - Nam Bui Hai. 2019. Information on Agricultural and Rural Situation in Vietnam. NIAPP.
국가별 정책 자료	국내 - KOICA. 2015. 라오스 농업 ODA 전문가 보고서. 한국국제협력단. - 관계부처합동. 2021. 제3차 국제개발협력 종합기본계획(안) (2021~2025). - 관계부처합동. 2024. 아세안 개발협력전략(안). - 관계부처합동. 2023. 농업 분야 개발협력 추진전략(안). - 관계부처합동. 2023. 5개 중점협력국 국가협력전략 수정안(안) - 라오스, 베트남, 탄자니아, 에티오피아, 우간다. - 관계부처합동. 2022. 새정부 국제개발협력 추진방향(안). - 정기환. 2013. 캄보디아 농업 잠재력과 정책 방향. - 허장 & 이미나. 2020. 농림업 분야 중점 협력국별 국제개발협력 전략 수립(3차년도): 라오스. 한국농촌경제연구원 기본연구보고서. - 이요한. 2012. 라오스의 인적자원개발 분야 ODA 현황과 한국의 지원전략. 대외경제정책 연구원.
	해외 - 베트남 2021~2030 사회경제 개발전략(Socioeconomic Development Strategy, SEDS). - 베트남 신농촌개발(New Rural Development) 국가프로그램 2021~2025. - 라오스 Vision 2030(2016~2030). - 라오스 국가사회경제개발계획 2021~2025(National Socio-Economic Development Plan).

구분	문헌 목록
국가별 정책 자료	해외 - 캄보디아 제4기 사각전략(Rectangular Strategy for Growth, Employment, Equity, and Efficiency, RS Phase IV 2018-2023). - 캄보디아 국가전략개발계획(National Strategic Development Plan, NSDS 2019-2023) - Vietnam Household Living Standard Survey (VHLSS). - Annual Household Survey (AHS). - Cambodia Socio-Economic Survey (CSES). - Mekong River Commission. 2017. MRC Council Study: Climate Change Discipline Report. - The World Bank Group & Asian Development Bank. (2021). Climate Risk Profile: Vietnam. - WHO. 2023. Lao PDR officials tackle the effects of climate change on health. - USAID. 2022. Mekong Delta Climate Resilient Agriculture Activity Design. - UNDP. 2022. Agricultural transformation model adapting to climate change in the Mekong Delta. - ADB (Asian Development Bank). 2017. Country Partnership Strategy: Lao People's Democratic Republic. 2017-2020 More Inclusive and Sustainable Economic Growth. - OECD. 2024. OECD Development Co-operation Peer Reviews: Korea 2024. OECD Development Co-operation Peer Reviews.
국가별 통계 자료	국내 - 농식품수출정보. 2016. 베트남 농업농촌개발부(MARD). - 배진호. 2017. 변화하는 베트남 농업: Gaining More From Less. 세계농업 201호 나주: 한국농촌경제연구원. - 공적개발원조(ODA) 통합보고 시스템. 해외 - NOAA ESRL Physical Sciences Division (PSD) Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS). - SIMVA(Social Impact Monitoring and Vulnerability Assessment). - IPCC. 2022. Climate Change 2022: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. - IPCC. 2021. Climate Change 2021: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. - ADB. 2009. The Economics of Climate Change in Southeast Asia: A Regional Review, Asian Development Bank (ADB). - IPCC. 2014. Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken S, Mastrandrea PR, White LL (eds) Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge.

1.3.2. 가구 설문조사

본 연구는 문헌조사 및 이해관계자 면담조사에서 수집한 자료를 바탕으로 설문 문항을 개발하여, 분석에 사용할 자료를 구축하기 위해 농가 설문조사를 실시하였다. 동 설문조사는 베트남의 메콩강 삼각주 지역과 라오스의 메콩강 유역 농가를 대상으로 문헌조사 및 기존 자료에서 파악한 내용을 교차 검증하는 한편, 기존 연구에서 충분히 파악되지 않은 사항들을 추가로 확인하여 분석에 필요한 자료를 구축하는 것을 목적으로 하였다.

또한, 본 설문조사는 기후변화로 인한 피해 현황과 더불어, 지역 주민들의 삶의 질에 미친 직·간접적 영향을 파악하고, 기후정보 서비스가 농가에 미친 영향과 지속 가능성을 분석하는데 필요한 자료로 활용된다. 설문조사는 단계별로 다음과 같이 진행되었다.

(설문조사 설계) 설문조사는 세부연구 1의 분석 내용과 문헌조사 및 면담조사 결과를 토대로 설계되었다. 이를 바탕으로 얻고자 하는 정보의 특성(△사실 확인, △정보 습득, △지식, △태도, △견해, △행태 파악 등)과 목적(△개별 정보 활용, △지수 및 지표 개발 등)에 맞게 개방형과 폐쇄형 질문을 활용하며, 명목척도, 서열척도, 등간척를 적절히 혼합하여 가장 적합한 응답을 습득할 수 있는 형태로 설문 문항을 개발하였다.

주요 설문 문항은 농가의 가구주와 가구원의 교육 수준, 건강 상태, 자산, 소득, 주관적 삶의 질, 의사결정 영향력 등을 측정하는 내용으로 구성되었다. 또한, 농가의 농업 생산성 및 기후변화 대응 행태, 위험 선호도, 자기효능감 등을 측정하는 질문들도 설문문에 포함되었다. 설문지 설계 과정에서 베트남(MDRI, CIAT, 농림기상연구소)과 라오스(CIAT, FAO, 국립농업대학교)의 고유한 특성을 반영하기 위해 현지 연구 파트너십과의 협업을 통해 공동 검토가 이루어졌으며, 개발된 설문지는 현지 연구 파트너십을 통해 현지어로 번역 및 감수(이중번역 검토)를 진행하여 정확성을 확보하였다.

(설문조사 대상 선정) 설문조사는 베트남 메콩강 삼각주 지역의 Tien Giang성(Province)과 라오스 메콩강 유역의 Vientiane성에서 진행되었다.

베트남 Tien Giang성은 메콩강 하류에 위치한 지역으로 인구는 197만 명에 면적 2,510km²에 달한다. 이 지역은 농업에 적합한 환경으로 베트남 쌀 생산량의 55%를 생산하는 메콩강 삼각주에 위치하여 있으나, 2015년 이후 가뭄과 같은 기후변화의 피해가 지속적으로 심각하게 나타나고 있다(Nghia et al., 2022). 특히, 이 지역에서는 최근 기후변화로 인해 농가의 작목 선택이 쌀에

서 과채류로 전환되고 있는 경향을 보이고 있어 기후변화 적응조치의 효과를 분석하는데 적합한 지역으로 판단되었다. 또한, 이 지역은 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO), 국제열대농업센터(International Center for Tropical Agriculture, CIAT), University of Southern Queensland(USQ) 등의 기관이 최근 5년간 수행한 DeRisk 프로그램의 사업 대상 지역으로 기후정보 서비스의 효과를 동시에 평가할 수 있다는 장점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 Tien Giang성에서 최근 염분 유입 및 가뭄의 피해를 입은 5개 군(districts)을 조사 대상 지역으로 선정하였으며, 각 군에서 2개 꼬문(communes)을 무작위로 선정하고, 각 꼬문에서 2개 마을(villages)을 무작위로 선정하여 총 5개 군, 10개 꼬문, 20개 마을에서 설문조사를 실시하였다. 해당 지역은 본 연구진이 2022년에 설문조사를 실시하였던 지역으로 본 연구를 통해 새로 수집한 설문조사 자료와 기 수집한 이전 설문조사 자료를 병합하여 패널 자료를 구축하였다. 이렇게 구축한 패널 자료의 장점을 활용하여 패널 분석 방법을 실시한다.

라오스 Vientiane성은 라오스 북부에 위치한 인구 46만 명, 면적 16,875km²의 지역으로 메콩강 유역에 위치해 기후변화의 영향을 관찰하기 적합한 지역이다. 이 지역은 UN FAO의 SAMIS 프로젝트에 의하여 구축된 LaCSA 시스템을 통해 제공되는 기후정보를 활용하는 지역으로 기후변화에 따른 홍수 및 가뭄 피해가 빈번하다. 설문조사 대상 지역은 Vientiane성 내 LaCSA 사업 대상지였던 군(district) 중 최근 기후변화 피해를 입은 3개 군을 선정하였으며, 각 군에서 2개 마을(villages)을 무작위로 선정하여 총 3개 군의 6개 마을에서 설문조사가 진행되었다.

각 국가에서 총 627가구(베트남 319가구, 라오스 308가구)를 대상으로 설문조사가 완료되었으며, 베트남의 경우 2022년 수행된 기존 설문조사와의 패널 자료 구축을 목표로 일부 가구를 재조사하였다. 설문조사 참여 대상은 특별한 참여 조건(inclusion criteria)이나 배제 조건(exclusion criteria) 설문조사 참여 가구를 모집하였다. 베트남 Tien Giang성에서 2022년에 설문조사에 참여했던 422가구 중 다른 지역으로 이주한 가구나 설문조사 참여를 거부한 가구 등 70%의 이탈률(Attrition rate)을 고려하여 총 300가구를 목표로 설문조사를 진행하였고 최종적으로 319가구가 설문을 완료하였다. 또한, 라오스 Vientiane성에서는 사전에 선정된 마을에서 무작위 가구 방문을 통해 308가구가 설문조사에 참여하였다.

9) “연구파트너십 구축을 통한 베트남 농업부문 기후변화 대응 분석모형 구축과 활용(2021-2023)”, KOICA 「개도국과의 연구파트너십을 통한 글로벌위기대응방안 연구사업」의 일환으로 수집된 설문조사 자료이다.

(연구윤리 확보) 설문조사는 연구윤리를 준수하기 위해 서울대학교 인간대상연구윤리위원회(Institutional Review Board; IRB)의 승인(IRB 승인번호 : 2407/003-008)을 받았으며, 설문 문항 내용과 설문 대상자 모집 절차, 분석 모형 등 연구의 전과정에 걸쳐 연구 대상자의 보호 및 자료 수집의 투명성을 보장하였다.

(설문조사 준비) 현지어로 번역된 설문지는 모바일 설문조사 플랫폼인 SurveyCTO¹⁰⁾를 활용하여 인터넷 접근이 어려운 상황과 지역에서 모바일 단말기를 통해 설문을 진행할 수 있도록 코딩하였다. 이후, 설문의 목적과 의도, 설문 문항의 의미, 표본추출 방법, 설문 대상자 식별, 설문 진행, SurveyCTO 활용법과 관련하여 현지 파트너 기관과 현지 설문조사원을 대상으로 베트남과 라오스에서 각각 설문 수행 교육을 실시하였다.

(설문조사 방법) 설문조사는 본 연구진과 현지 연구 파트너십의 협력을 통해 현지 설문조사원을 고용하여 1:1 면접 방식으로 SurveyCTO를 활용하여 모바일 기기를 통해 진행되었다. 조사 과정에서 지역 주요시설 GPS 정보와 시장 자료 역시 수집하였다. 또한, 사전에 코딩된 프로토콜에 따라 인터넷 접속이 이루어지지 않은 상황에서도 단말기 수준에서 여러 형태의 설문 응답에 대한 실시간 모니터링을 실시하였고, 서버에 업로드된 자료에 대한 자동 모니터링 기록을 활용하여 설문자료의 품질과 연구 결과 및 산출물의 품질을 확보하였다.

(설문조사 표집) 설문조사 표본 크기는 한정된 예산을 고려하되, 일정 유의수준(significance level)에서 원하는 검정력(power)을 확보하면서 통계 분석을 통해 유의미하게 파악할 수 있는 연구의 효과성 및 영향력의 최소 크기를 보장할 수 있는 수준으로 결정되었다(Glennerster and Takavarasha, 2013; Faul et al., 2009; Cohen, 1988). 또한, 최소감지효과크기(Minimum Detectable Effect Size; MDE)를 원하는 수준으로 확보하기 위해 집단 수준이 아닌 가구 수준의 표본을 추출(필요 표본 수를 선정하기 위한 기준)하였다.

본 연구에서는 유의수준 5%(95% 신뢰도), 검정력 80%를 기준으로 하여 0.03 표준편차 이하의 MDE를 확보하기 위하여 각 국가별로 최소 300가구를 표본 크기로 설정하였다. 이는 가구 표본의 규모를 300으로 설정할 때, 다중회귀분석의 결과 공변량이 통제된 상태에서 두 집단의 평균 결과값(예: 가구 소득)의 차이가 0.0263 표준편차 이상이 되어야 해당 사업 효과 크기를 통계적으로 유의미하게 검정할 수 있는 검정력 분석(Power analysis) 결과를 기반으로 하였다. 따라

10) SurveyCTO는 세계은행, J-PAL, IPA, 옥스팜 등 수많은 국제기구, 국제 연구기관, 대학, 비정부기구에서 사용하고 있는 설문 플랫폼으로 인터넷 연결이 불가능한 지역에서 국제개발협력사업의 효과 평가를 위한 설문에 활용되고 있다.

서, 각 국가별로 300가구씩 총 600가구 이상의 표본을 목표로 하여 베트남에서 319가구, 라오스에서 308가구를 대상으로 설문조사를 완료하였다.

■ 최소감지효과크기 예시

- 300명의 표본 크기로 두 집단의 평균 결과값(예: 가구소득)의 차이가 0.3245 표준편차 이상이 되어야만 효과의 크기를 통계적으로 검정할 수 있다. 또한, 다중회귀분석 혹은 다중회귀분석 방법을 활용한 이중차분법이나 매칭 등의 방법론의 경우 300명의 표본수를 가지고 분석할 수 있는 최소감지효과크기는 0.0263 표준편차이다.

표본수	단순회귀분석 / 평균비교 (MDE 지표: d)	다중회귀분석 (MDE 지표: f²)	분산분석 (MDE 지표: f)
100명	0.5659	0.0801	0.2829
200명	0.3981	0.0396	0.1991
300명	0.3245	0.0263	0.1623
400명	0.2808	0.0197	0.1404
500명	0.2511	0.0158	0.1255

(설문조사 실시) 라오스의 경우, 본 연구진이 연구 대상지역을 방문하여 현지 조사원 교육을 직접 실시하였다. 또한, 라오스 국립대학(National University of Laos) 농업대학 연구진과 협력하여 현지 맥락에 맞게 설문 문항을 최종 수정하여 총 308가구를 대상으로 설문조사를 완료(2024.06.28.)하였다. 라오스 현지조사 개요는 다음과 같다.

〈표 1-5〉 라오스 현지조사 개요

구분		내용
현지 조사 개요	지역	▣ 라오스 비엔티안 성 (Vientiane Province, Lao PDR)
	기간	▣ 기간 : 2024.6.17. ~ 2024.6.21. (출·도착일 기준)
	출장 인력	▣ 김인애, 최태수 연구원 (서울대학교 농경제사회학부)
	조사 내용	▣ 현장 방문을 통한 연구대상 지역의 농업 및 기후변화 현황, 가뭄 및 홍수 등 이상기후에 대한 정책적 대응 및 농가의 적응 현황 파악
		▣ FAO 컨설턴트 면담을 통한 LaCSA 사업의 현황 파악
▣ 예비 설문조사 시행 및 피드백 반응을 통한 설문지 보완		
▣ 현지 농업전문가(라오스국립대 농업대학(Phommavong 교수) 자문을 통한 설문 문항 수정 및 번역		
▣ CGIAR 면담을 통한 DeRisk 사업 현황 파악		
▣ 설문조사 조사원 교육 실시		

구분		내용	
조사 세부 내용	조사 일정	2024.06.17.	☐ 출국 ☐ FAO 컨설턴트 면담
		2024.06.18.	☐ 현지 설문조사 코디네이터 면담 ☐ 현지 농업전문가 면담 및 설문지 수정 ☐ 비엔티엔 현지 농가 방문 및 예비 설문조사 진행
		2024.06.19.	☐ 설문지 수정 및 보완 내부회의 ☐ 현지 코디네이터 및 농업 전문가 피드백을 통한 설문 번역 수정
		2024.06.20.	☐ CGIAR 이해관계자 면담 ☐ 현지 설문조사 코디네이터 및 농업 전문가 피드백을 통한 설문 프로그램 수정
		2024.06.21.	☐ 설문조사 조사원 교육 ☐ 귀국
조사 현장 사진			
		FAO 컨설턴트 면담	농업전문가 면담 및 설문지 수정
			
		비엔티엔 농가 예비 설문조사	설문조사 조사원 교육
			
		설문조사 조사원 교육	라오스 국립대 농대 방문

베트남의 경우, 현지 파트너십을 체결한 Mekong Development Research Institute (MDRI)와의 정기 비대면 회의를 통해 설문 문항을 현지 맥락에 맞게 확정하였다. 이후 설문조사를 위한 조사원 모집과 교육을 현지 파트너기관의 주도 하에 실시하였으며, 이 과정에서 파트너 기관의 역량강화를 지원하기 위한 연구팀의 교육 세션도 진행하였다.

조사원 모집 시 △가구 설문조사 기경험자, △농업 종사 경험자, △태블릿 PC를 활용한 데이터 수집에 익숙하며 설문조사 지역에 대한 지식이 있는 지원자를 우선적으로 선발하였다. 지원서, 필기시험, 모의 인터뷰 평가를 통과한 12명의 최종 선발 조사원들은 9월 5일부터 9월 8일까지 4일간 대면으로 설문조사 조사원 교육을 받았다. 설문조사 교육은 △설문조사의 구조와 목표, △현장 조사 원칙 및 절차, △태블릿 조작방법, △모바일 설문조사 플랫폼(SurveyCTO)를 사용한 데이터 수집 방법, △설문조사 품질 및 데이터 관리, △설문조사 주의 사항, △조사원 최종 평가로 이루어졌다. 교육 완료 후, 2024년 9월 10일부터 9월 19일까지 총 319가구를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 해당 지역에서 2022년에 실시된 가구 설문조사 역시 MDRI와 협력하여 설문조사를 진행하였기에 패널 자료 구축이 용이하였다. 베트남 설문조사 개요는 다음과 같다.

〈표 1-6〉 베트남 설문조사 개요

구분		내용
개요	지 역	■ 베트남 티엔장 성 (Tien Giang Province, Vietnam)
	기 간	■ 기간 : 2024.9.10. ~ 2024.9.19.
	협력기관	■ Mekong Development Research Institute (MDRI)
	설문대상	■ 티엔장 성 농가 319 가구
	설문조사 내용	■ 가구 구성원 인구통계학적 정보 / 가구 소득 및 자산 수준 ■ 주요 재배 작물별 농업 생산성 및 농업 소득 ■ 기후변화에 대한 인식 및 태도 / 기후변화 대응조치 실행 여부 ■ 기후변화 정보 접근성 ■ 자기효능감 및 사회적 관계망 ■ 주관적 삶의 질
세부 내용	설문조사 표본	■ 패널 자료 구축을 위해 2022년에 설문조사에 참여한 422가구 중 다른 지역으로 이주한 가구나 설문조사 참여를 거부하는 가구를 제외한 319 가구가 설문조사를 완료 ■ 베트남 티엔장성의 5개 군, 10개 고문, 20개 마을에서 응답자 수를 균형있게 선정 ■ 각 군(distinct)에서 최소 62가구가 포함되도록 설문조사가 진행
설문조사 교육 현장 사진		 설문조사 조사원 교육  설문조사 조사원 교육 인터뷰 연습

1.4. 연구 파트너십 활용 결과

본 연구는 국내 연구진과 베트남 및 라오스의 여러 현지 파트너 기관들과의 협력을 통해 진행되었다. 베트남에서는 Mekong Development Research Institute, CIAT-Vietnam, CGIAR 등과 협력하였으며, 라오스에서는 National University of Laos, FAO, CIAT-Laos, The Green Company와 협력하였다. 이를 통해 베트남의 Vietnam Household Living Standard Survey(VHLSS)와 라오스의 Lao Agriculture Census(LAC), 현지 기상 자료 등 기후변화 관련 연구를 위한 기초 자료를 확보하였다. 또한, 설문조사 과정에서 현지의 특성을 반영하여 공동 검토를 진행하였다. 대면 및 화상 면담을 통해 기후변화 대응조치 및 기후정보 서비스의 효과성 평가에 필요한 정보를 지속적으로 공유하는 등 현지 파트너십을 적극적으로 활용하였다. 주요 협력 내용은 다음과 같다.

Mekong Development Research Institute(MDRI)

베트남의 현지 파트너 기관인 MDRI는 베트남의 경제 연구소로 기후변화에 있어서 여성의 영향력에 대한 연구(UN Women Vietnam, 2021년), 기후변화가 베트남 내 불평등에 미치는 영향에 대한 연구(Oxfarm Vietnam, 2021년-2022년) 등 베트남의 기후변화에 관한 연구 경험을 축적하였다. MDRI는 베트남 연구기관 중 최상위 수준의 학술적 역량을 보유한 것으로 평가받는다.¹¹⁾

International Center for Tropical Agriculture(CIAT)

CIAT은 기후변화 대응을 촉진하기 위한 국제공조체로 베트남의 DeRisk 사업 및 라오스 SAMIS 사업의 중요한 주체이다. CIAT은 본 연구 전반에 대한 자문 및 DeRisk와 SAMIS와 관련된 정보와 필요한 문헌자료를 제공하였다.

라오스 국립농업대학(National University of Laos)

라오스 국립농업대학의 Phomma Thammavong 교수는 농업경제학 및 지역개발 분야의 전문가로서 라오스 농가를 대상으로 한 연구를 다수 수행하였다. 본 연구에서도 진행한 라오스 가구 설문조사에서도 문항 설계와 검토 전반에 자문을 제공하며 라오스 설문조사 진행에서도 조사원 모집과 교육, 설문조사 진행과 모니터링 수행 등 주도적인 역할을 하였다.

11) IDEAS: Economics and Finance Research의 지표에 따르면 MDRI는 베트남 경제연구기관 중 상위 10위 내에 포함된다.

Food and Agriculture Organization(FAO) 라오스

FAO 라오스 국가 사무소는 농업 분야 전문 컨설턴트인 Phommachanh Phothichanh을 통해 본 연구에 필요한 기초 자료 및 데이터(△Lao Agriculture Census(LAC), △Annual Economic Report, △Lao Census of Agriculture report 등)를 제공하였다. 특히 FAO 라오스 사무소와 협력하여 라오스 통계청(Lao Statistics Bureau)을 통해 본 연구에 활용하기 위해 농가 설문조사 자료인 3rd Lao PDR Agriculture Census(LAC III, 2019/2020) 자료를 획득하였다. 또한, SAMIS, LaCSA 등 라오스의 기후정보 서비스 관련 사업에 대한 정보 및 자문을 제공하였고, 이를 설문조사에 반영할 수 있도록 설문조사 설계 단계부터 협력하였다.

The Green Company

라오스의 또 다른 협력 기관인 The Green Company는 현지 컨설팅 기관으로서 라오스에서 다양한 연구 프로젝트와 다수의 가구 설문조사 경험을 보유하고 있다. 해당 기관은 본 연구에서 설문조사 사전 준비, 조사원 교육, 설문문항 검토, 예비 설문조사(Pilot survey) 등을 협력하여 실시하였으며, 가구 설문조사 대상 지역 지방 정부 이해관계자 면담조사를 지원하고 지방정부로부터 설문조사 승인을 획득하였다. 또한, 가구 설문조사를 주도적으로 실시하며 모니터링을 진행하는 등 연구에 협력하였다.

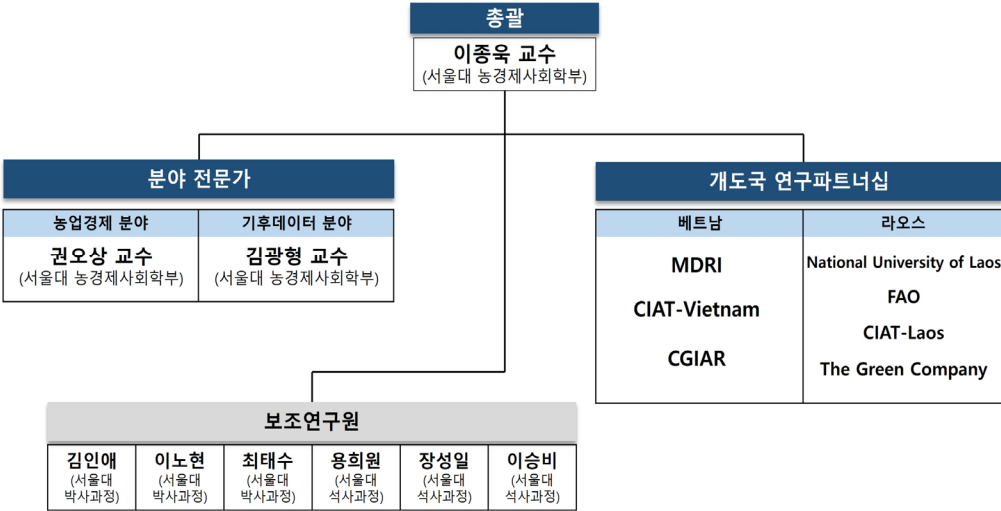
추가적으로 베트남 농업농촌개발부의 재배업 관리국(Departmne of Crop Production)과 Asian Mega-Deltas(AMD) 등의 기관도 서면 면담 조사를 통해 수요 조사에 참여하고 의견을 제공하였으며, 가구 설문조사 문항 전반에 자문을 제공하였다. 이와 같이 현지 파트너 기관 및 연구진들과의 포괄적인 연구파트너십을 구축하여 연구 설계에서부터 모형 개발, 설문 개발, 자료 수집, 결과 분석, 논문 작성에 이르기까지 연구 전 분야에 걸쳐 긴밀한 협력을 진행하였다. 이를 통해 현지 파트너 기관 및 연구진의 연구 역량 강화에도 기여하였다.

각 연구 단계마다 국내 연구진들과 현지 연구 파트너들 간의 비대면 화상회의 플랫폼을 활용하여 정기적인 회의와 워크숍을 진행하였고, 연구역량 강화 교육을 실시하였다. 또한, 상시 소통 체계를 구축하여 연구 진행 과정 전반에서 지속적으로 의견을 교환하고, 현장 경험을 공유함으로써 파트너십을 기반으로 한 연구 역량을 실질적으로 연구에 적용할 수 있었다. 연구 과정에서 추가적으로 대학, 기업 등 현지 연구 네트워크를 활용하여 자문을 구하고 협력하였으며, 이를 통해 장기적으로 현지 연구 파트너십을 확장할 수 있는 기반을 마련하였다.

1.5. 연구 추진 체계

1.5.1. 연구 수행 체제

[그림 1-4] 조직도



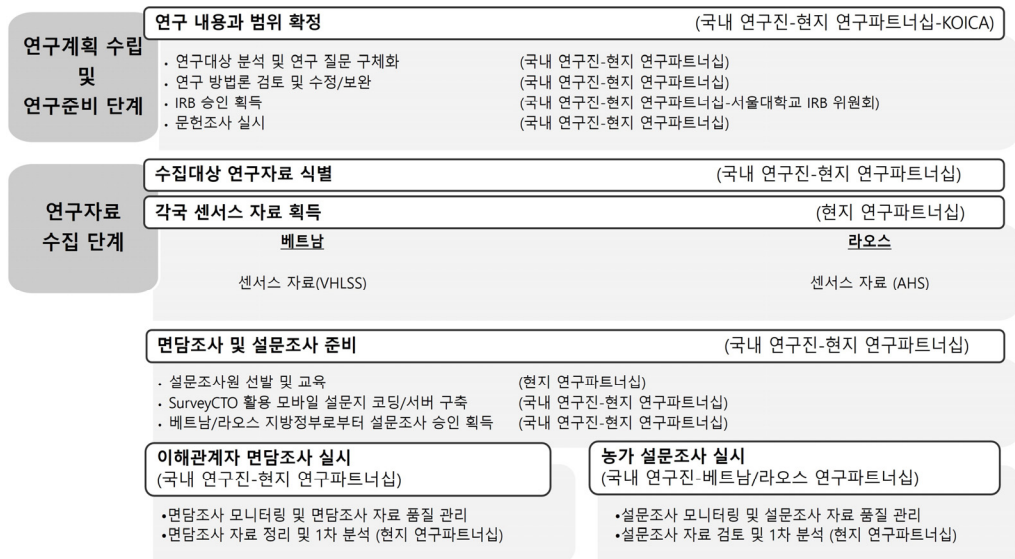
<표 1-7> 연구팀 구성 및 역할

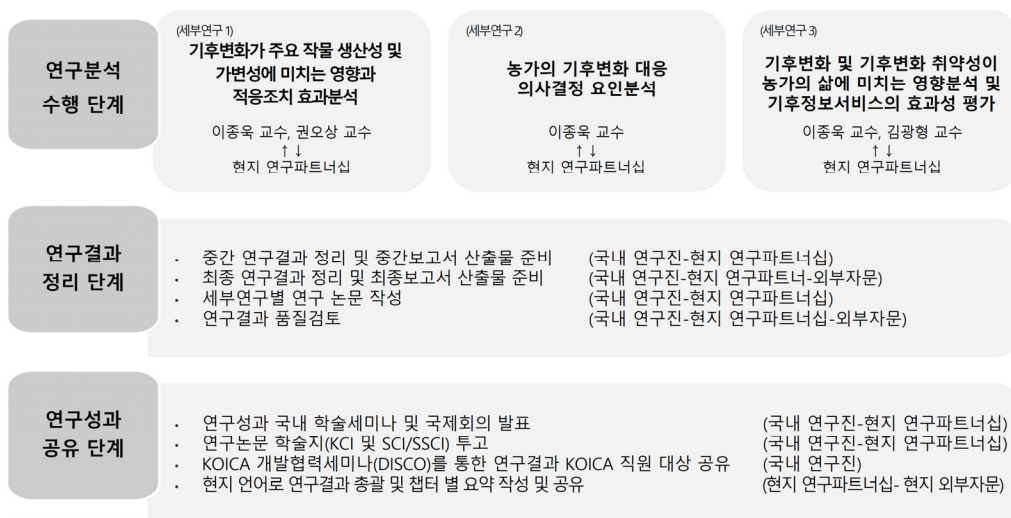
구분		업무 내용
국내	이종욱 교수 (연구책임자)	연구 총괄, 세부연구1 공동연구수행, 세부연구2·3 책임 및 연구수행
	권오상 교수 (공동연구원)	세부연구1 책임 및 연구수행
	김광형 교수 (공동연구원)	세부연구3 공동연구수행
	김인애 연구원 (박사과정)	세부연구2·3 연구수행 및 자료수집/관리, 연구과제 전반 및 보고서 작성 관리
	이노현 연구원 (박사과정)	세부연구3 연구수행 및 자료수집/관리, 기후정보서비스 콘텐츠 검토
	최태수 연구원 (박사과정)	세부연구2·3 연구수행 및 자료수집/관리, 현지 연구파트너십 관리
	용희원 연구원 (석사과정)	세부연구1 연구수행 및 자료수집/관리, 환류 및 성과공유 관리
	장성일 연구원 (석사과정)	세부연구 2·3 연구수행 및 자료수집/관리, 문헌 자료 조사
	이승비 연구원 (석사과정)	세부연구 2·3 연구수행 및 자료수집/관리, 가구 설문조사 관리

구분			업무 내용
국외	베트남	MDRI	베트남 현지 조사 및 현지 환류 총괄
		CIAT-Vietnam	베트남 현지 조사 및 환류 지원, 기후정보서비스 관련 문헌 자료 및 자문 의견 제공
	라오스	CGIAR	DeRISK 연계 및 관련 연구 자문 제공
		라오스 국립대학교	라오스 가구 설문조사 문항 검토 및 현지 예비/본 조사 실시 지원
		FAO	농업센서스 자료(AHS 등)연구에 필요한 기초 자료 제공, 기후정보제공사업 정보 제공, 설문조사 문항 검토 및 자문 제공
		CIAT-Laos	라오스 기후정보 문헌 자료 및 설문조사 자문 제공
		The Green Company	현지 가구 설문조사 컨설팅 지원(조사원 교육, 현지 예비/본 조사실시, 가구 설문조사 대상 지역 지방 정부 인터뷰 지원 등)

1.5.2. 연구단계별 수행 결과

[그림 1-5] 연구단계별 수행 결과





본 연구는 체계적이고 단계적인 접근을 통해 수행되었으며, 각 단계별 주요 수행 결과는 다음과 같다.

1단계: 연구계획 수립 및 연구 준비

연구의 시작 단계에서는 전반적인 연구 수행을 위한 기본계획을 수립하였다. 연구의 목적과 범위를 명확히 설정하고, 세부 연구내용과 추진 방법을 구체화하였다. 또한 연구 수행에 필요한 인적·물적 자원을 파악하고 이를 효율적으로 배분하기 위한 계획을 수립하였다. 특히 연구진의 역할 분담과 단계별 일정계획을 상세히 수립하여 체계적인 연구 수행의 기반을 마련하였다. 이 과정에서 현지 연구 파트너 기관과 상시 협의를 통해 업무협약을 체결하였으며, 연구윤리 확보를 위한 IRB 승인도 획득하였다.

2단계: 연구 자료 수집 단계

두 번째 단계에서는 각 세부 연구 주제와 관련된 국내외 자료를 수집하였다. 연구 대상 국가와 관련된 선행연구, 정책 자료, 통계데이터 등을 수집하여 체계적으로 분석하였으며, 수집 대상 연구 자료를 식별하였다. 이 과정에서 국가별 가계 조사 자료 및 농업 센서스 자료도 확보할 수 있었다. 현지 연구파트너 기관과의 긴밀한 협력을 통해 △이해관계자 면담조사 및 △농가 설문조사 예비/본 조사 실시, △국내외 유사 사업 사례조사 등을 진행하였다.

3단계: 연구분석 수행 단계

2단계에서 수집된 자료를 토대로 본 연구에 적합한 연구방법론을 설계하였다. 연구 목적 달성을 위한 적절한 연구모형을 개발하고, 실증분석을 위한 조사 설계를 수행하였다. △데이터 수집 방법, △분석 도구, △주요 변수 등을 구체적으로 설정하여 연구의 타당성과 신뢰성을 확보하고자 하였다. 농업 센서스 데이터 및 연구진에서 직접 수행한 가구 설문조사 자료를 활용하여 계량 경제학적 분석을 진행하였고, 1단계에서 설계한 연구 문제에 대한 실증적 검증을 수행하였다.

4단계: 연구결과 정리 단계

실증연구를 통해 도출된 결과를 종합적으로 분석하고, 이를 바탕으로 유의미한 시사점을 도출하였다. 연구 결과의 학술적 의의와 정책적 적용 가능성을 검토하였으며, 기후변화 대응 관련 농업 분야 국제개발협력 사업 모형도 함께 제시하였다. 특히 연구 결과가 실제 개도국 현장에서 어떻게 활용될 수 있는지에 대한 구체적인 방안을 제시하는데 중점을 두었다.

5단계: 연구성과 공유 단계

중간보고회 이후 협력단 및 심사위원의 의견을 반영한 연구 결과를 아시아환경자원경제학회(AAERE 2024, 8/26~27일, 대만)에서 발표하였다. 동 학술대회를 통해 다수의 전문가의 검토 의견을 수렴하여 연구를 발전시킬 수 있었다. 최종보고회 이후에는 다른 세부 연구 결과를 정리하여 국내외 학술대회 발표 혹은 학술지에 투고하여 연구 결과를 환류하고, 연구 생태계에 기여하고자 한다. 뿐만 아니라 KOICA 개발협력세미나(DSKO)를 통해 연구결과 일체를 협력단 직원들과 공유하여 실질적인 국제개발협력사업 모델 발굴 및 형성으로 이어지도록 할 계획이다.

이후, 연구결과를 현지어로 번역하여 연구 파트너십을 체결한 기관을 통해 연구대상국인 베트남과 라오스에 연구 성과를 확산하고자 한다. 이를 통해 본 연구의 성과가 국내외 학술 커뮤니티와 개발협력 실무진, 그리고 연구대상국의 현지 이해관계자들에게 효과적으로 전달되어, 향후 아시아 개발도상국의 지속가능한 발전을 위한 실질적인 정책 수립과 사업 추진의 기반이 될 것으로 기대된다.

2. 기후변화가 주요 작물 생산성과 가변성에 미치는 영향과 적응조치 효과 분석

2.1. 서론

기후변화는 농작물 생산에 직접 영향을 미치며, 특히 농업소득 의존도가 높은 개발도상국에서는 농가소득에도 큰 영향을 미칠 것이다. 기후변화가 구체적으로 생산성에 어떤 영향을 미치며, 농업소득에는 어느 정도의 영향을 미칠지는 재배되는 작목과 지역별로 차이가 있을 것이다. 본 연구는 주로 베트남의 미시자료를 사용하여, 메콩강 권역에 있어서 기후변화가 주요 농작물의 생산성에 미치는 영향과 농업소득에 미치는 영향을 계량경제기법을 이용해 추정·분석한다. 이 과정에서 기존에 개발된 모형들을 본 연구의 자료 특성에 맞게 변형하며, 자료 특성을 가장 잘 반영하는 모형을 발굴하여 적용한다. 또한 선행연구와 달리 자료로 획득가능한 농가의 적응행위가 기후변화로 인해 어떤 영향을 받을 것이며, 그 결과 그러한 적응조치가 쌀로 대표되는 농작물의 생산성과 농업소득 피해를 줄이는 데 어떤 기여를 하는지를 계량적으로 분석하고자 한다. 그리고 기후변화가 농업생산과 소득은 물론 그 가변성(variability)에 미치는 영향도 분석한다.

2.1.1. 선행연구 검토

기후변화가 농업생산과 농업/농가소득에 미치는 영향에 관해서는 몇 가지 학문분야에서 여러 방법론을 사용해 분석해 왔다. 이러한 분석은 시장균형을 반영하는 분석법과 그렇지 않은 분석법으로 일단 양분할 수 있다. 균형분석법은 기후변화가 농업 생산성에 영향을 미침은 물론, 생산변화가 수요측 요인과 결합하여 시장가격과 농업소득까지도 바꾸며, 나아가 비농산물의 가격과 비농업부문 소득까지도 바꾸는 메커니즘을 구조적으로 분석하는 방법이다. 반면 균형분석법이 아닌 직접 분석법은 보다 미시적인 분석을 행하며, 기후변화가 특정 농작물의 생산성에 영향을 미치거나 농가소득에 미치는 영향을 직접 자료로부터 도출하는 축약형(reduced-form) 분석법이다.

균형분석법은 농작물의 시장균형조건을 반영하되, 농업부문만을 대상으로 수요와 공급행위를 도출하고 그 균형조건도 함께 분석하는 농업부문모형(agricultural sector model)(Chang, 2002; 박경원 외, 2015)과, 경제 전체 혹은 전 세계 시장의 균형을 분석하는 CGE(computable

general equilibrium) 분석(Moore et al., 2017; 권오상·이한빈, 2013)으로 대별된다. 이 두 가지 균형분석법은 기후변화의 영향이 특정 품목 단수 변화에 그치지 않고 경제 전체에 파급되는 것까지 분석할 수 있다는 장점을 가진다. 하지만 균형분석을 위해서는 직접 분석법을 통해 기후변화가 생산성에 영향을 미치는 효과를 먼저 추정하여야 한다. 본 연구는 균형분석보다는 미시자료를 이용하는 직접 분석법, 그중에서도 계량경제학 분석법을 적용하고자 한다.

직접 분석법은 다시 작물학 연구와 계량경제학 연구로 구분할 수 있다. 작물학 분야의 작물모형(crop model) 혹은 생물리학(biophysical) 분석법은 작물생산에 영향을 미치는 환경조건(햇빛, 수자원 가용량, 대기와 토양 온도, CO₂ 농도, 공기 습도 등)을 수학모형으로 표현하고, 이에 기후변화의 영향을 반영하는 자연과학적 분석법이다. 예를 들어 Rosenzweig et al.(2014)은 IPCC 기후변화 시나리오하에서 현존하는 다수의 작물모형을 가동하여 1980~2010년 대비 2070~2099년의 쌀, 옥수수, 콩, 밀의 전 세계 지역별 생산성 변화율을 전망하였다. 작물모형 연구는 국내 학자들에 의해서도 주요 농작물에 대해 적용되고 있다(Kim et al., 2015). 작물모형은 기후변화가 작물생산에 미치는 정확한 경로를 파악하고 반영한다는 장점을 가지지만 몇 가지 주요 식량작물에 대해서만 작목별로 분리되어 적용되고, 기본적으로 시뮬레이션 기법이라 통계학(계량경제학)적 기반을 가지지는 않는 분석법이다.

직접 분석법 중 계량경제학(econometric) 추정법은 주로 경제학자들이 사용하는 방법이다. Ortiz-Bobea(2021)가 개관한 바와 같이 이 방법에는 여러 형태의 분석법이 포함되지만, 모두 계량경제학 모형 추정을 시도한다. 추정식의 종속변수는 작물별 단수이거나, 농업소득, 혹은 농지가격이며, 설명변수로는 기후/기상변수와 지역 특성과 시점별 특성을 반영하는 여러 지표가 사용된다. 계량경제분석법들은 모두 장기적인 기후요인과 단기적인 기상변수를 구분하는 방법을 도입하고자 노력하는데, 그 첫 번째 방법은 장기(예: 30년)간의 기후변수의 횡단면(cross-section) 자료를 이용해 지역 간 기후 차이가 농지가격이나 농업소득에 미치는 영향을 분석하는 방법이다(Mendelsohn et al. 1994; Mendelsohn and Massetti 2017). 이 방법은 Ricardian 모형이라 불리기도 하며, 장기 기후변수의 영향을 잘 반영할 수 있지만, 충분한 정도의 적응조치가 항상 도입된다는 전제하에서 기후변화의 영향을 분석하고, 따라서 적응조치의 유무에 따른 영향 차이를 도출하지는 못한다. 아울러 이 방법은 단기 기상변수나 여타 주요 설명변수를 모형에 포함하지 않는 일종의 누락 변수 편향(omitted variable bias)을 크게 가지는 것으로 알려져 있다(Ortiz-Bobea, 2021).

횡단면 자료 분석이 가지는 누락 변수 편향의 다수 지역의 다년간 자료로 구성되는 패널(panel)

자료에 고정효과(fixed effect) 추정법을 적용하여 완화할 수 있다. Deschenes and Greenstone (2012), Fisher et al.(2012) 등의 잘 알려진 연구들은 지역별 매 연도의 단수 자료를 지역별 매년의 기상변수와 여타 설명변수가 설명하는 패널자료 추정법을 사용해 누락 변수 편의 문제를 해결하려고 하였다. 하지만 이 경우 장기간의 기후변화보다는 비교적 단기간의 기상변수가 단수에 미치는 영향을 주로 분석하게 되며, 따라서 적응조치의 영향은 적절히 반영하지 못하는 한계가 있다. 또한 이러한 종류의 분석에서는 단기간의 기상변수보다는 지역과 연도 효과가 단수에 주로 영향을 미치는 것으로 나타나기도 한다.

이상 두 가지 방법의 한계를 완화하고자 도입된 방법이 단기 기상변수와 장기 기후변수를 동시에 반영하는 분석법이다(Moore and Lobell, 2014; Mérel and Gammans, 2021; McIntosh and Schlenker, 2006).¹²⁾ 여기에서는 장기 기후변화와 단기 기상변수가 모두 분석에 반영되며, 모형 자체도 패널자료를 활용할 수 있도록 구축하여 기존의 두 가지 분석법이 가지는 문제를 개선할 수 있다. 또한 장기 기후변수와 단기 기상변수 효과 차이를 추정하여 적절한 적응조치가 있을 경우의 효과를 적응조치가 없을 경우의 영향과 구분되게 분석할 수 있다.

이러한 계량경제학적 추정법은 비교적 짧은 시간에 많은 방법론적 개선이 이루어졌고, 적용 사례도 크게 늘고 있다. 하지만 비교적 초기 모형인 Ricardian 모형을 제외하면 대부분 미국이나 유럽의 선진국을 대상으로 사용되어 왔으며, 메콩강 지역 국가를 대상으로 한 연구는 베트남 쌀을 대상으로 하는 Trang(2016) 등을 제외하면 발견하기 어렵다. 한국의 경우에는 권오상·김창길(2008), 조현경·권오상(2014)과 같은 역시 주로 쌀을 대상으로 하는 연구가 있다.

기존의 연구들은 또한 주로 미국 카운티와 같은 지역단위의 자료를 사용했다는 특성도 가진다. 지역별로 자료를 집계하면 패널자료를 구축하는 것이 가능하지만, 이는 상당한 정도의 지역 내 관측치를 안정적으로 확보할 때만 가능한 일이다. 메콩강 유역 국가에서 행해지는 가구 조사나 농업 총조사 등은 행정구역 내 조사 가구 수가 많지 않아 이들 가구의 지역 대표성을 충분히 인정하기 어려운 문제가 있다. 그리고 이용가능한 자료도 비교적 짧은 시계열이기 때문에 지역 평균 자료를 사용할 경우 모형 추정식의 자유도가 너무 낮아지는 문제도 있다.

기존 연구들이 가지는 또 다른 한계는 기후변화에 대한 생산자 적응은 단지 암묵적으로(implicitly)만 반영한다는 점이다. Ricardian 모형은 장기 기후변수의 횡단면 자료만을 사용하여 적응 행위가 이미 충분히 이루어졌다고 가정한다. 기후변수와 단기 기상변수를 함께 사용하

12) 보다 자세한 분석절차는 2.2.2절에서 설명한다.

는 Moore and Lobell(2014)과 Mérel and Gammans(2021)의 분석법은 장·단기 변수의 편차가 생산성에 미치는 영향이 소거되는지 남아있는지에 따라 적응효과 유무를 암묵적으로 가정하고 기후변화 영향을 평가한다. 따라서 이들 연구는 구체적인 적응과정이 도입되는 과정과 그 효과를 명시적으로 분석하지는 않는다.

아울러 기존 연구들은 기후변화로 인해 단위/소득의 가변성이 달라지는 정도를 분석하는 데에도 한계가 있다. 기후변화는 기후변수의 평균적인 크기를 바꿀 뿐 아니라 그 가변성에도 영향을 미치며, 극한 기후(extreme weather)의 발생 빈도를 높인다. 위에서 소개했던 Moore and Lobell(2014), Mérel and Gammans(2021)의 기후변수와 기상변수를 함께 반영하는 분석법은 단기적인 기상변수와 장기 기후변수 편차의 제곱을 추정식에 반영하기 때문에 기후 불안정성이 생산성이나 소득에 미치는 영향을 도출할 수 있다. 그러나 이는 ‘기후변수의 가변성’이 ‘생산성과 소득의 평균치’에 미치는 영향을 분석하는 것으로서, 생산성이나 소득 자체의 가변성을 분석하는 것은 아니다. 경제행위자의 관점에서는 생산성/소득 자체의 평균적 변화 외에도 그 가변성의 변화와 이에 대한 기후변화의 영향을 알 필요가 있다.

세부연구 1은 기존 연구들이 가지는 이러한 네 가지 한계점을 완화하는 분석법을 적용한다. 첫째, 기후/기상변수를 포함하는 단위/소득 방정식 추정이 주로 선진국을 대상으로 이루어진 문제에 관해서는 메콩강 지역 경제 자료를 이용한 분석을 실행하고, 그 시사점을 확인하는 방식으로 기여하고자 한다.

둘째, 지역단위 평균 자료를 사용할 때 발생하는 장애는 비교적 많은 농가를 대상으로 조사된 베트남의 VHLSS(Vietnam Household Living Standard Survey) 자료상의 농가별 자료를 분석에 사용하여 해결하고자 한다. 이 경우 자료는 패널이 아닌 반복 횡단면 자료가 되는 문제가 있으나, 기존 연구와 달리 기후/기상변수 외에도 추가적인 설명변수를 반영하여 누락 변수 편의를 줄이도록 한다.

셋째, 구체적인 적응조치의 선택과 그 효과를 분석하지 못하는 문제는 본 연구는 2단계(two-step) 분석법을 도입해 해결하고자 한다. 제1단계에서 농가가 선택할 수 있고, 또 자료로 확인 가능한 적응조치를 발굴하고, 이러한 조치를 내생적으로(endogenously) 결정하는 과정에 기후변화가 미치는 영향을 먼저 분석한다. 이어서 제2단계에서는 그렇게 내생적으로 결정된 적응조치와, 여타 암묵적인 적응조치를 포함하는 단위/소득 방정식을 추정한다. 그렇게 함으로써 기후변화가 적응조치 없이 직접 단위/소득에 미치는 영향과 적응조치 요인별 변화를 통해 단위/소득에 미치는 영향을 구분하여 제시할 수 있다.

넷째, 본 연구는 기후변화가 단위/소득의 평균 전망치는 물론이고 그 가변성에 미치는 영향도 명시적으로 분석한다. 이를 위해 본 연구는 확률생산함수(stochastic production function)의 하나인 Just-Pope(1978)의 추정식을 본 연구의 목적에 맞게 변형하여, 베트남의 쌀 단위와 농업소득 가변성이 기후변화로 인해 영향을 받는 정도까지 분석한다.

2.1.2. 기후변화 적응조치

농업부문에 도입될 수 있는 기후변화 적응조치에는 여러 가지가 있다. 이들 적응조치에는 농가가 직접 행할 것도 있고, 국가/공공기관/국제사회 등 공적인 부문이 행할 것도 있다. <표 2-1>은 유럽환경청(European Environmental Agency, EEA, 2019)이 제안한 국제사회/국가 등의 공공부문과 개별 농업생산자가 선택할 수 있는 기후변화 적응조치를 본 연구에 적용할 수 있도록 재정리한 것이다.

<표 2-1> 유럽환경청(European Environmental Agency, EEA, 2019)의 기후변화 적응조치 구분

구분	적응조치
공공부문 (국제/국가)	• 기후변화의 농업부문 영향 평가와 모니터링, 취약성 평가 • 기후변화 영향에 관한 정보의 교환과 접근성 보장 촉진 • 기후변화 데이터 관리 시스템 구축 • 적응과 재원 접근성 측면에서의 제도적 역량과 조정기능 강화 • 기후조건에 적응된 작물, 과수, 가축, 어류의 신품종 개발과 보존 • 기후변화와 농업 및 농촌개발과의 연계성 수립 • 적응/완화, 토지/수자원의 지속가능한 관리, 생물종 보존을 위한 정책 보급 • 기후변화 인식 제고와 지도 • 위험관리와 재해보험 지원 • 관개시설 관리
생산자	• 생태계를 고려하는 배수 시스템 사용/관개 효율성 증대/빗물 저장과 활용 • 정밀농업/지속가능한 시설농업 확대(스마트 팜 등) • 지속가능한 농지 관리(예: 제한된 경운, 저투입농업 등) • 농사달력 수정(식부시기 조절) • 기후적응 작물 선택/재배 • 경운 혹은 최소 경운 • 재배작물 다양화와 윤작 • 농지 테두리 유지(농지의 수분 유출을 줄이고 토양 침식 저감) • 축종개량 • 목초지와 방목지 개선 • 가축 질병 발생 방지 • 농업소득원 다변화

농가와 공적부문이 행할 수 있는 기후변화 적응조치 중에서 본 연구가 사용할 VHLSS 자료로 파악할 수 있는 것은 주로 농가별 선택행위이다. 파악이 가능한 몇 가지 변수들에 대한 통계적 검정 절차 등을 거쳐 본 연구는 1) 농가의 작목선택행위(crop switching)와 2) 농기계 사용을 가장 중요한 두 가지 적응조치로 선정하였다. 작목선택행위는 EEA의 적응조치 중에서 '재배작물 다양화와 윤작,' '농업소득원 다변화,' '농사달력 수정,' '기후적응 작물 선택/재배' 등을 모두 포괄할 수 있는 폭넓은 농가 선택행위이다. 두 번째 적응조치인 농기계 사용은 EEA가 강조하는 직접적인 적응조치는 아니지만, 생산기반이 상대적으로 약한 개발도상국 여건에서는 수자원과 토양관리 등에 있어 가장 중요한 역할을 담당할 수 있다는 점에서 선정하였다.

2.1.3. 본 연구의 분석계획

세부연구 1은 다음 네 가지의 분석으로 구성된다.

- 분석 1: 기후변수가 생산성/수익성의 기댓값 및 가변성에 미치는 영향 분석
- 분석 2: 기후변수가 농가의 적응조치 선택에 미치는 영향 분석
- 분석 3: 기후변수가 쌀 생산성에 미치는 영향 및 적응조치의 효과 분석
- 분석 4: 기후변수가 농업소득에 미치는 영향 및 농업소득의 이웃효과 분석

본 분석은 전체 내용에 있어 메콩강 지역에서 가장 중요한 쌀과, 경종 생산 전체에서 얻는 농업소득 두 가지에 미치는 기후변화 영향을 각각 분석하여 제시한다. 생산 및 소득 자료는 VHLSS의 개별 농가(=농업소득이 있는 가구)의 자료이다. 기후변수의 과거치는 NOAA ESRL Physical Sciences Division (PSD) 및 Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS)의 기후변수 자료를 활용하였으며, 미래기후 전망치 자료는 WorldClim의 자료를 가공하여 사용하였다.

‘분석 1’에서는 쌀의 단위/생산성과 농업소득/수익성의 기댓값과 가변성이 기후변수의 영향을 반영하여 동시에 결정되는 모습을 하나의 추정식으로 분석하도록 한다. 이를 위해 Just-Pope (1978) 함수에 기후/기상변수를 반영하여 추정하고, 그 결과를 해석한다.

‘분석 2’는 본 연구가 기후변화의 영향을 분석하기 위해 행하는 2단계 분석 중 제1단계에 해당된다. 여기에서는 쌀 단수의 경우 쌀 농가가 전체 경지이용 중 쌀에 배정하는 비중을 선택하는 행위와 쌀 생산용 농기계에 비용을 지출하는 행위를 분석한다. 그리고 농업소득의 경우 각 경종 품목을 선택하는 행위와 농기계에 비용을 지출하는 행위를 역시 기후/기상변수와 농가 특성

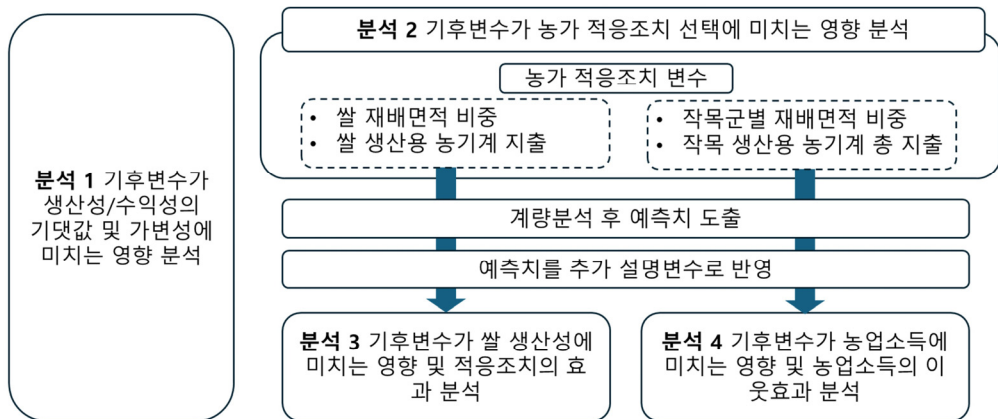
및 지역 특성 변수를 반영하여 추정한다. 이 추정은 이들 행위에 미치는 요인별 영향을 파악하게 하므로 그 자체가 시사점을 제공한다. 그리고 특히 품목군별 면적 비중은 다변량 분할자료(multivariate fractional data)의 특성을 가지기 때문에 이를 감안하는 분석모형을 적용한다.

‘분석 3’은 쌀 단수에 관한 제2단계 분석이다. 여기에서는 분석 2에서 추정된 쌀 단수 방정식과 쌀 농기계 지출액 방정식을 반영하고, 장기간의 기후변수와 단기적인 기상변수, 그리고 두 변수의 편차까지 포함하여 이들이 농가별 쌀 단수에 미치는 영향을 추정한다. 추정결과를 이용해 기후변화에 대한 적응이 전혀 없을 경우, 쌀 비중을 바꾸는 적응을 할 경우, 농기계 비용지출을 바꾸는 경우, 이들 구체적 요인으로 설명되지 않는 적응조치만을 도입할 경우로 적응조치 효과를 분리하여 추정한다. 이어서 이들 요인을 모두 통합하여 적응조치가 쌀 단수 변화에 미치는 영향을 IPCC의 네 가지 시나리오 하에서 전망하여 제시한다.

‘분석 4’는 분석 3에서 쌀 단수에 대해 적용되었던 분석법을 경종 생산으로부터 얻는 농업소득 전체에 적용한다. 농업소득에 초점을 맞출 경우 기후변화에 대한 반응이 품목별로 상이하기 때문에 기후/기상변수가 소득에 미치는 직접적인 영향은 비교적 단순한 형태로 반영된다. 하지만 농가의 품목선택과 농기계 비용지출이 기후변화에 미치는 영향의 중요성은 더 높아지며, 따라서 그 결정 과정에 대한 분석이 보다 정교하게 이루어지도록 한다. 그리고 본 연구는 특히 경종농가의 품목선택에는 농가 자체의 특성 외에도 지역적 요인과 지역 내 여타 농가의 영향, 즉 이웃효과(neighborhood effect)의 존재가 영향을 미침을 인지하고 이를 반영한다. 이는 품목 주산지 형성 등에 있어 농가 간 파급효과가 존재함을 반영하는 것으로서, 본 연구는 그 통계적 유의성을 확인하고 그 효과를 반영한 상태에서 기후변화 적응조치의 효과를 도출한다. 여기에서도 쌀 단수와 마찬가지로 적응조치 요인별, 그리고 전체 적응조치의 농업소득 효과를 기후변화 시나리오 별로 전망하여 제시한다.

이상 네 가지 분석이 이루어지는 과정을 도식화하면 [그림 2-1]과 같다.

[그림 2-1] 세부연구 1의 하위 분석 도식화



본 연구는 각 세부 분석들의 추정 결과를 미래 기후변화 시나리오인 SSP(Shared Socio-economic Pathways) 시나리오와 결합하여 주요 변수들(작목군 비중, 생산성, 수익성 등)이 미래의 기후변화 상황에서 어떠한 양상으로 변화하는지 또한 시뮬레이션한다. 특히, 본 연구는 농업 비중이 높으면서 기후변화에 취약할 것으로 지목되는 베트남의 메콩델타 지역의 영향에 주목하여 전국적인 시뮬레이션 결과와 비교하여 제시한다.

2.2. 세부 모형 분석 방법론

2.2.1. 기후변수가 생산성/수익성의 기댓값 및 가변성에 미치는 영향 분석 (분석 1)

본 연구의 ‘분석 1’은 기후변수가 생산성 또는 수익성에 미치는 순수 효과를 분석한다. 기후의 영향을 분석함에 있어 ‘분석 1’은 기후변화가 농가 생산성/수익성의 기댓값뿐만 아니라 가변성, 즉 불확실성의 정도에 미치는 영향을 동시에 분석하며 기후변수 자체의 가변성이 생산성/수익성에 미치는 영향 또한 반영하고 있다는 점에서 이어지는 ‘분석 2’, ‘분석 3’, ‘분석 4’의 추정 모형들과 차이를 가진다. 이 분석에서는 적응조치의 명시적인 선택행위는 반영하지 않지만 장기 간의 기후변수를 설명변수로 반영하여 적응조치가 암묵적으로 이루어짐을 전제하고 있다.

구체적으로, ‘분석 1’은 기후-적응조치 반응함수를 식 (2-1)과 같은 Just-Pope(1978) 형의 평균-가변성 추정식을 변형하여 추정한다. 이때 생산성/수익성의 기댓값과 분산을 결정하는 함수인 f 와 h 에는 모두 기후변수가 포함되며, ϵ_{it} 는 평균 0, 분산 1인 확률변수로 설정된다. 종속변수인 y_{it} 는 t 시점의 농가 i 의 단위 면적당 쌀 생산성 또는 단위 면적당 농업소득으로 정의되며, 두 변수 모두 로그변환된 값으로 반영된다. 기댓값과 관련된 부분인 f 는 2차함수로 설정하였으며, 가변성과 관련된 부분인 h 는 지수함수로 설정하여 그 값이 항상 양수가 되도록 하였다.

$$(2-1) \quad y_{it} = f(\mathbf{X}_{it} : \boldsymbol{\beta}) + h(\mathbf{Z}_{it} : \boldsymbol{\gamma})\epsilon_{it}$$

식 (2-1)은 y_{it} 의 평균이 $f(\mathbf{X}_{it} : \boldsymbol{\beta})$ 이며 분산이 $h(\mathbf{Z}_{it} : \boldsymbol{\gamma})^2$ 임을 의미하며, 이때 평균에 영향을 미치는 변수들의 벡터는 $\mathbf{X}_{it}$ 이며 분산에 영향을 미치는 변수들의 벡터는 $\mathbf{Z}_{it}$ 이다. $\mathbf{X}_{it}$ 와 $\mathbf{Z}_{it}$ 의 변수들은 기후변수와 여타 설명변수를 모두 포함하고, 일부 혹은 전부 서로 겹치는 것이 허용된다. 본 연구는 $\mathbf{X}_{it}$ 로 기온의 30년 평균($\overline{Temp}_i$), 강우량의 30년 평균($\overline{Rain}_i$), 기온 및 강우량 변수의 제곱, 그리고 지역 터미(D_r) 및 연도(t)와 후술할 기상이변 터미(ED_{it})를 적용한다. $\mathbf{Z}_{it}$ 에는 평균기온의 30년 평균, 총 강우량의 30년 평균, 지역 터미와 연도, 그리고 기상이변 터미를 사용하였으며 기후변수의 이차항은 사용하지 않는다. 즉, f 와 h 의 구체적인 함수형은 아래와 같다.

$$(2-2) \quad f(\mathbf{X}_{it} : \boldsymbol{\beta}) = \beta_0 + \beta_1 \overline{Temp_i} + \beta_2 \overline{Rain_i} + \beta_3 \overline{Temp_i}^2 + \beta_4 \overline{Rain_i}^2 \\ + \beta_{ED}(ED_{it}) + \delta_i t + \sum_r (\delta_r D_r + \delta_{rt} D_r \times t)$$

$$(2-3) \quad h(\mathbf{Z}_{it} : \boldsymbol{\gamma}) = \exp(\gamma_0 + \gamma_1 \overline{Temp_i} + \gamma_2 \overline{Rain_i} \\ + \beta_{ED}(ED_{it}) + \delta_i t + \sum_r (\delta_r D_r + \delta_{rt} D_r \times t))$$

식 (2-2), (2-3)에서 ED_{it} 은 t 시점의 농가 i 의 당해연도 날씨가 기상이변에 해당하는지를 나타내는 기상이변 더미다. 기상이변은 평상시의 기후수준을 크게 벗어난 기상현상으로 이해하는 것이 보편적이며, 기상학적인 관점에서는 기상변수의 분포를 정규분포로 가정하였을 때 그 꼬리 부분에 해당하는 기상변수값을 기상이변으로 정의하는 것이 일반적이다. 본 연구 또한 이와 같은 관점을 따르며, 구체적으로는 Rahmstorf and Counmou(2011), 노재선 외(2012), 조현경 외(2014) 등의 연구에서 사용된 바에 따라 기상변수의 ± 2 표준편차를 벗어날 경우 기상이변으로 정의한다. 본 연구가 사용하는 VHLSS 자료는 2004년부터 2018년까지 격년 주기로 주어진다. 따라서 표준편차를 계산할 때에는 군(district)별로 연평균기온과 총 강우량을 2004년부터 2018년까지 홀수 연도 또한 포함하여 계산한 뒤, 이 평균들을 기준으로 기온 또는 강수량 둘 중 하나라도 ± 2 표준편차를 벗어나면 해당 연도의 군에 기상이변 현상이 발생했다고 간주한다.

파라미터 벡터 $\boldsymbol{\beta}$ 와 $\boldsymbol{\gamma}$ 를 추정하기 위해서는 최우추정법(MLE)이 적용된다. 오차항의 분포를 $\epsilon_{it} \sim N(0,1)$ 로 가정하면 로그우도함수는 식 (2-4)와 같기 때문에 본 연구는 이 로그우도함수를 최대화하는 $\boldsymbol{\beta}$ 와 $\boldsymbol{\gamma}$ 를 추정하게 된다.

$$(2-4) \quad \ln L = -\frac{1}{2} \left[N \ln(2\pi) + \sum_{i=1}^N \ln(h(\mathbf{Z}_i, \boldsymbol{\gamma}))^2 + \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - f(\mathbf{X}_i, \boldsymbol{\beta}))^2}{h(\mathbf{Z}_i, \boldsymbol{\gamma})^2} \right]$$

단, N 은 총 관측치 수

2.2.2. 기후변수가 농가의 적응조치 선택에 미치는 영향 분석 (분석 2)

〈표 2-1〉이 보여준 바와 같이, 농가는 기후변화를 수동적으로 받아들이는 객체가 아니며 농업 생산부문의 기후변화 적응조치는 개별 농가 및 공공부문 각각에 의해 여러 형태로 실행될 수 있다. 그러한 적응조치 중 가장 효과적인 수단으로서 작목조합 변경(crop switching)이 있다. 농가는 기후조건을 포함하는 생산여건 변화에 적응하여 생산하는 작목 조합을 바꿈으로써 기후변화로부터 발생하는 피해를 줄이거나 오히려 생산성이나 수익성을 높일 수가 있다. 많은

금전적, 시간적 투자를 필요로 하는 기반시설 개선이나 신품종 개발에 비하면 작목조합 변경은 메콩강 유역 국가와 같은 개발도상국 생산자들도 비교적 쉽게 취할 수 있는 적응조치일 것이다.

작목조합 변경 외에도, 농가의 농업생산 관련 의사결정에는 투입되는 자본 규모의 결정도 있기 때문에 자본투입액을 변경하는 행위 또한 기후변화에 대한 적응조치로 간주할 수 있다. 본 연구는 이들 적응조치의 효과를 분석하고자 각각의 적응조치를 작목군별 재배면적 비중과 농기계 지출금액이라는 구체적 변수로 설정한다. 본 분석은 각각의 변수가 전체 농업생산 측면에서 선택되는 양상과 쌀 생산 측면에서 선택되는 양상을 구분하여 분석하기 때문에 ‘분석 2’의 종속변수는 다수 작목군의 재배비중, 농업생산행위 전반에 사용되는 농기계 지출액, 쌀의 재배비중, 쌀 생산에 사용되는 농기계 지출액의 총 4종이다.

농가의 작목선택 행위 분석

기후변화의 적응조치로 작목선택 변화를 계량분석한 선행연구는 많지 않다. Rising and Devineni(2020)은 1949~2009년의 미국 카운티(county) 단위 자료를 이용하여 기후변수가 6가지 품목의 생산성에 미치는 영향을 분석하여 2070년의 생산성을 RCP 8.5 가정 하에서 전망하였다. 이들은 2070년에 6가지 품목의 총이윤이 기후변화로 인해 31% 감소하지만, 품목별 생산성 변화를 반영하여 최적 품목선택행위를 도입하면 그 피해가 절반으로 줄어든다고 전망하였다.

기후변화 대응조치로서 작목 선택을 바꾸는 것은 선진국이나 개발도상국 모두에서 선택할 수 있는 유용한 대안이다. 하지만 기후변화의 농업부문 영향과 적응조치 효과 분석에 관한 계량분석모형들은 대부분 기존의 작목 선택이 계속 유지된다는 전제하에서 기후변수와 생산성 간의 함수적 관계를 추정하는 데 주력해왔다(Ortiz-Bobea, 2021). Rising and Devineni(2020) 연구도 작목 선택행위를 실제 자료를 이용해 계량경제학 방법을 적용해 추정한 것이 아니라 선행계획법을 이용한 최적화 모형을 통해 미래의 최적 작목조합을 도출한 분석이라는 한계가 있다.

본 연구는 베트남의 VHLSS 장기 자료를 이용하여 개별 농가의 작목 선택이 기후변수와 여타 설명변수의 영향을 받아 어떻게 결정되는지를 계량경제학적으로 추정한다. 이러한 추정 결과는 작목조합 선택에 미치는 변수들의 영향을 정량적으로 파악할 수 있고, 미래의 기후조건에서 작목 선택이 어떻게 변화하는지 전망할 수 있다는 점에서 그 자체로 유용한 정보와 시사점을 제공한다. ‘분석 2’, ‘분석 3’, ‘분석 4’를 합하여 2단계 분석으로 보는 관점에서는 ‘분석 3’과 ‘분석

4'의 생산성 및 수익성 방정식에 적응조치 변수들의 예측치를 활용함으로써 선택변수가 흔히 갖는 내생성 문제를 완화하면서 이들이 생산성이나 수익성에 어떠한 영향을 미칠지를 분석할 수 있게 한다.

농가가 선택할 수 있는 총 K 가지의 작목(군)이 있다면, t 기에 농가 i ($i = 1, \dots, N$)에서 생산되는 작목군 h 의 식부면적 혹은 생산액 비율은 s_{it}^h 로, 이 변수는 0과 1 사이의 값을 갖는 다변량 분할자료(multivariate fractional data)이다. '분석 2'는 이 다변량 분할자료가 기후변수를 포함하는 여러 설명변수들에 의해 영향받는지를 개별 농가 자료를 활용하여 추정한다.

다변량 분할자료를 추정하는 데에는 적어도 세 가지 방법이 있다(Murteira and Ramalho 2016). 첫 번째는 특정 품목(예: 쌀)의 식부면적 대비 비율의 로그값 $\ln(s_{it}^h/s_{it}^1)$ 를 종속변수로 사용하고, 그 값이 $(-\infty, \infty)$ 의 분포를 가지므로 $K-1$ 개의 방정식으로 구성된 선형방정식 체계를 SUR(seemingly unrelated regression) 추정하는 방법이다. 두 번째 방법은 각 비율 s_{it}^h 가 다변량 베타 분포인 Dirichlet분포를 따른다고 보고 최우추정(MLE)하는 방법이다. 이들 두 방법은 그러나 모형의 특성상 구석 해가 정의되지 않기 때문에 모든 농가들이 모든 품목을 조금 씩은 생산하고 있다는 가정을 해야 하는 불편한 점이 있다. 따라서 본 연구는 세 번째 방법으로, Murteira and Ramalho(2016)가 제안하고 Kwon et al.(2015)이 사용한 적이 있는 다변량 분할자료의 준최우(quasi-maximum likelihood, QML)추정법을 사용한다. 이 방법은 Papke and Wooldridge(1996)가 1변량 분할자료에 대해 적용했던 모형을 다변량의 경우로 확장한 것이다.

농가 i 의 특성변수 벡터를 $X_i = (X_{1i}, \dots, X_{Ki})$, s_i^h 를 농가 i 의 품목 h 의 식부면적이 차지하는 비중이라 하자. 분석을 위해 종속변수 s_i^h 의 확률분포에 대해서는 어떠한 가정도 하지 않고, 그 기대평균함수를 $E(s_i^h|X_i) = G_i(X_i; \beta) = (G_{1i}(X_i; \beta), \dots, G_{Ki}(X_i; \beta))$ 와 같이 설정한다

(단 $G_{ki} \geq 0$, $\sum_{k=1}^K G_{ki} = 1$). 본 연구에서는 $G_{hi} = \frac{\exp(X_{hi}\beta)}{1 + \sum_{k=1}^{K-1} \exp(X_{ki}\beta)}$ 와 같은 다항로짓

(multinomial logit) 함수를 설정하며, 농가 i 가 로그우도함수(log likelihood function)에 기여하는 바는 다음과 같다.

$$(2-5) \quad \ln L_i(\beta) = \sum_{k=1}^K s_i^k \ln G_{ki} = \sum_{k=1}^{K-1} s_i^k \ln \left(\frac{G_{ki}}{G_{Ki}} \right) + \ln G_{Ki}$$

식 (2-5)를 극대화하는 추정법은 모형의 확률변수에 대한 분포가정을 하지 않기 때문에 QML추정법의 하나가 된다. $\ln L(\beta) = \sum_{i=1}^N \ln L_i(\beta)$ 를 극대화하는 추정치 $\hat{\beta}_{QML}$ 은 함수 $G(\cdot)$ 의 형태가 적절히 선정되었다면 s_i^h 의 실제 조건부 분포함수가 무엇이든지 관계없이 일치성(consistency)을 지니고 점근적으로는 정규분포를 가진다(Gouriéroux et al., 1984).

본 연구는 각각의 작목군별 재배면적뿐만 아니라 쌀 재배면적 비중만을 종속변수로 하는, 즉 종속변수의 작목군을 쌀과 쌀이 아닌 것으로 나누어 $K=2$ 인 일변량 분할자료(univariate fractional data)인 경우의 모형도 추정한다. 이러한 일변량 분할자료는 쌀 생산성의 기후변화 영향을 분석하는 ‘분석 2’에서 사용되며, 또한 다변량 분할자료에서 도출된 분석 결과의 비교를 통해 연구의 강건성(robustness)를 파악하는 데에도 사용된다.

농가의 농기계 지출행위 분석

농기계 지출액은 화폐액으로 측정되어 0 이상의 값을 갖는 변수이기 때문에 Tobit 모형을 이용하여 추정한다. 종속변수인 y 는 기준치(본 연구의 경우 0)보다 크면 그 값이 $y = y^*$ 로 관측이 되며 y^* 가 기준치보다 작으면 그 값이 정확히 관측되지 않고 $y = 0$ 인 관계가 성립하지만, 설명 변수 벡터 x 는 y^* 가 0보다 크든 작든 존재하기 때문에 분석 데이터는 절단된(censuring) 데이터에 해당한다. 데이터가 이러한 절단된 특성을 가질 경우 모형은 식 (2-6)과 같이 나타난다.

$$(2-6) \quad y = \begin{cases} y^* & \text{if } y^* > 0 \\ 0 & \text{if } y^* \leq 0 \end{cases}, \quad y^* = x'\beta + \epsilon, \quad \epsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

이 모형의 추정은 아래의 우도함수를 극대화하는 최우추정법을 통해 이루어진다.

$$(2-7) \quad \ln L(\beta, \sigma^2) = \sum_{i=1}^N \left[-\frac{1}{2} \ln \sigma^2 - \frac{1}{2} \ln 2\pi - \frac{1}{2\sigma^2} (y_i - x_i'\beta)^2 - \ln \Phi(x_i'\beta/\sigma) \right]$$

추정 파라미터를 이용하여 지출액의 기댓값을 계산할 때에는 절단회귀분석 데이터의 특성, 즉 한계효과인 $\frac{\partial y_i}{\partial x_i}$ 가 θ 와 일치하지 않는다는 점을 반영하여 $E[y|x] = x'\beta$ 대신 아래의 식을 이용하여 기댓값을 계산하여야 한다.

$$(2-8) \quad E[y|x, y > 0] = x'\beta + E[\epsilon > -x'\beta] = x'\beta + \sigma \lambda(\omega), \quad \lambda(\omega) = \frac{\phi(\omega)}{\Phi(\omega)}, \quad \omega = x'\beta/\sigma$$

2.2.3. 기후변수가 쌀 생산성에 미치는 영향 및 적응조치의 효과 분석 (분석 3)

‘분석 3’은 기후변수가 농가의 생산성과에 미치는 영향 중에서도 베트남의 주요 농업생산물인 쌀의 생산성에 주목한다. 작물 생산성은 작물모형(crop model)을 이용하는 Rosenzweig et al.(2014)의 예시와 같이 자연과학적 추정/시뮬레이션 방법에 의해서도 분석될 수 있으나, 본 연구가 시도하는 바와 같이 실제 농민들의 생산 실적을 통계적으로 활용하는 방법도 활발히 사용된다. 예를 들어 농가 i 의 시점 t 에 있어서의 특정 품목의 생산성이나 수익성을 y_{it} 라 하고, 기후변수의 벡터를 Z_{it} , 생산자 혹은 정부가 선택하는 적응조치 벡터를 X_{it} 라 하면 다음과 같은 방정식을 추정하게 된다(단 ϵ_{it} 는 평균 0, 분산 σ_ϵ^2 을 가지는 확률변수).

$$(2-9) \quad y_{it} = \alpha_i + \gamma_t + f(Z_{it}; \beta) + \omega(Z_{it}, X_{it}; \delta) + \epsilon_{it}$$

$$f(Z_{it}; \beta) = \text{순수한 기후변수의 효과}$$

$$\omega(Z_{it}, X_{it}; \delta) = \text{기후변수와 적응조치의 상호작용 효과}$$

농업 생산이나 소득의 성과를 나타내는 지표인 y_{it} 로는 농지가격, 농업이윤, 단위 면적당 생산성 등이 사용되며, 개별 품목별 변수나 농가 전체의 순소득이 적용되기도 한다. 기후 혹은 기상조건 Z_{it} 에는 재배 시기별 기온(일 최고, 일 최저 등), 강우량, 일조량, CO₂ 농도 등이 포함되며, 적응조치 X_{it} 에는 농법의 차이, 관개수 공급, 품종과 품목 선택의 차이, 기타 기반시설 투자 등의 변수를 사용할 수 있다. α_i 와 γ_t 는 각각 패널자료의 횡단면 효과와 시계열 효과를 반영하며, 따라서 식 (2-9)는 2원 고정효과(two-way fixed effect) 패널추정법을 이용해 추정한다.

식 (2-9)는 기후변화의 생산성 영향을 추정하기 위해 여러 연구에서 사용되었지만, 설명변수들과 생산성 변수의 단기적인 관계를 주로 추정한다. 하지만 기후변화는 비교적 장기적인 현상이며, 또한 생산자들은 기후변화에 적응하는 조치를 취할 수 있기 때문에 기후변수의 장기적인 영향과 구체적인 변수로 표현되기 어려운 생산자들의 적응조치를 감안하는 추정식이 필요하다. Moore and Lobell(2014), Mérel and Gammans(2021) 등은 그러한 문제의식을 가지고 장기변수 반영방법에 이론적 근거를 부여하여 추정식을 재구성하였다. 모형의 단순화를 위해 식 (2-9)에서 기후변수에 해당하는 z_{it} 는 1차원 변수로 간주하면, 다음 추정식이 만들어진다.¹³⁾

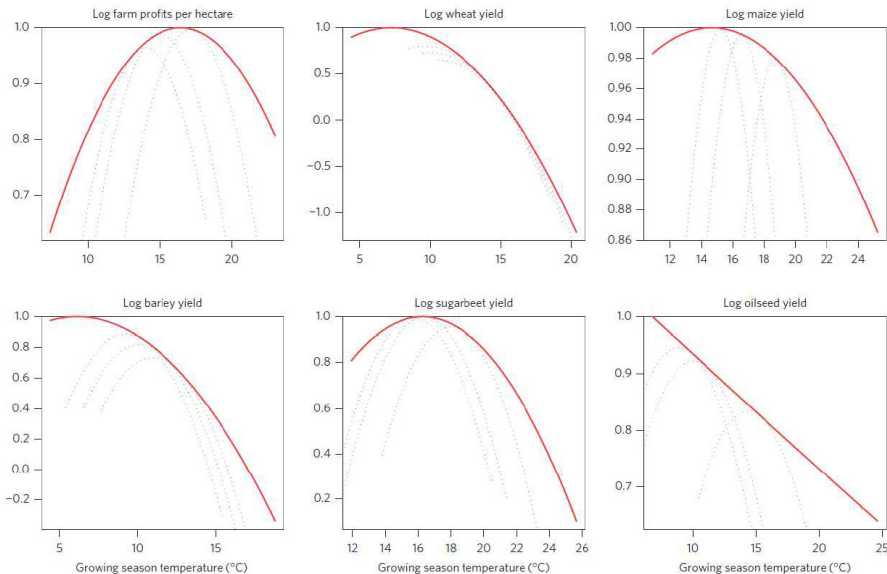
13) 본 연구는 식 (2-10)과 같은 Moore and Lobell(2014)형의 모형 외에도 단기 기상변수의 역할을 보다 크게 인정하는 Merel and Gammans(2021)의 모형을 변형하여 분석하였으나, 개별 농가 단위의 응답이 패널데이터가 아니기에 Merel and Gammans(2021)의 모형이 패널 모형으로서 갖는 이점을 누리지 못한다는 점, 장기 편차 파라미터인 β_3 이 후술할 농가의 장기 적응을 온전히 포착하지 못하고 모형 형태에 따라 불안정한 결과를 보인다는 점에서 Moore and Lobell(2014)형의 추정식으로부터 도출된 결과만을 보고한다.

$$(2-10) \quad y_{it} = \mu_i \beta_1 + \mu_i^2 \beta_2 + (z_{it} - \mu_i)^2 \beta_3 + \omega(\mathbf{X}_{it} : \delta) + g(\alpha_i, t) + \epsilon_{it}$$

각 지역의 기후변수는 정상(stationary)분포를 가지며, 평균이 μ_i 와 같아서, $E[z_{it}|i] = \mu_i$ 인 것으로 가정된다. 기후변화의 영향은 장기적인 것이므로 각 지역의 장기 평균기후 μ_i 에 대한 y_{it} 의 반응으로 나타난다. 그런데 실제로 나타나는 생산성 효과는 단기 기상변수 z_{it} 에 의해서도 영향을 받으며, 이는 $(z_{it} - \mu_i)^2 \beta_3$ 에 의해 설명이 된다. $\omega(\mathbf{X}_{it} : \delta)$ 는 기후/기상변수 외 여러 설명변수의 영향을 반영하며, $g(\alpha_i, t)$ 는 농가 i 가 속한 지역의 고유 요인과 시계열 영향을 반영한다.

기후변화의 장기 영향과 단기 영향 간의 차이를 유발하는 $(z_{it} - \mu_i)^2 \beta_3$ 는 생산자들이 기후변화에 대해 느린 이해와 습득을 하거나, 대응에 있어 일종의 시차가 개입되기 때문에 발생하는 것으로 이해된다. 장기적 반응은 대응에 제약을 가진 단기적 반응과는 차이를 가질 수 있고, 선행연구들은 전자의 성과가 더 크다고 보는 것이 합리적이므로 β_3 의 추정치는 음(-)의 값을 가질 것으로 전제하고 있다. 식 (2-10)의 생산성 식은 기후변수 μ_i 의 이차함수이고 특히 위로 볼록한 형태로 분석되어서 μ_i 가 특정 값 이상으로 증가하면 y_{it} 를 감소시키게 되고 따라서 기후변수 μ_i 에 대한 y_{it} 의 반응함수는 역U자형으로 그려진다. 이러한 반응함수 형태에서 장기적 적응효과를 반영할 경우, [그림 2-2]가 보여주는 바와 같이 장기 반응곡선은 단기 반응곡선을 위에서 싸고 도는 포락선(upper envelope)이 될 것으로 예상할 수 있다.

[그림 2-2] 단기 및 장기 기후 반응 곡선 예: Moore and Lobell(2014)



이상의 추정결과로부터, 현재의 기후변수 평균값이 μ_{0i} 인데 이것이 향후 (기후변화 시나리오 하에서) μ_{1i} 로 변한다고 하자. 적응이 순조롭게 이루어지는 장기라면, 기후변수 외의 항을 $K(\cdot)$ 으로 표기했을 때 두 기에 있어 y_{it} 의 기댓값은 다음과 같다(단, b 는 β 의 추정치).

$$E_{LR}[y_{kit}] = b_1\mu_{ki} + b_2\mu_{ki}^2 + b_3E[z_{kit} - \mu_{ki}]^2 + K(\cdot) = b_1\mu_{ki} + b_2\mu_{ki}^2 + b_3\sigma_{ki}^2 + K(\cdot), k = 0, 1$$

그러나 단기라면, 미래 시점에서도 $(z_{1it} - \mu_{0i})$ 항이 작동하여 미래의 y_{it} 기댓값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} E_{SR}[y_{1it}] &= b_1\mu_{1i} + b_2\mu_{1i}^2 + b_3E[z_{1it} - \mu_{1i} + (\mu_{1i} - \mu_{0i})]^2 + K(\cdot) \\ &= b_1\mu_{1i} + b_2\mu_{1i}^2 + b_3(\sigma_{1i}^2 + (\mu_{1i} - \mu_{0i})^2) + K(\cdot) \end{aligned}$$

따라서 두 기간에 발생한 장기 및 단기 기후변화 영향은 각각 아래와 같이 전망된다.¹⁴⁾

$$(2-11a) \quad E[\Delta y_i]_{LR} = b_1(\mu_{1i} - \mu_{0i}) + b_2(\mu_{1i}^2 - \mu_{0i}^2) + b_3(\sigma_{1i}^2 - \sigma_{0i}^2)$$

$$\begin{aligned} (2-11b) \quad E[\Delta y_i]_{SR} &= b_1(\mu_{1i} - \mu_{0i}) + b_2(\mu_{1i}^2 - \mu_{0i}^2) + b_3(\sigma_{1i}^2 - \sigma_{0i}^2) + b_3(\mu_{1i} - \mu_{0i})^2 \\ &= E[\Delta y_i]_{LR} + b_3(\mu_{1i} - \mu_{0i})^2 \end{aligned}$$

추정결과 만약 $\hat{\beta}_3$ 이 통계적으로 유의하지 않거나 0보다 큰(+) 추정값을 가지게 되면, 장기 기후변수에 적응하는 별다른 행위가 없다고 가정해야 할 것이다.¹⁵⁾ 이 경우에는 식 (2-11)처럼 적응 조치의 유무에 따른 장기효과와 단기효과로 구분하기 보다는 단기변수 z_{it} 와 장기변수 μ_i 가 모두 작용하여 반응함수를 추정하게 하고, 따라서 $(z_{it} - \mu_i)^2\beta_3$ 를 포함시키는 목적을 누락변수(omitted variables) 때문에 발생하는 편의를 제거하는 것에 두어야 할 것이다. 본 연구의 미래 변화 시뮬레이션에서는 $\hat{\beta}_3$ 이 항상 0보다 작은(-) 값으로 추정되었기 때문에 $E[\Delta y_i]_{LR} \geq E[\Delta y_i]_{SR}$ 인 관계가 항상 성립하며 관측되지 않는 농가의 장기적 적응행위가 존재함을 확인할 수 있다.

식 (2-10)의 $(z_{it} - \mu_i)^2\beta_3$ 항은 농가가 기후변화에 대응하여 장기적으로 생산성을 극대화시키는 의사결정을 한다고 가정하였을 때, 장기와 비교하여 기후변화에 대한 적응이 미흡한 단기의

14) 이는 Moore and Lobell(2014)이 두 기간에 있어 기후변수의 분산변화를 반영하지 못한 오류를 바로 잡는 것이다. 하지만 추정결과를 이용한 실제 시뮬레이션에 있어서는 미래의 기후 전망치가 매해 제시되지 않고 구간별로 제시되고, 따라서 그 분산을 구할 수 없는 문제가 있어 분산의 변화는 반영하지 않는다. 이 문제는 향후 연구에서 분산 변화 전망치를 구하는 과정을 모색하여 해결하고자 한다.

15) 실제로 식 (2-10)과 같은 장·단기 효과를 동시에 반영한 연구 중 일부가 통계적으로 유의하지 않거나 양(+) 혹은 매우 작은 음(-)의 장단기 효과 차이를 도출하였다.

생산성 격차를 나타내는 항이다. 즉, 식 (2-10)은 개별 농가의 적응조치를 식별하는 추정식인데, 이는 농가의 적응조치에 대하여 구체적인 변수를 상정하지 않고, 관측되지 않는 전반적인 적응조치가 생산성에 미치는 영향을 분석하기 때문에 농가의 구체적인 의사결정이 생산성에 미치는 영향을 분석할 수는 없다. 이러한 한계를 보완하고자 ‘분석 3’은 식 (2-10)을 추정하되, 개별 농가의 품목 선택 및 농기계 지출을 $\omega(X_{it} : \delta)$ 항에 추가로 반영한다. 즉, ‘분석 3’을 추정하게 되면 관측되지 않던 적응조치 중 일부 항목을 관측되는 변수로 실체화할 수 있게 되며, 따라서 기후변화에 대응하여 농가의 관측되지 않는 적응조치 효과와 관측되는 적응조치(품목선택 및 농기계 사용)의 효과의 크기를 서로 비교할 수 있게 된다.

‘분석 3’에서 이와 같은 적응조치를 선택한 것은 생산자들이 기후변수와 여타 여건 변화에 반응하여 작목선택을 적극적으로 반영하고 자본 투입을 변화시키는 것을 생산성 결정요인으로 포함시킴을 의미한다. 특히, 품목선택의 영향을 분석함에 있어서는 ‘분석 2’에서 예측치로 도출한 쌀류의 비중을 ‘분석 3’의 추가 설명변수로 반영함으로써 쌀 생산의 전문화/특화, 규모의 경제성 등이 쌀 생산성에 미치는 영향을 반영하였다. 이렇게 함으로써 적응조치 효과로, 쌀 재배 규모효과, 기계화 효과, 구체적인 원인이 없는 적응조치의 효과를 구분하여 추정할 수 있다.

즉, $\omega(X_{it} : \delta)$ 에는 ‘분석 2’에서 추정된 쌀 비중방정식과 쌀 재배용 농기계 비용지출 방정식 추정치의 예측치가 포함된다. 이렇게 X_{it} 에는 제1단계의 추정치가 설명변수로 반영되기 때문에 제2단계 추정식에서의 그 통계적 유의성이 편의(bias)를 가질 수 있다. 따라서 본 연구는 ‘분석 2’의 제1단계 추정과 ‘분석 3’의 제2단계 추정을 순차적으로 실행하는 부트스트래핑(bootstrapping)을 통해 제2단계 추정치의 통계적 유의성을 구한다. 이는 농업소득을 분석하는 ‘분석 4’의 경우에도 마찬가지로 적용된다.

2.2.4. 기후변수가 농업소득에 미치는 영향 및 농업소득의 이웃효과 분석 (분석 4)

베트남 농가에 있어 가장 중요한 작목인 쌀의 생산성이 기후변화에 반응하는 것을 분석한 ‘분석 3’에 이어 ‘분석 4’에서는 농가의 농업소득이 기후변수에 반응하는 정도를 계량분석한다. 즉 식 (2-10)에서의 y_{it} 는 농가 i 의 시점 t 에 있어서의 재배면적당 농업소득(의 로그값)이다.¹⁶⁾

16) 농업소득이 일반적으로 농산물소득과 축산소득을 합하여 사용되는 것과 달리, 본 연구에서는 VHLSS 자료에서 축산행위가 이루어지는 토지의 면적이 기록되어 있지 않다는 점, 농산물과 축산물의 생산 방식이 이질적이라는 점, 그리고 농산물과 축산물 간 토지 용도 변경이 다소 제한적이라는 점을 반영하여 농업소득을 농산물소득으로 정의한다. 2.3절에서 후술할 바와 같이 본 연구에서 농산물은 쌀, 기타 식량작물 및 채소류, 특용작물, 과수의 총 네 가지의 작목군으로 구분된다.

‘분석 3’에서는 기후변수 z_{it} 가 z_{it} , z_{it}^2 , $(z_{it} - \mu_i)^2$ 로 세분화되어 반영되었으나, 여러 이질적인 농업생산물을 하나로 묶어 분석하는 ‘분석 4’에서는 기후변수의 영향을 정밀하게 파악하는 데에 어려움이 존재한다. 따라서 ‘분석 4’는 기후변수가 수익성(재배면적당 농업소득)에 미치는 선형 효과만을 분석한다.¹⁷⁾ 기상/기후변수 외의 설명변수를 포함하는 항 $\omega(\mathbf{X}_{it} : \delta)$ 에는 각 농가의 4가지 작목군별 재배면적 비중과 농기계 지출액을 적응조치로 반영하여, ‘분석 2’에서 도출한 각 변수들의 예측치인 $\hat{s}_{it}^h (h \in \{1, 2, 3, 4\})$ 와 농기계 지출액 $\hat{c}_{it}$ 를 설명변수로 포함하였다. 본 분석은 특히 품목군별 재배 면적과 관련하여 이웃효과, 즉 같은 지역 내 다른 농가들이 특정 작목군의 재배 면적을 늘리는 것의 효과가 반영되도록 하는 모형을 분석한다.

특정 농가 i 가 속한 지역을 district 단위로 특정지어 $v(i)$ 라고 하고, $g_{v(i),t}$ 를 $v(i)$ 의 지역변수 및 연도를 나타내는 변수라 하자. 이 농가가 자신의 정보집합 Ψ_i 가 주어진 상태에서 지역 내 다른 농가들의 소득에 대해 갖게 되는 기대치의 평균값을 $\frac{1}{|v(i)-1|} \sum_{j(\neq i) \in v(i)} E[y_j | \Psi_i]$ 이라 하자. ϵ_i 를 확률변수라 하면, 이웃효과까지 반영된 농업소득의 결정방정식은 아래와 같다.

$$(2-12) \quad y_{it} = \alpha_0 + \sum_{h=2}^4 \alpha_h \hat{s}_{it}^h + \alpha_c \hat{c}_{it} + \theta_z z_{it} + \theta_g g_{v(i),t} + \beta \frac{1}{|v(i)-1|} \sum_{j(\neq i) \in v(i)} E[y_j | \Psi_i] + \epsilon_i$$

위 수식의 파라미터 중 θ_g 는 벡터이고, 나머지 파라미터들은 스칼라이다. 파라미터 β 가 0이 아닌 값을 갖고 그것이 통계적으로 유의하다면 농업소득에 있어 기후변화의 영향과 지역 내 작목군 선택에 이웃효과가 존재하게 된다. 위 식에서 $\frac{1}{|v(i)-1|} \sum_{j(\neq i) \in v(i)} E[y_j | \Psi_i]$, 즉 농가 i 가 기대하는 다른 농가의 소득 평균값은 기대치이기 때문에 내생변수이며, 자료로 관측이 되는 변수가 아니다. 따라서 위의 수식에서 파라미터 β 가 식별 가능하도록 추정하게 되는데, 본 분석에서는 Manski(1993), Ioannides(2013), 권오상·강혜정(2013)의 식별방식을 적용한다. 이들 연구들은 일종의 사회균형을 가정하여 식 (2-12)의 y_{it} 의 기대치가 $\frac{1}{|v(i)-1|} \sum_{j(\neq i) \in v(i)} E[y_j | \Psi_i]$ 와 같다고 가정하기 때문에 다음의 식을 도출하게 된다.

17) 본 분석은 후술할 모형에서 기후변수의 영향을 비선형적으로도 반영하여 통계적으로 유의한 기후 파라미터 추정치를 도출하였으나, 이 추정 파라미터들로 도출한 반응곡선은 비선형적 특성이 거의 없이 기후변수들이 수익성에 선형적인 영향을 미치는 형태를 띠었다. 따라서 본 분석에서는 기후변수가 수익성에 미치는 영향이 선형적인 모형의 추정 결과를 제시하도록 한다.

$$(2-13) \quad \frac{1}{|v(i)-1|} \sum_{j(\neq i) \in v(i)} E[y_j|\Psi_i] = \alpha_0 + \sum_{h=2}^4 \alpha_h \tilde{s}_{it}^h + a_c \hat{c}_{it} + \theta_z z_{it} + \theta_g g_{v(i),t} + \beta$$

$$\frac{1}{|v(i)-1|} \sum_{j(\neq i) \in v(i)} E[y_j|\Psi_i]$$

이때 $\tilde{s}_{it}^h$ 는 지역 $v(i)$ 에서, 농가 i 를 제외한 다른 농가들이 선택한 각각의 작목군 비율의 평균치, 즉 $\frac{1}{|v(i)-1|} \sum_{j(\neq i) \in v(i)} s_{jt}^h$ 이다. 이 식을 $\frac{1}{|v(i)-1|} \sum_{j(\neq i) \in v(i)} E[y_j|\Psi_i]$ 에 대해 풀어 다시 식 (2-12)에 대입하면 식 (2-14)와 같이 파라미터에 대해 비선형적인 비선형모형을 얻게 된다.

$$(2-14) \quad y_{it} = \frac{\alpha_0}{1-\beta} + \sum_{h=2}^4 \alpha_h \hat{s}_{it}^h + \alpha_c \hat{c}_{it} + \sum_{h=2}^4 \frac{\beta}{1-\beta} \alpha_h \tilde{s}_{it}^h + \frac{\theta_z}{1-\beta} z_{it} + \frac{\theta_g}{1-\beta} g_{v(i),t} + \epsilon_i$$

만약 이웃효과가 존재하며 이웃효과가 수익성에 미치는 영향이 승수효과를 통해 안정적인 균형에 도달하려면 $0 < \beta < 1$ 의 파라미터 추정치가 도출되어야 한다. 예를 들어, 기후변수에 해당하는 z_{it} 가 한 단위 변하면 이에 대한 농가 i 의 소득은 직접적으로는 θ_z 만큼 변하지만, 지역 $v(i)$ 에 속하는 다른 모든 농가들이 동일한 변화에 의해 영향을 받아 발생하는 환류효과(feedback)로 인한 간접효과까지 반영할 때에는 $\theta_z + \beta\theta_z + \beta\theta_z^2 + \dots = \frac{\theta_z}{1-\beta}$ 만큼의 소득변화가 발생한다. 따라서 기후변수 등의 지역 특성 변수가 한 단위 변화할 때에는 $\frac{1}{1-\beta}$ 라는 승수효과(multiplier)가 존재한다. 또한, 자신을 제외한 지역 내 다른 농가에 대하여 작목군 h 비율의 평균 $\tilde{s}_{it}^h$ 가 한 단위 변하게 되면 이것이 종속변수에 미치는 효과는 $\alpha_h \frac{\beta}{1-\beta}$ 가 된다. ‘분석 4’는 이러한 이웃효과까지 반영하여 미래 기후가 농가 수익성에 미치는 영향을 시뮬레이션한다.

2.3. 분석 데이터

분석 자료 중 농가 특성(생산성 및 수익성, 적응조치 변수, 가구특성변수)은 베트남의 가계 단위 설문조사 자료인 Vietnam Household Living Standard Survey (VHLSS) 자료를 가공하여 사용한다. 기후변수의 과거치는 NOAA ESRL Physical Sciences Division (PSD) 및 Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS)의 기후변수 자료를 활용하였으며, 미래기후 전망치 자료는 WorldClim의 자료를 가공하여 사용한다.

베트남의 농가 특성을 제공하는 자료인 VHLSS는 세계은행과 베트남 통계청이 베트남 가구의 생활 수준 및 빈곤 정책의 영향을 파악하고자 실시하는 가구 단위 설문조사로 2002년 이후 격년으로 수집되고 있다. 데이터의 전체 표본은 30,000가구 이상이며 인구통계 및 사회·경제적 정보, 가구의 경제 상황, 교육, 보건 등의 문항이 포함된 자료다. 본 연구에서는 VHLSS의 2004년~2018년의 8개년에 해당하는 자료를 분석에 활용한다. 베트남의 행정구역은 성(province), 군(district), 쑤문(commune) 단위로 분할되는데 본 연구는 가구 단위의 원자료를 지역별 통합(aggregation)을 거치지 않고 분석에 직접 사용한다. 또한 모든 가격변수는 베트남의 GDP 디플레이터(2010년=100)를 이용하여 실질가격으로 전환된다.

VHLSS에서 농가의 생산성 및 수익성 계산 시에는 농산물 54종(2004, 2006, 2008년도 데이터에서는 55종)의 생산 데이터를 활용한다. 이들은 총 4개의 품목군으로 구분되며, 품목군별 농산물 구분(영문)은 <표 2-2>와 같다. VHLSS 데이터는 축산, 삼림과 내수면 어업, 부산물 등을 농업소득으로 분류하기는 하지만 본 연구는 이들을 농업소득에서 제외한다. 즉, 본 연구에서의 농업소득은 농산물소득을 지칭한다. 이는 농산물 생산과 그 외 축산물, 수산물 등의 생산이 서로 이질적인 특성을 지니고 있어 기후변수의 영향이 이질적일 것이라는 가정에서 비롯된다.

〈표 2-2〉 VHLSS 농업생산물 품목 구분

품목군 명칭	순번	세부 작목명(영문)
1. Rice (쌀류)	1	Year-round ordinary rice
	2	Winter-spring ordinary rice
	3	Summer-autumn ordinary rice
	4	Tenth-month or autumn-winter rice
	5	Ordinary rice planted in terraced field
	6	Year-round glutinous rice
	7	Year-round specialty rice
2. Other food crops and vegetables (기타 식량작물 및 채소류)	8	Maize (corn)
	9	Sweet potato
	10	Cassava/manioc
	11	Other staple food crops
	12	Potato
	13	Morning glory vegetable
	14	Kohlrabi
	15	Cabbage, cauliflower
	16	Cruciferous vegetables
	17	Edible beans
	18	Tomato
	19	Seasoning herb
	20	Other edible vegetables, fruits and roots
	21	Other annual crops (green, black and red bean, flowers, decorative plants, plants for animal feed and manure, etc.)
3. Industrial crops (특용작물)	22	Soya bean/soybean
	23	Peanut/groundnut
	24	Sesame
	25	Sugarcane
	26	Tobacco, rustic tobacco
	27	Cotton
	28	Jute, ramie (China grass)
	29	Sedge
	30	Other industrial annuals
	31	Tea
	32	Coffee
	33	Rubber
	34	Pepper
	35	Coconut
	36	Mulberry
	37	Cashew
	38	Other industrial perennials

품목군 명칭	순번	세부 작목명(영문)
4. Fruits (과수)	39	Citrus
	40	Pineapple
	41	Banana
	42	Mango, horse mango
	43	Indian jujube
	44	Grape
	45	Plum
	46	Papaya
	47	Longan, lychee, rambutan
	48	Sapodilla
	49	Sugar-apple, soursop
	50	Jackfruit, durian
	51	Mangosteen
	52	Other fruit trees
	53	Other perennials
	54	Seedlings
	55	Bonsai

주) Bonsai(55번 작목)는 2004, 2006, 2008년도 데이터에만 있는 항목임

〈표 2-3〉 베트남의 지역(region) 구분

순번	지역명	지도
1	홍강델타 (Red River Delta)	
2	동북 (Northeast)	
3	서북 (Northwest)	
4	북중부 (North Central Coast)	
5	남중부 (South Central Coast)	
6	서부고원 (Central Highlands)	
7	동남부 (Southeast)	
8	메콩델타 (Mekong River Delta)	

주) 괄호 안은 본 연구에서 지칭하는 각 지역의 한글 명칭임

베트남의 지역(region)은 크게 8개의 지역으로 나뉘는데, 지역 구분은 <표 2-3>과 같다. 쌀 생산과 관련하여 베트남은 북부와 남부로 나뉘며, 1. Red River Delta(홍강델타), 2. Northeast(동북), 3. Northwest(서북)는 북부에 속하며, 4. North Central Coast(북중부), 5. South Central Coast(남중부), 6. Central Highland(서부고원), 7. Southeast(동남부), 8. Mekong River Delta(메콩델타)는 남부에 속한다

또한 베트남의 행정구역은 2004년에서 2018년을 거치는 동안 개편을 거쳤는데, 본 연구는 행정구역을 2004년 기준으로 통합하여 자료를 구축한다. 분석 대상이 되는 ‘농가’는 농업소득(= 농업생산물의 총가치 - 농업생산물의 총생산비용)이 양수인 가구로 정의된다. VHLSS 설문 조사 대상 농가는 조사마다 변하기 때문에 본 연구가 활용하는 데이터는 패널데이터가 아니라 반복 횡단면자료(repeated cross-sectional data)에 해당한다. 따라서 본 연구의 하위 분석들은 모두 개별 농가 단위의 연속 횡단면자료를 활용한다. 8개의 지역 각각에 속하는 농가 수를 연도별로 정리한 것은 <표 2-4>와 같다. 농업소득이 기후변수뿐만 아니라 주위 농가에 영향받는 정도(이웃효과) 또한 함께 분석하고자 하는 ‘분석 4’의 경우 이웃효과가 발생하는 지역 단위를 군 단위로 정의한다. 특정 군 내의 농가 개수가 지나치게 적다면 이웃효과를 측정함에 있어 자료의 대표성 문제가 발생할 수 있기 때문에 ‘분석 4’는 군에 속한 농가의 수가 5가구 이상인 군을 분석 대상으로 한정지었다.

<표 2-4> 연도별, 지역별 농가 수 및 비율

순번	1	2	3	4	5	6	7	8	총합
지역명	홍강 델타	동북	서북	북중부	남중부	서부 고원	동남부	메콩 델타	
2004년	1,149 (25.7%)	900 (20.2%)	256 (5.7%)	662 (14.8%)	428 (9.6%)	176 (3.9%)	200 (4.5%)	696 (15.6%)	4,467
2006년	1,110 (25.9%)	884 (20.6%)	248 (5.8%)	653 (15.2%)	435 (10.2%)	174 (4.1%)	162 (3.8%)	620 (14.5%)	4,286
2008년	1,098 (26.3%)	877 (21.0%)	248 (5.9%)	614 (14.7%)	429 (10.3%)	170 (4.1%)	150 (3.6%)	596 (14.3%)	4,182
2010년	1,110 (27.1%)	888 (21.7%)	234 (5.7%)	608 (14.8%)	410 (10.0%)	174 (4.3%)	120 (2.9%)	552 (13.5%)	4,096
2012년	1,038 (26.1%)	865 (21.8%)	228 (5.7%)	607 (15.3%)	416 (10.5%)	180 (4.5%)	116 (2.9%)	521 (13.1%)	3,971
2014년	976 (25.6%)	856 (22.4%)	218 (5.7%)	570 (14.9%)	379 (9.9%)	180 (4.7%)	120 (3.1%)	518 (13.6%)	3,817
2016년	805 (24.8%)	743 (22.8%)	201 (6.2%)	532 (16.4%)	318 (9.8%)	171 (5.3%)	82 (2.5%)	401 (12.3%)	3,594

순번	1	2	3	4	5	6	7	8	총합
지역명	홍강 델타	동북	서북	북중부	남중부	서부 고원	동남부	메콩 델타	
2018년	878 (24.4%)	828 (23.0%)	209 (5.8%)	585 (16.3%)	364 (10.1%)	170 (4.7%)	101 (2.8%)	459 (12.8%)	3,253
총합	8,164 (25.8%)	6,841 (21.6%)	1,842 (5.8%)	4,831 (15.3%)	3,179 (10.0%)	1,395 (4.4%)	1,051 (3.3%)	4,363 (13.8%)	31,666 (100%)

주) 괄호 안 값은 지역별 농가 수가 전체 농가 수에서 차지하는 비율임.

농가의 각종 의사결정행위가 기후변수에 영향받는 정도를 분석하는 ‘분석 2’에서 본 연구는 (1) 작목군별 재배비중, (2) 쌀 재배비중, (3) 농업생산에 사용된 농기계 총 지출액, (4) 쌀 생산에 사용된 농기계 총 지출액의 총 네 가지의 선택변수를 각각 분석한다. 기후변수 외의 설명변수로 는 소수민족 더미, 직전 연도 빈곤 더미, 가구주의 나이 및 교육수준, 농가가 속한 꼬문의 면적, 그리고 지역 더미와 연도를 사용한다. 베트남은 남북으로 긴 국토를 가지고 있을뿐더러 지형적으로도 하천 주변 지역, 해안지역, 산간 지역 등 이질성이 상당하기 때문에 지역 더미를 활용하였다. 또한 베트남의 주류 민족인 비엠티(Việt, 越)족이 아닌 소수민족의 경우 주로 북부 중산간지와 중부 고지대 등, 특정 지역에 집단 거주하는 특성이 있고 이는 농가의 작목 선택에 영향을 미칠 가능성이 있다. 빈곤 여부 또한 작목 선택에 영향을 미치는 요인이기 때문에 이 또한 선택 변수로 활용하였는데, 본 연구의 빈곤 더미는 농가가 속한 꼬문이 직전 연도에 빈곤한 지역으로 구분되었는지를 나타내는 변수이다. 농가의 의사결정행위 분석과 관련된 VHLSS 데이터의 기초 통계량은 <표 2-5>와 같다.

농가의 생산성 및 수익성이 기후변수에 영향받는 정도를 분석하는 ‘분석 3’ 및 ‘분석 4’의 종속 변수는 각각 쌀 생산성의 로그값과 단위 면적당 농업소득의 로그값이다. 쌀 생산성의 경우 1년 동안 생산된 쌀의 무게를 1년 동안 쌀 생산을 위해 경작된 농지의 총 면적으로 나누어 구한다. 예를 들어, 이모작을 하는 농가에서 첫 번째 작기에 100m²의 농지에서 50kg의 쌀을 생산하고, 두 번째 작기에 동일한 농지에서 45kg의 쌀을 생산하였다면 이 농가의 생산성은 (50+45)/(100+100)=0.475로 계산된다. 단위 면적당 농업소득 또한 비슷한 방식으로 계산되어, 1년간 농가의 농업소득(농업생산액 - 농업생산비)을 연 재배면적으로 나누는 식으로 구한다. 단위 면적당 쌀 생산성 및 농업소득의 연도별 기초통계량은 <표 2-6>에 나타난 바와 같다. 단위 면적당 쌀 생산성의 경우 평균적으로 증가하는 추세가 유지되었음을 확인할 수 있으나, 단위 면적당 농업소득의 경우 일관적인 추세가 존재하지 않는다.

〈표 2-5〉 ‘분석 2’ 관련 VHLSS 기초통계량

변수		평균	표준편차	최솟값	최댓값
농경지 면적(㎡)		12,981	20,938	216	640,000
작목군별 재배 비중	1. 쌀류	0.61	0.39	0	1
	2. 기타 식량작물 및 채소류	0.22	0.31	0	1
	3. 특용작물	0.12	0.27	0	1
	4. 과수	0.05	0.20	0	1
단위 면적당 농기계 지출(단위: VND/㎡)		116	202	0	115,371
소수민족		0.15	0.36	0	1
빈곤		0.26	0.44	0	1
꼬문 면적(㎡)		30.10	41.24	0.32	511.38
가구주 나이		48.79	13.03	15	104
가구주 최종학력	없음	0.26	0.44	0	1
	초등학교 졸업	0.27	0.44	0	1
	중학교 졸업	0.40	0.49	0	1
	초급 직업학교 졸업	0.04	0.20	0	1
	중급 직업학교 또는 전문대학교 졸업	0.03	0.17	0	1
	대학교 졸업 이상	0.01	0.10	0	1
	기타	0.00	0.02	0	1

주 1) 농경지 면적은 1년 동안 경작된 총 농경지 면적을 기준으로 함. 작목군별 재배 비중과 단위 면적당 농기계 지출 또한 해당 농경지 면적을 기준으로 하여 계산됨.

2) 가구주가 소수민족일 경우 소수민족=1, 그렇지 않을 경우 =0임.

3) 가구가 속한 꼬문이 직전 연도 빈곤한 지역으로 구분되었을 경우 빈곤=1, 그렇지 않을 경우 =0임.

〈표 2-6〉 쌀 생산성, 농업소득, 평균 작목군 비중의 연도별 추세

연도	쌀 생산성(단위: kg/m ²)				농업소득(단위: VND/m ²)			
	평균	표준편차	최솟값	최댓값	평균	표준편차	최솟값	최댓값
2004	0.46	0.12	0.02	1.17	2,349	6,514	10	386,353
2006	0.48	0.12	0.01	1.23	2,926	28,538	9	1,961,603
2008	0.49	0.12	0.03	1.00	2,962	9,217	1	471,023
2010	0.48	0.13	0.03	1.62	2,498	4,359	28	168,125
2012	0.51	0.12	0.04	1.10	2,159	3,259	6	79,114
2014	0.51	0.17	0.05	6.06	2,433	5,997	3	312,444
2016	0.52	0.14	0.05	4.20	2,530	4,661	33	125,890
2018	0.52	0.14	0.06	3.48	2,996	10,959	29	573,807
연도	작목군 비중(연도별 평균)							
	1. 쌀류	2. 기타 식량작물 및 채소류	3. 특용작물	4. 과수				
2004	0.61	0.21	0.12	0.05				
2006	0.66	0.18	0.11	0.05				
2008	0.65	0.19	0.11	0.05				
2010	0.65	0.19	0.11	0.04				
2012	0.60	0.22	0.12	0.05				
2014	0.59	0.23	0.13	0.05				
2016	0.57	0.24	0.13	0.06				
2018	0.56	0.23	0.14	0.07				

또한 본 연구는 베트남의 지역적 차이에서 기인하는 효과를 모형에 반영하기 위해 지역 더미변수를 활용하는데, VHLSS 데이터에서 베트남의 지역을 구분하는 방식에는 두 가지가 있다. VHLSS는 베트남의 지역(region)을 〈표 2-3〉과 같이 총 8곳으로 구분하지만, VHLSS 2004년도 조사요령집의 쌀 생산 시기로 구분하였을 때에는 〈표 2-7〉과 같이 총 5개의 지역으로 구분하는 것이 가능하다. 후자의 방식을 사용하면 생산특성이 유사한 지역을 합쳐서 분석하게 될 뿐더러 일부 고원 지역의 농가 수가 지나치게 적어 지역별 농가 비율이 균일하지 않게 되는 문제를 완화하기도 해서, 본 분석의 모든 지역변수는 〈표 2-7〉의 ‘그룹명’을 기준으로 한다.

〈표 2-7〉 쌀 생산 시기에 따른 지역 구분

그룹명	지역명	남부 or 북부	쌀 생산기
지역 1	홍강델타	북부 (이모작)	{2, 3}, {7, 8}
지역 2	동북 서북		{3, 4}, {8, 9}
지역 3	북중부 남중부	남부 (삼모작)	{1, 2}, {5, 6}, {8, 9}
지역 4	서부고원 동남부		{2, 3}, {6, 7}, {8, 9}
지역 5	메콩델타		{12, 1}, {4, 5}, {7, 8}

주) 쌀 생산기에 {}로 묶인 월은 하나의 작기를 구성함. 이를테면 '지역 1'에서 2~3월은 첫 번째 작기에 해당하는 겨울-봄 쌀이 생산되는 시기이며, 7~8월은 두 번째 작기에 해당하는 여름-가을 쌀이 생산되는 시기임

‘분석 1’ 중 쌀 생산성의 기댓값과 가변성을 분석하는 부분, ‘분석 2’ 중 쌀 관련 의사행위를 분석하는 부분, 그리고 쌀의 생산성 자체를 분석하는 ‘분석 3’에서는 기후변수를 계산함에 있어 쌀 생산과 관련된 〈표 2-7〉의 정보를 활용하여, 전국의 어느 지역에서도 쌀이 생산되지 않는 시기인 10월과 11월을 제외한 월들만 이용하여 평균기온과 총 강우량을 계산한다.

본 연구는 VHLSS 데이터의 개별 농가 단위에서 식별 가능한 가장 작은 지역 단위가 꼬문이기 때문에 꼬문 단위의 기후변수와 통합하여 분석한다. 과거 기후자료로는 NOAA ESRL Physical Sciences Division(PSD)에서 일별 최저기온 및 최고기온과 Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station(CHIRPS)에서 일간 강우량 자료를 사용한다. 〈표 2-8〉은 이들 데이터로부터 계산한 2004~2018년(격년)의 연 최고기온, 최저기온, 총 강우량을 나타낸다.

〈표 2-8〉 과거 기후 기초통계량

연도	최고기온 (°C)	최저기온 (°C)	총 강우량(mm)			
			평균	표준편차	최댓값	최솟값
2004	36.7	3.3	1,419	524	2,955	360
2006	36.3	2.5	1,437	598	2,806	341
2008	36.0	2.2	1,497	561	3,357	325
2010	37.3	4.3	1,453	746	3,883	428
2012	37.3	3.1	1,592	730	2,731	339
2014	36.7	1.0	1,384	423	3,082	346
2016	38.4	1.9	1,616	746	3,410	364
2018	36.2	5.2	1,617	495	3,158	394

기후변화가 농가의 생산성에 미치는 영향을 분석함에 있어서는 기존 기후조건의 영향을 분석하는 것도 중요하지만, 미래 기후하에서 생산성이 어떻게 변화할지를 예측하는 것 또한 매우 중요하다. 이를 위해 본 연구는 주요 기후변수에 관한 전망치 자료로서 WorldClim(<https://www.worldclim.org/>)의 자료의 가공된 형태를 사용한다. 아래 표의 7가지 Global Climate Model (GCM)이 전망하는 월 최고기온, 월 최저기온, 월 총강수량의 전망치를 SSP 시나리오 SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5로 나누어 조사하였다. 본 연구는 이들 모형들 중 일본에서 개발한 MIROC6 모형에서 제공되는 전망치를 활용하였는데, MIROC6 외의 GCM의 전망치를 활용하여 결과값을 서로 비교하는 것 또한 가능하다.

〈표 2-9〉 GCM 모형 요약

명칭	개발기관	국가, 연도
BCC-CSM2-MR	Beijing Climate Center (BCC)	China, 2017
CanESM5	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCma)	Canada, 2019
CNRM-CM6-1	Centre National de Recherches Meteorologiques and Centre Europeen de Recherche et de Formation Avancee en Calcul Scientifique (CNRM-CERFACS)	France, 2017
CNRM-ESM2-1		
IPSL-CM6A-LR	Institute Pierre-Simon Laplace (IPSL)	France, 2017
MIROC6	MIROC consortium JAMSTEC AORI NIES RCCS (MIROC)	Japan, 2017
MIROC-ES2L		Japan, 2018

SSP(Shared Socioeconomic Pathways) 시나리오는 IPCC 6차 보고서부터 적용된 기후변화 기준 시나리오로 5개의 시나리오로 구성된다. 본 연구가 사용하는 시나리오인 SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5는 각각 지금부터 온실가스 감축을 위한 최대의 노력을 수행하였을 때/온실가스 감축 노력이 중간 정도일 때/온실가스 감축 노력이 소극적일 때/현재의 온실가스 배출 추세가 지속될 때 예상되는(혹은 목표로 하는) 기후변화 수준을 의미한다. 또한, 미래 기후에 대한 분석 기간은 총 3구간(2021~2040년, 2041~2060년, 2061~2080년)으로 나뉜다.

7가지 GCM이 전망하는 기후변수는 10km×10km 그리드로 나타나는데, 여러 지점자료가 하나의 군 안에 포함될 경우 그 산술평균을 적용한다. 본 연구에서는 4가지 SSP 시나리오, 3개의 분석기간, 7개의 GCM 전망치 중 1개 모형(MIROC6)에 대해 미래기후를 계산하고 작목군 비중 변화, 쌀 생산성 변화, 농가수익성 변화 시물레이션에 사용한다. 〈표 2-10〉은 본 연구가 사용하는 미래기후의 기초통계량이다. 강우량은 기후 시나리오에 따라 평균적인 변화양상이 달라서 증가하다가 감소하거나(SSP1-2.6, SSP5-8.5), 지속적으로 증가하거나(SSP2-4.5), 지속적으로

감소하는(SSP3-7.0) 경향을 보이는 반면, 연평균기온으로 대변되는 기온은 모든 시나리오에서 시간이 지날수록 증가하는 경향을 보이며, SSP5-8.5 시나리오에서 그 증가율이 가장 높다.

〈표 2-10〉 미래 기후 기초통계량 (MIROC6 모형)

연간 강우량 (단위: mm)					
시나리오	기간	평균	표준편차	최솟값	최댓값
SSP1-2.6	2021~2040	1,813.0	319.3	1,065.3	3,336.9
	2041~2060	1,845.6	345.6	1,061.5	3,433.8
	2061~2080	1,837.4	330.5	1,113.4	3,416.5
SSP2-4.5	2021~2040	1,793.8	318.3	1,044.9	3,282.8
	2041~2060	1,809.2	326.9	1,032.1	3,253.1
	2061~2080	1,857.0	332.6	1,095.6	3,386.6
SSP3-7.0	2021~2040	1,776.0	314.2	1,081.5	3,381.0
	2041~2060	1,764.3	315.2	1,041.5	3,351.0
	2061~2080	1,757.1	312.2	1,049.6	3,345.8
SSP5-8.5	2021~2040	1,776.5	320.6	995.6	3,382.5
	2041~2060	1,801.5	326.3	1,073.4	3,503.8
	2061~2080	1,793.7	317.1	1,082.5	3,397.7
연평균기온 (단위: °C)					
시나리오	연도	평균	표준편차	최솟값	최댓값
SSP1-2.6	2021~2040	25.1	2.3	16.9	28.4
	2041~2060	25.5	2.2	17.4	28.6
	2061~2080	25.7	2.1	17.6	28.6
SSP2-4.5	2021~2040	25.2	2.3	17.0	28.5
	2041~2060	25.6	2.3	17.5	28.8
	2061~2080	25.9	2.2	17.8	28.9
SSP3-7.0	2021~2040	25.0	2.3	16.8	28.3
	2041~2060	25.6	2.3	17.3	28.8
	2061~2080	26.3	2.3	18.0	29.5
SSP5-8.5	2021~2040	25.3	2.3	17.1	28.6
	2041~2060	26.0	2.2	17.8	29.0
	2061~2080	27.0	2.2	18.7	30.0

한편 기후변화의 장기 효과를 도출하기 위해서 각 기간 기후에 대한 군별 평균뿐만 아니라 분산 정보가 필요한 경우가 있다. 미래기후 예측치가 2021~2040년, 2041~2060년, 2061~2080년 각각의 기간에 적용된 일종의 평균적인 효과인 만큼 군의 기후변수 예측치 자체를 평균치로 사용하게 된다. 하지만 해당 기간에 대한 분산을 이러한 형태의 데이터로부터 직접 계산하는 것은 불가능하므로 본 연구는 분산 변화의 영향을 기후변화의 영향 계산에 반영하지 않는다.

2.4. 분석 결과

2.4.1. 기후변수가 생산성/수익성의 기댓값 및 가변성에 미치는 영향 분석 (분석 1)

Just-Pope형의 함수를 이용하여 기후변수가 농가 생산성 및 수익성에 미치는 영향을 분석한 결과는 <표 2-11>과 같다. 기후변수 파라미터들은 쌀 생산성을 분석하는 모형과 수익성을 분석하는 모형의 기댓값 f 와 가변성 h 모두에 유의한 영향을 미치는 것으로 추정된다. 쌀 생산성 모형의 평균 생산성 부분에서 기온의 일차항은 양의 유의한 값으로 추정되며 이차항은 음의 유의한 값으로 추정된다.

이와 같은 결과는 기온과 쌀의 생산성 기댓값이 역U자형 관계를 갖는다는 것을 의미하여, 어느 수준까지는 기온 상승이 생산성의 평균을 증가시키다가 특정 수준 이후부터는 오히려 생산성을 감소시킨다. 강우량의 경우 일차항은 음수로, 이차항은 양수로 추정되어서 강우량은 쌀의 단위 면적당 생산성과 U자형 관계를 갖는 것으로 이해할 수 있다. 하지만 사실 통상적인 강우량인 1,000~2,300mm 구간에서 강우량 증가는 쌀 생산성의 기댓값을 감소시키며, 기댓값을 증가시키는 강우량 수치는 약 3,710mm 이상으로 미래기후에서도 기대하기 어려운 비현실적으로 높은 값이다. 즉, 강우량이 쌀 생산성 기댓값에 비선형적인 영향을 미치는 것처럼 추정되었으나 현실적인 강우량 수치 하에서는 강우량 증가가 기댓값을 감소시키는 방향으로 작용하는 것으로 이해할 수 있다. 또한 기온의 영향과 비교하였을 때 강우량이 기댓값에 미치는 영향의 크기 또한 작은 편이어서 강우량이 생산성 기댓값에 미치는 영향의 절대적 크기는 기온 대비 적다.

기후변수가 생산성/수익성의 가변성 h 에 미치는 영향을 분석할 때 기후변수의 영향은 선형적으로 반영된다. 쌀 생산성을 분석하는 첫 번째 모형에서 기온상승은 생산성의 가변성을 감소시키는 것으로 추정되며 강우량 증가는 생산성의 가변성을 증가시키는 것으로 추정된다. 기상이변 더미의 경우, 쌀의 평균 생산성을 감소시키고 쌀 생산성의 불확실성을 증가시키는 것으로 추정되는데, 이때 생산성의 가변성에 있어 기상이변 더미의 추정치는 10% 수준에서 유의하고 5% 수준에서는 유의하지 않아 다소 통계적 유의성이 낮다.

지역 더미 및 시간이 쌀 생산성에 미치는 영향은 모두 5% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 추정된다. 생산성의 기댓값 부분의 경우, 지역 5, 즉 메콩델타 지역과 비교하였을 때 지역 1(홍강델타), 지역 2(동북/서북), 지역 3(북중부/남중부)은 평균 생산성이 높은 편이고 지역 4(서부고원/동남부)는 평균 생산성이 낮은 편이다. 연도(t)는 지역 더미변수의 기준이 되는 지역 5(메

콩델타) 농가의 쌀 생산성이 연도와 갖는 선형적 관계를 나타내는데, 시간이 지날수록 생산성이 증가하는 선형적인 관계를 갖는다. '지역 $4 \times$ 연도(t)'는 양의 값으로 추정되며 나머지 지역에서는 지역 더미와 연도의 교호항이 음의 값으로 추정되므로, 미래 시점을 적용할수록 지역 4는 지역 5 대비 생산성의 기댓값이 증가하지만, 지역 1~3은 생산성의 기댓값이 감소하게 된다는 해석이 가능하다. 생산성의 가변성에 있어 지역과 연도 파라미터는 '지역 $1 \times t$ '를 제외하면 모두 음의 값으로 추정된다. 이는 지역 1~4가 지역 5 대비 쌀 생산성의 불확실성이 상대적으로 낮으며, 지역 1을 제외한 모든 지역은 시간이 지날수록 생산성의 불확실성이 감소한다는 것을 의미한다.

두 번째 모형, 즉 농업소득을 분석하는 모형에서의 평균 수익성 부분에서는 기온과 강수량 모두 일차항은 양의 값, 이차항은 음의 값으로 추정되어 극단적인 기후조건이 평균 수익성을 악화시키는 역U자형 관계가 성립함을 확인할 수 있다. 하지만 이 경우에도 기온이 미치는 영향의 비중이 높다. 가변성 부분에서는 기온과 강수량 파라미터가 모두 양수로 추정되어서 기온상승과 강수량 증가 모두 생산성의 가변성, 즉 불확실성을 높이게 됨을 확인할 수 있다.

농업소득을 분석함에 있어서 기상이변 더미는 평균 생산성 부분에서 양의 값으로 추정되고 가변성 부분에서 음의 값으로 추정되어서, 평균적인 기후 수준을 크게 벗어나는 기상조건이 수익성의 기댓값은 늘리고 불확실성은 감소시킨다는 다소 비직관적인 해석의 여지가 있으나, 추정치의 유의도는 평균 생산성 부분에서는 10% 수준에서 통계적으로 유의하고 가변성 부분에서는 10% 수준에서도 유의하지 않았다.

농업소득 식에서 지역 더미 및 연도 변수의 통계적 유의성은 쌀 생산성의 경우보다 다소 낮은 편이다. 평균 수익성 f 를 분석함에 있어 모든 지역 더미들은 양의 값으로 추정되어서 지역 5(메콩델타) 대비 나머지 지역 농가의 평균적인 농업소득이 높다는 해석이 가능하지만, 지역 3의 경우에는 파라미터의 유의성이 확보되지 않는다. 연도(t)는 음의 유의한 값으로 추정되어서 미래 시점으로 이행할수록 지역 5(메콩델타)의 평균적 수익성이 감소하는 관계를 확인할 수 있다. 지역 더미와 연도의 교호항 파라미터를 해석하자면 지역 1, 2, 3 또한 메콩델타 대비 수익성이 감소하여, 시간이 지날수록 메콩델타 지역보다 더 높은 정도로 수익성이 감소하는 관계가 성립하지만 '지역 $2 \times t$ ' 파라미터의 추정치는 통계적으로 유의하지 않다. '지역 $4 \times t$ ' 파라미터는 양의 값으로 추정되지만 이는 통계적으로 유의하지 않다.

수익성의 가변성 부분인 h 의 경우, 지역 1~3의 파라미터는 모두 음의 유의한 값으로 추정되어서 지역 5, 즉 메콩델타에 비하여 수익성의 불확실성이 낮은 관계가 존재함을 확인할 수 있다. 반대로 지역 4의 파라미터 추정치는 양수여서 메콩델타보다 수익성의 불확실성이 높다. 연도(t) 파라미터는 양의 유의한 값으로 추정되어서 메콩델타 지역의 농가는 시간이 지날수록 농업소득의 불확실성이 높아진다는 해석을 할 수 있다. 지역 2~4 더미와 연도의 교호항은 음의 유의한 값으로 추정되어서 시간에 따른 불확실성의 변화가 메콩델타보다는 낮으나, 그럼에도 시간이 지남에 따라 불확실성이 증가하는 관계가 존재하는 것으로 해석된다. 예를 들어, 지역 2 농가의 경우 시간이 1만큼 증가할 때 $h(\mathbf{Z} : \gamma) = \exp(\mathbf{Z}_{it}'\gamma)$ 에서 지수함수($\exp$) 내부의 선형함수 부분의 값이 $-0.0397 + 0.0580 = 0.0183$ 만큼 증가하기 때문에 h 또한 증가하게 된다. ‘지역 $1 \times t$ ’ 파라미터는 양의 값으로 추정되었으나 통계적으로 유의하지 않다.

이와 같이 ‘분석 1’은 생산성과 수익성에 있어 기후변수가 미치는 영향을 분석하였으며 생산성/수익성의 불확실성과 기상변수의 확률적 영향을 반영할 수 있는 모형을 추정하였으나 이 모형은 농가의 적응조치를 허용하지 않았다는 한계가 있다. 이러한 맥락에서 이어지는 분석들은 적응조치에 초점을 두어 농가가 기후변화에 대응하여 내리는 의사결정이 기후변화의 악영향을 완화하는 양상을 분석하도록 한다.

〈표 2-11〉 농가 생산성/수익성에 대한 Just-Pope형 함수 추정 결과

변수명(β, γ)	$y_{it} : \ln(\text{쌀 생산성(kg/m}^2\text{)})$		$y_{it} : \ln(\text{농업소득(1,000VND/m}^2\text{)})$	
	평균 생산성: $f(\mathbf{X}_{it} : \beta)$	생산성의 가변성: $h(\mathbf{Z}_{it} : \gamma)$	평균 수익성: $f(\mathbf{X}_{it} : \beta)$	수익성의 가변성: $h(\mathbf{Z}_{it} : \gamma)$
기온	0.8652*** (0.0526)	-0.2514*** (0.0060)	0.7424*** (0.0729)	0.0434*** (0.0037)
기온 ²	-0.0157*** (0.0011)	-	-0.0137*** (0.0015)	-
강우량	-0.0004*** (0.0000)	0.0003*** (0.0000)	0.0006*** (0.0001)	0.0001*** (0.0000)
강우량 ²	5.39e-08*** (1.71e-08)	-	-1.82e-07*** (2.02e-08)	-
기상이변	-0.0373*** (0.0094)	0.0507* (0.0275)	0.0390* (0.0221)	-0.0126 (0.0223)
지역1	0.3408*** (0.0160)	-1.5084*** (0.0328)	0.2866*** (0.0317)	-0.3704*** (0.0261)
지역2	0.2068*** (0.0174)	-1.1301*** (0.0379)	0.1179*** (0.0331)	-0.0965*** (0.0281)

변수명(β, γ)	$y_{it} : \ln(\text{쌀 생산성(kg/m}^2\text{)})$		$y_{it} : \ln(\text{농업소득(1,000VND/m}^2\text{)})$	
	평균 생산성: $f(X_{it} : \beta)$	생산성의 가변성: $h(Z_{it} : \gamma)$	평균 수익성: $f(X_{it} : \beta)$	수익성의 가변성: $h(Z_{it} : \gamma)$
지역3	0.0280** (0.0142)	-0.3524*** (0.0294)	0.0137 (0.0285)	-0.2796*** (0.0246)
지역4	-0.0755*** (0.0184)	-0.1818*** (0.0389)	0.0905** (0.0375)	0.2659*** (0.0287)
지역1×t	-0.0329*** (0.0021)	0.0209*** (0.0059)	-0.0125** (0.0056)	0.0079 (0.0048)
지역2×t	-0.0151*** (0.0023)	-0.0220*** (0.0060)	-0.0025 (0.0055)	-0.0397*** (0.0046)
지역3×t	-0.0160*** (0.0024)	-0.0130** (0.0059)	-0.0299*** (0.0056)	-0.0229*** (0.0048)
지역4×t	0.0095*** (0.0036)	-0.0223*** (0.0080)	0.0384*** (0.0075)	-0.0357*** (0.0055)
연도(t)	0.0364*** (0.0020)	-0.0205*** (0.0048)	-0.0100** (0.0050)	0.0580*** (0.0036)
상수항	-12.3257*** (0.6375)	5.5807*** (0.1766)	-9.8887*** (0.8880)	-1.7170*** (0.1080)

주 1) 괄호 안 값은 표준오차임

2) ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 추정된 파라미터가 통계적으로 유의함을 의미함

3) 기온, 기온², 강수량, 강수량²은 30년(1989~2018) 평균치에 해당함. y_{it} 가 단위 면적당 쌀 생산성일 경우 기후변수는 10월과 11월을 제외하고 계산됨

4) 지역 1은 홍강델타, 지역 2는 동북/서북, 지역 3은 북중부/남중부, 지역 4는 서부고원/동남부, 지역 5는 메콩델타를 지칭함. 지역 더미변수는 지역 5를 기준으로 하여 설정되었음

2.4.2. 기후변수가 농가 적응조치 선택에 미치는 영향 분석 (분석 2)

이제 순수한 기후변수의 영향에 농가의 적응조치 효과를 반영하고, 동시에 관측 가능한 변수로 작목군 비중과 농기계 지출액 각각의 변수가 농가의 생산성 또는 수익성에 미치는 영향을 분석하고자 하는데, 이를 위하여 우선 ‘분석 2’에서 작목군 비중과 농기계 지출액 각각의 변수들이 기후변화에 영향 받는 정도를 분석한다.

1) 작목 선택행위 분석 결과

개별 농가의 작목 선택행위를 분석함에 있어 종속변수인 작목군의 비중은 연 재배 면적 대비 각 작목군의 재배 면적이 차지하는 비중이며, 작목군은 (1) 쌀류, (2) 기타 식량작물 및 채소류, (3) 특용작물, (4) 과수의 4가지로 구분된다. 농가 i 의 특성변수 벡터 X_i 는 기후변수, 지역 및

농가특성변수, 그리고 지역 더미 및 연도 변수로 구분된다. 우선 기후변수는 기온과 강우량의 영향이 반영되는데, Moore and Lobell(2014)의 모형이 사용하는 것과 동일한 변수가 사용되도록 한다. 즉, 기후변수로는 연평균기온의 30년(1989~2018년) 평균, 연 강우량의 30년 평균, 두 평균치들의 제곱, 그리고 장·단기 영향의 차이를 반영하기 위해 연평균기온과 연 강우량의 30년 평균 각각이 매해의 연평균기온과 연 강우량과 갖는 편차의 제곱을 사용한다. 지역 및 농가 특성변수로는 가구주의 나이, 가구주의 교육수준, 가구가 속한 지역의 빈곤 여부, 가구주의 소수민족 여부, 그리고 가구가 속한 꼬분의 면적을 사용한다. 지역 더미 및 연도를 나타낼 때에는 시간을 나타내는 변수 t (2004년일 경우 $t=1$, 2006년일 경우 $t=2$, ..., 2018년일 경우 $t=8$), <표 2-7>의 지역구분을 사용한 지역 더미, 그리고 t 와 지역 더미의 교호항을 사용한다.

이러한 변수를 사용하여 개별 농가의 작목 선택행위를 추정한 결과는 <표 2-12>와 같다. 쌀류의 파라미터를 0으로 고정한 뒤 나머지 파라미터들을 추정하였기 때문에, 파라미터의 값은 쌀류와의 상대적 크기 차이로 해석할 수 있다. 또한, 분석 모형은 일반적인 최소자승법(ordinary least squares, OLS)이 아닌 다소 복잡한 비선형모형이기 때문에 각 변수의 한계효과는 파라미터 추정치와 일치하지 않으며, 한계효과는 추정결과를 이용해 다시 계산되어야 한다.

우선 기후변수와 지역변수의 영향을 분석하자면, 기타 식량작물 및 채소류에서 기온과 강우량 변수 및 각각의 제곱항은 통계적 유의성을 확보하지 못한다. 장단기 편차 변수의 경우, 기온만이 음의 유의한 값으로 추정되는데, 이는 당해 연도 기온이 장기 평균치에서 벗어날 경우 농가는 쌀 대비 기타 식량작물 및 채소류의 상대적 비중을 감소시킨다는 것을 의미한다. 지역 더미의 경우 모든 지역들의 파라미터가 통계적으로 유의하게 추정되고, 지역 1은 음수로 추정된 반면 지역 2, 3, 4의 계수는 양수로 추정된다. 이는 지역 5를 기준으로 했을 때, 지역 1은 상대적으로 쌀 대비 기타 식량작물 및 채소류 면적을 적게 선택한다는 것을 의미하고, 나머지 지역들에서는 반대의 효과가 발생함을 의미한다. 연도 변수는 1% 수준에서 유의미한 양(+)의 영향을 미쳤는데 이는 지역 더미변수 중 지역 5의 작목 선택이 시간에 따라 변화하는 양상을 나타낸다. 즉, 연도가 양의 값으로 추정되었다는 것은 지역 5에서 시간이 지남에 따라 기타 식량작물 및 채소류의 재배 면적 비중이 쌀 대비 증가함을 나타낸다. 나머지 지역의 경우 연도와의 교호항이 음의 값으로 추정되어 시간이 지남에 따라 기타 식량작물 및 채소류의 재배 면적 비중이 쌀 대비 감소함을 의미하는데, 이 중 지역 1과 연도의 교호항은 통계적으로 유의하지 않다.

〈표 2-12〉 기후변수가 작목군별 재배면적 비중 선택행위에 미치는 영향 분석

변수명		기타 식량작물 및 채소류		특용작물		과수	
		추정치	표준오차	추정치	표준오차	추정치	표준오차
기온		-0.4686	0.5520	2.4312***	0.7538	-2.6786**	1.1556
기온 ²		0.0042	0.0111	-0.0540***	0.0151	0.0556**	0.0228
강우량		0.0007	0.0007	0.0033***	0.0009	-0.0023	0.0017
강우량 ²		-2.15E-07	1.68E-07	-7.19E-07***	2.17E-07	4.14E-07	4.92E-07
장단기 편차	기온	-0.3232***	0.0717	-0.1654*	0.0931	-0.4088**	0.1605
	강우량	5.58E-10	7.28E-08	-4.71E-07***	1.31E-07	1.75E-08	2.18E-07
지역1		-0.7196***	0.1937	-2.1732***	0.2901	-1.4491***	0.3502
지역2		0.4316**	0.1855	-0.8826***	0.2650	-0.4063	0.3726
지역3		0.3734**	0.1642	-0.6975***	0.2347	-1.8215***	0.2895
지역4		1.3760***	0.1944	1.4867***	0.2298	0.0563	0.3069
지역1×연도(t)		-0.0203	0.0276	-0.1658***	0.0445	0.0559	0.0457
지역2×연도(t)		-0.0669***	0.0251	-0.0881**	0.0388	-0.0005	0.0502
지역3×연도(t)		-0.0768***	0.0266	-0.0710*	0.0397	0.0424	0.0489
지역4×연도(t)		-0.0792**	0.0345	-0.0100	0.0404	0.0634	0.0552
연도(t)		0.0904***	0.0228	0.0864***	0.0323	0.0396	0.0259
가구주 나이		0.0070***	0.0012	0.0065***	0.0016	0.0163***	0.0024
가 구 주 최 종 학 력	초등학교 졸업	-0.0763**	0.0371	0.1546***	0.0567	0.1667**	0.0721
	중학교 졸업	-0.1411***	0.0384	0.1917***	0.0592	0.3066***	0.0818
	초급 직업학교 졸업	0.2809***	0.0644	0.4530***	0.0915	0.3265**	0.1459
	중급 직업학교 또는 전문대학교 졸업	0.3829***	0.0736	0.2957***	0.1035	0.8433***	0.1319
	대학교 졸업 이상	0.9489***	0.1056	0.7934***	0.1467	1.2035***	0.1749
	기타	0.5023	0.4130	-0.0487	0.3406	-1.5707*	0.9231
빈곤 더미		0.1491***	0.0360	-0.2857***	0.0621	-0.1601	0.0999
소수민족 더미		0.0669	0.0632	-0.5570***	0.0956	-0.7625***	0.1456
꼬뎀 면적		0.0017**	0.0007	0.0010	0.0009	-0.0016	0.0018
상수항		6.6990	6.8615	-31.7500***	9.3763	31.5755**	14.0639

주 1) ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 추정된 파라미터가 통계적으로 유의함을 의미함

2) 기온, 기온², 강우량, 강우량²는 30년(1989~2018) 평균치에 해당함

3) 지역 1은 홍강델타, 지역 2는 동북/서북, 지역 3은 북중부/남중부, 지역 4는 서부고원/동남부, 지역 5는 메콩델타를 지칭함. 지역 더미변수는 지역 5를 기준으로 하여 설정되었음

특용작물의 경우 기온과 강우량은 양의 값으로 추정되었고, 각 변수의 제곱항은 음의 값으로 추정되었으며 이는 모두 통계적 유의성을 확보한다. 따라서, 기온과 강우량이 어느 정도 증가할 때까지 농가는 특용작물의 쌀 대비 재배 비중을 높이지만, 특정 지점을 지난 이후에는 비중을 낮추는 반대의 효과가 존재함을 알 수 있다. 장단기 편차 변수의 경우 기온과 강우량 모두 음의 유의한 값으로 추정되어서, 당해 연도 기온 및 강우량이 이 장기 평균치에서 벗어날 경우 농가는 쌀 대비 기타 식량작물 및 특용작물의 비중을 감소시키게 된다. 지역 더미 변수는 모든 지역에서 통계적으로 유의하며, 지역 4를 제외하면 모두 음의 값으로 추정된다. 연도 변수는 양의 유의한 값으로 추정되며, 연도와 지역 더미의 교호항은 모두 음의 값으로 추정되어 기타 식량작물 및 채소류와 같은 해석을 적용할 수 있겠으나, 이 경우에는 지역 4와 연도의 교호항 파라미터의 유의성이 확보되지 않는다.

과수의 경우 기온은 음의 유의한 값으로 추정되고, 기온의 제곱항은 양의 유의한 값으로 추정되어서, 어느 수준까지는 기온 상승이 과수의 쌀 대비 재배 비중을 감소시키지만 특정 지점 이후부터는 기온 상승이 과수의 쌀 대비 재배 비중을 증가시키는 관계가 성립한다. 장단기 편차의 경우 기온이 음의 유의한 값으로 추정되어서, 당해연도의 기온이 장기 평균 기온과 갖는 차이가 커질수록 과수가 쌀 대비 적게 선택된다. 강우량이 과수의 선택에 미치는 영향은 일차항, 이차항, 장단기 편차 모두 통계적 유의성을 확보하지 못한다. 지역 더미변수는 지역 1과 3에서만 통계적으로 유의한 영향을 보인다. 지역 5를 기준으로 했을 때 지역 1, 2, 3은 상대적으로 과수를 덜 선택하고, 지역 4는 상대적으로 과수를 더 선택하는 경향을 확인할 수 있다. 연도 및 지역과 연도의 교호항은 통계적 유의성을 확보하지 못한다.

가구특성변수 및 지역 특성변수의 경우, 가구주 나이는 모든 작목군에서 통계적으로 유의한 양(+)의 영향을 미친다. 즉, 가구주가 나이가 많을수록 쌀 대비 모든 작목군의 상대적 면적 비중이 증가하는 경향이 존재한다. 가구주 최종학력 더미변수는 가구주가 무학력인 경우를 기준으로 한다. 기타 식량작물 및 채소류의 일부 학력 더미변수(초등학교 졸업, 중학교 졸업), 그리고 모든 작목군에서의 기타 변수를 제외하면 모든 변수들이 양의 유의한 값으로 추정되어서 학력이 높을수록 각 작목군의 쌀 대비 선택비중이 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 이는 학력이 높을수록 비교적 복잡한 생산기술을 요구하고 높은 소득을 제공하는 쌀 외의 작목군을 재배하려 하는 농가의 선택행위가 반영된 것으로 해석이 가능하다. 빈곤 더미 변수는 기타 식량작물 및 채소류에서는 양의 유의한 값으로 추정되나 특용작물과 과수에서는 음의 값으로 추정되며, 과수의 경우 통계적 유의성이 확보되지 않는다. 이는 빈곤한 지역에 속하는 농가가 쌀 대비 기타 식량작물 및 채소의 비중을 증가시키고, 특용작물의 비중은 줄이는 선택을 하게 됨을 의미한다. 소수민족

변수는 특용작물 그리고 과수에서 통계적으로 유의한 음의 값으로 추정되어, 가구주가 소수민족에 해당할 경우 쌀 대비 특용작물 및 과수의 비중을 줄이게 됨을 의미한다. 꼬문 면적 변수는 기타 식량작물 및 채소류에서만 음의 유의한 값으로 추정되었다. 이는 농가가 속한 지역의 면적이 넓을수록 쌀 대비 기타 식량작물 및 채소류의 재배 비중이 감소함을 의미한다.

추정된 파라미터들과 미래기후 시나리오로부터 도출된 기후변수를 이용하여 농가가 미래에 선택하게 될 작목군별 재배면적 비중을 전망한다. 예측치 전망에는 2018년도의 관측치를 활용하였으며, 기후변수 외의 변수는 2018년 수준에 고정된다. 다른 시뮬레이션의 경우에도 기후변수 외의 모든 변수는 2018년 수준에 고정되므로, 본 연구가 도출하는 전망치는 미래에 발생할 것으로 예측되는 기후변화가 현재(2018년) 시점에 발생할 때 예상되는 효과로 해석된다.

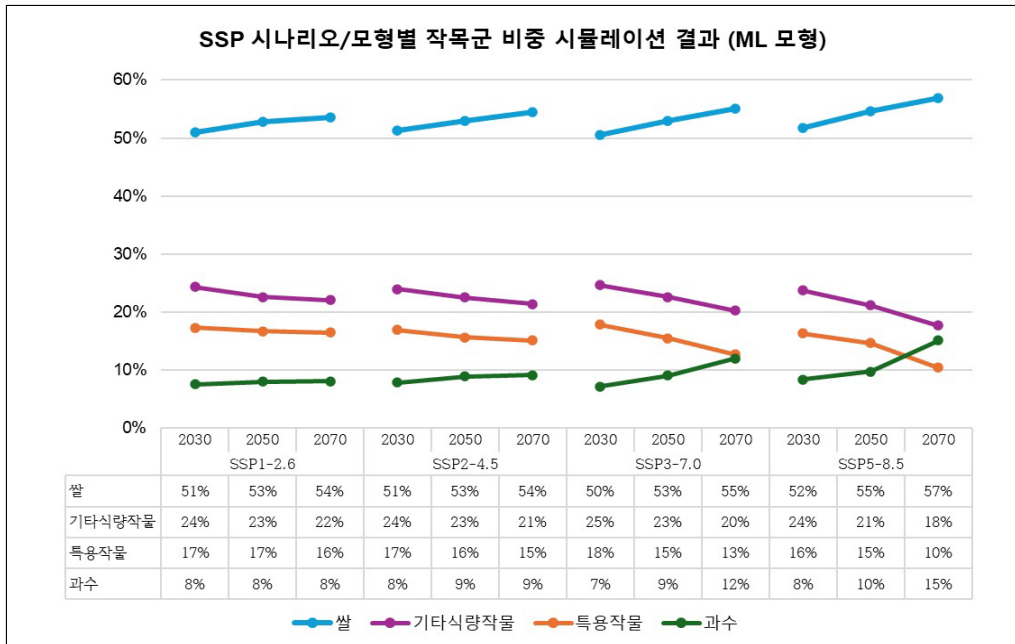
미래기후 시나리오의 모든 기후변수는 전망 기간인 2021~2040년, 2041~2060년, 2061년~2080년 각각에 대한 평균적인 수치로만 제공된다. 즉, 당해연도의 기상변수 값은 존재하지 않기 때문에 (당해연도 기상변수값 - 기후변수 장기 평균치)⁹ 값은 계산하는 것이 불가능하고 따라서 미래 전망에 있어 장단기 편차 파라미터가 미치는 영향은 반영할 수 없게 된다. 하지만 사실 이러한 데이터상의 한계는 예측치를 농가의 기후변화 적응 행위로 해석하는 본 분석에서만큼은 문제가 되지 않는데, Moore and Lobell(2014), Merel and Gammans(2021) 등의 연구에서와 같이 본 연구의 장단기 편차 파라미터는 농가가 기후변화에 온전히 적응하지 못하는 단기의 의사결정에 대한 페널티로서만 작용하기 때문이다. 즉, 농가가 기후에 온전히 적응하여 적응조치 행위를 선택하게 될 때 (당해연도 기후 - 기후변수 장기 평균)은 항상 0이므로 ‘분석 2’의 모든 미래 전망치 계산은 장단기 편차 파라미터의 영향을 0으로 놓고 도출된다.¹⁸⁾

SSP 시나리오별 각 작목군의 재배면적 비중 변화 전망치는 [그림 2-3]과 같은데, 이는 개별 농가에 대하여 전망된 작목군별 비중의 평균을 취한 값을 정리한 것이다. 쌀(파란색 표식) 및 과수(초록색 표식)는 시간이 지날수록 재배면적 비중이 증가하는 반면 기타 식량작물 및 채소류(보라색 표식) 및 특용작물(주황색 표식)은 시간이 지날수록 재배면적 비중이 하락하는 경향이 모든 시나리오에서 일관적으로 발생하며, 기후변화 적응 노력이 적은 시나리오의 전망치를 적용할수록 상승/하락 폭이 더 두드러지게 나타난다. 이는 기후변화 상황에서도 베트남 농가를 오랫동안 지탱해 온 쌀이 기후변화에 덜 불리한 영향을 받게 됨을 의미한다. 또한 과수의 재배면적 비중은 기후변화에 대한 적응 노력이 적은 SSP3-7.0 및 SSP5-8.5 시나리오에서 쌀보다 빠르게

18) ‘분석 3’ 또한 미래기후 데이터의 이와 같은 한계로 인해 (장단기 편차 파라미터)*(미래 기후 분산 - 현재 기후 분산)의 영향이 미래 전망치 계산에 반영되지 않는다.

상승하는 결과를 보여서 미래 기후변화 상황에서는 농가가 과수 생산에 집중하는 것이 좋은 적응조치가 될 수 있음을 유추할 수 있다.

[그림 2-3] 미래기후 시나리오별 작목군 재배비중 예측치



2) 쌀 재배면적 선택행위 분석 결과

이제 종속변수로 네 가지의 다변량 분할변수 대신 쌀 생산에서의 선택행위에 초점을 맞추어 분석한다. 즉 종속변수로 쌀의 재배면적 비중만을 선택하여 일변량 분할변수에 대한 선택행위를 분석한다. <표 2-7>의 지역별 쌀 생산 정보에 의하면, 10~11월은 베트남의 어느 지역에서도 쌀 생산이 이루어지지 않는 기간이기 때문에 쌀 생산성 분석에서는 10~11월을 제외한 평균기온과 총 강우량을 기후변수로 사용한다. 추정된 파라미터는 <표 2-13>에 정리되어 있다. 기온과 강우량(30년 평균)은 쌀 재배면적과 통계적으로 유의한 U자형 관계를 갖는다. 즉, 기온과 강우량 증가는 어느 지점까지는 쌀 재배면적 비중을 감소시키다가, 그 이후부터는 쌀 재배면적 비중을 증가시킨다. 장단기 편차 변수 중에서는 기온만이 양의 유의한 값으로 추정된다. 이는 당해연도 기온이 장기 평균과 차이가 클수록 쌀의 선택 비중이 증가함을 의미한다. 지역 더미는 모두 음의 값으로 추정되어, 모든 지역이 베트남의 최대 쌀 생산 지역인 지역 5(메콩델타) 대비 쌀 선택 비중을 낮게 선택함을 알 수 있다. 연도(t) 및 지역 더미와 연도의 교호항은 모두 양의 값으로 추정되었으나, ‘지역 1×연도’, ‘지역 2×연도’, ‘지역 3×연도’ 만이 통계적으로 유의하다.

〈표 2-13〉 기후변수가 농가의 쌀 재배면적 선택행위에 미치는 영향 분석 결과

변수명		추정치	표준오차
기온		-1.6735***	0.3695
기온 ²		0.0384***	0.0075
강우량		-0.0016***	0.0004
강우량 ²		5.67E-07***	1.31E-07
장단기 편차	기온	0.7563***	0.0345
	강우량	8.59E-08	1.07E-07
지역1		-0.3441**	0.1750
지역2		-1.2503***	0.1676
지역3		-1.3875***	0.1511
지역4		-1.7062***	0.1585
지역1×연도(t)		0.1055***	0.0279
지역2×연도(t)		0.0850***	0.0253
지역3×연도(t)		0.0873***	0.0270
지역4×연도(t)		0.0215	0.0303
연도(t)		0.0025	0.0236
가구주 나이		0.0019**	0.0008
가구주 최종학력	초등학교 졸업	-0.0156	0.0286
	중학교 졸업	0.0158	0.0309
	초급 직업학교 졸업	0.1417***	0.0550
	중급 직업학교 또는 전문대학교 졸업	0.1709***	0.0572
	대학교 졸업 이상	0.2934***	0.1119
	기타	-0.2785	0.2721
빈곤 더미		0.0547**	0.0269
소수민족 더미		-0.4293***	0.0516
꼬뮌 면적		-0.0018***	0.0006
상수항		20.6070***	4.4139

주 1) ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 추정된 파라미터가 통계적으로 유의함을 의미함

2) 기온, 기온², 강우량, 강우량²는 30년(1989~2018) 평균치에 해당함. 기후변수들은 10, 11월을 제외하여 계산되었음

3) 지역 1은 홍강델타, 지역 2는 동북/서북, 지역 3은 북중부/남중부, 지역 4는 서부고원/동남부, 지역 5는 메콩델타를 지칭함. 지역 더미변수는 지역 5를 기준으로 하여 설정되었음

가구 및 지역 특성변수와 관련하여서는 가구주 나이가 많을수록, 그리고 가구가 속한 지역이 빈곤한 지역으로 분류될 경우 쌀의 재배면적 비중이 증가함을 확인할 수 있다. 가구주의 최종학력과 관련하여서는, 초급 직업학교 졸업 및 그보다 더 높은 단계의 교육 수준을 이수하는 것이 쌀의 상대적 선택 비중을 증가시키는 방향으로 작용하며 또한 통계적으로 유의함을 확인할 수 있다. 또한 가구주가 소수민족이고 가구가 속한 꼬문의 면적이 넓을수록 이 가구는 쌀의 재배면적 비중을 줄이며 이러한 관계들은 통계적으로 유의하다.

이제 다변량 분할자료의 경우와 같이 미래 기후변수 전망치를 이용하여 쌀의 미래 재배비중 전망치를 도출할 수 있다. 기간별, 기후 시나리오별로 쌀 비중의 예측치를 전망한 결과는 <표 2-14>와 같다. <표 2-6>의 쌀 재배면적 비중 평균치와 비교하면 모든 기간 및 시나리오에서 쌀의 재배면적 비중이 2018년 대비 증가하는 것으로 전망되며, 더 미래의 기간일수록/탄소저감 노력이 적은 시나리오일수록 생산비중이 더 크게 증가하는 경향이 뚜렷하게 드러난다. 이는 오랫동안 베트남 농가를 지탱해 온 쌀보다는 환금성이 더 높을 수 있는 과수, 축산, 특용작물 등 여타 품목이 기후변화에 더 불리한 영향을 받을 수 있음을 의미한다. 따라서 시장여건 변화와 같은 다른 조건이 달라지지 않는다면 베트남 농가는 기후변화에 대응하여 쌀의 비중을 높이는 선택을 하고, 더 미래 시점에 대하여 그리고 더 비관적인 시나리오에서 쌀 비중이 증가하는 정도가 늘어나는 것으로 전망할 수 있는데, 이는 쌀 외의 작목군에 대하여 미래 결과를 전망한 [그림 2-3]과의 일관성을 유지하는 결론이다.

<표 2-14> 기간별/시나리오별 미래 쌀 재배비중 예측치

SSP시나리오	기간	평균	표준편차	최솟값	최댓값
SSP1-2.6	2021~2040년	0.798	0.140	0.221	0.982
	2041~2060년	0.810	0.139	0.223	0.985
	2061~2080년	0.814	0.139	0.225	0.984
SSP2-4.5	2021~2040년	0.800	0.141	0.221	0.982
	2041~2060년	0.812	0.139	0.225	0.983
	2061~2080년	0.825	0.136	0.230	0.987
SSP3-7.0	2021~2040년	0.792	0.141	0.219	0.982
	2041~2060년	0.812	0.140	0.224	0.986
	2061~2080년	0.836	0.138	0.235	0.988
SSP5-8.5	2021~2040년	0.803	0.141	0.223	0.985
	2041~2060년	0.826	0.138	0.232	0.989
	2061~2080년	0.863	0.131	0.240	0.992

3) 농기계 지출행위 분석 결과

농기계 지출행위 분석의 경우 절단된 자료를 추정할 때에 사용하는 Tobit모형을 이용한다. 사용한 파라미터의 종류는 작목군 비중 선택행위 시 사용한 변수들과 동일하다. 종속변수는 농가가 1년 동안 전체 작목군 생산을 위해 지출한 단위 면적당 농기계 비용과 쌀 생산에만 지출한 단위 면적당 농기계 비용 두 가지로 설정한 뒤 각각 분석하며 그 결과는 <표 2-15>와 같다.

<표 2-15> 기후변수가 농가의 농기계 비용 선택행위에 미치는 영향 분석 결과

변수명		전체 농기계		쌀 생산 농기계	
		추정치	표준오차	추정치	표준오차
기온		0.9339***	0.1432	0.8955***	0.1251
기온 ²		-0.0179***	0.0028	-0.0168***	0.0024
강우량		0.0004***	0.0001	-3.87E-05	4.82E-05
강우량 ²		-1.13E-07***	2.30E-08	-4.77E-09	1.68E-08
장단기 편차	기온	-0.0740***	0.0115	-0.1068***	0.0051
	강우량	4.13E-08***	9.19E-09	1.80E-08	1.62E-08
지역1		-0.0258	0.0222	-0.0038	0.0152
지역2		-0.1841***	0.0278	-0.0578***	0.0163
지역3		-0.1029***	0.0191	-0.0967***	0.0131
지역4		-0.0476**	0.0236	-0.0283**	0.0128
지역1×연도(t)		0.0196***	0.0031	0.0172***	0.0017
지역2×연도(t)		0.0254***	0.0039	0.0161***	0.0022
지역3×연도(t)		0.0199***	0.0030	0.0133***	0.0017
지역4×연도(t)		0.0040	0.0047	0.0086***	0.0025
연도(t)		0.0064***	0.0024	0.0166***	0.0010
가구주 나이		-0.0009***	0.0002	0.0003***	0.0001
가구주 최종학력	초등학교 졸업	0.0001	0.0045	0.0046	0.0030
	중학교 졸업	-0.0034	0.0051	0.0061*	0.0035
	초급 직업학교 졸업	-0.0260***	0.0082	0.0199***	0.0060
	중급 직업학교 또는 전문대학교 졸업	-0.0364***	0.0091	0.0172***	0.0063
	대학교 졸업 이상	-0.0689***	0.0163	0.0366***	0.0118
	기타	-0.0570	0.0423	-0.0465	0.0333
빈곤 더미		-0.0416***	0.0059	-0.0243***	0.0040

변수명	전체 농기계		쌀 생산 농기계	
	추정치	표준오차	추정치	표준오차
소수민족 더미	-0.0529***	0.0092	-0.0570***	0.0072
꼬문 면적	-0.0004***	0.0001	-0.0004***	0.0001
상수항	-12.3952***	1.8543	-11.7830***	1.5962

주 1) ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 추정된 파라미터가 통계적으로 유의함을 의미함

2) 기온, 기온², 강우량, 강우량²는 30년(1989~2018) 평균치에 해당함. 쌀 생산 농기계를 분석할 경우 기후변수들은 10, 11월을 제외하여 계산되었음

3) 지역 1은 홍강델타, 지역 2는 동북/서북, 지역 3은 북중부/남중부, 지역 4는 서부고원/동남부, 지역 5는 메콩델타를 지칭함. 지역 더미변수는 지역 5를 기준으로 하여 설정되었음

기후변수, 지역 더미, 연도가 농기계 비용 선택행위에 미치는 영향은 전체 농기계 지출행위와 쌀 생산용 농기계 지출행위 모두 유사한 양상을 보인다. 전체 농기계 지출행위의 경우, 기온과 강우량은 농기계 지출액과 역U자형 관계를 가진다. 즉, 기온과 강우량 증가는 어느 시점까지는 농기계 지출액을 증가시키다가, 그 이후에는 지출액을 감소시킨다. 장단기 편차 중 기온은 음의 값으로, 강우량은 양의 값으로 추정되며 두 변수 모두 통계적으로 유의하다. 이는 당해연도 기온이 장기 평균에서 벗어날 때 농가가 농기계 비용을 줄이지만, 강우량의 경우에는 당해연도 값이 장기 평균에서 벗어날수록 농기계 비용이 증가함을 의미한다. 지역 더미는 모두 음의 값으로 추정되어 지역 5(메콩델타)에 비해 다른 지역의 농가들이 적은 농기계 지출액을 선택하는 관계를 보이는데, 이 중 지역1(홍강델타)의 파라미터 추정치는 통계적으로 유의하지 않다. 연도(t)에 대한 파라미터 추정치는 지역 5의 농가 의사결정의 시간에 따른 추세를 보여주는데 양의 값으로 추정된다. 다른 지역들과 연도의 교호항도 모두 양의 값으로 추정되는데, 이는 다른 모든 지역이 시간이 지날수록 지역 5 대비 농기계 지출액을 늘리게 됨을 의미한다. 다만 지역 4의 경우 파라미터 추정치가 유의하지 않다. 쌀 생산 농기계의 파라미터와 비교하였을 때, 기후, 지역 더미, 연도 변수 중 통계적으로 유의하게 추정된 파라미터들은 모두 전체 농기계 파라미터와 같은 부호로 추정되어서 농기계 지출액의 기준을 쌀로 한정하든, 전체 농업행위로 확장하든 기후/지역/시간에 영향받는 양상은 일관적임을 확인할 수 있다. 또 다른 특징적인 점은 쌀 재배용 농기계에서 강우량의 파라미터가 일차항, 이차항, 장단기편차 모두에서 유의하지 않다는 점이다. 이는 쌀 생산에 있어 강우량이 농기계 지출액에 유의미한 영향을 미치지 못함을 의미한다.

농가 및 지역 특성변수가 농기계 지출액에 미치는 영향은 전체 농업생산과 쌀 생산 각각에서 이질적으로 추정되는 경우가 존재한다. 예를 들어 가구주 나이의 증가는 전체 농기계 지출액을 감소시키는 방향으로 작용하지만 쌀 재배용 농기계의 지출액은 증가시키는 방향으로 작용한다.

가구주의 최종학력 더미에서 초등학교 졸업 및 기타 더미의 부호는 두 모형에서 같은 부호로 추정되었으나 유의하지 않다. 그 외의 모든 최종학력 더미는 전체 농기계에서 음의 값으로, 쌀 생산 농기계에서 양의 값으로 추정되었으나 전체 농기계를 분석하였을 때의 중학교 졸업 더미는 유의하지 않다. 이는 가구주의 교육 수준이 높을 때 단위 면적당 쌀 재배용 농기계 지출액은 증가하지만, 전체 농업생산을 위한 단위 면적당 농기계 지출액이 감소함을 의미한다. 가구주 나이와 최종학력 더미를 제외한 농가 및 지역 특성변수의 영향은 두 모형에서 같은 부호로 통계적으로 유의하게 추정된다. 농가가 빈곤 지역에 거주할 때, 가구주가 소수민족일 때, 농가가 속한 꼬문 면적이 넓을수록 농가는 쌀 재배용 및 전체 농업생산용 농기계 지출액을 줄인다.

〈표 2-15〉의 추정 결과를 이용하여 미래기후 상황에서 농기계 지출액을 전망한 결과는 각각 〈표 2-16〉(전체 농기계), 〈표 2-17〉(쌀 재배용 농기계)과 같다. 시나리오별로 미래 기간에 단위 면적당 농기계 지출액은 꾸준히 증가하는 경향이 있지만, 전체 농기계 지출액의 SSP3-7.0 및 SSP5-8.5 시나리오와 쌀 재배용 농기계 지출액의 SSP5-8.5 시나리오의 전망치는 2061~2080 년에 농기계 지출액이 소폭 감소하는 것으로 전망하고 있다.

〈표 2-16〉 기간별/시나리오별 미래 농기계(전체) 지출 예측치 (VND/㎡)

SSP시나리오	기간	평균	표준편차	최솟값	최댓값
SSP1-2.6	2021~2040년	327	130	0	548
	2041~2060년	344	138	0	608
	2061~2080년	350	139	0	620
SSP2-4.5	2021~2040년	330	132	0	562
	2041~2060년	335	139	0	602
	2061~2080년	338	144	0	623
SSP3-7.0	2021~2040년	333	131	0	549
	2041~2060년	335	140	0	604
	2061~2080년	322	156	0	626
SSP5-8.5	2021~2040년	330	133	0	572
	2041~2060년	337	146	0	625
	2061~2080년	295	159	0	606

〈표 2-17〉 기간별/시나리오별 미래 농기계(쌀 재배용) 지출 예측치 (VND/㎡)

SSP시나리오	기간	평균	표준편차	최솟값	최댓값
SSP1-2.6	2021~2040년	231	94	0	375
	2041~2060년	248	96	0	418
	2061~2080년	253	97	0	425
SSP2-4.5	2021~2040년	235	94	0	388
	2041~2060년	243	94	0	411
	2061~2080년	250	95	0	429
SSP3-7.0	2021~2040년	234	96	0	380
	2041~2060년	246	97	0	416
	2061~2080년	249	100	0	442
SSP5-8.5	2021~2040년	237	94	0	394
	2041~2060년	253	98	0	437
	2061~2080년	243	106	0	447

2.4.3. 기후변수가 쌀 생산성에 미치는 영향 및 적응조치의 효과 분석 (분석 3)

‘분석 3’은 Moore and Lobell(2014)이 제안한 추정식인 식 (2-10)을 여러 함수 형태와 변수 조합을 활용해 추정하며, 그중 가장 안정적이었던 결과를 〈표 2-18〉과 같이 제시한다. 종속변수인 y_{it} 로 쌀의 단위 면적당 생산성(kg/㎡)의 로그값을 사용하였으며 기후변수에 해당하는 z_{it} 를 평균기온과 총 강우량으로 세분화한다. 따라서 μ_i 에 해당하는 변수는 평균기온과 총 강우량의 장기 평균이며, 본 분석에서는 1989~2018년 기간의 연간 평균기온 및 총 강우량의 30년 평균치를 적용한다. ‘분석 2’에서 쌀 관련 의사결정 행위를 분석할 때와 같이, 쌀 생산성을 분석하는 ‘분석 3’ 또한 기후변수는 10월과 11월을 제외하여 계산한다. 농가의 적응조치는 장단기 편차로 대변되는 관측되지 않는 적응조치와 관측되는 적응조치 두 가지로 나뉘는데, 본 분석은 관측되는 적응조치로 쌀 재배 작목군 비중(s_{it}) 및 농기계 지출액(c_{it}) 선택행위에 주목한다. 관측되는 적응조치에 해당하는 변수들의 값은 농가가 실제 적용한 값 대신 ‘분석 2’에서 도출된 예측치($\hat{s}_{it}$, $\hat{c}_{it}$)를 반영하여 해당 변수들이 유발할 내생성 문제를 완화함과 동시에 농가가 선택하는 적응조치 행위에 기후에 대한 장기 적응 또한 반영한다. 식 (2-10)에서 지역별 특성과 시계열 영향을 반영하는 $g(\alpha_i, t)$ 은 ‘분석 2’와 동일하게 지역 더미변수, 연도, 지역 더미와 연도의 교호항을 적용한다. 따라서 ‘분석 3’의 회귀식은 아래의 식 (2-15)와 같다.

$$\begin{aligned}
(2-15) \quad y_{it} = & \alpha + \beta_1 \overline{Temp}_i + \beta_2 \overline{Temp}_i^2 + \beta_3 \overline{Rain}_i + \beta_4 \overline{Rain}_i^2 \\
& + \beta_5 (Temp_{it} - \overline{Temp}_i)^2 + \beta_6 (Rain_{it} - \overline{Rain}_i)^2 + \delta_s \hat{s}_{it} + \delta_c \hat{c}_{it} \\
& + \delta_t t_i + \sum_{r=1}^4 (\delta_r D_{r,i} + \delta_{rt} D_{r,i} \times t) + \epsilon_{it}
\end{aligned}$$

〈표 2-18〉 기후변수가 쌀 생산성에 미치는 효과 분석 결과

변수명		추정치	표준오차	변수명	추정치	표준오차
기온		0.5233***	0.0639	지역1	0.1895***	0.0159
기온 ²		-0.0116***	0.0013	지역2	0.2181***	0.0238
강우량×10 ³		0.1142**	0.0504	지역3	-0.0632***	0.0025
강우량 ² ×10 ⁶		-0.1158***	0.0173	지역4	-0.0344***	0.0026
장단기 편차	기온	-0.0940***	0.0176	지역1×연도(t)	-0.0445***	0.0027
	강우량×10 ⁶	-0.1400***	0.0255	지역2×연도(t)	-0.0014	0.0039
쌀 재배면적 비중		0.1193***	0.0186	지역3×연도(t)	0.0198***	0.0024
㎡당 농기계 지출		0.2368***	0.0193	지역4×연도(t)	1.1948***	0.0789
연도(t)		1.0550***	0.1050	상수항	-7.5549***	0.7892

- 주 1) ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 추정된 파라미터가 통계적으로 유의함을 의미함
 2) 표준오차는 5,000회의 부트스트래핑으로부터 도출된 부트스트래핑 표준오차임
 3) 기온, 기온², 강우량, 강우량²는 30년(1989~2018) 평균치에 해당함. 기후변수들은 10, 11월을 제외하여 계산되었음
 4) 지역 1은 홍강델타, 지역 2는 동북/서북, 지역 3은 북중부/남중부, 지역 4는 서부고원/동남부, 지역 5는 메콩델타를 지칭함. 지역 더미변수는 지역 5를 기준으로 하여 설정되었음

기온(30년 평균)과 그 제공은 1% 유의수준에서 각각 양수/음수로 추정된다. 이는 기온의 장기 평균이 어느 지점까지는 생산성을 증가시키다가, 그 이후 생산성을 감소시키는 역U자형 관계를 의미한다. 강우량의 장기 평균에서도 역U자형 관계가 통계적으로 유의하게 추정된다.

2.2.3절에서도 설명하였듯 ‘분석 3’에서 농가가 기후변화에 대응하여 취할 수 있는 적응조치는 세 가지로 구분된다. 첫 번째는 암묵적인 적응조치로 장단기 편차 변수들에 의해 그 효과가 식별된다. 기온과 강우량의 장단기 편차는 통계적으로 유의하며 음의 값으로 추정된다. 따라서 이 추정치들은 성공적인 적응조치의 유무에 따른 장기와 단기의 반응차이를 나타낸다고 해석할 수 있으며, 음의 값으로 추정되어 본 연구가 분석하는 쌀 생산에 있어서 [그림 2-2]가 보여준 바와 같이 장기 영향이 단기 영향의 포락선처럼 나타난다는 결론을 내릴 수 있다. 적응조치 중 두 번째와 세 번째는 각각 쌀의 재배면적 비중과 단위 면적당 쌀 재배용 농기계 지출액이다.

이 두 변수들은 ‘분석 2’에서의 농가의 장기적 적응행위가 반영된 변수들이라는 특징이 있다. 두 적응조치 변수 모두 양의 유의한 값으로 추정되어 농가가 쌀의 재배면적을 늘리고 농기계에 대한 지출을 늘릴수록 쌀의 생산량이 늘어나는 관계가 존재한다. 특히, 쌀 재배비중의 파라미터가 양으로 추정되었다는 것은 쌀을 많이 생산하는 농가일수록 규모의 경제나 특화가 발생하여 생산성을 증가시킨다는 것을 의미할 수 있다. 또한 ‘분석 2’의 미래 시뮬레이션 결과에 의하면 기후변화에 대응하여 농가가 쌀 비중 및 농기계 지출액을 평균적으로 늘리는 경향이 있었으므로 생산 품목 구성 변화 및 자본액 증가가 기후변화로 인한 생산성 하락을 낮추거나 증대를 높이는 적응조치가 될 수 있음을 유추할 수 있다.

이제 추정 파라미터를 이용하여 기후변화가 쌀 생산성을 변화시키는 정도를 시뮬레이션할 수 있다. 본 분석은 기후변화가 생산성에 미치는 영향을 총 다섯 가지로 구체화하여 제시하는데, 이는 각각 (1) 어떠한 종류의 적응조치도 하지 않을 때, (2) 관측 불가능한 농가의 적응행위만 반영될 때, (3) 쌀 재배비중을 변화하는 행위만 반영될 때, (4) 쌀 재배용 농기계 지출액을 변화하는 행위만 반영될 때, (5) (2)~(4)의 모든 적응조치들이 반영될 때의 생산성 변화율이다. (1) 어떠한 종류의 적응조치도 허용하지 않는 경우는 식 (2-11b)의 단기 영향에 해당하는데, 식 (2-10)의 $(z_{it} - \mu_i)^2 \beta_3$, 즉 장단기 편차 파라미터는 $\beta_3 < 0$ 으로 추정되었기 때문에 적응조치를 반영하지 않는 생산성 변화 전망치는 항상 가장 낮은 값을 갖게 될 것이다. (2) 관측 불가능한 농가의 적응행위만을 반영할 때의 생산성 변동분은 식 (2-11a)의 장기 영향으로 계산된다. (3), (4)의 관측되는 적응조치들의 효과는 (1)의 단기 영향에서 적응조치의 영향을 더함으로써 도출되는데, 적응조치가 없을 때의 장기효과에 (쌀 비중 예측치-2018년 쌀 비중(‘분석 2’ 예측치))×(쌀 비중 파라미터 추정치)와 (농기계 지출액 예측치-2018년 농기계 지출액(‘분석 2’ 예측치))×(농기계 지출액 파라미터 추정치)를 각각 더하여 계산된다. 모든 적응조치의 영향이 반영된 (5)는 (2)의 관측되지 않는 적응조치의 영향에, 관측되는 두 종류 적응조치의 효과를 더하여 도출된 것이다.

이와 같이 생산성 변화를 시뮬레이션하고 박스플롯으로 그 분포를 나타낸 결과는 <표 2-19>와 같다. 개별 농가 단위의 응답을 국가 단위로 집계함에 있어서 본 연구는 그룹 단위로 쌀 재배면적 비율을 계산하고, 이를 개별 예측치에 가중치로 부여한다. 쌀 생산은 그룹5(메콩델타)에 집중되어 있기 때문에 이 지역에서의 예측치가 더 강조된다. 미래 전망 기간 및 시나리오에 따른 차이가 약간씩 있으나 그룹별 가중치는 약 13%(그룹 1), 19%(그룹 2), 19%(그룹 3), 10%(그룹 4), 39%(그룹 5)이다. 또한 본 연구가 집중하는 메콩강 유역의 효과에 초점을 맞추어, 본 분석은

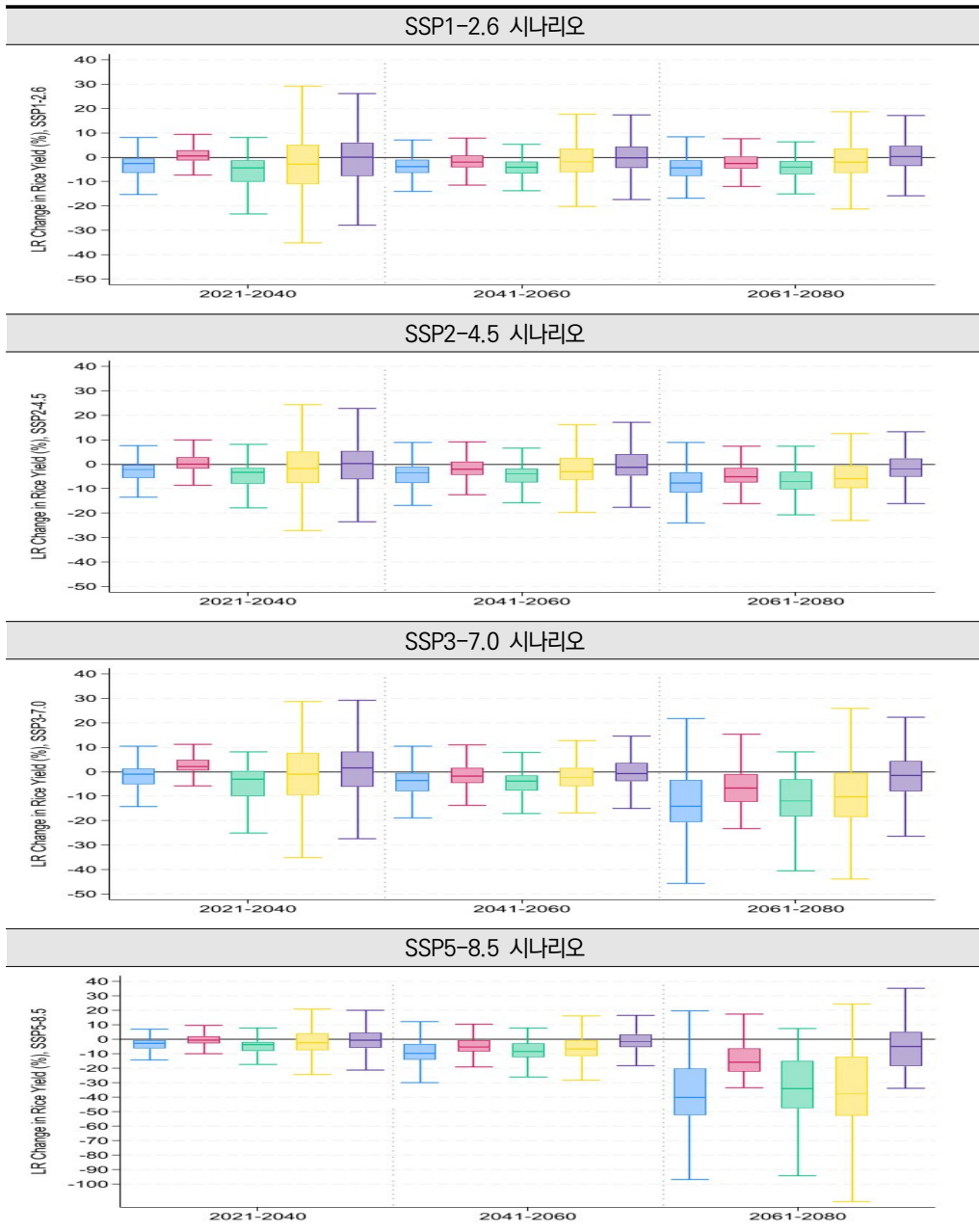
그룹 5(메콩델타) 농가의 생산성 변화분만을 이어지는 <표 2-20>에 이어 정리하였다.

어떠한 종류의 적응조치도 반영되지 않을 경우 (파란색 박스플롯) 미래 기후를 적용할수록 쌀 생산성이 감소하는 경향이 모든 시나리오에서 나타난다. 가장 기후변화 완화 노력이 적은 SSP5-8.5 시나리오에서는 2061~2080년도 기간에 쌀 생산성이 평균적으로 40% 이상 감소하는 것으로 전망된다. 농가의 적응조치 행위를 반영할 경우에는 쌀 생산성의 감소분이 줄어들거나 오히려 증가하게 되는 결과를 확인할 수 있다. 예를 들어 SSP5-8.5 시나리오의 2061~2080년 기간에 모든 형태의 적응조치 행위를 반영할 경우 (보라색 박스플롯) 평균적인 쌀 생산성 감소폭이 40%에서 약 5% 수준까지 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 이러한 적응조치의 영향은 적응조치 저감 노력이 적은 시나리오일수록, 미래 기간에 대한 전망치를 적용할수록 강해진다.

각각의 적응조치들이 미치는 영향 또한 분리하여 확인하는 것이 가능한데, 이는 붉은 색 박스플롯(관측되지 않는 적응조치의 영향), 초록색 박스플롯(작목군 비중 선택의 영향), 노란색 박스플롯(농기계 지출액 선택의 영향)이 생산성 감소분을 완화시키는 정도를 비교함으로써 가능하다. 쌀 생산성의 경우 관측되지 않는 농가의 적응조치 영향이 생산성 감소 완화에 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 농가가 기후변화에 대응하여 쌀의 비중 및 농기계 지출액을 변동시키게 된다 하여도 해당 적응행위가 생산성에 미치는 영향은 크지 않은 편으로 분석된다.

메콩델타 지역의 영향만을 정리한 <표 2-20>에서는 메콩델타 지역이 전국적 수준과 비교하였을 때 기후변화에 더 취약하다는 것을 확인할 수 있다. 예를 들어 SSP5-8.5 시나리오에서 적응조치를 감안하지 않을 경우 생산성은 평균적으로 약 50% 감소하는 것으로 전망되는데, 이는 전국적인 평균치인 약 40% 감소보다 더 부정적인 전망이다. 또한 메콩델타 지역의 경우에도 농가의 적응조치 행위가 생산성 감소를 완화시키는데, 특히 SSP1-2.6 시나리오의 전 기간 전망치와 SSP2-4.5 시나리오, SSP3-7.0 시나리오, SSP5-8.5 시나리오의 2021~2040년 전망치에서는 모든 형태의 적응조치를 반영한 결과에서 평균 생산성이 오히려 증가하는 것으로 분석된다.

〈표 2-19〉 미래 쌀 생산성 시뮬레이션 결과 - 전국

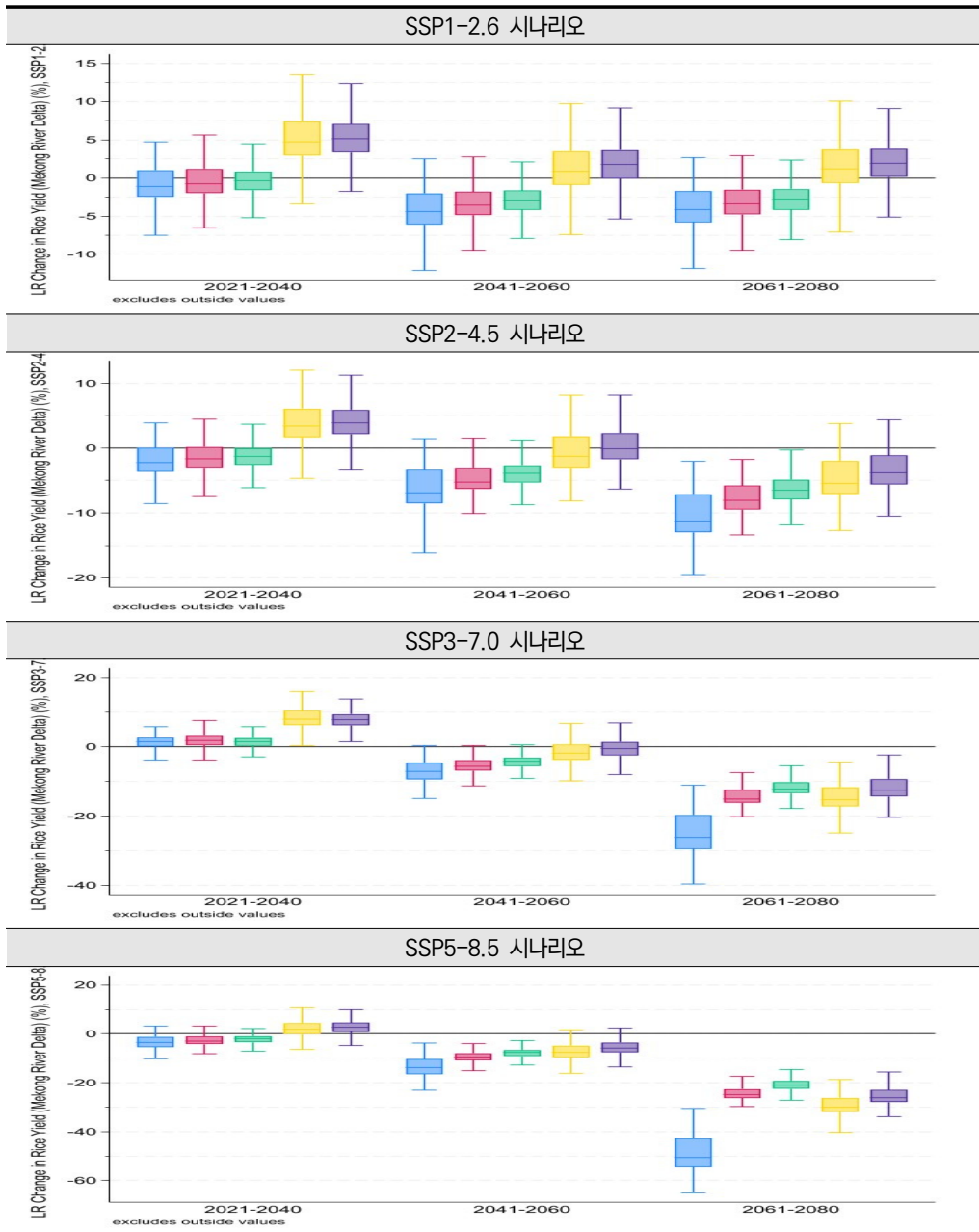


주 1) 세로축은 % 단위임

2) 적응조치를 다섯 가지의 색상으로 구분하였음. 왼쪽부터 순서대로 적응조치 미반영(파란색), 관측되지 않는 적응조치만 반영(빨간색), 작목군 선택행위만 반영(초록색), 농기계 지출액 선택행위만 반영(노란색), 모든 종류의 적응조치를 반영(보라색)할 때의 시뮬레이션 결과에 해당함

3) 박스플롯은 5개 단위로 하나의 그룹을 구성하며, 각 그룹은 왼쪽부터 2021~2040년, 2041~2060년, 2061~2080년에 대한 시나리오 결과를 나타냄

〈표 2-20〉 미래 쌀 생산성 시뮬레이션 결과 - 메콩델타



주 1) 세로축은 % 단위임

2) 적응조치를 다섯 가지의 색상으로 구분함. 왼쪽부터 순서대로 적응조치 미반영(파란색), 관측되지 않는 적응조치만 반영(빨간색), 작목군 선택행위만 반영(초록색), 농기계 지출액 선택행위만 반영(노란색), 모든 종류의 적응조치를 반영(보라색)할 때의 시뮬레이션 결과에 해당함

3) 박스플롯은 5개 단위로 하나의 그룹을 구성하며, 각 그룹은 왼쪽부터 2021~2040년, 2041~2060년, 2061~2080년에 대한 시나리오 결과를 나타냄

2.4.4. 기후변수가 농업소득에 미치는 영향 및 농업소득의 이웃효과 분석 (분석 4)

기후변수가 농업소득에 미치는 영향 및 농업소득의 이웃효과를 분석한 ‘분석 4’의 추정결과는 〈표 2-21〉과 같다. 분석 대상을 특정 작목군에 한정시키지 않고 모든 작목군에 대한 수익성을 분석하는 본 분석에서는 각 작목의 생산기술 및 생육조건에 이질성으로 인해 기후의 비선형적 영향 및 장단기 편차 파라미터가 안정적으로 추정되지 않았다. 따라서 ‘분석 4’는 기후변수의 영향을 선형적인 영향으로 단순화하고, 대신 이웃효과가 미치는 파급효과에 초점을 두어 분석을 진행한다. 이 경우 식 (2-14)의 추정식은 식 (2-16)과 같이 구체화된다.

$$(2-16) \quad y_{it} = \frac{\alpha_0}{1-\beta} + \sum_{h=2}^4 \alpha_h \hat{s}_{it}^h + \alpha_c \hat{c}_{it} + \sum_{h=2}^4 \frac{\beta}{1-\beta} \alpha_h \tilde{s}_{it}^h \\ + \frac{\theta_{temp}}{1-\beta} \overline{Temp}_i + \frac{\theta_{rain}}{1-\beta} \overline{Rain}_i + \frac{\theta_t}{1-\beta} t_i \\ + \sum_{r=1}^4 \left(\frac{\theta_r}{1-\beta} D_{r,i} + \frac{\theta_{rt}}{1-\beta} D_{r,i} \times t \right) + \epsilon$$

단, $\tilde{s}_{it}^h$ 는 t 시점에 농가 i 와 같은 군에 속한 다른 농가들의 h 작목군 재배 비중의 평균

〈표 2-21〉 기후변수가 농업소득에 미치는 영향 및 농업소득의 이웃효과 분석 결과

변수명	추정치	표준오차	변수명	추정치	표준오차
α_0	0.3355	0.2105	θ_t	0.5764***	0.0474
β	0.2188***	0.0144	θ_1	0.3684***	0.0390
α_2	-0.4470***	0.1094	θ_2	0.3864***	0.0372
α_3	1.6557***	0.1209	θ_3	-0.1448***	0.0490
α_4	2.9948***	0.1989	θ_4	-0.0323***	0.0058
α_c	0.4211	0.3216	θ_{1t}	0.0003	0.0073
θ_{temp}	-0.0096	0.0079	θ_{2t}	0.0214***	0.0066
θ_{rain}	-0.0001***	0.0000	θ_{3t}	-0.0129*	0.0068
			θ_{4t}	0.0143*	0.0078

주 1) ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 추정된 파라미터가 통계적으로 유의함을 의미함

2) 기온 및 강우량은 30년(1989~2018) 평균치에 해당함

3) 지역 1은 홍강델타, 지역 2는 동북/서북, 지역 3은 북중부/남중부, 지역 4는 서부고원/동남부, 지역 5는 메콩델타를 지칭함. 지역 더미변수는 지역 5를 기준으로 하여 설정되었음

기후변수 파라미터들인 θ_{temp} 와 θ_{rain} 은 음의 값으로 추정되어 기온 상승 및 강우량 증가는 수익성에 부정적인 영향을 미치지만, 기온의 경우 그 통계적 유의성이 확보되지 않는다. 지역 및 연도(t) 파라미터들은 지역 1과 연도의 교호항 파라미터인 θ_{1t} 을 제외하면 모두 10% 유의수준 내에서 통계적으로 유의하다. 지역 5, 즉 메콩델타 지역과 비교하였을 때 지역 1과 지역 2는 평균적인 수익성이 높고, 지역 3과 지역 4는 평균적인 수익성이 낮은 것으로 분석된다. θ_t 의 추정치가 양수라는 점에서 메콩델타 지역은 다른 모든 조건이 동일할 경우 시간이 지남에 따라 수익성이 증가하는 것으로 분석된다. 다른 지역들의 경우도 시간이 지남에 따라 수익성이 증가하는 것으로 분석되는데, 지역 3의 예를 들자면 θ_{3t} 의 추정치는 음수이나 연도가 1 증가하는 것의 영향은 $\theta_t + \theta_{3t} = 0.5764 - 0.0129 = 0.5635 > 0$ 이어서 연도 증가가 수익성에 양의 영향을 미친다.

적응조치와 관련된 파라미터들 중 α_2 , α_3 , α_4 는 각각 기타 식량작물 및 채소류, 특용작물, 과수의 재배면적 비중이 수익성에 미치는 영향과 관련되는데, 이들 변수들은 쌀의 재배비중을 기준으로 하여 만들어진 것들이다. $\alpha_2 < 0$ 이어서 기타 식량작물 및 채소류의 재배비중 증가는 수익성을 감소시키지만, 특용작물 및 과수의 재배비중 증가는 수익성을 증가시키는 관계가 존재한다. 농기계 지출액의 영향을 나타내는 α_c 또한 양의 값으로 추정되어서 농기계 지출액을 늘리면 수익성이 증가함을 확인할 수 있다.

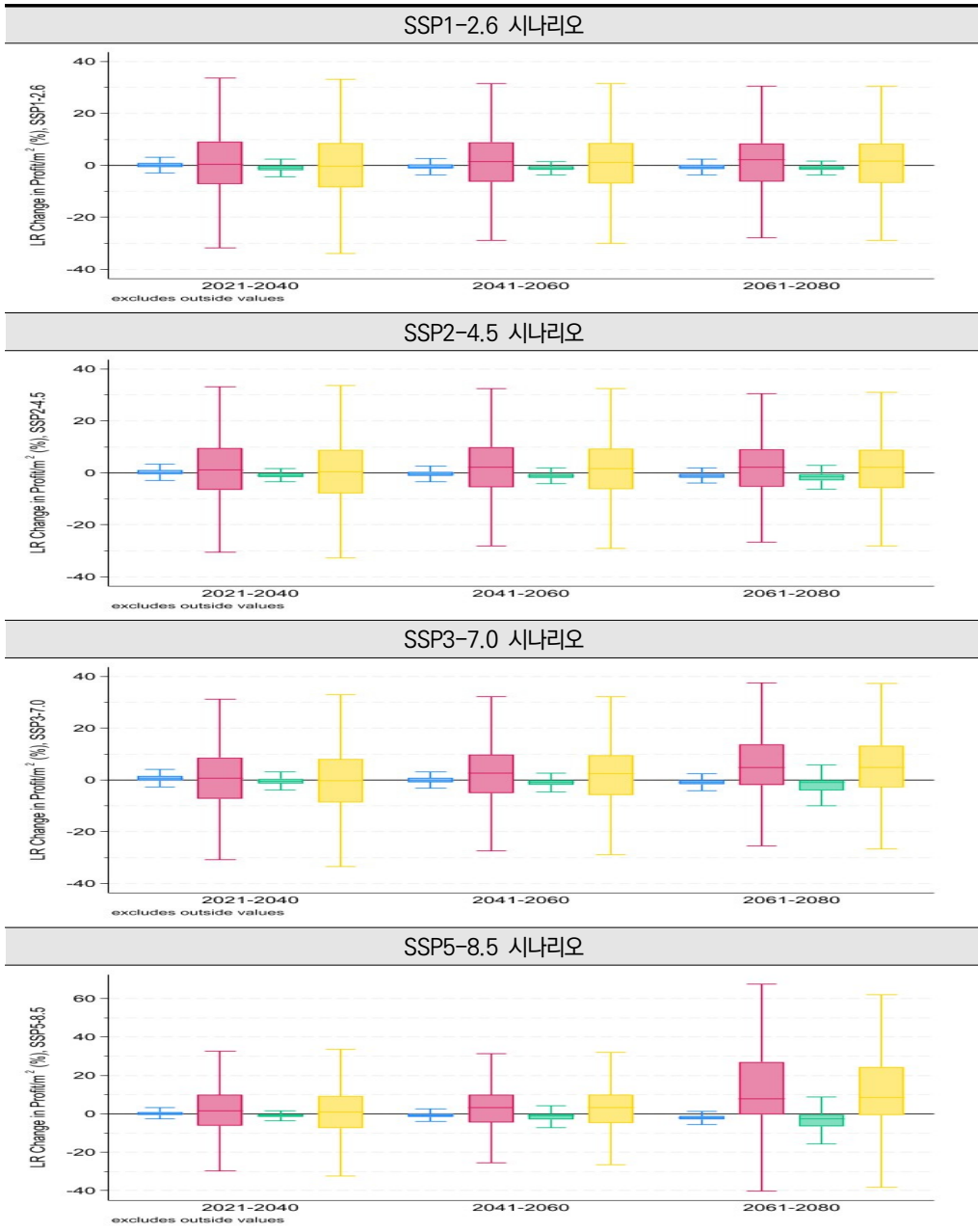
식 (2-16)의 모형이 2.4.3절의 쌀 생산성 분석모형과 갖는 가장 큰 차이는 기후변화가 인접 농가에 미치는 영향 및 그들 농가의 적응조치 관련 의사결정 행위 등이 파급효과를 갖도록 설정되었다는 것이다. 이러한 파급효과, 또는 이웃효과는 파라미터 β 로 대변되는데 그 값은 0.2188로 추정되고 0과 통계적으로 유의하게 다르며 또한 1보다 작은 값이므로 이웃효과의 존재를 확인할 수 있다. 예를 들어 강우량이 1mm 증가하는 것에 대하여 $\theta_{rain} = -0.0001$ 이므로 특정 농가 i 의 수익성은 -0.01% 감소하겠으나, 그 농가와 같은 군에 있는 다른 농가들도 강우량 증가에 영향을 받게 되며 이 때의 환류효과(feedback)으로 인하여 농가 i 의 수익성에도 추가적인 변화가 발생하여 최종적으로는 다음과 같은 수익성 변화가 발생하게 된다.

$$(\theta_{rain} + \beta\theta_{rain} + \beta^2\theta_{rain} + \dots) \times 100 = \frac{\theta_{rain}}{1 - \beta} \times 100 = \frac{-0.0001}{1 - 0.2188} \times 100 = \text{약 } -0.13\%$$

즉, 지역 특성변수의 변화에 있어서는 $\frac{1}{1-\beta} =$ 약 1.28만큼의 승수효과(multiplier)가 발생한다. 승수효과가 농가의 적응조치 중 작목군 비중 변화에 반영될 때에는 $\frac{\beta}{1-\beta} =$ 약 0.28만큼의 승수효과가 발생한다. 예를 들어 농가 i 가 속한 군의 다른 농가들의 평균적인 과수 비중이 0.1만큼 증가한다고 가정하면 농가 i 자체의 과수 재배 비중이 증가하지 않더라도 수익성은 $0.1 \times \alpha_4 \times \frac{\beta}{1-\beta} \times 100 = 0.1 \times 2.9948 \times 0.28 \times 100 =$ 약 8.4% 증가하게 된다.

이러한 이웃효과를 반영하여 미래기후에 따른 수익성 변화를 시뮬레이션한 결과는 <표 2-22>와 같다. 쌀 생산성을 시뮬레이션하였을 때와 같이, 이 경우에도 농지 면적에 따른 가중치를 부여하여, 그룹 단위로 계산한 전체 농지 면적을 개별 농가 전망치의 가중치로 반영하여 그룹5(메콩델타)의 관측치에 상대적으로 높은 가중치를 부여한다. 적응조치의 영향을 반영함에 있어서는 작목군 비중 변화만을 허용할 경우, 농기계 지출액 변화만을 허용할 경우, 두 종류의 적응조치를 모두 허용할 경우를 나누어서 시뮬레이션하게 된다. 이어지는 <표 2-23>은 같은 방식의 시뮬레이션을 시행하되 지역 5(메콩델타)의 결과만을 기후변화 시나리오별로 요약한 것이다.

〈표 2-22〉 미래 수익성(농업소득) 시뮬레이션 결과 - 전국

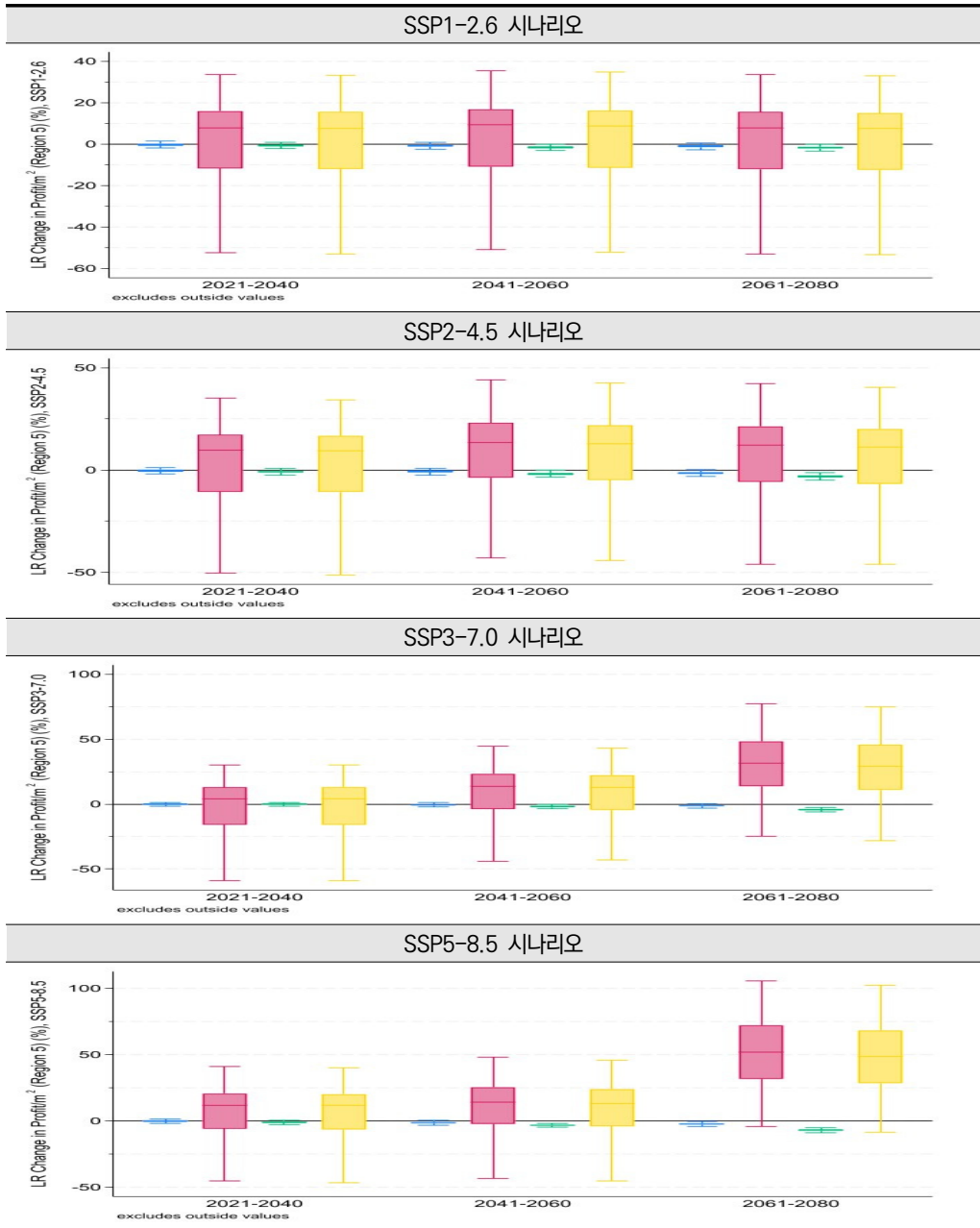


주 1) 세로축은 % 단위임

2) 적응조치를 네 가지의 색상으로 구분함. 왼쪽부터 순서대로 적응조치 미반영(파란색), 작목군 선택행위만 반영(빨간색), 농기계 지출액 선택행위만 반영(초록색), 모든 종류의 적응조치를 반영(노란색)할 때의 시뮬레이션 결과에 해당함

3) 박스플롯은 4개 단위로 하나의 그룹을 구성하며, 각 그룹은 왼쪽부터 2021~2040년, 2041~2060년, 2061~2080년에 대한 시나리오 결과를 나타냄

〈표 2-23〉 미래 수익성(농업소득) 시뮬레이션 결과 - 메콩델타



주 1) 세로축은 % 단위임

2) 적응조치를 네 가지의 색상으로 구분함. 왼쪽부터 순서대로 적응조치 미반영(파란색), 작목군 선택행위만 반영(빨간색), 농기계 지출액 선택행위만 반영(초록색), 모든 종류의 적응조치를 반영(노란색)할 때의 시뮬레이션 결과에 해당함

3) 박스플롯은 4개 단위로 하나의 그룹을 구성하며, 각 그룹은 왼쪽부터 2021~2040년, 2041~2060년, 2061~2080년에 대한 시나리오 결과를 나타냄

전국적인 효과를 정리한 <표 2-22>에서, 적응조치 효과가 반영되지 않았을 경우 (파란색 박스 플롯) 수익성은 작은 폭으로나마 꾸준히 감소하는 결과를 보인다. 예를 들어 SSP5-8.5 시나리오에서는 2021~2040년, 2041~2060년, 2061~2080년의 평균적인 수익성 변화율이 약 5%, 약 -0.3%, 약 -1%인 것으로 전망된다. 적응조치를 반영하지 않을 때의 수익성 감소는 <표 2-19>, <표 2-20>의 쌀 생산성 시뮬레이션 결과('분석 3')와 비교하였을 때 그 폭이 크지 않은 편인데, 이는 우선 수익성 분석이 여러 가지의 이질적인 품목군을 하나로 통합하고 있어서 기후 변화에 대한 반응 또한 이질적인 효과의 혼합된 형태로 나타난다는 점에서 기인한다. 또한 단위 면적당 무제한 단수를 시뮬레이션한 '분석 3'과 달리 본 분석은 단위면적당 소득을 시뮬레이션하고 있기 때문에 시장에서의 가격효과가 반영되었을 가능성이 있다. 즉, 기후변화로 인해 농업 생산성이 감소함으로써 시장가격이 상승하였기 때문에 기후변화의 부정적 효과가 덜 두드러지게 될 가능성이 있다. 하지만 이러한 작목군 간 이질성과 가격효과를 감안하더라도 기후변화는 여전히 농가의 수익성을 악화하는 방향으로 작용한다.

단기적인 전망치에서 적응조치를 반영하지 않을 때와 적응조치를 반영할 때의 평균적인 수익성 변화율은 비슷하게 전망되어서, 단기적으로는 농가의 적응조치가 수익성 개선에 큰 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있다. 하지만 미래 기간에 대한 시나리오를 적용하게 되면 적응조치를 반영함으로써 수익성 감소가 해소되고 오히려 수익성이 증가하는 관계가 두드러진다. 예를 들어 SSP5-8.5 시나리오의 2061~2080년 전망치에서는 모든 형태의 적응조치를 반영할 때(노란색 박스플롯) 평균적인 수익성이 약 9% 증가하는 것으로 전망된다. 두 가지의 적응조치의 영향을 비교하자면(붉은색 박스플롯 및 초록색 박스플롯) 둘 중 수익성 증가에 더 많은 영향을 미치는 것은 작목군 비중 변경(붉은색 박스플롯)이며, 농기계 지출액 변화의 영향은 크지 않을 뿐더러 특정 시나리오에서는 오히려 수익성을 소폭 악화시키는 것을 확인할 수 있다.

매콩델타 지역의 농가의 시뮬레이션 결과만을 정리한 <표 2-23>에서는 작목군 비중 변경의 긍정적 영향이 특히 두드러지는 편인데, 모든 형태의 적응조치를 반영할 경우 수익성이 약 5%~50%까지 증가하는 것을 확인할 수 있다.

2.5. 결론 및 시사점

이와 같이 세부연구 1은 메콩강 지역에 있어 기후변화가 쌀의 생산성 또는 농업소득에 미치는 영향을 분석하고, 적응조치로서 관측되지 않는 농가의 적응조치 행위뿐만 아니라 농가의 작목선택 행위 및 농기계 지출액 선택행위라는 구체적인 적응조치 변수를 반영하였을 때의 효과를 분석하였다.

적응조치의 영향을 반영하지 않았을 때 기후변화가 생산성 및 수익성의 기댓값 및 가변성에 미치는 영향을 Just-Pope 함수형으로 추정한 결과 기후변수 중에서도 기온이 생산성 및 수익성의 기댓값에 큰 효과를 미치며 특정 수준 이상의 기온에서는 기온상승이 생산성과 수익성의 기댓값을 감소시키는 방향으로 작용함을 확인하였다. 기후변수가 쌀 생산성의 가변성, 즉 불확실성에 미치는 영향을 분석하였을 때 기온상승은 가변성을 감소시키며 강우량 증가는 가변성을 증가시키는 관계를 확인할 수 있었다. 농가 수익성의 가변성에 대하여 분석한 결과에서는 기온상승과 강우량 증가 모두 가변성을 증가시킴을 확인하였다. 이 외에도 특정 해의 기상조건이 기상이변에 해당할 경우 쌀 생산성의 기댓값은 감소하고 가변성은 증가하는 관계를 확인하여 기상변수의 확률적 변동이 생산성에 미치는 부정적 영향을 확인하였다.

또한 본 연구는 농가의 적응조치 변수들이 기후변수와 갖는 관계를 분석하고, 농가가 기후변화에 대응하여 적응하는 의사결정을 한다면 작목 선택행위 및 농기계 지출액 선택이 어떻게 변화하는지를 분석하였다. 분석 결과, 기후변수가 농가의 의사결정에 미치는 영향은 대체로 통계적으로 유의함을 확인하였다. 또한 미래 기후변화에 대하여 의사결정을 시뮬레이션한 결과 농가는 쌀과 과수의 비중을 늘리고 기타 식량작물 및 채소와 특용작물의 비중을 줄이는 선택을 하며, 또한 농기계 지출액을 증가하는 선택을 한다는 것을 전망할 수 있었다.

이러한 적응조치 행위를 반영하여 쌀 생산성 및 경종 부문 전체의 수익성을 분석한 결과, 우선 생산성은 기온 및 강우량으로 대변되는 기후변수들과 역U자형 관계를 맺어서, 일정 수준 이상의 기온 및 강우량에서는 기온상승 및 강우량 증가가 생산성을 악화하는 것을 확인하였다. 수익성을 분석할 때에는 기후변수의 영향을 선형적으로만 반영하고 대신 농가 간의 이웃효과에 주목하였다. 기온 상승 및 강우량 증가는 수익성에 부정적 영향을 미치는 것으로 추정되었으나, 부정적 영향의 크기는 생산성 분석의 경우와 대비하여 작은 편이다. 이웃효과 분석 결과로는 같은 지역(군, district) 내의 농가의 의사결정이 미치는 이웃효과가 존재한다는 것을 발견하였다.

이러한 기후변화에 대하여 농가들이 적응하여 적응조치 변수를 선택할 수 있도록 함으로써 미래 시뮬레이션에 농가의 적응조치를 반영하게 되면 기후변화로 인한 생산성/수익성 감소가 완화되거나 오히려 생산성/수익성이 증가하는 결과가 도출됨을 확인하였다. 아울러 농가 수익성을 분석함에 있어서는 같은 지역 내의 농가의 의사결정이 파급효과를 통해 상당한 정도의 적응효과를 갖는다는 것 또한 발견하였다.

이상의 분석결과는 몇 가지 시사점을 제공한다. 첫째, 특히 쌀 농업의 경우 향후 적절한 적응대책이 따르지 않을 경우 단위 하락이 상당한 정도 발생할 것이며, 특히 메콩델타에서 그 정도가 심할 것이다. 따라서 이 지역에서 가장 중요한 작물인 쌀의 생산성 하락을 막을 수 있는 적응대책이 필요하며, 이에는 가뭄/홍수 대책, 품종 개량, 재해 대책과 같은 공적인 영역에서 행할 기능도 있고, 작목구성 변화나 기계화와 같은 개별 농가가 취할 수 있는 대책도 필요하다. 본 연구는 이러한 적응대책이 순조롭게 이루어질 경우 쌀 단위 하락을 상당한 정도 줄일 수 있음을 보여주었으며, 따라서 공적인 기반투자와 개인별 적응대책을 강화하기 위한 재정적, 교육적 지원이 유용함을 보여주었다.

둘째, 경종부문 농업소득 전체는 기후변화 영향의 품목 간 분산으로 인해 쌀 한 품목에 미치는 영향에 비해서는 기후변화에 따른 손실이 상대적으로 크지 않은 것으로 나타났다. 이는 쌀 품목을 분석할 때에는 단위, 즉 단위면적당 생산량(kg)에 초점을 둔 것과 달리 농업소득에 있어서는 단위면적당 소득, 즉 화폐액에 초점을 두었다는 것에도 기인하는데, 기후변화 농업생산성이 감소함으로써 발생하는 시장가격 상승 효과가 수익성에 반영될 수 있다. 하지만 이러한 품목 간 분산과 가격효과를 감안하더라도 기후변화는 일반적으로 수익성을 악화하는 방향으로 작용한다. 그런데 이와 같이 가격에 초점을 두게 되면 농가가 쌀을 포함하는 전체 작물의 조합을 적극적으로 변경하고 적응하며, 농기계에 대한 투자도 늘림으로써 농업소득이 기후변화로 인해 증가할 수도 있음이 발견되었다. 따라서 품목 변경과 기반투자에 대한 교육과 재정적 지원이 매우 유용할 것임이 다시 발견되었다.

셋째, 특히 품목조합 선택의 경우 농가 간 이웃효과가 유의하게 발견되었으며, 따라서 품목변경과 그에 따른 주산지 형성 등의 파급효과를 누릴 수 있음도 확인되었다. 이는 품목선택과 관련된 교육·훈련의 긍정적인 외부효과를 기대하게 하며, 지역단위의 조직화된 프로그램이 큰 성과를 거둘 수 있음을 의미한다.

3. 메콩강 유역 국가 농가의 기후변화 대응 의사결정 요인 분석

3.1. 메콩강 유역 3개국의 기후변화 취약성과 피해 현황

3.1.1. 메콩강 유역 3개국의 기후변화 취약성

기후변화는 인간 활동에 의해 기후가 변화하는 현상으로, UNFCCC(1992)는 이를 자연적 기후 변동을 포함한 인간의 직접적 및 간접적 활동에 의한 기후의 변화로 정의한다. IPCC(2021)는 당초 예상보다 이른 시점인 2040년 이전에 지구 평균 기온이 산업혁명기 대비 1.5℃ 상승할 것으로 전망하고 있다. 기후변화는 기온 상승과 강수량 변동성 증가를 수반하며, 이는 가뭄과 홍수 등 기후 충격의 형태로 나타나 경제 활동과 인간 삶의 질에 부정적인 영향을 미친다.

특히 중·저소득 국가들은 고위도의 고소득 국가보다 기후변화에 더 취약한데, 아시아 지역 중·저소득 국가들은 기온이 1.5~2℃ 상승하면서 가뭄, 홍수, 폭염, 해수면 상승 등 기후 충격의 빈도와 강도가 증가하고 있다(IPCC, 2022). 이로 인해 식량 안보의 위기가 증가하고 있으며, 대다수 중·저소득 국가의 경제가 농업 부문에 크게 의존하는 만큼 기후변화는 농업 생산성을 크게 감소시켜 중·저소득 국가에 특히 더 큰 피해를 줄 것으로 예상된다(Rosenzweig et al., 2014). 또한, 지구의 평균 기온 상승이 농지의 감소를 초래한다. IPCC(2021)에 따르면 기온이 1.5℃ 상승할 때 전 세계 농지의 약 8%가 농업에 적합하지 않게 될 것이라 전망하며, 이는 해수면 상승으로 인한 염분 유입, 가뭄으로 인한 사막화, 작물 스트레스 증가 등 다양한 경로를 통해 중·저소득 국가 농업에 불균등한 피해를 야기한다.

기후변화는 중·저소득 국가에 농업 생산성 하락 등의 직접적인 경제적 손실뿐 외에도 △열대성 질환 증가, △사망률 증가, △노동력 손실, △해수면 상승으로 인한 기후난민 발생, △빈곤층 피해 증대 등 인간의 삶 전반에 걸쳐 다양한 문제를 야기한다. 중·저소득 국가 중에서도 메콩강 유역은 기온과 강수 측면에서 기후변화에 취약한 지역으로, 이 지역은 여름에 강수가 집중되는 몬순 기후대에 위치해 연중 강수량 변동성이 크다. 기후변화로 인해 우기의 강우량 변동성이 -16%에서 +17%로 미래 기후변화의 불확실성이 클 것으로 예상된다(Mekong River Commission, 2017). 특히 메콩강 하류(Lower Mekong Basin, LMB)는 세계에서 기후변화에 가장 취약한 지역 중 하나로 2021년에는 100년 만에 가장 낮은 강수량을 기록하기도 했다.

이 지역의 가구 중 약 30%가 최근 1년 내 홍수와 가뭄을 경험했으며, 모든 기후변화 시나리오에서 메콩강 유역의 GDP는 감소할 것으로 예측되고, 농가의 도시 이주 및 해외 이주가 발생하고 있다(Mekong River Commission, 2017). 기후변화로 인한 농업 생산성 감소는 주민들의 식품 섭취량 감소로 이어져 건강에도 부정적인 영향을 미치고 있다(WHO, 2023). 또한, 메콩강 유역 국가들은 모든 기후변화 시나리오에서 기온이 35℃ 이상의 폭염일수가 증가할 것으로 예측되며, 도시화 및 열섬 효과로 인해 온열질환 관련 사망률이 지속 증가할 것으로 전망된다(World Bank, 2021). 전 세계적으로 많은 사람들이 메콩강 삼각주에서 재배된 쌀에 크게 의존하고 있으며, 기후변화로 인한 기온 상승은 이 지역의 농업 생산성에 심각한 영향을 미친다(Caitlin et al., 2019).

베트남, 라오스, 캄보디아, 태국 등 메콩강 유역의 가구를 대상으로 하는 가장 큰 규모의 사회·경제적 설문조사인 SIMVA(Social Impact Monitoring and Vulnerability Assessment)의 2018년 조사에 따르면, 이 지역 가구의 약 46%가 농업을 주요 생업 수단으로 삼고 있다. 구체적으로 베트남 경제에서 농림수산업 부문의 GDP 기여도는 12.0%(2023년 기준)로 전체 고용의 33.6%(2022년 기준)를 차지했다. 라오스의 농림수산업 GDP 기여도는 16.1%(2023년 기준)로 농림수산업 고용 기여도는 69.6%(2022년 기준)를 차지했다. 이처럼 농업은 여전히 베트남과 라오스의 경제에 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 이들 국가의 기후변화 적응 및 회복력 정책은 여전히 미흡하며, 메콩강 유역의 자본과 인프라 부족으로 인해 기후변화 대응이 어려운 상황이다(USAID, 2022).

3.1.2. 메콩강 유역 3개국의 기후변화 피해 및 영향

메콩강 유역의 기후변화로 인한 피해는 인접한 여러 국가의 농업 및 식량안보에 직접적인 영향을 미친다. 가뭄 및 홍수는 농업용수 공급의 불안정을 초래해 작물 수확량의 변동성을 높이고, 특히 메콩강 삼각주 유역의 주요 농작물인 쌀 생산량이 크게 감소할 것으로 전망된다. 베트남 메콩강 삼각주 지역에서는 21세기 말까지 연평균 기온이 1.7~1.9℃ 상승하고 강수량은 5~15% 증가할 것으로 예측된다(UNDP, 2022). 이에 따라 2030년까지 농업 생산량은 5.6%에서 6.2% 수준으로, 2050년까지는 7.6%에서 10.6% 정도로 감소할 것으로 보인다(World Bank, 2021). 여러 기후변화 현상 중, 이 지역에서는 가뭄과 염분 유입이 농업 부문에 가장 큰 위협이 될 것으로 예상된다. 또한, 라오스에서는 기후변화로 인한 우기 불규칙성, 폭염, 야간 기온 상승으로 인해 2040년대까지 벼 수확량이 5~20% 감소할 것으로 전망된다(World Bank, 2021).

메콩강 삼각주에서 생산되는 쌀은 베트남 쌀 총 생산량의 약 55%를 차지하기 때문에(Tan Yen et al., 2019; Xiao et al., 2021), 해당 지역에서 발생하는 기후변화의 피해는 베트남의 경제와 식량안보에 중대한 위협이 된다. 2016년 메콩강 삼각주는 역사상 가장 심각한 가뭄을 겪었으며, 가뭄과 염분 유입에 노출된 농경지는 180만 헥타르에 달한다(Smajgl et al., 2015). 해당 지역 전체 농지의 48%를 차지하는 논 면적은 2021년 기준 390만 헥타르로 베트남 전체 논 면적의 약 54%를 차지하고 있으나, 2005년 이후 기후변화로 인해 매년 평균적으로 300헥타르 가량의 농지가 유실되고 있다(Dinh et al., 2017).

베트남 자원환경부(MONRE, 2009, 2011) 및 국가기상수리환경연구소(IMHEN, 2009, 2011)는 2050년까지 메콩강의 해수면이 0.65~1m 상승하면서 메콩강 삼각주의 13~39%가 바다에 잠길 것으로 예상하고 있다. 2007년 International Center for Environment Management에서도 메콩강 삼각주 지역은 해수면보다 5m 낮게 위치하고 있기 때문에 해수면이 1m 상승할 때마다 38%의 메콩강 삼각주 지역이 물에 잠길 것으로 보고했다(Mackay et al., 2011). 해수면 상승으로 인한 피해는 메콩강 삼각주 인근 지역에 거주하는 약 1,700만 명의 농민들의 농업과 생활에 직접적인 영향을 미친다.

메콩강 삼각주 지역에서는 주로 겨울-봄 시즌(11월-2월), 여름-가을 시즌(4월-7월), 가을-겨울 시즌(8~11월)으로 구분된 경작 시즌 동안 연간 3번의 쌀 경작이 이루어진다. 염분의 유입은 주로 겨울-봄 시즌에 메콩강 삼각주 지역의 10개 성(Province, Long An, Vinh Long, Ca Mau, Bac Lieu, Tien Giang, Hau Giang, Soc Trang, Tra Vinh, Kien Giang, Ben Tre)에서 주로 발생한다. 또한, 홍수는 이 중 9개 성(Long An, Dong Thap, Ca Mau, Can Tho, Tien Giang, An Giang, Vinh Long, Hau Giang and Kien Giang)에서 주로 가을-겨울 시즌에 자주 발생하며, 이 중 6개의 성은 매년 염분 유입과 홍수의 위험에 동시에 노출되고 있다. 2005~2016년 평균 쌀 생산량과 비교하여 2020~2050년 겨울-봄 시즌 수확량을 예측한 결과, 평균적인 염분 유입과 홍수를 전제로 RCP 4.5¹⁹⁾ 시나리오에서는 쌀 생산량이 연평균 0.72백만 톤이 감소할 것으로 추정되며, RCP 8.5²⁰⁾ 시나리오에서는 연평균 1.17백만 톤이 감소할 것으로 추정된다. 또한 기후변화로 인해 RCP 8.5 시나리오에서는 2050년대까지 라오스의 벼 수확량이 약 14.5% 감소할 것이라 예측된다(Li et al., 2017; Chun J.A. et al., 2021).

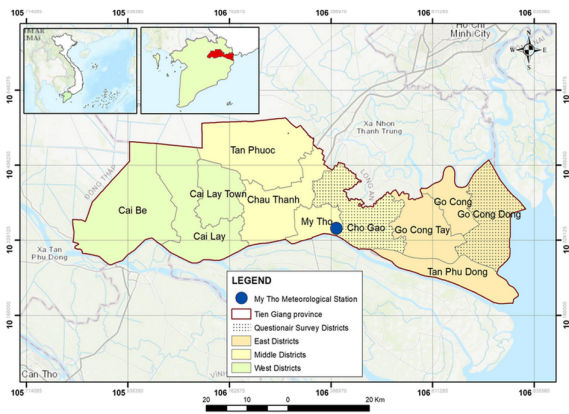
19) RCP 4.5(Representative Concentration Pathway 4.5)은 IPCC(기후 변화에 관한 정부간 패널)의 다섯 번째 평가 보고서(AR5)에서 채택된 네 가지 온실가스 농도 시나리오 중 하나이다.

20) RCP 8.5 시나리오는 기후 변화 연구에서 사용되는 대표 농도 경로(Representative Concentration Pathways, RCP) 중 하나로, 가장 높은 온실가스 배출 경로를 나타낸다.

[그림 3-1] 라오스 Vientiane성 지도



[그림 3-2] 베트남 Tien Giang 성 지도



3.2. 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응조치

3.2.1. 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응 형태

농업 분야에서 기후변화에 대응하기 위한 조치는 크게 기후변화 적응조치(Adaptation)와 기후변화 완화조치(Mitigation)로 분류할 수 있다(Wreford, Moran, and Adger, 2010). **기후변화 적응조치**는 기후변화로 인한 부정적 영향을 최소화하고 새로운 기회를 활용하기 위한 전략으로 정의되며, 예상되는 기후의 변화와 그 영향을 고려한 적응 과정이다(IPCC, 2014). 반면, **기후변화 완화조치**는 기후변화의 원인이 되는 온실가스 배출 등을 줄여 기후변화의 강도와 속도를 완화하려는 조치이다. 고소득 국가들은 주로 온실가스 감축 등 기후변화 완화조치에 집중하는 반면, 중·저소득 국가들은 주로 기후변화 적응조치를 통해 기후변화에 대응하고 있다(Wreford, Moran, and Adger, 2010).

농업 부문에서의 기후변화 적응조치는 △개인, △농가, △지역 공동체, △국가, △국제 협력 등 다양한 수준에서 이루어진다(Adger et al., 2005). 기후변화의 다차원적 영향에 대응하기 위해 거시적으로는 국가별 기후변화 대응 정책과 국제적 공조를 기반으로 하는 개발협력 프로그램이 중요하지만, 미시적으로는 개별 농가의 기후변화 적응 의사결정 또한 중요하다. 그러나 메콩강 유역의 농촌 지역 사회는 공식적인 기후변화 적응 계획을 위한 재정적·제도적 자원이 부족한 경우가 많다(Evers et al., 2018).

최근 연구에 따르면, 메콩강 유역의 농가들은 낮은 자본 동원력과 기후변화로 인한 위협의 불확실성으로 인해 개별적이고 소규모로 개별적이고 자발적인 형태로 기후변화에 대응하고 있다(Christoplos et al., 2017; Malik, Qin, and Smith, 2010; Stern, 2007). 이는 농가의 기후변화 대응이 조직적·선제적·장기적이라기 보다는 주로 개별적·후속적·단기적인 형태로 나타나고 있음을 의미한다. 실제로 메콩강 유역의 농가들은 홍수, 가뭄, 해수면 상승, 염수 유입 등의 기후변화 위협에 대처하기 위해 주로 △재배 작물 품종 전환, △재배 시기 조정, △재배 작물 다양화, △농지의 지력 강화, △가축 다양화, △관개시설 개선, △산림자원 활용 등의 적응조치를 활용하고 있다(Son and Kingsbury, 2020; Vo, Mizunoya, and Nguyen, 2021). 농업 분야에서 적절한 기후변화 적응조치를 취하지 않으면, 기후변화로 인해 쌀을 포함한 여러 농작물의 생산량이 감소할 것으로 예상된다(Challinor et al., 2014). 따라서 메콩강 유역의 농가는 기후변화로 인한 농업 부문의 부정적 영향을 피하고 농업 생산성 유지와 식량안보를 위한 적절한 적응조치의 도입이 요구된다.

기후변화 적응조치는 안정적인 농업 생산성을 유지하여 식량안보를 강화하는 데 중요한 역할을 한다(Dow et al., 2013). Iglesias et al.(2007)는 기후변화 적응조치를 △관리, △기술과 도구, △인프라 구축의 세 가지 조치로 구분한다. 개별 국가의 지리 및 기후 조건에 따라 차이는 존재하지만 동남아시아의 소농들이 보편적으로 도입하는 기후변화 적응조치는 다음과 같다(CGIAR, 2011; ADB, 2009):

- 작물 품종 변경(Change in crop varieties)
- 작물 재배 패턴/작물 재배 일정 변경(Changes in cropping patterns and cropping calendar)
- 농장 관리 관행 변경(Improved farm management)
- 기후 탄력성 작물 품종 사용(Use of climate-resilient crop varieties)

3.2.2. 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응조치 종류

농업 분야에서의 기후변화 적응조치는 각 지역의 농지 특성과 환경적 여건을 고려하여 적용해야 한다. 동남아시아 국가들은 △긴 해안선, △해안 지역에 집중된 인구와 경제 활동, △급격히 증가하는 인구, △가뭄, 폭우, 홍수와 같은 자연 재해, △농업 의존성 등의 이유로 기후변화 충격에 특히 취약하다(ADB, 2009). 따라서 농가들은 지역의 농업 여건을 고려하여 가뭄과 폭우에 강한 종자를 더 많이 사용하고, 가뭄을 피해 재배 일정을 변경하는 등의 기후변화 적응조치를 활용해 왔다(ADB, 2009). 특히 작물 다각화와 종자 품종 변경은 낮은 비용과 간편성 때문에 베트남 농가에서 사용되는 가장 일반적인 기후변화 적응조치 중 하나이다(Hoang Ha Vo, 2021). 본 연구에서 다루는 농가의 기후변화 적응조치는 다음과 같으며, 농가들은 이러한 적응조치들을 개별적으로 사용하기도 하지만, 복수의 적응조치를 동시에 사용하여 기후변화의 충격을 완화하기도 한다(Adger et al., 2005; Locatelli et al., 2008).

3.2.2.1. 재배 일정 조정(Adjusting Planting Calendar)

재배 일정 조정은 농가 수준에서 취할 수 있는 기후변화 적응조치로 농산물 재배를 위한 농가의 파종 및 수확 등의 **재배 활동 시기 변경**과 **생육 기간 단축** 등을 의미한다. 필리핀 누에바에시아 주 판타방안의 고지대 농장에서는 농가가 우기가 일찍 시작되는 것에 적응하여 고지대 농장의 조기 경작을 통해 농업 생산량을 높이고 농업 활동으로 인한 가계 소득을 증진시킨다(Lasco and Boer, 2006; Lasco et al., 2011). 재배 일정 조정은 농업 생산량 증대뿐만 아니라 균형적인 물 사용에 있어서도 중요한 역할을 한다(Wang et al., 2020).

3.2.2.2. 작물 다각화(Crop Diversification)

작물 다각화는 농가가 기존의 단일 농작물 재배에서 **복수의 다양한 농작물을 재배**하는 방식으로 농업 형태를 전환하는 것을 의미한다. 또한 동일한 토지에서 여러 종류의 농작물을 주기적으로 교체하여 순환 재배하는 **윤작(crop rotation)** 역시 작물 다양화의 한 형태이다. 작물 다양화는 불확실한 기후변화에 대비하여 농업 생산의 위험 분산 효과가 있을 뿐만 아니라 수확량 증진을 도모할 수 있다(Lasco et al., 2011).

3.2.2.3. 종자 품종 변경(Changing Seed Variety)

종자 품종 변경은 기후변화에 취약한 품종 대신 **기후변화에 강한 품종**으로 재배 농작물의 종자 품종을 바꾸는 것을 의미한다. 예를 들어, 메콩강 삼각주에서 재배 주기가 짧은 쌀 품종을 이용하면 농가는 우기 동안 두 번 쌀을 수확할 수 있다. 종자 품종 변경은 기후 예측의 정확성, 기후에 강한 품종의 접근성, 그리고 최종적으로 생산된 농산물의 시장 수용성에 의해 크게 좌우되며, 실제 베트남의 많은 농가에서는 기후에 강한 쌀 품종을 채택하여 재배한다(Snidvongs, 2008; Lasco et al., 2011).

3.2.2.4. 농경지 준비(Field Preparation)

농경지 준비는 농작물 재배를 위해 농경지 및 수로를 정리하고 잡초를 제거하는 등 농경지를 준비하여 **농작물이 잘 자랄 수 있는 환경을 만드는 과정**이다. 특히, 기후변화에 대응하여 재배하고자 하는 농작물의 생육에 적합한 농경지 환경을 만드는 형태의 기후변화 적응조치이다.

3.2.2.5. 재배 기술 조정(Adjusting Planting Techniques)

재배 기술 조정은 농작물 재배를 위한 관개 시기 및 방법, 비료 및 농약/제초제 사용, 노동력 사용 등 다양한 형태의 **농작물 재배를 위한 기술 사용의 변경 및 조정**을 의미하며, 기후변화 적응을 위한 **작물 관리**를 포함한다(Le Dang et al., 2014). 재배 기술 조정은 베트남, 라오스, 캄보디아를 비롯한 동남아시아에서 기후 변화 적응에서 널리 사용되는 조치이다. 예를 들어, 캄보디아 Kandal 지방의 쌀 재배 농가는 논을 두 부분으로 나누어 서로 다른 재배 기술을 사용하여 불확실한 기후변화(강수량)에 대비한다. 논이 절반은 폭우에도 견딜 수 있는 관행적인 습식 논 재배 기술을 사용하고, 나머지 절반은 가뭄 저항성 및 물 소비가 적은 재배 기술인 쌀 재배 강화 시스템(System of Rice Intensification, SRI)을 사용한다(Resurreccion et al., 2009;

Lasco et al., 2011). 이 방법은 극단적인 강우와 가변적이고 불확실한 물 접근성에도 안정적인 쌀 생산성을 확보하는 데 도움이 된다.

3.2.2.6. 물 사용 관리(Private Water Use Management)

물 사용 관리는 물 재활용, 물 여과 등의 **물 절약을 위한 개별적인 관행 변경**을 의미한다. 개인 혹은 공동체의 물 사용 관리는 물 부족이나 홍수와 같은 기후변화의 영향에 적응하는데 중요하다. 개별 농가는 물 절약을 위해 물을 효율적으로 사용하고 저장하며 재활용하는 기술을 도입하거나 물 여과 기술을 통한 조치를 취할 수 있다. 또한, 공용 물 시설을 건설하거나 기존의 시설을 개선할 수 있다.

3.2.2.7. 물 시설 개선(Improve Private and Communal Water Facilities)

물 시설 개선은 개인 및 공용 물 저장소 등의 **물 시설물의 건설 혹은 개선**을 의미한다. 2002년 필리핀 딸락 지역의 쌀 재배 농가는 대체 습식 및 건조(Alternative Wetting and Drying, AWD) 또는 제어 관개 방식을 도입했다. 여러 농가가 하나의 깊은 우물 펌프를 공유하며 물 가용성이 감소할 위험이 있는 상황에서 AWD를 실천한 농부들은 물 사용량을 25%까지 줄일 수 있었다. 펌프 사용 시간도 절반 가량 줄어들어 결과적으로 농가의 연료비도 절감할 수 있었다. 또한 AWD는 노동 집약도가 낮아 관리 비용을 20~25% 절감하여 농가 수입이 증가하였다 (Lasco et al., 2011).

3.2.2.8. 소득 다각화(Income Diversification)

소득 다각화는 기후변화로 인한 농가 소득 변동성에 대응하여 농가가 **비농업 활동에 참여**하거나 **농작물 재배-가축 사육 전환** 등을 통해 불리한 기후 조건이 발생 때 안정적인 소득을 확보할 수 있는 조치이다. 라오스 비엔티엔 평원과 사반나케트 지방에서는 농가가 기후 스트레스로 인한 농업 소득 손실을 보전하기 위해 농작물 재배 뿐만 아니라 가축을 기르고 주변 지역에서 자연 자원을 활용하여 소득을 다각화 하는 것이 일반적인 관행이다(Snidvongs, 2008; Lasco et al., 2011).

3.2.2.9. 보험 구매(Buying Insurance)

농가는 인적 자산, 물적 자산, 가축이나 농작물 등에 발생할 수 있는 여러 가지 위험을 보장하기 위해 여러 형태의 보험을 구매함으로써 기후변화 위험에 대응할 수 있다. 예를 들어, 기후변화의 건강 위험을 높게 인식하는 농가는 건강 보험을 구매할 가능성이 있다. 이러한 보험 구매 혹은 보험에 대한 투자는 농가가 기후변화의 위험을 어떻게 인식하느냐에 따라 다르게 반영된다(Le Dang et al., 2014).

3.2.2.10. 농림기상 정보 활용(Using Agro-Climate Information)

농림기상 정보 활용은 농작물 재배 및 관리와 관련된 기후 정보를 활용하여 농가가 기후 조건을 더 잘 이해하고 관리할 수 있도록 돕는 형태의 기후변화 적응조치이다. Lasco et al.(2011)에 따르면 농가의 정확한 기후 정보의 활용은 농가가 개량종의 재배 및 수확 일정을 적절하게 조정하고, 개별 기후 상황에 맞는 품종 관리를 시행함으로써 개량종 도입의 효과를 극대화할 수 있다.

3.3. 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응 역량 강화를 위한 국제적 지원

농가의 기후변화 적응 역량을 강화하기 위해서는 기상·기후 정보를 다루는 기관과의 협력과 참여가 필수적이다(Wood et al., 2014). 기상·기후 정보의 부족은 효과적인 기후변화 적응의 주요 장애물 중 하나로(Muema et al., 2018), 시의적절하고 정확한 기후정보 서비스에 대한 접근성은 특히 농업 부문에서 효과적인 기후변화 적응에 매우 중요하다(Jones et al., 2000).

국가 및 기관이 제공하는 기상정보는 상대적으로 낮은 비용으로 다수의 농가에 큰 영향을 미칠 수 있다. 정보통신기술(Information and Communication Technology, ICT)의 발전에 따라 정보의 수집과 전파가 더욱 용이해졌고, 이는 기후변화와 그 대응에 필요한 정보가 농촌 지역까지 빠르게 전달·확산될 수 있는 환경을 만들었다. 베트남에서 기후정보 서비스는 주로 정부 기관, 국제 기구, 연구 기관, 비정부 기구에 의해 제공되고 있다(Christoplos et al., 2017). 기후변화의 영향을 관리하는 부서인 천연자원환경부(Ministry of Natural Resources and Environment, MONRE)는 농업농촌개발부(Ministry of Agricultural and Rural Development, MARD)와 협력하여 기후변화 시나리오를 만들고 국가 기후변화 목표 프로그램을 개발한다. 이러한 정부 부처들은 지역, 지방, 국가 수준에서 기후변화 부서를 운영하며, 각 수준에서 기후 위험 관리 계획을 수립하는데 필요한 기상정보를 제공한다. 정부 주도의 기후정보 서비스 제공 뿐만 아니라 국제적 지원 및 국제기구와의 협력을 통해서도 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응 역량을 강화하고 있다.

3.3.1. DeRisk South East Asia

DeRisk South East Asia는 동남아시아 농업 부문 기후 위험 관리를 위해 기획된 프로젝트로, World Meteorological Organisation(WMO, Switzerland), University of Southern Queensland(USQ, Australia), International Centre for Tropical Agriculture(CIAT, Vietnam)와 같은 여러 국가의 다자협력을 통해 수행(2018년~2023년)되었다. 사업 대상 국가는 메콩강 유역의 베트남, 라오스, 캄보디아, 미얀마로 기후변화에 대한 취약성이 높은 지역이다.

DeRisk 사업에서는 기후변화와 관련된 여러 위험을 관리하고 농업 부문에서의 적응력을 높이기 위해 기후 예측 프로그램을 활용한다. 특히, DeRisk 사업의 주요 목표 중 하나는 **농림기상 정보지(Agro-Climatic Bulletin, ACB)의 개발 및 배포**이다. ACB는 농업 생산과 관련된 기후 정보와 기상 예보를 기반으로 농가에 농업 생산과 관련된 의사결정을 위한 정보를 제공한다.

강수량, 온도, 습도 등의 기상 정보는 농가들이 수확 일정과 비료와 살충제 사용량을 결정하는데 사용된다.

DeRisk 사업은 2020년부터 2024년까지 베트남 농업농촌개발부의 재배업 관리국(Department of Crop Production)과 협력하여 농림기상 정보지를 개발하여 메콩강 삼각주 지역의 13개 성, 52개 군, 521개 코뎀에서 22만 명 이상의 농민들에게 혜택을 제공하였다. 농민들은 마을 계시판, 마을 확성기 방송, 현지 메신저 어플리케이션(Zalo) 등을 통해 기후정보를 제공 받았다. 예를 들어, 티엔장(Tien Giang)성에서는 계절별, 월별, 10일 단위로 발행되는 3개의 ACB를 배포하여 농가에서 농업 생산 의사 결정에 활용할 수 있도록 하였다. 티엔장 성의 농민 202명을 대상으로 한 설문조사에 따르면, ACB의 도입은 쌀 수확량의 증가와 관련을 보였는데, 농림기상 정보를 활용한 농가들은 헥타르당 평균 266kg의 쌀 수확량 증가와 약 78달러의 수익 증가를 기록했으며, 39.6%의 농민들이 살충제 비용이 감소하였다고 답변하였다(Swaans. C. & Le, T. T., 2024).

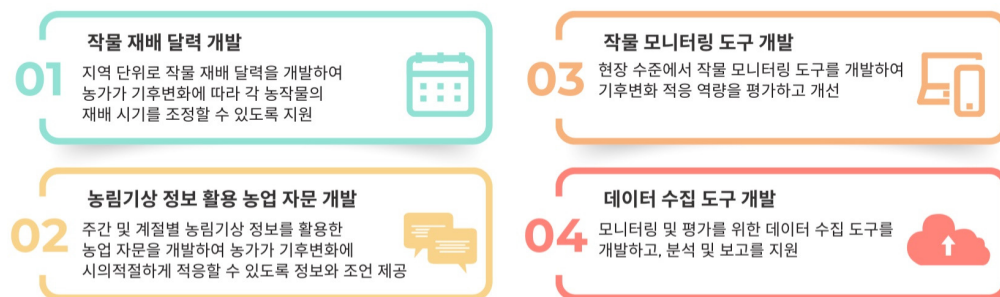
이러한 결과를 바탕으로 베트남의 농림부(The Ministry of Agriculture and Rural Development, MARD)는 ACB 개발 및 배포 과정을 유용한 기술로 인정하여 13개 메콩강 삼각주 지역 전체로 확장하였으며, 연간 약 17,000달러의 정부 예산을 확보한 베트남 정부 정책의 일환이 되어 국가 작물 관리 및 기후 변화 적응 대책에 기여하였다. 정부의 강력한 지지와 메콩강 삼각주 13개 성에서 Technical Working Group(TWG)의 기여를 바탕으로 ACB를 베트남에서 성공적으로 구현하고 확산하였다. 또한, 지역 기술 농림기상 위원회(Local Technical Agroclimatic Committees, LTAC)를 통해 다양한 이해관계자들 간의 대화를 촉진하고, 기후 변동성에 대한 대응 방안을 제시하며 농업 계획 및 의사 결정에 필요한 조언을 제공하였다. 이를 통해 DeRisk 사업은 메콩강 삼각주 지역 농가의 농업 생산성을 향상시키고 기후변화에 대한 회복력을 강화하는 기여하였다고 평가받는다.

3.3.2. SAMIS(Strengthening agro-climatic monitoring and information systems)

SAMIS는 라오스의 국가 및 지방 수준에서 농림기상 데이터를 모니터링 및 분석하고, 커뮤니케이션을 강화하여 농업 정책 및 기후변화 적응을 지원하기 위해 기획된 프로젝트로 2018년부터 2021년까지 Food and Agriculture Organization(FAO)에 의해 수행되었다. SAMIS는 라오스 농림부(MAF), 환경부(MoNRE)와 긴밀하게 협력하여 국가, 지역, 마을 단위의 농업 계획 및 의사결정을 위한 기후 정보를 제공한다.

라오스의 농가들은 농림기상 정보 및 자문을 활용하여 작물 품종을 선택하거나, 물과 비료 사용

등의 농업 기술을 개선하고 있다. 또한, 이러한 자문은 LaCSA 시스템으로 통합된 후 농민학교 (farmer field school), 방송, 그리고 소셜 미디어(WhatsApp, Facebook 등)를 통해 10만명 이상의 농가에 전달되었다. SAMIS는 DeRisk와 협력하여 LaCSA 시스템에 유용한 기술 정보를 제공하여 라오스 기후정보 서비스 시스템 발전에 기여하였다. 이러한 협력은 DeRisk가 SAMIS를 위한 특정 활동을 지원하는 것을 시작으로 여러 분야로 확장되었다. 주요 협력 분야는 아래와 같다.



SAMIS는 DeRisk가 도입한 도구와 접근 방식을 채택하여 LaCSA 시스템에 통합하여 적용하였다. 이에 따라 100,000명 이상의 라오스 농민의 80% 이상이 마을 확성기(loudspeakers) 방송을 통해 농림기상 정보 및 농업 자문을 제공받아 기존의 농업 관행을 개선하였다. 구체적으로 △작물 품종 선택, △파종 시기 조정, △물 관리 전략 등을 활용하였다. LaCSA의 정보를 기반으로 농업 관행을 조정한 결과 평균 작물 생산량은 17%, 평균 총소득은 33% 증가했으며, 생산 비용은 비료와 살충제 사용 증가로 8% 증가했지만 해충으로 인한 손실은 77.4% 감소한 것으로 나타났다(Swaans. C. & Kim, K. H., 2023).

3.3.3. LaCSA(The Laos Climate Service for Agriculture)

LaCSA는 라오스의 농림기상 정보를 포함한 농업 관련 기후 정보 서비스로 농업 생산자, 농업 역량강화 서비스(agricultural extension services)와 같은 서비스 제공자, 그리고 농업 정책 의사결정자들이 농작물 재배 시기를 예측하고 기후변화에 적절하게 대응할 수 있도록 지원한다. LaCSA는 라오스 통계청(Lao Statistics Bureau, LSB)과 협력하여 라오스의 모든 기상 관측소에서 수집한 데이터를 하나의 데이터베이스로 통합하여 농가에 단기 및 중기 기상 예보 뿐만 아니라 계절 예측 자료, 특정 작물에 대한 자문 정보를 제공한다. 또한 LaCSA는 토양, 작물, 해충 데이터와 같은 농업 기후 정보 서비스를 제공하는데, 이는 관련 이해관계자들에게도 유용한 정보가 된다. 예를 들어, 가장 많이 재배되는 작물(쌀, 카사바, 옥수수, 커피, 바나나, 양배추)에 대한 관리 권장 사항을 제공하고 해충과 질병을 가장 효과적으로 관리 할 수 있는 방법을

알리거나, 예상 재배 수와 생장유효적산온도(Growing Degree Days, GDD)와 같은 특정 작물 지표나 수확량 예측을 제공한다. 이와 같은 정보는 농민친화적인 형식으로 요약되어 주간 또는 월간 정보지 형태로 무료로 제공된다.

3.3.4. 메콩강위원회(Mekong River Commission, MRC)

MRC는 1995년 베트남, 캄보디아, 라오스, 태국의 국제적 공조를 통해 설립된 기구로, 메콩강 유역의 수자원 개발을 조정하기 위한 활동을 하고 있다. MRC는 메콩강 유역의 홍수 관리 및 가뭄 예·경보 시스템을 개발하고 운영하며 기후정보 시스템을 구축해왔다. 또한, 농어민의 기후 변화 대응을 지원하는 정책기구인 메콩강 위원회 기후변화 대응 행동(MRC's Climate Change and Adaptation Initiative, CCAI)과 같은 정책 기구를 통해 농어민의 기후변화 대응을 지원하고 있다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 실질적이고 효율적인 홍수·가뭄 관리 체제를 정착시키는 데에는 여러 기술적, 정책적 어려움이 존재한다. 주요 도전과제는 다음과 같다.

01

예측의 정확도 부족

기후변화와 관련된 예·경보 시스템의 예측 정확도를 높이는 것이 중요하지만 기술적 한계로 정확도가 불충분한 경우가 발생

02

회원국 간 협력 부족

MRC는 회원국 간의 긴밀한 협력을 필요로 하지만 국가 정책상의 이견과 실무적 협조 부족 등이 문제로 작용

03

수문기상 자료의 부재

정확한 예·경보를 위해 필요한 수문기상 자료가 부족하여 효율적인 관리 체제를 구축하는데 어려움이 존재

04

실용성 있는 예·경보 제시의 어려움

회원국 간의 국경을 초월한 실용성 있는 예·경보 방법의 제시가 필요하지만 기술적, 정책적 장벽으로 인해 어려움이 존재

위와 같은 국제적 공조 활동들은 메콩강 유역의 지속 가능한 발전과 기후변화 대응을 위해 필수적이다. 이러한 국제적 지원은 메콩강 유역의 기후변화 대응 역량을 향상시키고 지역 주민들의 삶의 질을 개선하는데 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 기술적, 정책적 어려움이 여전히 존재하여 면밀한 효과성 평가(impact evaluation)를 통해 사업의 장점을 극대화하고 단점을 보완하기 위한 대안 마련이 필요하다. 따라서 본 연구(세부연구 2)에서는 농가의 기후변화 적응 역량을 강화하기 위한 농업 기후정보 서비스의 도입 의사결정에 영향을 미치는 요인을 분석하고 농가의 기후변화 적응조치 활용을 촉진하기 위한 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

3.4. 분석 목적 및 필요성

본 연구는 개별 농가가 기후변화에 대응하기 위해 선택할 수 있는 대표적 전략인 **기후변화 적응 조치의 도입 의사결정 요인**을 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 본 연구는 베트남과 라오스의 메콩강 유역 가구 설문조사를 통해 수집된 데이터를 바탕으로 농가의 기후변화 적응조치 활용 양상을 심층적으로 살펴보고자 한다. 또한, 인구통계적 특성, 사회·경제적 변수, 기후변화 정보에 대한 접근성, 기후변화로 인한 피해 경험, 인지적·비인지적 능력 등 다양한 요소를 종합적으로 고려하여 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정에 영향을 미치는 요인들을 분석한다. 이러한 분석을 통해 향후 농가의 **기후변화 적응조치 도입을 촉진하고 지원하기 위한 정책적 시사점**을 도출하고자 한다.

중·저소득 국가에서는 농업이 경제에서 차지하는 비중이 크고 기후변화로 인한 극심한 기후 조건에 특히 취약하다. 이로 인해 농업 생산성 감소, 식량 부족, 소득 불안정 등의 문제에 직면하고 있으며, 이러한 문제는 농가의 생계 및 삶의 질에 부정적인 영향을 미친다. 특히, 메콩강 유역은 기후 위협에 취약하여 기후변화에 대응하기 위한 실질적이고 체계적인 적응조치가 요구된다.

이와 같은 맥락에서 농가가 기후변화에 대응하기 위해 어떤 적응조치를 선택하고 어떻게 도입 의사결정을 내리는지 이해하는 것은 중요하다. 이는 농가가 직면한 현실적 어려움을 해결하고, 보다 효과적인 기후변화 대응 정책과 농가 지원 프로그램을 개발하는 데 필수적이다. 특히, 중·저소득 국가의 농가는 자원 및 정보 접근성이 제한적이므로 기후변화에 효과적으로 대응할 수 있는 역량을 강화하기 위해 정부 및 국제기구 등으로부터의 기술적·재정적 지원과 교육, 그리고 적절한 정보 제공이 필요하다. 따라서, 본 연구는 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정에 영향을 미치는 주요 요인들을 분석하여 지원 우선순위를 정하고, 보다 효과적인 지원 방안을 제시하는데 기여할 것이다.

또한, 본 연구는 메콩강 유역뿐만 아니라 유사한 환경과 조건을 가진 중·저소득 국가와 지역에서도 적용 가능한 기후변화 대응 전략을 개발하는데 기여하고자 한다. 이는 농가가 실제로 어떤 기후변화 적응조치를 효과적이라고 인식하고 선택하는지에 대한 심층적인 이해를 기반으로 한다. 특히, 각 지역의 특성과 기후변화 위협을 고려하여 맞춤형 기후변화 대응 전략을 수립하는데 활용할 수 있는 정보를 제공하여 지역 사회와 국가 차원에서 기후 회복력을 강화할 수 있는 기틀을 마련하는데 기여하고자 한다.

따라서 본 연구는 메콩강 유역 농가의 기후변화 적응조치 활용 양상과 도입 의사결정 요인에 대한 이해를 증진시켜 농가의 기후변화 대응을 촉진할 수 있는 정책 개선과 개발에 기여하고자 한다. 또한, 이를 통해 농가의 기후변화 대응 역량을 향상시켜 농업 생산성 증대, 식량 안보 확보, 빈곤 완화 등의 목표를 달성하는데 기여하고, 궁극적으로 지속 가능한 농업 및 농촌 발전에 이바지하고자 한다.

3.5. 선행연구 검토

농가 단위에서 이루어지는 기후변화 적응조치는 농가가 기후변화로 인한 부정적인 영향을 완화하기 위해 채택하는 다양한 농업적·비농업적 기술적 대응을 의미한다. 이러한 기후변화 적응조치의 도입은 미래의 불확실한 기후 상황에 대비하여 농가가 현재의 행동을 조정하는 복잡한 과정이며, 이에 따라 다양한 요인들이 복합적으로 작용한다. 주요 의사결정 요인으로는 농가 구성원의 △연령, △교육 수준, △소득 및 자산 수준, △신용 접근성 등의 인구통계적 요인 및 사회·경제적 요인, △기후에 대한 전망, △인지적·비인지 능력, △사회적 연결망, △기후변화 정보 접근성, △기후변화 적응조치에 대한 인식 등이 포함된다. 이러한 요인들은 농가의 기후변화 적응조치 도입에 중요한 영향을 미치는 의사결정 변수로 작용할 수 있다.

농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정에 영향을 미치는 요인을 분석하는 것은 농가의 기후변화 대응 역량을 강화하기 위한 정책의 개발과 실행에 있어 중요한 시사점을 제공한다. 선행연구들은 이러한 배경에서 다양한 분석을 진행해왔으며, 그 결과 농가의 적응조치 도입 의사결정에 있어 인구통계적 요인뿐만 아니라 경제적 자원, 기술적 지원, 사회·문화적 배경이 주요한 변수로 작용한다는 점을 확인하였다. 구체적으로, Dang et al.(2019)는 기후변화 적응조치와 관련된 선행연구를 검토하여 기존 연구들이 농가의 기후변화 적응조치의 도입 의사결정 요인으로서 인구통계적 요인, 경제적 요인, 자원 및 기술적 요인, 제도 및 정치적 요인, 사회 및 문화적 요인, 인지 및 심리적 요인에 주목했음을 확인하였다. 그러나 상대적으로 사회·문화적 요인과 인지·심리적 요인에 대한 연구가 부족하다는 점을 강조하였다.

대다수의 선행연구는 농가의 기후변화 적응조치 도입에 있어 농가의 신용 접근성과 자원 활용의 중요성을 중점적으로 다루었다. 이는 농가가 필요한 자금과 자원에 대한 접근이 용이할수록 기후변화에 대응하는 적응조치를 보다 적극적으로 도입할 수 있다는 논리에 기반한다. 그러나 최근 연구들은 농가의 기후변화 적응조치 도입에 영향을 미치는 요인으로 기후변화 정보 접근성, 사회적 연결망, 자기효능감, 위험선호도 등 보다 심리적이고 사회적인 요인들에 대한 관심을 확장하고 있다.

특히, 기후변화 정보 접근성에 대한 연구는 주로 농가가 TV, 라디오 등의 전통적인 매체나 이웃 농가와의 교류를 통해 기후정보를 습득하는지에 초점을 맞추고 있다. 최근에는 정보통신기술(Internet and Communication Technology, ICT)의 발달에 따라 모바일 애플리케이션이나 소셜 미디어를 통한 기후정보 제공과 농업지도서비스(agricultural extension services)와

ICT 기술을 결합한 농가 지원의 효과를 분석하는 연구도 진행되고 있다. 예를 들어, Djido et al.(2021)은 가나에서 모바일 기기를 통해 전달된 기후정보가 농가의 수자원 관리, 개량종 도입, 혼작(multiple-cropping) 등 다양한 기후변화 적응조치의 도입에 유의미한 영향을 미친다는 결과를 제시하였다. 또한, 메콩강 유역을 대상으로 한 KOICA(2022)와 CGIAR(2022)의 연구는 DeRisk 사업에 참여한 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정 및 농업 생산성에 미치는 효과를 분석하였으며, 이들 연구 모두 기후변화 정보 접근성이 농가의 기후변화 적응 수준 향상에 긍정적인 영향을 미쳤음을 확인하였다.

또한, 사회적 연결망은 농가의 기술 수용과 기후변화 적응조치 도입에 있어 중요한 요인으로 주목받고 있다. Di Falco(2019)와 Paul(2016)은 소규모 농가들이 주변 농가의 기후변화 적응조치 도입 여부에 영향을 받는다는 점을 밝혔다. 이들 연구는 농가 간 활발한 교류가 있을수록, 특히 사회적 연결망 내에서의 상호작용이 농가의 적응조치 도입을 촉진하는 중요한 요인임을 강조하였다. 농민의 비인지적 요인도 농가의 기후변화 적응도치 도입에 영향을 미친다. 여러 연구들은 농가의 위험선호도와 자기효능감이 기후변화 적응조치 도입 의사결정에 어떻게 작용하는지 주목했다. 특히, Kreft(2021)는 비인지적 능력이 일반적인 인구통계학적 변수나 자원 활용보다 농가의 행동을 더욱 잘 설명한다고 강조하며, 이는 농가가 기후변화에 직면했을 때 어떻게 대응하는지를 예측하는 중요한 요인임을 밝혔다.

따라서, 본 연구는 **인구통계적 및 사회·경제적 요인**뿐만 아니라 연구 대상 지역에서 제공된 기상 예보 및 농업 조언 서비스와 같은 농업 **기후정보 서비스 접근성**, **사회적 연결망**, 그리고 **비인지적 능력**을 포함하여 농가의 기후변화 적응조치 도입에 영향을 미치는 요인을 포괄적으로 분석한다. 이를 통해 메콩강 유역 농가의 기후변화 대응 역량을 강화할 수 있는 실질적이고 다차원적인 정책적 시사점을 제공하고자 한다.

3.6. 분석 모형

본 연구는 메콩강 유역의 베트남과 라오스에서 자체적으로 수집한 가구 설문조사 자료에 기반하여 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정 요인을 분석한다. 메콩강 유역 국가의 농가에서 도입하여 적용 가능한 기후변화 적응조치들을 주된 종속 변수로 설정하였다. 개별 기후변화 적응조치 외에도 개별 기후변화 적응조치들이 가지는 고유한 특성을 고려하여 유사한 특성별로 분류하였으며, 이를 활용하여 전반적인 기후변화 적응조치 활용 성향을 나타내는 기후변화 적응조치 지수를 추정하였다.

유사한 특성에 따른 기후변화 적응조치 분류는 다음과 같다: △품종/작물 다각화(작물 다각화, 종자 품종 변경), △농법 조정(재배 일정 조정, 재배 기술 조정), △물 사용관리/시설개선(물 사용 관리, 개별 물 시설 개선, 공용 물 시설 개선), △기후정보 활용, △소득 다각화, △보험 가입. 다만, 라오스의 경우 보험 가입을 통해 기후변화에 대응한 가구는 없었기 때문에 보험 가입의 기후변화 적응조치는 분석에서 제외하였다.

또한 농가의 전반적인 기후변화 적응조치 활용 정도를 측정하기 위해 주성분분석(Principal Component Analysis, PCA)을 이용하여 기후변화 적응조치 지수를 추정하였다. 주성분분석은 상호 관련된 여러 변수로 구성된 다변량 데이터에서 변수 간 상관관계를 바탕으로 이들 변수가 나타내는 변화(variation)을 가급적 유지하면서 데이터를 축소하여 공통된 주요 패턴을 찾는 통계적 기법이다(Jolliffe, 2002). 주성분분석은 여러 변수 간의 상관관계를 고려하여 주요 패턴을 파악하고 이를 반영한 가중치로 변수를 결합하기 때문에 주관적인 가중치 설정 없이 자동으로 최적의 가중치를 추정하여 지수를 산출한다.

작물 다각화	품종/작물 다각화	기후변화 적응지수
종자 품종 변경		
재배 일정 조정	농법 조정	
재배 기술 조정		
물 사용 관리	물 사용관리/시설개선	
개별 물 시설 개선		
공용 물 시설 개선		
소득 다각화	소득 다각화	
기후정보 활용	기후정보 활용	
보험 가입	보험 가입	

본 연구에서는 주성분분석을 통해 개별 기후변화 적응조치 변수들 사이의 상관관계를 고려한 가중치를 설정하여 각 변수들이 공유하는 공통된 정보를 요약·결합하여 종합적인 지수를 생성한다. 개별 기후변화 적응조치 변수(X_i)는 더미 변수로 농가가 기후변화 적응조치를 도입한 경우 1, 도입하지 않은 경우 0의 값을 가진다.

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{if 농가가 기후변화 적응조치 } i \text{를 도입한 경우} \\ 0 & \text{if 농가가 기후변화 적응조치 } i \text{를 도입하지 않은 경우} \end{cases}$$

개별 기후변화 적응조치 변수를 표준화한 후, 이를 활용하여 공분산 행렬을 계산하여 주성분을 구성하는 변수의 가중치인 고유벡터와 각 주성분이 설명하는 분산의 크기를 나타내는 고유값을 계산한다. X_i 가 기후변화 적응조치 i 이고, μ_i 가 기후변화 적응조치 i 의 평균, σ_i 가 기후변화 적응조치 i 의 표준편차일 때, 기후변화 적응조치 i 의 표준화 값($X_{i, std}$)과 표준화된 적응조치 변수들의 벡터(X_{std})를 활용한 주성분(C)은 다음과 같이 산출한다. 여기서 V_i 는 고유벡터, λ_i 는 고유값을 나타낸다.

$$X_{i, std} = \frac{X_i - \mu_i}{\sigma_i}$$

$$C = \frac{1}{N} X_{std}^T X_{std}$$

$$CV_i = \lambda_i V_i$$

여러 주성분 중에서 데이터의 변동성을 가장 잘 설명하는 첫 번째 주성분을 활용해 다음과 같이 기후변화 적응조치 지수를 산출한다. 첫 번째 주성분은 각 변수의 선형 결합으로 표현되며 각 변수에 부여된 가중치는 해당 변수가 지수에 기여하는 정도를 나타낸다. 여기서 p 는 지수를 추정할 때 사용한 개별 기후변화 적응조치의 갯수이다.

$$\text{기후변화 적응조치 지수} = v_1 X_1 + v_2 X_2 + \dots + v_p X_p$$

주요 설명변수로는 인구통계적 변수, 사회·경제적 변수, 정보 접근성 변수, 자원 및 기술적 요인 변수, 기후변화에 대한 인식, 기후변화로 인한 피해 경험, 기후변화 적응조치에 대한 인식, 응답자의 비인지 능력, 사회적 연결망 등 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정에 영향을 줄 수 있는 다양한 요인들을 포함한다. 인구통계적 요인은 농민의 나이, 성별, 교육 수준, 전체 가구원 수, 가구 내 성인 수 등을 고려하였으며, 사회·경제적 정보는 가구의 개별 자산의 보유 여부에 기반하여 PCA를 사용하여 추정된 자산 지수, 보유 농지 규모, 가구의 주업이 농업인지 여부

등을 고려하였다. 자원 및 기술적 요인으로는 농업 경험 연수, 금융 접근성, 농업과 관련된 정보 및 기술을 습득할 수 있는 농촌지도 서비스 경험 여부 등이 포함되었다. 또한, 어려움이나 문제가 발생했을 때 이를 스스로 해결할 수 있다고 생각하는지에 대한 주관적인 인식인 자기효능감과 같은 농민의 비인지능력과 어려움에 처했을 때 주변에서 도움을 받을 수 있는 기회나 농업과 관련된 정보를 나눌 수 있는 이웃의 존재 등을 고려하여 측정한 사회적 연결망을 주요 설명변수로 고려하였다. 또한, 농가의 기후변화에 대한 인식(기후변화 일반에 대한 인식, 가뭄에 대한 인식, 홍수에 대한 인식), 기후변화로 인한 과거 피해 경험(홍수 혹은 가뭄으로 인한 농업 피해 심각 정도), 기후변화 적응조치에 대한 인식 등도 주요 설명변수로 고려하였다. 다양한 정보의 원천으로부터 기후정보에 접근할 수 있는지 여부를 나타내는 기후정보 접근성²¹⁾ 역시 기후변화 적응조치 도입의 중요한 요인으로 고려하였다.

기후변화 적응조치 지수를 종속변수로 하는 분석에서는 최소자승추정법을 활용한 다중선형회귀 분석(Multiple Ordinary Least Squares; Multiple OLS)을 사용하여 다음과 같이 농가의 기후변화 적응조치 도입 성향을 설명하는 의사결정 요인을 추정하였다. 지리적 이질성에 따른 차이를 통제하여 내생성 문제를 완화하고자 기후변화 대응 의사결정에 미치는 요인을 마을(village) 단위의 고정효과를 통제하여 분석하였다.

$$(3-1) \quad y_i = \alpha + \beta_1 access_i + X_i \beta_2 + u_i^{22})$$

y_i : 기후변화 적응조치 지수

$access_i$: 기후정보 접근성

X_i : 설명변수 벡터(기후변화 적응조치 의사결정 요인)

u_i : 오차항

개별 기후변화 적응조치의 도입 여부와 특성별로 분류한 기후변화 적응조치의 도입 여부 등 종속변수가 더미변수인 경우에는 선형회귀분석 활용한 Linear Probability Model(LPM)과 더불어 로지스틱 회귀분석(Logistic regression) 혹은 로짓(Logit) 분석을 사용하여 다음과 같이 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정 요인을 추정하였다.²³⁾

21) 기후변화 정보 수용 여부의 경우 수용한 정보별(기상예보, 농업 조언 등), 정보의 출처별(라디오, 마을 단위 게시판, 모바일 애플리케이션 등), 사업별(DeRisk, LaCSA, 지방정부의 농업지도)로 세분화한 분석을 진행한다.

22) 해당 모형 및 이후 모형에서는 모두 강건한 표준오차(Heteroscedasticity robust standard error)를 사용한다.

23) 이후 편의상 변수 및 변수 계수에 대하여 이전과 동일한 부호를 중복으로 사용하도록 한다. 다만 실제로는 각각 다른 값을 추정함을 밝혀둔다.

$$(3-2a) \quad y_i^* = \alpha + \beta_1 advise_i + X_i \beta_2 + u_i = \begin{cases} 1 & \text{if } y_i^* > 0 \\ 0 & \text{if } y_i^* \leq 0 \end{cases}$$

$$(3-2b) \quad P(y_i = 1) = \frac{\exp(\alpha + \beta_1 advise_i + X_i \beta_2 + u_i)}{1 + \exp(\alpha + \beta_1 advise_i + X_i \beta_2 + u_i)}$$

또한, 개별 기후변화 적응조치 및 범주에 속한 기후변화 적응조치 사용 여부에 대하여 최소자승추정법을 각각 실시할 경우, 종속변수의 오차항 간 상관관계로 인해 효율성이 저해될 가능성이 있어 Zellner(1962)가 제시한 SUR(Seemingly Unrelated Regression) 추정치(β_{SUR})를 활용한다.

$$\beta_{SUR} = [X'(\Sigma^{-1} \otimes I_3)X]^{-1} X'(\Sigma^{-1} \otimes I_3)Y$$

실제 추정에 있어서는 각 종속변수에 대한 OLS 분석을 통해 추정한 분산·공분산행렬을 사용하여 GLS(Generalized Least Squares) 추정치를 결합적으로 도출한다(β_{SUR}). 이후 모형에서도 상관성이 존재하는 복수의 종속변수를 사용할 경우 오차항 간 상관관계를 고려한 모형을 사용한다.

또한, 농가에서 동일하게 특정 기후변화 적응조치를 도입하였거나 혹은 도입하지 않았다고 하더라도 적응조치에 대한 지식 정도, 향후 도입 혹은 지속적 활용 의지 등에 따라 도입 성향이 다를 수 있다는 점에서 기후변화 적응조치 구분별 기후변화 대응의 강도 및 미래 채택 의지를 추정하기 위해 순서형 로지스틱 회귀분석(Ordered logistic analysis)을 실시하였다. 기존 선행 연구에서는 적응조치를 시행하였는지 여부를 종속변수로 두고, 일반 로짓 또는 프로빗 모형을 주로 사용하였으나, 본 연구에서는 로짓분석 외에도 기후변화 적응조치의 강도를 반영한 분석을 위해 순서형 로짓 분석 모형을 사용하였다(Long, 1997). 기후변화 적응조치별 시행강도는 5개의 기후변화 적응조치 구분에 대해 해당 조치를 알고 있는지 여부, 실행 방법을 아는지 여부, 현재 실행 여부, 미래 실행 의지를 고려하여 총 5개의 서열척도로 구분하여 설명변수가 서열척도로 구성된 범주형 종속변수에 미치는 영향이 유의미한지를 아래와 같이 추정하여 검정하였다.

$$(3-3) \quad P(y_i > j) = \frac{\exp(X_i' \beta - \tau_j)}{1 + \exp(X_i' \beta - \tau_j)} \quad j = 1, 2, 3, 4, 5$$

$y_i = 1$: 적응조치에 대해 알지 못함

$y_i = 1$: 적응조치를 알지만, 실행하는 방법은 알지 못함

$y_i = 2$: 적응조치를 실행하는 방법은 알고 있으나 지난 1년간 실행하지 않음

$y_i = 3$: 지난 1년간 실행하였으나 미래에 실행할 의사는 없음

$y_i = 5$: 적응조치를 지난 1년간 실행하였으며, 미래에도 실행할 의사가 있음

3.7. 분석 데이터

3.7.1. 가구 설문조사 자료

본 연구팀은 베트남과 라오스에서 현지 파트너 기관과 협력하여 농가 설문조사를 실시하였다. 베트남의 경우, 2022년에 본 연구팀이 실시한 설문조사에 참여한 베트남 티엔장(Tien Giang) 성의 농가를 대상으로 설문조사를 실시하여 패널 자료(Panel data)를 구축하였다. 패널 자료란 동일한 조사 대상자를 동일한 조사항목을 중심으로 여러 시점에 걸쳐 수집한 자료로 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, 특정 주제가 시간이 흐르면서 어떤 변화를 보여주는지 관찰할 수 있으며, 둘째, 필요한 정보에 대한 횡단면적인 자료 뿐만 아니라 시계열 자료를 획득할 수 있다. 이로 인해 다차원적인 정보를 얻을 수 있다는 이점을 지닌다.

베트남의 경우, 2022년에 설문이 진행되었던 티엔장(Tien Giang) 성의 5개 군(district) 내 각 2개 꼬문(commune), 각 꼬문마다 다시 2개 마을(village)에서 설문조사를 진행하였다. 2022년 설문조사 당시 해당 군, 꼬문, 마을은 무작위로 선정되었다. 이번 설문조사는 2024년 9월 5일부터 9월 19일(조사원 교육 및 사전조사 기간: 2024년 9월 5일~9월 8일)까지 실시하였으며, 마을당 응답자의 수는 약 16가구로 마을의 상황에 따라 2022년 설문조사에 참여했던 가구 중 추적 가능한 가구의 수가 상이하여 최소 11가구에서 최대 20가구가 응답에 참여하였다.

라오스의 경우, 비엔티엔(Vientiane) 성 내 3개 군(district)을 조사 대상 지역으로 선정하였고, 각 군마다 2개의 마을(village)을 무작위로 선정하여, 총 3개 군 6개 마을에서 308가구를 대상으로 2024년 6월 17일부터 6월 28일(조사원 교육 및 사전조사 기간: 2024년 6월 17일~6월 21일)까지 설문조사를 실시하였다. 각 마을에서 최소 47가구가 포함되도록 설문조사가 진행되었으며, 군 및 마을간 응답자 수가 차이 나지 않도록 응답자를 식별에 주의를 기울였다.

설문문항은 △가구 구성원의 인구통계학적 정보, △농업 자원 및 자산 현황, △주요 작물별 농업 생산성 및 농업 소득, △기후변화에 대한 인식 및 태도, △기후변화 대응조치 실행 여부, △기후변화 정보 접근성, △자기효능감 및 사회적 관계, △주관적 행복감 등을 측정하는 문항으로 구성되어 있다. 베트남에서 실시한 설문조사와 유사한 모들을 보유하고 있으나, 라오스 현지 농가 상황에 맞게 재배 작물 및 제공된 기후 정보 등 변수를 측정 문항이 다르게 구성되었다.

3.7.2. 설문조사 가구 기초통계량

라오스와 베트남의 각 마을별 설문조사가 완료된 가구 수는 <표 3-1>, <표 3-2>와 같다.

<표 3-1> 라오스 마을별 설문조사 수 분포

군(district)	마을(village)	완료된 설문조사 수
Phônông	NOO TOO	54 (17.5%)
	AOO XOO	47 (15.3%)
Thoulakham	NOO POO	58 (18.8%)
	BOO POO	47 (15.3%)
Thoulakham	NOO	48 (15.6%)
	POO TOO	54 (17.5%)
합계		308 (100%)

<표 3-2> 베트남 마을 별 설문조사 수 분포

군(district)	교문(commune)	마을(village)	완료된 설문조사 수
Go Cong Dong	TOOO HOOO	TOO NOO	16 (5.0%)
		XOO GOO	16 (5.0%)
	TOOO TOOO	AOO	16 (5.0%)
		AOO	16 (5.0%)
Tan Phu Dong	TOOO TOOO	TOO HOO	16 (5.0%)
		TOO BOO	16 (5.0%)
	POOO DOOO	LOO QOO	16 (5.0%)
		BOO TOO	16 (5.0%)
Go Cong Tay	LOOO BOOO	KOO NOO	16 (5.0%)
		LOO HOO	16 (5.0%)
	DOOO SOOO	TOO TOO	16 (5.0%)
		KOO TOO	16 (5.0%)
Go Cong Town	LOOO HOOO	HOO HOO	16 (5.0%)
		HOO POO	16 (5.0%)
	BOOO XOOO	TOO NOO	16 (5.0%)
		AOO	16 (5.0%)
Cho Gao	HOOO DOOO	AOO COO	16 (5.0%)
		NOO HOO	16 (5.0%)
	POOO KOOO	POO LOO	11 (3.4%)
		POO KOO	20 (6.3%)
합계			319 (100%)

설문조사에 참여한 가구의 특성을 살펴보면 다음과 같다(〈표 3-3〉). 베트남과 라오스에서 설문 조사를 완료한 가구의 가구주 성별 분포의 경우, 베트남과 라오스 모두 남성 가구주 가구의 비율이 여성 가구주 가구의 비율보다 3배 이상 높게 나타났다. 베트남은 총 319가구 중 남성 가구주 가구가 240가구(75.2%), 여성 가구주 가구가 79가구(24.8%)로 나타났다. 라오스는 총 308가구 중 남성 가구주 가구가 243가구(78.9%), 여성 가구주 가구가 65가구(21.1%)로 나타났다. 남성 가구주 가구가 243가구(78.9%), 여성 가구주 가구가 65가구(21.1%)로 나타났다.

〈표 3-3〉 국가별 설문조사 가구 특성

가구 특성		베트남		라오스	
가구주 성별	남성	240 (75.2%)		243 (78.9%)	
	여성	79 (24.8%)		65 (21.1%)	
가구주 나이	20대	0 (0.00%)	평균: 58.8세 (SD: 9.5세)	3 (1.0%)	평균: 55.1세 (SD: 11.3세)
	30대	9 (2.8%)		34 (11.0%)	
	40대	43 (13.5%)		71 (23.1%)	
	50대	121 (37.9%)		96 (31.2%)	
	60대	103 (32.3%)		79 (25.7%)	
	70대 이상	43 (13.5%)		25 (8.1%)	
가구주 교육수준	없음	17 (5.3%)		16 (5.2%)	
	초등교육	134 (42.0%)		93 (30.2%)	
	중등교육	117 (36.7%)		83 (27.0%)	
	고등교육	42 (13.2%)		59 (19.2%)	
	2년제 대학	0 (0.0%)		46 (14.9%)	
	4년제 대학	4 (1.3%)		11 (3.6%)	
가구주 농업 종사		268 (84.01%)		240 (87.9%)	
가구원 수	총 가구원	평균: 3.9명 (SD: 1.8명)		평균: 5.3명 (SD: 2.1명)	
	성인 가구원	평균: 3.9명 (SD: 1.8명)		평균: 3.9명 (SD: 1.4명)	
	미성년 가구원	평균: 0명 (SD: 0명)		평균: 1.3명 (SD: 1.4명)	
연평균 소득 ²⁴⁾	총 가구소득	113백만 VND		75.7백만 LAK	
	가구원 1인당	29백만 VND		16.1백만 LAK	
금융 접근성	없음	220 (69.0%)		181 (58.8%)	
	과거 이용 경험	13 (4.0%)		85 (27.6%)	
	현재 이용 중	86 (27.0%)		42 (13.6%)	
합계		319 (100%)		308 (100%)	

24) 2023년 기준, 베트남의 1인당 국내총생산(GDP per capita)는 103백만 VND, 라오스 1인당 GDP는 36.7백만 LAK이었다. (통계출처: World Bank)

가구주 나이의 경우, 베트남은 가구주 평균 나이가 58.8세, 라오스는 55.1세였다. 가구주의 교육수준을 보면, 베트남은 대부분의 가구에서 가구주가 초등교육이나 중등교육을 받은 비율이 약 78%로 대다수를 차지했다. 라오스의 경우에는 초등교육이나 중등교육을 받은 비율이 약 57%였고, 2년제 혹은 4년제 대학교육을 받은 비율도 약 19%로 나타났다. 베트남 설문 가구 총 319 중 268가구(84.0%), 라오스 설문 가구 총 308 중 240가구(87.9%)가 가구주의 주된 직업이 농업이라고 답변하였다. 가구주의 주된 직업이 농업이 아닌 경우에도 대다수의 가구에서 농업 생산 활동을 하는 것으로 나타났다. 평균 가구원 수의 경우, 베트남은 3.9명(성인 가구원: 3.9명, 미성년 가구원: 0명), 라오스는 5.3명(성인 가구원: 3.9명, 미성년 가구원: 1.3명)으로 조사 되었다.

연평균 가구소득의 경우, 베트남의 연평균 총 가구소득은 113백만 베트남 동(Vietnamese Dong, VND)이며, 가구원 1인당 평균 소득은 29백만 VND으로 나타났다. 베트남 전체 응답 가구의 약 69%가 대출이나 저축 등 금융 서비스를 이용해 본 경험이 없는 가구였으며, 과거에 이용한 경험이 있으나 현재 금융 서비스를 이용하고 있지 않은 가구는 약 4%, 현재 금융 서비스를 이용하고 있는 가구는 약 27%로 나타났다. 라오스의 연평균 총 가구소득은 약 75.7백만 라오스 킵(Lao Kip, LAK)으로 조사되었으며, 가구원 1인당 평균 소득은 16.1백만 LAK로 나타났다. 라오스 전체 응답 가구의 약 59%가 대출이나 저축 등 금융 서비스를 이용해 본 경험이 없는 가구였으며, 과거에 이용한 경험이 있으나 현재 금융 서비스를 이용하고 있지 않은 가구는 약 28%, 현재 금융 서비스를 이용하고 있는 가구는 약 14%로 나타났다.

3.8. 분석 결과

베트남과 라오스의 농민들은 실제 기후변화가 발생하고 있다고 인식하고 있었으며, 실제 기후변화로 인해 피해를 경험한 것으로 나타났다. 또한 많은 농민들이 기후변화로 인해 미래에도 가뭄이나 홍수 등의 기후 충격이 발생할 것으로 예상하였다.

라오스에서 설문에 응답한 총 308가구 중 275가구(89.3%)가 '지난 5년 간 기온이 상승하였다'는데 강한 긍정 혹은 긍정 답변을 하였으며, 233가구(75.6%)가 '지난 5년 간 강우 패턴이 예측할 수 없게 되었다'는데 강한 긍정 혹은 긍정 답변을 하였다. 실제 라오스 설문 가구의 약 60%(185가구)가 지난 3년 내에 가뭄으로 인한 피해를 경험하였으며, 가뭄 피해를 경험한 가구의 절반 이상(109가구)이 가뭄으로 인해 심각한 피해를 경험한 것으로 나타났다. 약 51%(157가구)의 농가가 앞으로 3년 안에 가뭄이 발생할 것으로 예상하였으며, 약 53%(163가구)는 기후변화로 인해 가뭄이 더 자주 그리고 심각하게 발생할 것이라고 보았다. 또한, 지난 3년 내에 홍수로 인해 피해를 입은 가구는 응답 가구의 약 29%(89가구)로, 이 중 44%(39가구)가 홍수로 인해 심각한 피해를 경험했다고 응답했다. 다만, 가뭄의 미래 위협에 대한 인식과는 달리 앞으로 3년 안에 홍수가 발생할 것으로 예상한 가구는 16%(48가구)에 불과하였고, 19%(59가구)만이 기후변화로 인해 홍수가 더 자주 더 심각하게 발생할 것으로 예상하였다.

베트남에서 설문조사에 참여한 319가구 중 2022년 설문조사 이후 가뭄으로 인한 피해를 경험했다고 응답한 가구는 156가구(48.9%)였으며, 가뭄으로 인해 심각한 피해를 경험했다고 응답한 가구는 144가구(45.1%)였다. 가뭄과 함께 베트남의 메콩강 삼각주 지역에서 자주 발생하는 기후 재해인 염수 유입 피해를 경험한 가구는 134가구(42.0%), 염수 유입으로 인해 심각한 피해를 경험한 가구는 128가구(40.1%)로 나타났다. 반면, 2022년 이후 홍수로 인한 피해를 경험한 가구는 36가구(11.3%), 심각한 피해를 경험한 가구는 29가구(9.1%)에 불과했다.

이러한 기후변화와 기후변화로 인한 기후 충격에 대응하기 위하여 베트남과 라오스의 농가에서는 어떤 기후변화 적응조치를 도입하고 있으며 기후변화 적응조치에 대해 어떻게 인식하고 있는지 조사하였다. 설문농가 중 기후변화에 대응하기 위해 각 적응조치를 어떻게 활용할 수 있는지에 대해 알고 있는 가구 수, 실제 각 기후변화 적응조치를 지난 해에 실행한 가구 수, 그리고 미래에 각 적응조치를 실행할 의지가 있는 가구 수는 아래 표와 같이 조사되었다. 베트남의 경우, △농경지 준비, △재배 기술 조정, △농림기상 정보 활용, △개별 물 시설 개선, △물 사용 관리의 순으로 농가에서 기후변화 적응조치를 도입하여 실행하고 있었다. 라오스의 경우, △중

자품종 변경, △재배 기술 조정, △재배 일정 조정, △농림기상 정보 활용, △작물 다양화의 순으로 농가에서 기후변화 적응조치를 도입하여 실행하고 있었다. 베트남에서는 물 사용 관리와 개별 물 시설 개선을 통한 기후변화 적응조치가 높은 도입 비율을 보인 반면, 라오스에서는 낮은 도입 비율을 나타냈다. 이는 라오스가 베트남에 비해 농가 입장에서 물 관리와 물 시설 개선을 위한 자원 및 역량이 부족한 것을 시사한다. 또한, 두 국가 모두 공통적으로 많은 농가에서 재배 기술 조정과 농림기상 정보를 활용하여 기후변화에 대응하는 것으로 나타났다.

〈표 3-4〉 국가별 기후변화 적응조치 지식 및 실행

기후변화 적응조치	베트남			라오스		
	지식	실행	미래 실행의지	지식	실행	미래 실행의지
재배 일정 조정 (Adjusting Planting Calendar)	144 (45.1%)	68 (21.3%)	84 (26.3%)	105 (34.1%)	104 (33.8%)	105 (34.1%)
작물 다각화 (Crop Diversification)	86 (27.0%)	46 (14.4%)	59 (18.5%)	95 (30.8%)	94 (30.5%)	96 (31.2%)
종자 품종 변경 (Changing Seed Variety)	117 (36.7%)	60 (18.8%)	84 (26.3%)	113 (36.7%)	111 (36.0%)	113 (36.7%)
농경지 준비 (Field Preparation)	202 (63.3%)	170 (53.3%)	184 (57.7%)	46 (14.9%)	46 (14.9%)	43 (14.0%)
재배 기술 조정 (Adjusting Planting Techniques)	176 (60.5%)	148 (46.4%)	164 (51.4%)	109 (35.4%)	105 (34.1%)	100 (32.5%)
물 사용 관리 (Private Water Use Management)	119 (37.3%)	103 (32.3%)	119 (37.3%)	7 (2.3%)	7 (2.3%)	9 (2.9%)
개별 물 시설 개선 (Improving Private Water Facilities)	182 (57.1%)	120 (37.6%)	143 (44.8%)	12 (3.9%)	12 (3.9%)	10 (3.3%)
공용 물 시설 개선 (Improving Communal Water Facilities)	24 (7.5%)	17 (5.3%)	27 (8.5%)	5 (1.6%)	5 (1.6%)	5 (1.6%)
소득 다각화 (Income Diversification)	101 (31.7%)	81 (25.4%)	91 (28.5%)	29 (9.4%)	28 (9.1%)	25 (8.1%)
보험 구매 (Buying Insurance)	48 (15.0%)	26 (8.2%)	43 (13.5%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
농림기상 정보 활용 (Using Agro-Climate Information)	142 (44.5%)	133 (41.7%)	135 (42.3%)	99 (32.1%)	95 (30.8%)	81 (26.3%)
합계	319 (100%)			308 (100%)		

대다수의 가구가 기후변화 적응조치를 긍정적으로 인식하는 것으로 나타났다. 베트남 응답자의 63%(201가구)가 기후변화 적응조치가 농업 생산성 증대에 효과적이라고 인식하고 있었으며, 60.2%(192가구)는 사람들이 기후변화 적응조치를 시행하는 것이 중요하다고 믿는다고 인식하는 것으로 나타났다. 라오스의 경우, 응답자의 66%(203가구)가 기후변화 적응조치가 농업 생산

성 증대에 효과적이라고 생각하였으며, 67%(206가구)는 사람들이 기후변화 적응조치를 시행하는 것이 중요하다고 믿는다고 인식하고 있었다.

농촌지도서비스(agricultural extension services)는 농민들에게 새로운 농업 기술, 품종, 장비, 병충해 관리 방법 등을 교육하고, 기상 및 시장 정보 등 농업 관련 필수 정보를 제공한다. 특히, 중·저소득국가에서는 농가들이 기후변화에 대응하고 농업 생산성을 높이기 위해 필요한 정보를 습득하고 역량을 강화할 수 있는 중요한 수단으로 작용한다. 베트남의 경우, 110가구(34.5%)가 2022년 이후 농촌지도서비스에 참여한 경험이 있다고 답했으며, 이 중 85가구는 정부에서 제공하는 공공 농촌지도서비스에 참여했고, 52가구는 민간에서 제공하는 농촌지도서비스에 참여한 것으로 조사되었다. 베트남에서 농촌지도서비스에 참여한 가구는 평균적으로 1.6회 교육을 받은 것으로 나타났다. 라오스의 경우, 105가구(34.1%)가 지난 3년 내에 농촌지도서비스에 참여한 경험이 있는 것으로 나타났다. 이 중, 86가구는 정부에서 제공하는 농촌지도서비스에 참여하였으며, 50가구는 NGO 등 민간에서 제공하는 농촌지도서비스에 참여하였다. 특히, 농촌지도서비스를 통해 LaCSA application의 사용법을 교육받은 경험이 있는 가구는 33가구(10.7%)로 평균 2회 교육을 받은 것으로 조사되었다.

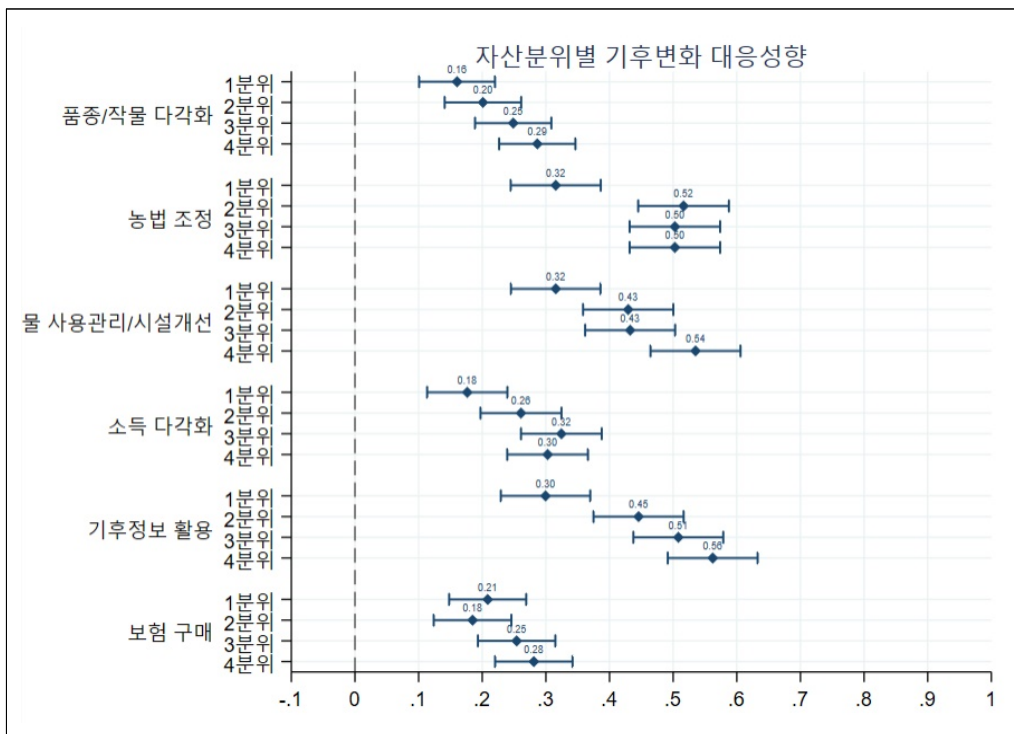
조사 대상 지역의 기후정보 접근성과 관련하여, 베트남의 경우 2022년 이후 기상 예보나 기후 관련 농업 조언, DeRisk 등으로부터 기후정보에 접근할 수 있는 가구는 조사 대상 가구 중 74.6%(238가구)로 나타났다. DeRisk에서 제공되는 기후정보를 마을 게시판 등을 통해 접근할 수 있는 가구는 23가구(7.2%)로 나타났는데, 이는 DeRisk 사업이 종료되어 지속적인 정보 제공이 이루어지지 않고 있기 때문으로 풀이된다. DeRisk 이외의 기상예보 정보 접근성을 가진 가구는 236가구(74.0%), 농업 조언 서비스 접근성을 가진 가구는 111가구(34.8%)로 나타났다. 라오스에서 2021년 이후 기상 예보, 기후 관련 농업 조언, LaCSA 등의 기후정보에 접근할 수 있는 가구는 조사 대상 농가 중 63%(193가구)로 나타났다. LaCSA 접근성을 가진 가구는 122가구(39.6%)로 조사되었으며, LaCSA 이외의 기상예보 정보 접근성을 가진 가구는 85가구(27.6%), 농업 조언 서비스 접근성을 가진 가구는 26가구(8.4%)였다. 하지만, 실제 기후변화 적응조치로써 농림기상 정보를 활용하고 있다고 답한 가구는 95가구에 불과해 과반수 이상의 가구가 기후정보 접근성을 가지고 있음에도 이러한 정보를 기후변화에 대응하기 위해 이용하고 적용하는 농가는 많지 않은 것으로 나타났다.

본 연구는 농가의 기후변화 적응조치 실행 의사결정에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 농가의 기후변화 적응조치 지수를 추정하고, 개별 기후변화 적응조치들을 유사한 특성의 기후변

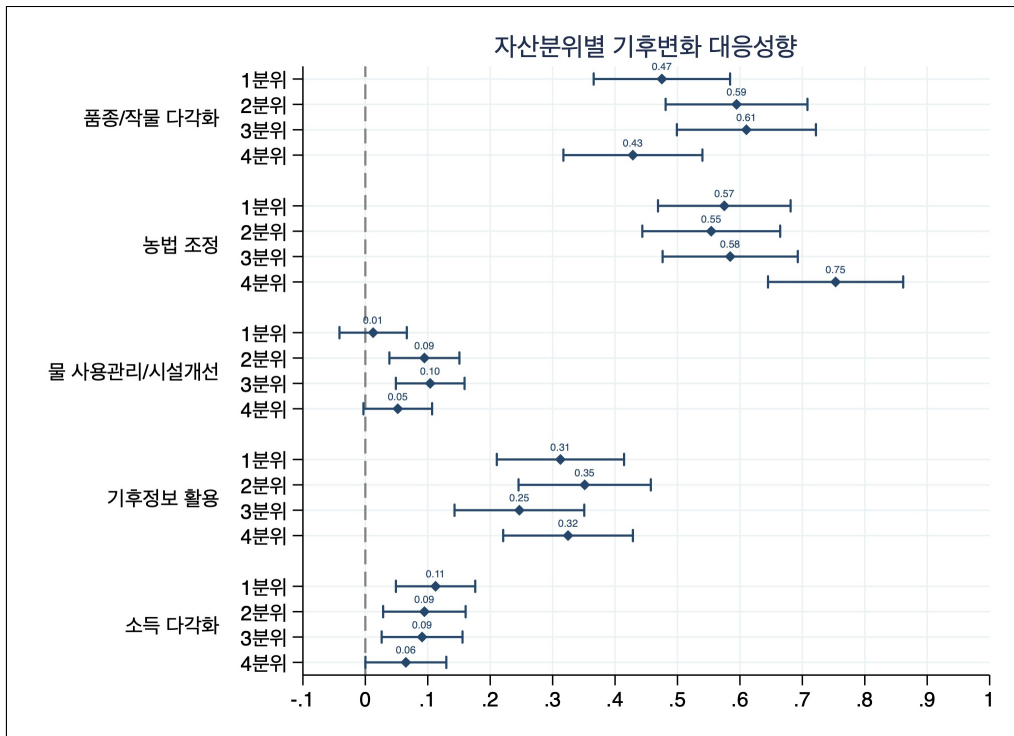
화 적응조치들로 다음과 같이 분류하였다: △품종/작물 다각화(작물 다각화, 종자 품종 변경), △농법 조정(재배 일정 조정, 재배 기술 조정), △물 사용관리/시설개선(물 사용 관리, 개별 물 시설 개선, 공용 물 시설 개선), △기후정보 활용, △소득 다각화, △보험 가입. 다만, 라오스의 경우, 보험 가입을 통해 기후변화에 대응한 가구는 없었기 때문에 보험 가입의 기후변화 적응조치는 분석에서 제외하였다.

먼저, 자산 및 토지면적 등의 요인이 농가의 기후변화 대응조치 도입에 미치는 영향을 검토한 결과 이와 같은 개별 요인으로 농가의 기후변화 대응 의사결정을 설명하기 어렵다는 점을 확인하였다. 기후정보 활용과 같은 저비용 적응조치의 경우 상대적으로 자산 하위 집단도 활발하게 도입하지만, 수자원 관리 및 시설 개선과 같은 경우에는 자산 중위 이상 계층의 도입이 더 활발한 것과 같은 대략적인 관계는 파악할 수 있으나 이와 같은 상관관계로는 농가의 개별 특성 및 제도적 지원의 효과를 발견할 수 없어 이후 분석에서는 다중회귀분석을 중심으로 농가의 기후변화 적응조치의 도입 의사결정 요인을 분석한다.

[그림 3-3] 베트남 자산분위별 기후변화 대응성향



[그림 3-4] 라오스 자산분위별 기후변화 대응성향



주성분분석(PCA)를 통하여 산출한 기후변화 적응조치 지수에 대하여 여러 통제변수를 고려하여 최소자승법을 이용한 다중선형회귀분석을 시행한 결과는 <표 3-5a>와 <표 3-5b>에 요약되어 있다.

라오스(<표 3-5a>)에서는 **기후정보 접근성**이 농가의 기후변화 적응 의사결정을 유의하게 설명한다는 점을 확인할 수 있다. 또한 기후변화 일반에 대한 인식은 오히려 기후변화 적응 성향과 음의 상관관계가 나타난 반면, **자기효능감**과 같은 비인지 능력이 기후변화 적응조치 도입의 중요한 요인이 작용하는 것을 확인하였다. 이는 기후변화가 실재한다는 인식을 가지는 것만으로는 농민들이 기후변화에 대응하기 위해 적극적으로 적응조치를 도입하고 실행하는 행동 변화를 이끌어내기 어렵다는 것을 시사한다. 하지만, 문제가 발생하였을 때 스스로 노력에 의해 문제를 해결 할 수 있다고 생각하는 비인지 능력인 자기효능감이 기후변화 적응조치 도입에 긍정적인 효과를 미치는 것으로 보아 기후변화가 실재한다는 인식을 가지고 기후변화 적응조치 도입을 통해 기후변화에 대응하여 문제를 해결/완화할 수 있다는 자기효능감을 높일 수 있는 교육이나 캠페인을 통해 농가의 기후변화 적응조치 도입 및 실행을 촉진할 수 있을 것으로 보인다. 기후변

화 적응조치와 관련된 기존 연구에서는 자기효능감과 같은 비인지능력에 대한 고려가 부족하여 본 연구에서는 이를 포함한 아래 표의 모델 (3)에서 사용한 통제변수를 이후 분석에서 사용한다.

베트남(〈표 3-5b〉)의 경우 패널 자료의 장점을 활용하여 패널 고정효과 모형을 사용하였고, 결과를 비교하기 위해 두 시점의 자료를 통합하여 고려한 Pooled OLS와 각 시점별 자료를 활용한 다중회귀분석 결과를 살펴보았다. 라오스 결과와 유사하게 베트남에서도 **기후정보 접근성과 자기효능감**이 기후변화 적응조치 지수와 양의 상관관계를 나타냈다. 패널 고정효과 모형을 통해 두 시점 사이의 기후정보 접근성과 자기효능감의 변화가 기후변화 적응조치 지수 변화에 미치는 영향을 분석한 결과로 기후변화 접근성이 증가하고 자기효능감이 증가한 가구의 기후변화 적응조치 지수가 증가했음을 의미한다. 추가적으로 **가뭄으로 인한 피해 경험**도 베트남에서 기후변화 적응조치 지수와 양의 상관관계가 있음을 확인하였다. 이는 지역의 환경과 조건에 따라 가뭄으로 인한 피해 경험이 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정에 다르게 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

라오스와 베트남에서 공통적으로 기후정보 접근성과 자기효능감이 높은 농가에서 전반적인 기후변화 적응조치 활용 정도 혹은 적극성을 나타내는 기후변화 적응조치 지수가 더 높게 나타났다.

〈표 3-5a〉 라오스 기후변화 적응조치 지수 요인 분석

라오스	(1)	(2)	(3)
	기후변화 적응조치 지수	기후변화 적응조치 지수	기후변화 적응조치 지수
성별 (여성=1)	-0.009 (0.187)	0.069 (0.190)	0.121 (0.193)
연령(연)	0.020 (0.053)	0.015 (0.055)	0.012 (0.051)
연령 제곱항	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)
교육 수준(연)	0.015 (0.020)	0.018 (0.020)	0.011 (0.020)
농업 종사 여부	-0.029 (0.271)	0.025 (0.269)	0.085 (0.258)
농업 경험(연)	0.002 (0.007)	0.002 (0.007)	-0.001 (0.007)
가구원 수	0.050 (0.040)	0.045 (0.045)	0.033 (0.040)
가구 내 성인 수	0.003 (0.080)	0.002 (0.082)	-0.008 (0.077)

라오스	(1)	(2)	(3)
	기후변화 적응조치 지수	기후변화 적응조치 지수	기후변화 적응조치 지수
자산 지수	-0.032 (0.057)	-0.030 (0.056)	-0.055 (0.054)
보유 농지 규모(Ha)	0.001 (0.018)	-0.003 (0.015)	-0.003 (0.013)
금융 접근성	-0.004 (0.103)	-0.035 (0.106)	-0.060 (0.105)
농촌지도 서비스 횟수	-0.011 (0.030)	0.004 (0.032)	-0.003 (0.031)
기후정보 접근성 여부	0.569*** (0.159)	0.586*** (0.160)	0.552*** (0.155)
기후변화에 대한 인식 (0~1 지수화)	-	-0.791** (0.345)	-0.782** (0.345)
가뭄에 대한 인식 (0~1 지수화)	-	-0.293 (0.311)	0.043 (0.326)
홍수에 대한 인식 (0~1 지수화)	-	0.307 (0.289)	0.403 (0.289)
가뭄 경험 여부 (0~1 지수화)	-	-0.093 (0.228)	-0.154 (0.223)
홍수 경험 여부 (0~1 지수화)	-	-0.135 (0.232)	0.059 (0.232)
사회적 관계 (0~1 지수화)	-	-	-0.454 (0.497)
자기효능감 (0~1 지수화)	-	-	1.788*** (0.421)
상수항	-1.426 (1.429)	-0.634 (1.516)	-1.578 (1.483)
표본 수	273	273	273

Village fixed effects are included. Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses.

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

〈표 3-5b〉 베트남 기후변화 적응조치 지수 요인 분석

베트남	기후변화 적응조치 지수			
	(1) 패널 고정효과 모형 (1차, 2차 설문)	(2) Pooled OLS (1차, 2차 설문)	(3) 다중회귀분석 (1차 설문)	(4) 다중회귀분석 (2차 설문)
성별 (여성=1)	-	0.030 (0.084)	0.014 (0.106)	0.107 (0.173)
연령(연)	0.122 (0.119)	0.076* (0.042)	0.098* (0.053)	0.036 (0.097)
연령 제곱항	-0.001 (0.001)	-0.001* (0.000)	-0.001* (0.000)	-0.000 (0.001)
교육 수준(연)	0.165 (0.101)	0.051* (0.025)	0.046* (0.024)	0.049 (0.040)
농업 종사 여부	-0.348* (0.210)	0.166 (0.136)	0.108 (0.165)	0.077 (0.382)
가구원 수	0.052 (0.088)	0.031 (0.029)	0.029 (0.030)	0.010 (0.052)
자산 지수	0.397* (0.219)	0.154 (0.090)	0.021 (0.113)	0.293** (0.129)
보유 농지 규모(Ha)	-1.92e-06 (4.87e-06)	4.56e-06 (3.20e-06)	4.45e-06* (2.56e-06)	9.64e-06 (0.0000186)
금융 접근성	-0.182 (0.292)	0.050 (0.123)	0.071 (0.134)	-0.012 (0.286)
농촌지도 서비스 횟수	0.203 (0.223)	0.303** (0.136)	0.435** (0.169)	0.308 (0.195)
기후정보 접근성 여부	0.599*** (0.199)	0.802*** (0.154)	0.979*** (0.175)	0.649*** (0.224)
염분유입 경험 여부 (0~1 지수화)	0.057 (0.218)	-0.121 (0.150)	-0.104 (0.208)	-0.006 (0.272)
가뭄 경험 여부 (0~1 지수화)	0.533** (0.224)	0.639*** (0.125)	0.664*** (0.185)	0.487** (0.201)
홍수 경험 여부 (0~1 지수화)	-0.067 (0.309)	0.172 (0.188)	0.828 (0.623)	0.049 (0.261)
사회적 관계 (0~1 지수화)	1.282 (1.029)	0.594 (0.676)	0.642 (0.942)	0.062 (1.069)
자기효능감 (0~1 지수화)	1.447** (0.639)	1.358*** (0.300)	1.720*** (0.544)	1.451*** (0.435)
시간 고정효과 (2차 설문조사=1)	-0.787*** (0.288)	-0.624** (0.249)	-	-
상수항	-7.363* (4.125)	-3.790** (1.339)	-5.317*** (1.588)	-3.376 (2.732)
표본 수	654	654	384	270

Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses.

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

유사한 특성으로 분류한 각 기후변화 적응조치(△품종 및 작물 다각화, △농법 조정, △물 사용 관리 및 시설 개선, △소득 다각화, △기후정보 활용, △보험 구입)의 시행여부에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과는 <표 3-6a>와 <표 3-6b>에 나타나 있다. 라오스(<표 3-6a>)의 경우, 보험을 구입한 농가가 없어 보험 구입을 통한 기후변화 적응조치 활용을 제외한 5가지 유형의 기후변화 적응조치의 도입 의사결정 요인을 분석하였다. 라오스에서는 모든 기후변화 적응조치의 도입에 공통적으로 영향을 미치는 요인을 발견하지는 못하였으나, **농촌지도서비스와 기후정보 접근성, 자기효능감** 등이 일부 적응조치의 도입과 시행과 양의 상관관계를 가진다는 점을 확인할 수 있다. 베트남(<표 3-6b>)의 경우, 기후변화 적응조치를 6가지 유형으로 분류하여 각각의 적응조치 도입 의사결정 요인을 패널 고정효과 모형과 Pooled OLS를 통해 분석하였다. 분석 결과, 적응조치 유형별로 상이한 영향 요인이 확인되었다. 라오스의 경우와 마찬가지로 모든 기후변화 적응조치의 도입에 공통적으로 영향을 미치는 요인을 발견하지는 못하였다. 하지만, 라오스 분석 결과와 유사하게 **농촌지도서비스, 기후정보 접근성, 자기효능감**이 일부 적응조치의 도입과 시행에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 라오스와 베트남 두 국가에서 모든 기후변화 적응조치의 도입 의사결정에 영향을 미치는 공통된 요인이 발견되지 않았다는 점은, 각 기후변화 적응조치의 종류와 특성에 따라 농가의 의사결정에 서로 다른 요인들이 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 이는 기후변화 적응조치 도입을 촉진하기 위한 정책을 수립하고 현장에서 추진할 때, 목표로 하는 기후변화 적응조치의 종류와 특성을 고려하여 서로 다른 방식으로 맞춤형 접근법이 필요함을 시사한다.

라오스의 경우, 기후변화 적응조치 도입 여부뿐만 아니라 적응조치에 대한 지식, 실행, 미래의 실행 의도 등 농민의 의사결정 과정을 고려한 기후변화 적응조치 실행의 적극성을 순서형 변수로 만들어 이를 순서형 로짓분석을 통해 기후변화 적응조치 도입의 요인분석을 진행하였으며, 계수는 승산비로 제시하였다(<표 3-7>). 라오스에서 **농촌지도서비스**의 경우 소득 다각화 및 기후정보 활용과 양의 상관관계를 가진다. 또한, **기후정보 접근성**은 품종/작물 및 농법 조정을 촉진하지만 오히려 기후정보 활용과는 음의 상관관계를 보이기도 한다. 이를 통하여 기후정보 접근성만으로는 기후정보의 적극적인 수용으로 이어진다고 보기는 어렵다는 점을 다시 한 번 확인할 수 있다. **자기효능감** 역시 품종/작물 및 농법 조정과 양의 상관관계를 나타내고 있으며, 다만 기후정보 활용과는 음의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 따라서 스스로 문제를 해결할 수 있다는 믿음이 외부 정보(기후정보) 활용보다는 품종이나 작물의 다변화 혹은 농법 조정과 같은 다른 기후변화 적응조치를 더 적극적으로 도입하게 하는 요인으로 작용할 수 있다는 가능성을 고려할 필요가 있다. 또한 기후변화 일반에 대한 인지는 오히려 대응을 저해하는 것으로

나타났는데, 이는 기후변화에 대한 인지가 오히려 체념(fatalism)으로 이어질 수 있다는 점을 시사한다. 다만 특정 이상기후, 예를 들어 홍수에 대한 인지와 같이 구체적인 상황에 대한 인지는 기후변화 대응을 촉진할 수 있다.

〈표 3-6a〉 라오스 기후변화 적응조치 분류별 도입 의사결정 요인 분석

라오스	(1) 적응조치 도입 (품종/작물)	(2) 적응조치 도입 (농법 조정)	(3) 적응조치 도입 (수자원 관리 /시설 개선)	(4) 적응조치 도입 (소득 다각화)	(5) 적응조치 도입 (기후정보 활용)
성별(여성=1)	0.002 (0.074)	0.107 (0.080)	0.101* (0.052)	-0.030 (0.047)	-0.084 (0.072)
연령(연)	0.012 (0.023)	0.019 (0.023)	0.008 (0.011)	0.011 (0.012)	0.017 (0.018)
연령 제곱항	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)
교육 수준(연)	-0.008 (0.009)	0.015* (0.008)	-0.003 (0.004)	0.002 (0.005)	0.003 (0.007)
농업 종사 여부	0.097 (0.120)	0.201* (0.110)	0.003 (0.058)	-0.158** (0.065)	0.112 (0.106)
농업 경험(연)	-0.004 (0.003)	-0.002 (0.003)	0.001 (0.002)	0.004** (0.002)	-0.003 (0.003)
가구원 수	0.012 (0.029)	-0.012 (0.020)	-0.013 (0.010)	0.003 (0.011)	-0.017 (0.016)
가구 내 성인 수	0.010 (0.037)	0.021 (0.031)	0.018 (0.015)	-0.023 (0.019)	0.007 (0.030)
자산 지수	-0.042* (0.025)	0.010 (0.022)	-0.001 (0.011)	-0.018 (0.018)	0.015 (0.021)
보유 농지 규모(Ha)	0.004 (0.009)	-0.001 (0.005)	0.007 (0.006)	-0.001 (0.004)	-0.002 (0.005)
금융 접근성	0.002 (0.041)	0.009 (0.046)	0.033 (0.023)	-0.035 (0.025)	0.014 (0.038)
농촌지도 서비스 횟수	0.018 (0.012)	0.004 (0.011)	0.005 (0.007)	0.027*** (0.009)	0.028*** (0.008)
기후정보 접근성 여부	0.222*** (0.067)	0.141** (0.065)	0.014 (0.036)	0.041 (0.033)	-0.134** (0.058)
기후변화에 대한 인식 (0~1 지수화)	-0.143 (0.156)	-0.346** (0.147)	0.031 (0.070)	0.070 (0.079)	0.190 (0.134)
가뭄에 대한 인식 (0~1 지수화)	0.238* (0.143)	0.040 (0.134)	-0.004 (0.065)	-0.050 (0.063)	0.145 (0.122)
홍수에 대한 인식 (0~1 지수화)	0.349*** (0.117)	0.029 (0.124)	-0.019 (0.059)	0.118* (0.065)	0.026 (0.122)

라오스	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	적응조치 도입 (품종/작물)	적응조치 도입 (농법 조정)	적응조치 도입 (수자원 관리 /시설 개선)	적응조치 도입 (소득 다각화)	적응조치 도입 (기후정보 활용)
가뭄 경험 여부 (0~1 지수화)	-0.074 (0.091)	-0.031 (0.092)	0.056 (0.055)	-0.016 (0.053)	-0.013 (0.082)
홍수 경험 여부 (0~1 지수화)	-0.193* (0.105)	0.075 (0.102)	0.028 (0.057)	0.015 (0.059)	-0.122 (0.097)
사회적 관계 (0~1 지수화)	-0.090 (0.220)	-0.073 (0.197)	-0.045 (0.102)	0.015 (0.059)	0.219 (0.203)
자기효능감 (0~1 지수화)	0.541*** (0.172)	0.480** (0.185)	-0.081 (0.113)	0.041 (0.093)	-0.478*** (0.181)
상수항	-0.435 (0.690)	-0.453 (0.661)	-0.143 (0.285)	-0.204 (0.312)	-0.116 (0.544)
표본 수	273	273	273	273	273

Village fixed effects are included. Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses. Linear Probability Model(LPM) is used for (1)~(5).

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

〈표 3-6b〉 베트남 기후변화 적응조치 분류별 도입 의사결정 요인 분석

베트남	적응조치 도입 (품종/작물)		적응조치 도입 (농법 조정)		적응조치 도입 (수자원 관리/시설 개선)		적응조치 도입 (소득 다각화)		적응조치 도입 (기후정보 활용)		적응조치 도입 (보험 구입)	
	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS
성별 (여성=1)	-	0.050* (0.026)	-	-0.004 (0.039)	-	0.052 (0.047)	-	-0.033 (0.033)	-	-0.045 (0.033)	-	0.016 (0.031)
연령(연)	0.014 (0.039)	0.005 (0.009)	0.055 (0.036)	0.029** (0.013)	-0.039 (0.026)	0.011 (0.014)	0.069** (0.032)	0.004 (0.012)	0.038 (0.037)	0.031** (0.013)	-0.010 (0.025)	0.001 (0.008)
연령 제곱항	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000** (0.000)	0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.001** (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000* (0.000)	0.000 (0.000)	0.000 (0.000)
교육 수준(연)	0.047 (0.042)	0.011** (0.005)	0.040* (0.024)	0.014** (0.006)	0.008 (0.027)	0.006 (0.009)	0.041 (0.036)	0.003 (0.007)	0.040 (0.030)	0.015** (0.005)	0.003 (0.021)	0.007* (0.004)
농업 종사 여부	-0.045 (0.076)	0.044 (0.039)	0.023 (0.079)	0.088* (0.044)	-0.002 (0.068)	0.029 (0.042)	-0.196*** (0.074)	-0.032 (0.046)	-0.152** (0.075)	0.039 (0.036)	-0.027 (0.078)	0.004 (0.049)
가구원 수	0.013 (0.024)	0.008 (0.011)	0.007 (0.034)	0.013 (0.010)	0.078*** (0.026)	-0.008 (0.010)	-0.021 (0.026)	-0.003 (0.010)	-0.005 (0.026)	0.014** (0.007)	-0.020 (0.026)	0.008 (0.008)
자산 지수	0.017 (0.059)	0.038 (0.025)	0.093 (0.077)	-0.041 (0.028)	-0.055 (0.067)	0.070** (0.027)	0.185** (0.083)	0.061** (0.025)	0.158** (0.072)	0.042 (0.033)	0.056 (0.062)	0.007 (0.026)
보유 농지 규모(Ha)	0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000 (0.000)	-0.000*** (0.000)	-0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.000*** (0.000)	-0.000** (0.000)	-0.000 (0.000)
금융 접근성	-0.009 (0.092)	0.015 (0.035)	0.003 (0.080)	0.028 (0.041)	-0.130 (0.086)	-0.012 (0.041)	0.034 (0.092)	0.023 (0.043)	-0.106 (0.072)	-0.029 (0.030)	0.012 (0.077)	0.043 (0.033)
농촌지도 서비스 횟수	0.083 (0.068)	0.093** (0.042)	0.027 (0.080)	0.059 (0.046)	0.047 (0.076)	0.095** (0.039)	0.015 (0.067)	0.027 (0.045)	0.120** (0.059)	0.091** (0.041)	-0.120* (0.066)	-0.060 (0.041)
기후정보 접근성 여부	0.064 (0.061)	0.107** (0.041)	0.249*** (0.070)	0.224*** (0.046)	0.203*** (0.072)	0.194*** (0.034)	0.009 (0.065)	0.057 (0.042)	0.126** (0.059)	0.221*** (0.049)	-0.001 (0.058)	0.099** (0.047)

베트남	적응조치 도입 (품종/작물)		적응조치 도입 (농법 조정)		적응조치 도입 (수자원 관리/시설 개선)		적응조치 도입 (소득 다각화)		적응조치 도입 (기후정보 활용)		적응조치 도입 (보험 구입)	
	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS
염분유입 경험 여부 (0~1 지수화)	-0.042 (0.071)	-0.061 (0.041)	0.072 (0.077)	0.052 (0.048)	0.047 (0.074)	-0.036 (0.039)	-0.100 (0.074)	-0.066 (0.054)	0.064 (0.068)	-0.043 (0.059)	0.021 (0.059)	0.028 (0.039)
가뭄 경험 여부 (0~1 지수화)	0.096 (0.069)	0.143*** (0.044)	0.202*** (0.077)	0.206*** (0.056)	0.037 (0.069)	0.049 (0.052)	0.068 (0.072)	0.129*** (0.032)	0.120** (0.059)	0.150*** (0.030)	0.070 (0.062)	0.013 (0.045)
홍수 경험 여부 (0~1 지수화)	-0.139 (0.113)	0.040 (0.081)	-0.109 (0.127)	-0.035 (0.072)	-0.080 (0.119)	0.054 (0.061)	0.309*** (0.105)	0.124 (0.094)	0.008 (0.087)	0.046 (0.072)	-0.028 (0.104)	-0.043 (0.055)
사회적 관계 (0~1 지수화)	0.355 (0.318)	0.170 (0.185)	0.298 (0.397)	-0.085 (0.204)	0.298 (0.357)	0.417* (0.211)	-0.102 (0.338)	0.122 (0.156)	0.440 (0.335)	-0.055 (0.224)	0.087 (0.271)	0.171 (0.167)
자기효능감 (0~1 지수화)	0.138 (0.177)	0.222** (0.096)	0.393** (0.200)	0.373*** (0.122)	0.452** (0.177)	0.462*** (0.119)	0.493*** (0.180)	0.296*** (0.082)	0.033 (0.171)	0.128 (0.090)	0.196 (0.151)	0.042 (0.094)
시간 고정효과 (2차 설문조사=1)	-0.093 (0.089)	-0.083 (0.062)	-0.127 (0.108)	0.007 (0.072)	-0.027 (0.096)	-0.109 (0.074)	-0.075 (0.098)	-0.115 (0.077)	-0.303*** (0.084)	-0.161** (0.075)	-0.325*** (0.075)	-0.341*** (0.064)
상수항	-1.139 (1.277)	-0.353 (0.292)	-2.249* (1.145)	-1.056** (0.408)	0.808 (0.840)	-0.391 (0.442)	-2.138* (1.112)	0.162 (0.356)	-1.493 (0.990)	-0.697* (0.380)	0.404 (0.716)	0.405 (0.285)
표본 수	654	654	654	654	654	654	654	654	654	654	654	654

Village fixed effects are included. Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses.

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

〈표 3-7〉 라오스 기후변화 적응조치 실행 적극성 요인 분석

라오스	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	적응조치 적극성 (품종/작물)	적응조치 적극성 (농법 조정)	적응조치 적극성 (수자원 관리 /시설 개선)	적응조치 적극성 (소득 다각화)	적응조치 적극성 (기후정보 활용)
성별(여성=1)	1.132 (0.400)	1.697 (0.627)	4.080** (2.372)	0.802 (0.579)	0.550 (0.251)
연령(연)	1.034 (0.116)	1.082 (0.098)	1.083 (0.229)	1.403 (0.537)	1.158 (0.131)
연령 제곱항	1.000 (0.001)	0.999 (0.001)	0.999 (0.002)	0.997 (0.003)	0.999 (0.001)
교육 수준(연)	0.960 (0.039)	1.046 (0.038)	0.972 (0.087)	1.029 (0.061)	1.001 (0.046)
농업 종사 여부	1.291 (0.747)	2.220* (0.967)	1.663 (2.443)	0.086** (0.085)	2.103 (1.280)
농업 경험(연)	0.984 (0.013)	1.002 (0.013)	1.018 (0.028)	1.072*** (0.028)	0.969** (0.014)
가구원 수	1.022 (0.133)	0.929 (0.080)	0.802 (0.159)	0.930 (0.119)	0.967 (0.096)
가구 내 성인 수	1.122 (0.197)	1.056 (0.141)	1.297 (0.377)	0.992 (0.246)	0.929 (0.163)
자산 지수	0.826 (0.098)	1.079 (0.107)	1.032 (0.238)	0.865 (0.177)	1.155 (0.147)
보유 농지 규모(Ha)	1.007 (0.031)	0.989 (0.026)	1.059 (0.046)	0.971 (0.039)	0.980 (0.032)
금융 접근성	1.004 (0.194)	1.015 (0.199)	1.930 (0.789)	0.562 (0.204)	0.954 (0.217)
농촌지도 서비스 횟수	1.137 (0.102)	1.040 (0.056)	1.091 (0.134)	1.196*** (0.060)	1.204*** (0.067)
기후정보 접근성 여부	2.975*** (0.926)	1.976** (0.556)	1.867 (1.188)	1.644 (0.718)	0.401*** (0.133)
기후변화에 대한 인식 (0~1 지수화)	0.563 (0.430)	0.199** (0.133)	2.184 (2.911)	1.174 (1.213)	3.912 (3.578)
가뭄에 대한 인식 (0~1 지수화)	2.914 (2.029)	1.633 (1.009)	0.702 (0.967)	0.576 (0.453)	3.040 (2.355)
홍수에 대한 인식 (0~1 지수화)	5.095*** (3.115)	1.291 (0.697)	0.550 (0.712)	2.730 (1.908)	1.086 (0.741)
가뭄 경험 여부 (0~1 지수화)	0.762 (0.315)	0.831 (0.356)	2.707 (3.567)	1.178 (0.836)	0.777 (0.374)
홍수 경험 여부 (0~1 지수화)	0.342** (0.171)	1.485 (0.705)	1.794 (2.222)	1.730 (1.282)	0.658 (0.396)
사회적 관계 (0~1 지수화)	0.590 (0.620)	1.054 (0.898)	0.230 (0.361)	0.841 (1.269)	2.144 (2.337)
자기효능감 (0~1 지수화)	10.648*** (9.135)	5.540** (4.113)	0.312 (0.754)	0.743 (0.738)	0.063*** (0.060)
표본수	273	273	273	273	273

Village fixed effects are included. Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses.

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

3.9. 결론 및 시사점

본 연구는 베트남(메콩강 삼각주)과 라오스(메콩강 유역)의 농가 설문조사를 통해 수집된 데이터를 기반으로 개별 농가 차원에서 기후변화에 대응하기 위해 선택할 수 있는 대표적인 전략인 **기후변화 적응조치의 도입과 활용에 대한 양상**을 심층적으로 살펴보고, 어떤 요인이 농가의 **기후변화 적응조치의 도입 의사결정**에 영향을 미치는지를 분석하였다.

이를 위하여 베트남과 라오스의 조사대상 지역 농가의 개별 기후변화 적응조치에 대한 지식 여부, 도입 양상, 그리고 미래의 도입 및 실행 의지에 대한 분포를 살펴보았다. 베트남의 경우, △농경지 준비, △재배 기술 조정, △농림기상 정보 활용, △개별 물 시설 개선, △물 사용 관리의 순으로 농가에서 기후변화 적응조치를 도입하여 실행하고 있었다. 라오스의 경우, △종자품 종 변경, △재배 기술 조정, △재배 일정 조정, △농림기상 정보 활용, △작물 다양화의 순으로 농가에서 기후변화 적응조치를 도입하여 실행하고 있었다. 각 기후변화 적응조치의 실행 방법을 아는 지식의 경우, 실행 방법을 알아야 현재 도입을 하여 실행을 할 수 있기 때문에 지식을 갖춘 가구 중 일부가 실제 해당 기후변화 적응조치를 도입하여 실행하고 있는 것을 재확인하였으며, 두 국가에서 기후변화 적응조치에 대한 지식을 가진 가구의 비율과 해당 적응조치를 도입하여 실제 실행에 옮긴 가구의 비율은 비슷하게 나타났다. 다만, 베트남에서 그 격차가 라오스의 경우보다 크게 나타나 베트남 농가의 기후변화 적응조치 지식 수준에 비해 이를 실천에 옮기는 비율이 높지는 않다는 점을 확인하였다. 따라서 농가에 단순히 **기후변화 적응조치에 대한 지식을 전달하는 방식에서 더 나아가 이를 실제 도입하여 실행에 옮길 수 있도록 촉진하고 지원하는 방안**을 함께 고려할 필요가 있다.

기후변화 적응조치의 도입 의사결정 요인을 분석하기 위해 △개별 기후변화 적응조치 도입 여부, △유사한 특성별로 분류된 기후변화 적응조치 도입 여부, △기후변화 적응조치 지수를 종속 변수로 사용하였다. 개별 기후변화 적응조치는 특성이 유사한 적응조치별로 분류하여 총 6개(△품종 및 작물 다각화, △농법 조정, △물 사용 관리 및 시설 개선, △소득 다각화, △기후정보 활용, △보험 구매)의 기후변화 적응조치 분류를 활용하였다. 단, 라오스의 경우, 보험 구매를 통해 기후변화에 대응한 가구가 존재하지 않아 이를 분석에서 제외하였다. 기후변화 적응조치 지수는 농가의 전반적인 기후변화 적응조치 활용 정도 혹은 적극성을 측정하기 위해 주성분분석 방법을 이용하여 추정하였으며, 각 기후변화 적응조치 도입 여부 변수 간의 상관관계를 고려하여 최적의 가중치로 변수를 선형적으로 결합하는 가중평균 방식으로 지수를 산출하였다.

분석에 설명변수로 사용된 주요 의사결정 요인은 △**인구통계적 변수**(나이, 성별, 교육 수준, 가수원 수, 성인 가구원 수), △**사회·경제적 변수**(자산 지수, 보유 농지 규모, 가구주 농업 여부), △**자원 및 기술적 요인 변수**(농업 경험 연수, 금융 접근성, 농촌지도서비스 접근성)뿐만 아니라 **기후변화에 대한 인식**(기후변화에 대한 인식, 기후변화 적응조치에 대한 인식)과 **경험**(기후변화로 인한 피해 경험), **자기효능감**, **사회적 연결망**(사회적 관계) 등 다양한 측면을 고려하였다. 이를 통해 농가의 기후변화 적응조치 도입 의사결정에 영향을 미치는 요인을 다각적이고 종합적으로 분석하였다.

베트남과 라오스의 많은 농민들은 실제 기후변화가 발생하고 있다고 인식하고 있었으며, 실제 기후변화로 인해 홍수나 가뭄 등의 피해를 경험한 것으로 나타났다. 또한 많은 농민들이 기후변화로 인해 미래에도 가뭄이나 홍수 등의 기후 충격이 발생할 것으로 예상하였다. 아울러 대다수의 가구가 기후변화 적응조치를 긍정적으로 인식하는 것으로 나타났지만, 이에 비해 기후정보를 실제 기후변화 적응조치 도입을 위해 이용하고 적용하는 농가는 상대적으로 많지 않은 것으로 나타났다. 따라서 **기후변화 적응조치에 대한 인식을 개선하기 위한 노력에 더하여** 실제 긍정적으로 인식하고 있는 적응조치를 도입하여 실천에 옮길 수 있도록 장려하는 인센티브를 제공하거나 장애요인을 제거하는 등의 정책적 지원이 필요하다.

또한 라오스와 베트남의 가구 설문조사를 분석한 결과, **기후정보 접근성**이 농가의 일반적인 기후변화 적응 의사결정 성향을 유의하게 설명한다는 점을 확인할 수 있었다. 라오스의 경우, 기후변화 일반에 대한 인식은 오히려 기후변화 적응 성향을 저해하는 것으로 나타난 반면, **자기효능감**과 같은 비인지 능력이 기후변화 적응조치 도입의 요인으로 작용하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 기후변화가 실재한다는 인식만으로는 기후변화에 대응하기 위해 적극적으로 적응조치를 도입하고 실행하는 행동 변화를 이끌어낼 수 없으며, 자기효능감 등 비인지적 측면에서의 개선이 동시에 수반되어야 한다는 점을 뜻한다.

아울러 각 기후변화 적응조치(△품종 및 작물 다각화, △농법 조정, △물 사용 관리 및 시설 개선, △소득 다각화, △기후정보 활용)의 시행여부에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과, 모든 기후변화 적응조치의 도입에 공통적으로 강하게 영향을 미치는 요인을 발견하지는 못하였으나 **농촌지도서비스와 기후정보 접근성, 자기효능감** 등이 일부 적응조치의 도입 및 시행과 양의 상관관계를 가진다는 점을 확인하였다. 다만, 라오스의 경우, 개별 분류의 적응조치에 대한 적극성을 분석한 결과에서도 농업지도서비스의 경우 소득 다각화 및 기후정보 활용과 양의 상관관계를 가진다는 점을 발견하였다. 또한 라오스에서 기후정보 접근성과 자기효능감은 품종/작물 및 농

법 조정을 촉진하지만 오히려 기후정보 활용과는 음의 상관관계가 나타났다. 이를 통하여 높은 기후정보 접근성이나 높은 자기효능감만으로는 기후정보의 적극적인 수용으로 이어진다고 보기는 어려울 수도 있다는 점을 확인하였다. 따라서 기후변화 적응조치로써 기후정보 활용을 촉진하기 위해서는 단순히 기후정보 접근성을 높이거나 자기효능감을 높이는 방식이 아니라 기후정보를 적절하게 사용하고 실제 농업에 활용할 수 있는 방안을 통해 **농민들이 기후정보를 적극적으로 활용하여 스스로 기후변화에 대응할 수 있도록 역량을 강화할 수 있는 프로그램을 제공하고 지원하는 정책적 노력**이 필요하다. 이는 농촌지도서비스 접근성 및 활용이 기후정보 활용을 통한 적응조치 도입을 증가시킨다는 결과와도 일관된 시사점을 보여준다.

이와 같은 결과를 종합할 때 기후변화 적응조치의 도입을 위해서는 기후변화에 대한 인지 내지는 정보 접근성만으로는 불충분하며 개별 농가의 구체적인 상황에 대한 인식, 또는 문제 해결에 대한 자신감(자기효능감), 농촌지도서비스를 통한 역량 강화 등이 수반되어야 한다는 점을 확인하였다. 이는 농가의 기후변화 적응조치 도입을 촉진하기 위해서는 기후변화와 관련한 자원(정보, 인지 등)이 일반적으로 분배되는 것 이상으로 해당 자원을 효과적으로 사용하기 위한 개별 농가의 특성(자기효능감)을 파악하고 개선하기 위한 노력과 함께 적절한 농촌지도서비스 등을 통해 농가의 기후변화 적응 역량을 향상시키는 것이 필요하다는 것을 시사한다. 또한, 농가가 개선된 정보 접근성, 인식, 역량 등을 활용하여 실제 행동 변화를 통해 기후변화 적응조치 도입과 활용을 촉진할 수 있도록 인센티브를 제공하거나 장애요인을 파악하여 제거려는 정책적 노력이 필요하다는 정책적 제언을 도출할 수 있다.

4. 기후변화 및 기후변화 적응조치가 농가의 삶의 질에 미치는 영향 분석

4.1. 연구 목적

본 연구의 주된 목적은 기후변화 적응조치의 도입이 개별 농가의 다양한 성과에 미치는 영향을 분석하는 것이다. 구체적으로, 농가의 가구 소득, 농업 소득, 가구 소비지출, 가구 식품소비지출, 농업 생산성, 주관적 삶의 질 등 다양한 측면에서 농가의 기후변화 적응조치 도입이 미치는 영향을 종합적으로 분석하고자 한다. 연구 방법으로는 최소자승법과 패널 고정효과 분석, 도구변수 추정법을 활용한 내생적교체회귀 분석 방법을 사용하여 분석을 진행한다. 특히, 베트남의 경우 기후변화 적응조치를 도입한 농가와 그렇지 않은 농가 간의 차이를 분석하기 위해 내생적 교체회귀모형을 적용하여 기후변화 적응조치가 농가에 미치는 영향을 평가하는데 있어 내생성으로 인한 편의를 줄이고자 하였다. 이를 통해 기후변화 적응조치가 농가의 성과에 미치는 영향을 확인하고, 농가의 기후변화 적응조치 도입을 지원하기 위한 정책 수립에 있어 활용될 수 있는 유용한 정보를 제공하고 시사점을 도출하고자 한다.

4.2. 선행연구 검토

기후변화와 그로 인한 기후 충격은 농가와 가구 구성원의 삶의 다양한 영역에 복합적인 영향을 미친다. 특히, 기후변화는 농가의 농업 생산성에 부정적인 영향을 준다. 강수량의 변동, 평균 기온 상승, 홍수와 가뭄 등의 기후 충격, 그리고 병해충 발생은 농작물 성장에 악영향을 미친다는 다수의 연구가 있다. 메콩강 유역 국가들은 이러한 기후변화의 충격과 지역적 취약성이 결합되어 가뭄, 홍수, 염분유입과 같은 현상이 농업 생산성과 식량 안보를 심각하게 위협하고 있다. Nguyen Van Tho(2022)는 기후변화로 인한 메콩강 지역에서의 가뭄과 염분유입이 최근 몇 년 간 지역 농가의 생활과 농업 생산에 심각한 영향을 미쳤으며, 특히 2016년과 2020년 수백만 헥타르의 농업 토지에 영향을 미쳐 식량 안보에 큰 위협이 되었다고 밝혔다. Di Falco et al. (2011)와 Onyenike(2021)는 농가의 기후변화 적응조치 도입이 농업 생산성에 긍정적인 영향을 미친다는 점을 확인하였다.

기후변화로 인한 농업 생산성의 변화는 농업 노동에도 부정적인 영향을 미친다. 예를 들어, 메콩강 국가와 인접한 중국의 경우, 평균 기온이 1°C 상승하는 경우 농작물 생산에 악영향을 미쳐 농업 노동 투입이 약 7% 감소할 것으로 예상되었다(Huang et al., 2020). 또한, Zhang and Shindell (2021)은 기후변화로 인해 2050년대에는 농업 노동의 규모가 연간 약 10억 시간 감소할 것이라고 분석하였다. 이러한 농업 노동의 감소는 베트남, 라오스, 캄보디아와 같이 농업 노동 종사자가 많은 국가에서 농촌 경제에 심각한 부담으로 작용할 수 있다.

기후변화의 피해는 농업 부문에 국한되지 않고, 건강과 영양 문제도 심화시킨다. Springmann et al.(2016)은 기후변화가 영양실조로 이어져 사망을 야기하는 경로를 지적하였는데, 특히 식단에서 과채류가 부족해져서 발생하는 영양불균형과 저체중으로 인한 건강 악화의 영향을 그 대표적 원인으로 분석하였다. 또한, 높은 기온에 지속적으로 노출됨에 따라 건강 상태가 악화되고, 가뭄으로 인한 수자원 부족 및 오염은 질병을 유발한다. 메콩강 유역의 국가들은 모든 기후 변화 시나리오에서 기온이 35°C를 넘는 일수가 증가하고 도시화 및 도시의 열섬 효과로 인해 온열질환과 관련된 사망률이 지속 증가할 것으로 예측된다(World Bank, 2021). Honda et al.(2014)은 특정 기후 시나리오(CMIP3의 A1B)에서 동남아 지역의 온열질환 관련 사망자 수는 2030년까지 295%, 2050년까지 691% 상승할 것으로 분석하였으며, Dang et al.(2019)은 노년층과 호흡기 질환자층의 경우 고온의 영향을 더 강하게 받아 건강 취약계층에게 기후변화의 영향이 보다 심각한 영향을 초래할 것을 분석하였다. 또한, 농업 생산성 저하와 그에 따른 농업 가치사슬 악화로 인한 식량 부족과 식품 가격 상승은 영양 부족을 초래하여 농가의 건강을 위협할 수 있다. Von Braun(2022)은 기후변화가 원활한 식량 공급망을 방해하여 영양소가 풍부한 식품에 접근하기 어렵게 만들고, 이로 인해 영양 불균형과 관련된 건강 문제가 발생할 가능성이 크다고 밝혔다. 이러한 문제들은 주로 기후변화 회복력이 낮은 저소득 국가에서 심각하게 나타난다. 더불어 기후변화는 농가 구성원의 심리적 부담으로 이어져 높은 스트레스를 유발하고 정신 건강에도 악영향을 미친다(McMichael and Lindgren, 2011).

이와 같이 기후변화와 관련된 충격은 농업, 노동, 보건 등 여러 부문에 걸쳐 농가에 삶에 영향을 미치며, 궁극적으로 삶의 질 저하로 이어진다. 세계보건기구(WHO, 2004)는 '삶의 질'을 '개인이 살고있는 문화권과 가치 체계 내에서 자신의 목표, 기대, 관심과 관련하여 자신의 상태에 대한 인식'이라고 정의하며, 기후변화로 인한 농업, 노동, 건강 등의 악화는 다차원적인 삶의 질 저하로 이어질 수 있다고 보고 있다.

본 연구는 이러한 배경에서 베트남과 라오스의 메콩강 유역 농가를 대상으로 한 설문조사 자료를 기반으로 기후변화와 이에 대응하기 위한 기후변화 적응조치의 도입이 농가의 소득이나 소비 지출, 주관적 삶에 대한 만족도, 미래에 대한 낙관도 등 다양한 측면의 삶의 질에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 특히, 기후변화 적응조치를 도입한 농가와 그렇지 않은 농가 간의 성과 차이를 비교하여 기후변화 적응조치의 효과를 평가한다. 이러한 분석은 베트남과 라오스 등 메콩강 유역 국가 농가의 기후변화 피해와 그 대응책에 대한 심층적인 이해를 제공할 것이다. 따라서, 본 연구는 메콩강 유역 국가를 대상으로 보다 확장된 분석을 진행하여 농업 생산성뿐 아니라 농가의 다양한 삶의 질 측면에서 성과를 종합적으로 분석한다.

4.3. 분석 모형

본 연구는 자체적으로 수집한 설문자료에 기반하여 기후변화에 따른 충격 및 기후변화 적응조치의 도입의 효과를 분석한다. 이를 위하여 기본 모형으로서 기후충격을 경험하였는지의 여부(*shock*) 여부²⁵⁾를 포함하여 각각의 종속변수를 설명하는 데 적합한 변수를 설명 변수로 설정하고 농가의 농업생산량, 농업소득, 노동투입시간, 가구 구성원의 건강 상태, 그리고 주관적 삶의 질과 같은 종속변수(y)에 대하여 최소자승추정법(Ordinary Least Squares, OLS)을 사용한 분석을 시행한다. 예를 들어서 농가의 생산성(토지 면적당 생산량)을 분석하는 데 있어서는 기후 충격 경험여부와 더불어 투입요소(종자, 비료, 살충제, 살초제 등), 관개 방식, 당국의 농업지도 경험 여부 등을 설명변수로 사용할 수가 있다.

기본 분석으로 다음과 같은 모형을 추정한다.

$$(4-1) \quad y_{ij} = \alpha_j + \beta_1 shock_i + X_{ij}\beta_2 + u_{ij}$$

y_{ij} : 농가 및 구성원의 성과변수 j
 $shock_i$: 기후충격 경험 여부
 X_{ij} : 성과변수 j 에 대한 설명요인
 u_{ij} : 오차항

아울러 기후변화 적응조치의 도입 여부가 개별 성과변수(식 4-2의 y_{ij})에 미치는 영향, 그리고 기후충격의 효과를 완화하는 정도(식 4-3의 β_3)를 분석하기 위하여 다음과 같은 모형을 추정한다.

$$(4-2) \quad y_{ij} = \alpha_j + \beta_1 adapt_{ik} + \beta_2 X_{ij} + u_{ij}$$

$$(4-3) \quad y_{ij} = \alpha_j + \beta_1 adapt_i + \beta_2 shock_{ik} + \beta_3 shock \times adapt_{ik} + \beta_4 X_{ij} + u_{ij}$$

$adapt_{ik}$: 기후변화 적응조치 k 도입 여부

아울러 상기 모형의 경우 횡단면 분석이라는 점에서 내생성에 따른 편의가 존재하여 계수의 부정확한 추정 문제가 존재한다. 예를 들어서 기술적인 수준이 높거나 정보를 적극적으로 활용하는 농가가 기후변화 적응조치를 적극적으로 도입할 경우 횡단면 자료에 기반한 기본 모형이 산출하는 결과는 기후변화 적응조치의 효과를 과대추정할 우려가 있다. 이와 같은 문제를 완화

25) 기후충격의 경우 베트남 가구설문 조사에서는 이해관계자 면담을 통해 식별한 주요 기후충격으로서 가뭄/홍수/염분유입을 검토한다. 라오스의 경우에는 가뭄/홍수에 대하여 검토한다.

하기 위하여 수집한 설문조사 자료에 대한 패널 고정효과 분석 및 도구변수 추정법을 활용한 내생적교체회귀 분석 방법을 활용한다.

도구변수 추정법이란 내생적인 변수와 상관되지만, 내생적 변수를 거치지 않고서는 종속변수(y : 기후변화 적응 의사결정)에 영향을 미치는 정도가 적은 도구변수를 사용함으로써 일종의 외생적인 변이를 확보하여 일관적인 추정치를 확보하는 방법이다. 본 연구의 경우에는 기후변화 접근성과 상관성이 있으나, 기후변화 정보 수용을 통하지 않고서는 종속변수(기후변화 적응조치 도입)와 비교적 상관성이 적은 도구변수로서 기후변화에 대한 정보 출처와 주요 시설(도로, 마을 확성기, 마을 중심)까지의 거리를 사용한다. 유사한 목적의 연구에서 Di Falco et al.(2011)는 농업지도 및 이웃을 통해서 기후변화에 대한 정보를 제공받았는지 여부를 도구변수로 사용하였다.

도구변수를 활용한 분석을 위하여 2단계 최소자승법(2SLS)를 사용하여 다음 모형을 추정한다.

$$(4-4) \quad y_{ij} = \alpha_j + \beta_1 adapt_{ik} + X_{ij}\beta_2 + u_{ij},$$

$$(4-5) \quad adapt_{ik} = \alpha_k + Z_i\pi + X_{ik}\xi + v_{ik},$$

편의상 $Y = X\beta + u$, $adapt = Z\pi + v$ 로 표현할 때 2단계 최소자승법을 사용하여 구한 추정치는 다음과 같다.

$$(4-6) \quad \widehat{\beta_{2sls}} = [X'Z(Z'Z)^{-1}Z'X]^{-1}X'Z(Z'Z)^{-1}Z'Y$$

이와 같은 방법을 통해 확보한 상기 추정치($\widehat{\beta_{1:2sls}}$)와 이전 추정치의 일관성을 확인할 수 있다.

상기 분석을 시행함으로써 기후변화 적응조치의 도입($adapt_{ik}$)이 농가 및 그 구성원의 다양한 삶의 영역에 미치는 처치효과를 분석할 수 있다. 그러나 다른 한편으로 기후변화 적응조치를 도입하는 농가와 도입하지 않는 농가 간에 체계적인 특성 차이가 존재한다고 할 경우, 기후변화 적응조치 도입의 처치효과는 도입 농가와 비도입 농가 간에 이질적일 수도 있다. 이와 같은 처치효과의 차이를 분석하는 것은 현재의 기후변화 적응조치에 대한 적응이 효율적으로 이루어지고 있는지, 즉, 도입하지 않은 농가를 대상으로 기후변화 적응조치를 촉진하는 것이 이미 도입한 농가가 경험한 처치 효과와 유사한 결과를 가져올지 예측할 수 있다는 점에서 주요한 시사점을 가진다. 본 연구는 이와 같은 측면으로 연구의 범위를 확장하고자 내생적교체회귀(Endogenous switching regression, ESR) 분석법을 통해서 이와 같은 처치효과의 이질성을 탐색하고자 한다(Maddala and Nelson, 1975). Di Falco et al.(2011)의 경우 해당 방법을

사용함으로써 에티오피아 농가 자료에 기반하여 해당 방법을 사용함으로써 물 품종 전환, 토양 및 수자원 보전, 혼농임업의 도입 등의 기후변화 대응조치가 농가의 식량 생산성 증가로 이어진다는 점을 발견하였다. 또한, 기후변화를 적응조치를 도입하지 않은 농가의 조치 도입에 따른 기대 생산성의 증가가 실제 도입 농가보다 크다는 점을 확인하였다.

농가의 기후변화 적응조치 선택 모형은 다음과 같이 설정된다. 편의상 기후변화 적응조치가 한 종류(*Adapt*)만 존재한다고 상정한다.²⁶⁾

$$(4-7) \quad Adapt_i^* = Z_i\omega + \eta_i, \text{ with } Adapt_i = 1, \text{ if } Adapt_i^* > 0 \text{ and } 0 \text{ otherwise}$$

$Adapt_i^*$: 기후변화 적응조치 도입에 따른 한계적 효용

Z_i : 기후변화 적응조치 도입 설명요인

η_i : 오차항

즉, 농가는 기후변화 적응조치 도입에 따른 한계적 효용($Adapt_i^*$)이 0보다 높을 경우 기후변화 적응조치를 도입한다($Adapt_i = 1$).

이와 같은 문제를 설정할 때에 농가는 기후변화 적응조치를 도입할 경우와 도입하지 않을 경우 2개의 각기 다른 상황(Regime)에 놓이게 된다.

상황 1: 적응조치를 도입하였을 경우

$$(4-8) \quad y_{1i} = \alpha_1 + \beta_1 Adapt_{1i} + X_{1i}\beta_2 + \epsilon_{1i} \text{ if } Adapt_i = 1$$

상황 2: 적응조치를 도입하지 않았을 경우

$$(4-9) \quad y_{2i} = \alpha_2 + \beta_3 Adapt_{2i} + X_{2i}\beta_4 + \epsilon_{2i} \text{ if } Adapt_i = 0$$

y_{ni} : 상황 n ($n = 1$ or 2)의 농가의 성과변수

X_{ni} : 상황 n ($n = 1$ or 2)의 성과변수 j 에 대한 설명요인

ϵ_{ni} : 상황 n ($n = 1$ or 2)의 오차항

편의상 오차항은 다음과 같이 평균 0의 다변량정규분포(trivariate normal distribution)을 가진다고 가정한다.

26) 실제 분석에서는 복수의 적응조치를 고려한다.

$$(\eta \ \epsilon_1 \ \epsilon_2)' \sim N(0, \Sigma) \quad \text{with} \quad \Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_n^2 & \sigma_{n1} & \sigma_{n2} \\ \sigma_{1n} & \sigma_{1^2} & . \\ \sigma_{2n} & . & \sigma_{2^2} \end{pmatrix}$$

이와 같은 상황에서 오차항의 기댓값은 확률밀도함수 $\phi(\cdot)$ 와 누적분포함수 $\Phi(\cdot)$ 의 관계로 표현될 수 있다.

$$(4-10) \quad E[\epsilon_{1i} | Adapt_{ij} = 1] = \sigma_{1\eta} \frac{\phi(Z_i \alpha)}{\Phi(Z_i \alpha)}$$

이는 $\sigma_{1\eta} \lambda_{1i}$ 로 표현할 수 있다.

$$(4-11) \quad E[\epsilon_{2i} | Adapt_{ij} = 0] = -\sigma_{2\eta} \frac{\phi(Z_i \alpha)}{1 - \Phi(Z_i \alpha)}$$

이는 $\sigma_{2\eta} \lambda_{2i}$ 으로 표현할 수 있다.²⁷⁾

효율적인 추정을 위하여 완전정보최우추정법(Lee and Trost, 1978)을 시행하는데, 이는 다음의 우도함수를 극대화하는 방식으로 이루어진다.

$$(4-12) \quad \ln L_i = \Sigma Adapt_{ij} [\ln \phi(\frac{\epsilon_{1i}}{\sigma_1}) - \ln \sigma_1 + \ln \Phi(\theta_{1i})] \\ + (1 - Adapt_i) [\ln \phi(\frac{\epsilon_{2i}}{\sigma_2}) - \ln \sigma_2 + \ln (1 - \Phi(\theta_{2i}))] \\ \theta_{ki} = \frac{(Z_i \alpha + \rho_j \epsilon_{ji} / \sigma_k)}{\sqrt{1 - \rho_k^2}}$$

추정을 통해서 다음과 같이 적응조치를 도입한 집단과 도입하지 않은 집단 각각에 대해서 적응 조치 도입 여부에 따른 성과변수의 기댓값을 도출할 수 있다.

$$E[y_{1i} | Adapt_{ij} = 1] = X_{1i} \beta_1 + \sigma_{1i} \lambda_{1i}$$

$$E[y_{2i} | Adapt_{ij} = 0] = X_{2i} \beta_2 + \sigma_{2i} \lambda_{2i}$$

27) $\hat{\sigma}_{1\eta}$ 와 $\hat{\sigma}_{2\eta}$ 가 통계적으로 유의하게 추정될 경우, 이는 적응조치 도입 여부가 성과변수에 대하여 내생적이라는 점을 의미한다.

$$E[y_{2i}|Adapt_{ij} = 1] = X_{1i}\beta_2 + \sigma_{2i}\lambda_{1i}$$

$$E[y_{1i}|Adapt_{ij} = 0] = X_{2i}\beta_1 + \sigma_{1i}\lambda_{2i}$$

상기 성과변수의 기댓값 차이를 통해서 적응조치의 처치효과를 적응조치 도입 집단과 미도입 집단 모두에 대해서 도출할 수 있다.

	도입 의사결정	미도입 의사결정	처치효과
실제 도입집단	$E[y_{1i} Adapt_{ij} = 1]$	$E[y_{2i} Adapt_{ij} = 1]$ (CounterFactual)	TT 도입집단에 대한 처치효과
실제 미도입 집단	$E[y_{1i} Adapt_{ij} = 0]$ (CounterFactual)	$E[y_{2i} Adapt_{ij} = 0]$	TU 미도입 집단에 대한 처치효과
이질적 효과	BH_1 도입 집단과 미도입 집단 간의 이질성	BH_2 도입 집단과 미도입 집단 간의 이질성	

$$TT = E[y_{1i}|Adapt_{ij} = 1] - E[y_{2i}|Adapt_{ij} = 1] = X_{1i}(\beta_1 - \beta_2) + (\sigma_{1\eta} - \sigma_{2\eta})\lambda_{1i}$$

$$TU = E[y_{1i}|Adapt_{ij} = 0] - E[y_{2i}|Adapt_{ij} = 0] = X_{2i}(\beta_1 - \beta_2) + (\sigma_{1\eta} - \sigma_{2\eta})\lambda_{2i}$$

$$BH_1 = E[y_{1i}|Adapt_{ij} = 1] - E[y_{1i}|Adapt_{ij} = 0] = (X_{1i} - X_{2i})\beta_{1i} + \sigma_{1\eta}(\lambda_{1i} - \lambda_{2i})$$

$$BH_2 = E[y_{2i}|Adapt_{ij} = 1] - E[y_{2i}|Adapt_{ij} = 0] = (X_{1i} - X_{2i})\beta_{2i} + \sigma_{2\eta}(\lambda_{1i} - \lambda_{2i})$$

따라서 상기 기댓값의 차분을 활용하여 베트남 및 라오스 농가의 기후변화 적응조치 도입집단과 미도입집단의 처치효과를 도출하고 그 값을 비교함으로써 개별 적응조치의 효과를 비교분석함과 동시에, 미도입 집단에 대한 적응조치 지원의 초점을 설정할 수 있다.

4.4. 분석 결과

본 연구는 기후변화에 따른 충격 및 기후변화 적응조치의 도입이 가구의 후생 및 주관적 삶의 질에 미치는 영향을 분석한 결과, 라오스 경우, 일부 기후변화 적응조치는 농가의 후생 및 삶의 질과 양의 상관관계를 가지는 것으로 확인되었다. <표 4-1a>에서 개별 적응조치의 특성에 따라 유형별로 분류한 기후변화 적응조치의 효과를 분석한 결과, △농법 조정(재배 일정 조정, 재배 기술 조정)은 가구원 1인당 소비지출과 유의미한 양의 상관관계가 있는 것으로 확인되었으며, 가구원 1인당 소득과도 유의수준 10%에서 제한적인 양의 상관관계가 나타났다. △소득 다각화의 경우에는 가구원 1인당 소득 및 미래 삶에 대한 낙관도와 양의 상관관계가 발견되었으나, 동시에 현재 삶에 대한 만족도와는 음의 상관관계를 가진다. △기후정보 활용은 가구원 1인당 소득 및 가구원 1인당 농업소득을 증가시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 기후정보 활용은 주관적 삶의 질 측면에서 현재 삶에 대한 만족도와 음의 상관관계가 나타났지만, 미래 삶에 대한 낙관도와는 제한적으로 양의 상관관계가 존재했다.

농가의 소득 수준을 나타내는 가구원 1인당 소득의 경우, 농법 조정, 소득 다각화, 기후정보 활용을 통한 기후변화 적응조치를 도입한 농가에서 1인당 소득 금액 유의미하게 높게 나타났으나, 농업 생산과 직접적으로 관련 지을 수 있는 가구원 1인당 농업소득의 경우에는 기후정보를 활용하는 경우에만 제한적으로 가구원 1인당 농업소득 증가 효과가 나타났다. 이는 농업에 기후정보를 활용하는 것이 농업소득과 가구소득을 증가시키는 효과적인 기후변화 대응조치가 될 수 있음을 시사한다. 소득 다각화가 가구소득은 증가시키지만 농업소득 증가에는 유의미한 효과가 없이 음의 계수를 나타내는 것은 농가의 소득 다각화가 농업 외 소득 창출활동을 하기 때문에 농업소득에 증가효과가 미비하지만 전체 가구소득 측면에서는 도움이 될 수 있다는 점을 재확인 해준다.

일반적으로 가구 소비지출은 소득 측정이 어려운 중·저소득 국가에서 가구의 생활수준(Living Standards)를 나타내주는 지표로 널리 활용되고 있다. 다만, 소비지출의 경우, 소득에 비해 변동성이 크지 않다는 특징을 가지고 있다. 단기에 소득의 변동성이 크다 하더라도 생계를 위해 기본적으로 지출해야하는 소비가 존재하며, 가구는 소비지출을 함에 있어 현재의 소득 뿐만 아니라 미래의 소득을 고려하여 소비의 평탄화(smoothing)를 하려는 경향이 있기 때문이다. 라오스 농가의 경우, 기후변화 적응조치의 도입이 1인당 소비지출 금액이나 1인당 식품소비지출 금액과 유의미한 상관관계를 나타내지는 않았다. 농법 조정의 경우에만 가구원 1인당 소비지출 금액과 유의미한 양의 상관관계가 나타났다.

현재 삶에 대한 만족도는 품종 및 작물 다각화, 소득 다각화, 기후정보 활용과 음의 상관관계를 나타냈는데, 이는 기후변화 적응조치를 도입한 가구가 기후변화로 인해 현재 삶에 대한 만족도가 낮기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 이에 반해, 미래 삶에 대한 낙관도는 수자원 관리, 소득 다각화, 기후정보 활용 등의 기후변화 적응조치와 양의 상관관계를 나타내면서 이러한 기후변화 적응조치를 취한 가구가 비록 현재의 삶에 대한 만족도가 낮은 경우라 하더라도 미래에 대해 낙관적으로 인식하는 경향이 있음을 알 수 있다.

이상의 결과는 기후변화 적응조치의 유형별 성격에 따라 농가의 후생 및 주관적 삶의 질에 서로 다른 영향을 미칠 수 있다는 점을 보여준다. 또한 상대적으로 높은 비용이 수반될 것으로 예상되는 수자원 관리, 또는 높은 위험(risk)이 수반되는 품종 및 작물 다각화 등의 기후변화 적응조치보다 현행 농업의 큰 틀을 유지하는 가운데 보다 적은 비용과 위험부담을 가지고 취할 수 있는 농업 일정 변경 등 일부 농법의 조정이나 기후정보를 보다 적극적으로 농업에 활용하는 방식, 기후변화로 인한 소득 위험을 분산시키기 위한 소득 다각화 등의 적응조치가 상대적으로 효과적일 것으로 나타났다. 이는 **농법 조정, 기후정보 활용, 소득 다각화** 등 상대적으로 도입의 **비용과 난이도가 낮을 것**으로 예상되는 기후변화 적응조치가 농가의 후생 및 삶의 질 개선 측면에서 **비용효과적**일 수 있음을 시사한다.

이 외에도 가구의 자산 수준을 나타내는 자산 지수와 금융 접근성이 예상과 같이 가구소득, 농업 소득, 소비지출, 식품소비지출 등 가구의 후생과 현재 삶에 대한 만족도 등에서 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 이는 가구 자산의 증대 혹은 금융 접근성의 증대가 소득 창출의 기회로 연결될 가능성을 시사한다. 또한, 정책적 지원 관점에서 농촌지도서비스의 접근성이 1인당 가구 소득 및 농업소득과 양의 상관관계를 가진다는 점에서 농가의 역량을 강화할 수 있는 농촌지도서비스의 효과를 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 농촌지도를 통한 농업 기술 및 정보의 전수, 그리고 LaCSA와 같은 농업 정보 제공 서비스가 농가의 생산성 증가를 견인하였을 가능성을 시사한다. 동시에 자기효능감 및 사회적 관계의 경우에는 후생 수준을 나타내는 소득 및 소비지출과의 상관성은 작지만, 현재 삶에 대한 만족도를 높이는 요인이 된다는 점을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과는 지방정부 단위에서 진행되는 농촌지도서비스 및 이와 협력하여 시행되는 농림기상 서비스 등 기후정보 제공이 농가의 후생에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 뜻한다. 또한, 효과적인 농가 지원 정책이나 프로그램을 수립하고 추진하기 위해서 금융 접근성 및 자기효능감, 사회적 연결망 등 다양한 측면을 고려할 필요가 있음을 시사한다.

〈표 4-3〉은 라오스 데이터를 분석하여 보다 세부적으로 기후변화 적응조치의 효과를 파악하기 위하여, 라오스 농가에 가장 활발하게 도입한 개별 기후변화 적응조치(△재배 일정 조정, △작물 다양화, △품종 변경, △재배 기술 조정, △기후정보 활용)가 농가의 후생 및 삶의 질에 미치는 효과를 분석한 결과로, 유형별 기후변화 적응조치의 효과와 유사한 결과를 확인할 수 있다. 농법을 조정하는 방법 중, 재배 일정 조정과 재배 기술 조정이 서로 다른 효과를 나타냈는데, 재배 기술 조정을 통해 가구소득과 농업소득이 증가하는 반면, 재배 일정 조정은 소득 측면에서 유의미한 효과가 나타나지 않았다.

베트남의 경우, 패널 데이터를 활용하여 6가지 유형으로 분류된 기후변화 적응조치가 베트남 농가의 삶의 질에 미치는 영향을 패널 고정효과 모형과 Pooled OLS를 통해 분석하였다(〈표 4-1b〉). 패널 고정효과 모형은 시간의 흐름에 따라 변하지 않는 관측되지 않는 요인의 효과를 제거하여 편의를 줄여서 좀 더 인과효과에 가까운 처치효과를 추정할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 시간의 흐름에 따라 변하는 관측되지 않는 요인으로 인한 편의는 제거하지 못하기 때문에 시간의 흐름에 따라 변하면서 가구의 후생과 삶의 질에 영향을 미치는 중요한 변수들이 누락된 경우에는 내생성 문제로 인해 편의가 발생하여 불편추정량을 얻을 수 없다는 문제가 있다.

〈표 4-1b〉의 결과를 살펴보면 6가지의 유형의 기후변화 적응조치 모두 두 시점 간의 도입 의사결정의 변화(패널 고정효과 모형)와 각 시점에서의 도입 여부(Pooled OLS) 모두 가구소득과 농업소득에 유의미한 변화를 가져오지는 못하였다. 다만, 수자원 관리의 경우 제한적인 수준에서 1인당 가구소비지출 금액을 증가시키는 결과가 나타났으며, 소득 다각화 조치의 도입 역시 1인당 가구소비지출 금액과 양의 상관관계를 보였다. 가구원 1인당 식품소비지출이나 현재 삶에 대한 만족도에 유의미한 영향을 미친 기후변화 적응조치는 발견되지 않았다. 미래 삶에 대한 낙관도의 경우에는 보험을 구입을 통해 기후변화에 대응한 가구에서 낮은 낙관도를 나타냈다. 이는 보험 구입이 미래에 대한 불안감을 가지고 미래의 위험에 대비하기 위해 취하는 조치의 유형이기 때문으로 볼 수 있다.

최소자승추정법을 활용한 Pooled OLS와 패널 데이터를 활용한 패널 고정효과 모형에서 나타날 수 있는 내생성 문제로 인한 편의를 최소화하기 위해 도구변수를 활용한 2단계 최소자승법을 적용한 내생적교체회귀 분석을 실시하여 베트남 데이터를 분석하였다. 〈표 4-1c〉는 각 유형의 기후변화 적응조치에 대해 도구변수(도로, 시장, 마을 중심까지의 거리, 정보 접근성 등)를 활용한 내생적교체회귀 분석 결과이다.

가구원 1인당 가구소득과 농가소득 측면에서 △품종 및 작물 다각화, △농법 조정, △물 사용관리 및 시설개선, △소득 다각화, △기후정보 활용 조치를 취한 가구의 평균처치효과(ATT)가 유의미하게 나타났다. 다만, 직접적으로 현재 가구소득 및 농업소득의 증대를 야기한다고 보기 어려운 △보험 구입의 경우, 음의 평균처치효과(ATT)가 나타나 보험 가입을 위한 보험료 지급과 보험 가입으로 인한 도덕적 해이가 가구소득 및 농업소득 감소를 초래할 가능성을 시사한다. 그러나 보험의 효과를 보다 심도 있게 파악하고 분석하기 위해서는 보험금 지급 등 보험이 실제 작동하는 상황이 발생하여 농가에서 보험을 통해 다양한 기후 위험을 관리하고 대처하는 양상을 파악할 수 있도록 중·장기적인 연구가 필요하다. 본 연구는 단기적인 효과만을 분석한 것이므로 이를 기반으로 보험의 효과에 대해 종합적으로 이해하기에는 한계가 있을 수 있다. 따라서 보험에 대한 본 연구의 분석 결과는 단기적으로 보험이 작동할만한 기후 충격이 발생하지 않았을 경우에 나타날 수 있는 효과로 해석될 수 있다. 기후변화가 심화됨에 따라 중·장기적으로 농가가 보험을 통해 다양한 기후 위험을 관리하고 지속 가능한 농업을 실현하며 안정적인 삶의 질을 유지하는데 미치는 작동 원리와 효과를 분석할 필요가 있다.

소득에 비해 상대적으로 변동성이 작은 소비지출의 경우에도 모든 유형의 기후변화 적응조치를 도입한 가구에서 각각의 기후변화 적응도치 도입으로 가구원 1인당 소비지출금액이 증가하는 평균처치효과(ATT)가 나타났다. 다만, 1인당 식품소비지출, 현재 삶에 대한 만족도, 미래 삶에 대한 낙관도의 경우에는 유형별 기후변화 적응조치에 따라 상반된 평균처치효과(ATT)가 나타났다. 미래 삶에 대한 낙관도의 경우, 보험 구입이 유의미한 음의 평균처치효과(ATT)가 나타나 패널 고정효과 분석과 동일한 결과를 보여주고 있다.

내생적교체회귀 분석으로 추정한 평균처치효과(ATT) 결과를 통해서 보험 구입을 제외한 농가의 기후변화 적응조치 도입이 농가의 가구소득 증대와 농업소득 증대에 일관되게 긍정적인 효과가 있으며, 가구소비지출 측면에서도 긍정적인 효과를 가져올 수 있음을 확인하였다. 다만, 영양섭취 측면(식품소비지출)과 주관적 삶의 질 측면(현재 삶에 대한 만족도 및 미래 삶에 대한 낙관도)에서는 유형별 기후변화 적응조치의 특성에 따라 서로 다른 효과가 나타날 수 있어 목적과 대상의 특성을 고려하여 농가 지원 정책 및 사업의 수립과 수행이 필요하다는 시사점을 도출할 수 있다.

〈표 4-1a〉 (라오스) 분류화된 기후변화 적응조치의 효과분석

라오스	(1) 1인당 소득 (로그)	(2) 1인당 농업소득 (로그)	(3) 1인당 소비지출 (로그)	(4) 1인당 식품지출 (로그)	(5) 현재 삶에 대한 만족도	(6) 미래 삶에 대한 낙관도
품종/작물 다각화	0.154 (0.108)	0.159 (0.115)	0.039 (0.056)	0.018 (0.030)	-0.073*** (0.022)	0.018 (0.021)
농법 조정	0.184* (0.105)	0.141 (0.116)	0.113** (0.048)	0.015 (0.031)	0.025 (0.023)	-0.019 (0.020)
물 사용관리/시설개선	-0.180 (0.217)	-0.119 (0.239)	0.010 (0.091)	0.035 (0.084)	0.015 (0.034)	0.053* (0.030)
소득 다각화	0.316** (0.144)	-0.261 (0.167)	0.125 (0.081)	0.023 (0.050)	-0.076** (0.030)	0.070** (0.028)
기후정보 활용	0.242** (0.114)	0.229* (0.138)	-0.043 (0.050)	0.049 (0.035)	-0.078*** (0.027)	0.047* (0.025)
성별(여성=1)	-0.001 (0.124)	-0.015 (0.152)	-0.052 (0.050)	0.020 (0.040)	0.006 (0.026)	-0.002 (0.024)
연령	0.092** (0.037)	0.054 (0.035)	0.033 (0.015)	0.021** (0.009)	0.016*** (0.006)	-0.003 (0.009)
연령 제곱항	-0.001** (0.0001)	-0.0005 (0.0003)	-0.0003** (0.0001)	-0.0002** (0.0001)	-0.0001** (0.0001)	0.00002 (0.0001)
교육 수준(연)	0.015 (0.013)	-0.001 (0.015)	0.005 (0.006)	0.005 (0.004)	-0.002 (0.003)	0.001 (0.003)
농업 종사 여부	0.012 (0.210)	0.295 (0.211)	-0.228** (0.105)	-0.097* (0.049)	0.082** (0.037)	-0.018 (0.040)
농업 경험(연)	0.007 (0.005)	0.005 (0.005)	0.001 (0.002)	0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)	0.000 (0.001)
가구원 수	-0.057* (0.033)	-0.046 (0.033)	-0.027* (0.014)	-0.009 (0.009)	-0.001 (0.006)	-0.018** (0.009)
가구 내 성인 수	-0.102* (0.053)	-0.107* (0.056)	-0.038* (0.022)	-0.049*** (0.013)	0.001 (0.010)	0.016 (0.011)
자산 지수	0.097** (0.043)	0.134*** (0.046)	0.051** (0.021)	0.020* (0.011)	0.033*** (0.009)	-0.007 (0.007)
보유 농지 규모(Ha)	0.013 (0.025)	0.016 (0.026)	0.001 (0.006)	-0.001 (0.002)	0.007*** (0.003)	-0.003 (0.002)
금융 접근성	0.127* (0.073)	0.161** (0.081)	0.057 (0.040)	0.004 (0.022)	-0.018 (0.015)	0.013 (0.014)
농촌지도 서비스 횟수	0.041*** (0.016)	0.053*** (0.015)	0.006 (0.009)	0.001 (0.009)	0.005 (0.004)	-0.004 (0.003)
기후정보 접근성 여부	-0.063 (0.120)	-0.008 (0.128)	-0.039 (0.056)	0.044 (0.030)	0.052** (0.024)	-0.073*** (0.020)

라오스	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	1인당 소득 (로그)	1인당 농업소득 (로그)	1인당 소비지출 (로그)	1인당 식품지출 (로그)	현재 삶에 대한 만족도	미래 삶에 대한 낙관도
기후변화에 대한 인식 (0~1 지수화)	0.137 (0.220)	0.108 (0.249)	0.002 (0.131)	-0.0001 (0.066)	-0.080 (0.056)	0.105** (0.051)
가뭄에 대한 인식 (0~1 지수화)	0.293 (0.210)	0.057 (0.238)	-0.005 (0.103)	-0.015 (0.063)	0.018 (0.050)	-0.056 (0.043)
홍수에 대한 인식 (0~1 지수화)	-0.247 (0.189)	-0.065 (0.190)	0.090 (0.090)	0.025 (0.065)	0.052 (0.039)	-0.038 (0.037)
가뭄 경험 여부 (0~1 지수화)	-0.269* (0.156)	-0.155 (0.175)	-0.080 (0.069)	-0.044 (0.046)	-0.027 (0.033)	0.029 (0.027)
홍수 경험 여부 (0~1 지수화)	-0.023 (0.161)	-0.014 (0.170)	-0.115 (0.075)	-0.034 (0.042)	0.015 (0.035)	0.034 (0.034)
사회적 관계 (0~1 지수화)	-0.348 (0.322)	-0.292 (0.332)	-0.243 (0.208)	-0.036 (0.091)	0.271*** (0.075)	-0.198*** (0.055)
자기효능감 (0~1 지수화)	-0.300 (0.296)	0.030 (0.307)	-0.138 (0.132)	-0.040 (0.091)	0.150** (0.067)	0.097* (0.051)
상수항	-0.052 (1.096)	0.398 (1.015)	0.501 (0.401)	0.091 (0.264)	-0.221 (0.166)	0.803*** (0.268)
표본 수	273	273	273	273	273	273

Village fixed effects are included. Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses.

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

〈표 4-1b〉 (베트남) 분류화된 기후변화 적응조치의 효과분석

베트남	1인당 소득 (로그)		1인당 농업소득 (로그)		1인당 소비지출 (로그)		1인당 식품지출 (로그)		현재 삶에 대한 만족도		미래 삶에 대한 낙관도	
	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS	(1) Panel FE	(2) Pooled OLS
품종/작물 다각화	-0.108 (0.138)	0.009 (0.105)	-0.049 (0.119)	0.114 (0.100)	-0.064 (0.076)	0.025 (0.055)	-0.009 (0.098)	0.094 (0.077)	0.013 (0.030)	0.014 (0.029)	0.014 (0.020)	0.015 (0.013)
농법 조정	0.093 (0.126)	0.088 (0.106)	0.091 (0.138)	0.185 (0.122)	-0.113 (0.085)	0.056 (0.067)	-0.090 (0.097)	0.022 (0.064)	-0.008 (0.030)	0.003 (0.024)	-0.002 (0.019)	0.004 (0.014)
물 사용관리/시설개선	-0.006 (0.133)	0.048 (0.092)	0.076 (0.121)	-0.020 (0.082)	0.132* (0.070)	-0.005 (0.042)	0.042 (0.086)	-0.071 (0.051)	-0.009 (0.028)	-0.000 (0.023)	-0.004 (0.018)	-0.007 (0.012)
소득 다각화	0.155 (0.141)	0.114 (0.093)	-0.045 (0.164)	0.008 (0.091)	0.070 (0.076)	0.134** (0.052)	0.125 (0.099)	0.084 (0.054)	-0.027 (0.032)	-0.008 (0.021)	0.034* (0.018)	0.010 (0.011)
기후정보 활용	0.107 (0.161)	-0.054 (0.114)	0.096 (0.168)	-0.097 (0.085)	-0.062 (0.072)	-0.026 (0.062)	0.050 (0.089)	0.065 (0.062)	-0.010 (0.036)	-0.014 (0.022)	-0.006 (0.017)	-0.020 (0.015)
보험 구입	-0.043 (0.148)	0.103 (0.094)	0.129 (0.168)	0.129 (0.091)	-0.038 (0.079)	-0.025 (0.077)	-0.118 (0.111)	-0.058 (0.071)	-0.024 (0.033)	-0.033 (0.029)	-0.064*** (0.022)	-0.036** (0.014)

Year and village fixed effects are included. Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses. Control variables are included.

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

〈표 4-1c〉 (베트남) 분류화된 기후변화 적응조치의 효과분석 (내생적교체회귀 분석)

베트남 (내생적교체회귀 분석)	1인당 소득 (로그)		1인당 농업소득 (로그)		1인당 소비지출 (로그)		1인당 식품지출 (로그)		현재 삶에 대한 만족도		미래 삶에 대한 낙관도	
	ATT	ATU	ATT	ATU	ATT	ATU	ATT	ATU	ATT	ATU	ATT	ATU
품종/작물 다각화	1.213*** (0.054)	-0.442*** (0.046)	1.504*** (0.060)	0.342*** (0.051)	0.470*** (0.030)	0.868*** (0.025)	0.187*** (0.023)	-0.377*** (0.024)	-0.099*** (0.008)	-0.233*** (0.006)	-0.002 (0.008)	0.049*** (0.006)
농법 조정	0.364*** (0.038)	-0.266*** (0.040)	0.576*** (0.044)	0.628*** (0.047)	0.124*** (0.021)	0.651*** (0.021)	-0.454*** (0.018)	-0.251*** (0.020)	-0.062*** (0.005)	-0.365*** (0.007)	0.087*** (0.005)	0.030*** (0.006)
물 사용관리/시설개선	0.300*** (0.047)	0.191*** (0.033)	0.372*** (0.057)	0.687*** (0.039)	0.175*** (0.021)	0.717*** (0.021)	-0.650*** (0.020)	-0.037* (0.020)	0.015*** (0.005)	-0.270*** (0.006)	0.073*** (0.006)	-0.184*** (0.005)
소득 다각화	0.529*** (0.051)	-0.292*** (0.042)	1.656*** (0.069)	0.491*** (0.046)	0.242*** (0.025)	0.755*** (0.024)	0.043** (0.021)	-0.054** (0.024)	0.132*** (0.007)	-0.260*** (0.007)	0.015* (0.008)	0.020*** (0.006)
기후정보 활용	0.360*** (0.041)	0.139*** (0.038)	0.496*** (0.045)	0.718*** (0.045)	0.148*** (0.120)	0.423*** (0.025)	0.033** (0.017)	-0.306*** (0.022)	-0.089*** (0.005)	-0.265*** (0.006)	-0.007 (0.006)	0.013** (0.005)
보험 구입	-2.34*** (0.072)	0.903*** (0.046)	-1.619*** (0.074)	0.654*** (0.047)	0.304*** (0.058)	0.057** (0.025)	-1.455*** (0.031)	0.712*** (0.025)	0.122*** (0.009)	-0.216*** (0.007)	-0.056*** (0.009)	-0.211*** (0.006)

Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses. Control variables are included.

* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01

기후정보의 활용은 그 자체로 가구의 후생 및 삶의 질을 증대시킬 수도 있지만 경우에 따라 다른 기후변화 적응조치와 함께 도입하여 활용하는 경우 시너지 효과를 낼 수도 있다. <표 4-3>은 라오스 데이터를 분석하여 기후정보 활용과 유형별 기후변화 적응조치의 시너지 효과를 추정한 결과이고, <표 4-4>는 기후정보 활용과 개별 기후변화 적응조치의 시너지효과를 추정한 결과이다. 기후정보 활용은 품종 및 작물 다각화와의 시너지 효과는 나타나지 않았으며 개별 적응 조치에서도 기후정보 활용은 품종 변경 조치와 시너지 효과가 존재하지 않았다. 이는 작물이나 품종의 선택이 주기적인 기후정보 활용보다는 장기적이고 근본적인 기준에 의해 결정되어, 작물이나 품종의 선택 시점과 지속적으로 기후정보를 농업 활동에 활용하는 것이 시너지효과를 갖기 어렵다는 점에서 예상할 수 있는 결과이다.

농법 조정의 경우, 기후정보 활용과 동반될 때 효과가 보다 높게 나타나는 것으로 나타났다. 이는 재배 일정 조정이나 재배 기술 조정과 같은 농법 단위의 변화에 있어 기상상황 및 기후정보를 활용한 농업 조연을 활용하면 기상 여건을 고려한 시의적절한 농법 조정이 가능해져 보다 높은 성과로 이어질 수 있을 시사한다. 세부적으로 기후정보를 활용하여 재배 일정을 조정하는 경우, 제한적으로 유의미한 가구소득 증가 효과가 나타났지만 농업소득 증가 효과는 발견되지 않았다. 이는 기후정보를 활용하여 재배 일정 조정을 통해 유의미한 농업소득 증대효과를 기대하기 어려울 수 있지만 농업 외 활동을 효과적으로 수행할 수 있어 농외소득 증가에 기여할 가능성이 있음을 보여준다. 또한, 세부적으로 기후정보를 활용하여 재배 기술을 조정하는 경우, 유의미하게 농업소득이 증가하는 경향이 있다. 이는 기후정보 활용과 재배 기술 조정을 함께 적용하는 경우 농업 생산에 있어 유의미한 시너지 효과가 나타날 수 있음을 시사한다.

하지만 기후정보 활용이 수자원 관리나 소득 다각화 조치와 같은 기후변화 적응조치의 효과를 증대시키는 모습을 보이지는 않았다. 이를 통해 기후정보 활용이 일반적으로 다른 기후변화 적응조치의 효과를 높이는 방식으로 작동하지는 않는다는 점을 유추할 수 있다. 품종 및 작물 다각화, 물 사용관리 및 시설개선, 소득 다각화와 같은 기후변화 적응조치의 경우, 성공적인 도입 여부가 사전적이고 일반적인 기후 예측을 기반으로 의사결정을 내리는 것이 중요한 측면이라는 점²⁸⁾에서 이와 같은 제한적인 효과가 적응조치 도입에 있어서 기후정보의 필요성이 낮아서라기 보다는 필요로 하는 정보의 종류가 다르기 때문으로 볼 수 있다. 따라서, 농가에 제공되는 기후 정보 및 이에 기반한 농업 조연의 종류와 범위가 농가의 다양한 의사결정에 유용하고 필요로 하는 정보가 될 수 있도록 면밀한 검토하여 기후정보 서비스가 다양한 기후변화 적응조치를

28) 라오스 비엔티엔(Vientiane) 현지조사를 통해서도 농가의 쌀 품종 선택이 예상기후에 따라 상당한 정도로 달라질 수 있음을 확인한 바 있다.

촉진하고 시너지 효과를 발휘하여 실제 농업 생산성 및 후생 개선에 기여할 수 있도록 기후정보 서비스를 설계할 필요성이 요구된다.

〈표 4-2〉 (라오스) 개별 기후변화 적응조치의 효과분석

라오스	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	1인당 소득 (로그)	1인당 농업소득 (로그)	1인당 소비지출 (로그)	1인당 식품지출 (로그)	현재 삶에 대한 만족도	미래 삶에 대한 낙관도
재배 일정 조정	0.082 (0.102)	0.140 (0.113)	0.117** (0.059)	0.022 (0.035)	0.015 (0.024)	-0.039* (0.020)
작물 다양화	0.108 (0.115)	0.130 (0.124)	0.060 (0.057)	-0.002 (0.031)	-0.064*** (0.022)	0.045** (0.020)
품종 변경	0.198* (0.111)	0.130 (0.114)	0.024 (0.049)	0.032 (0.031)	-0.028 (0.021)	-0.027 (0.021)
재배 기술 조정	0.268** (0.104)	0.199* (0.113)	0.076 (0.056)	-0.010 (0.031)	0.017 (0.024)	0.030 (0.022)
기후정보 활용	0.216* (0.111)	0.264* (0.136)	-0.043 (0.049)	0.047 (0.034)	-0.076*** (0.027)	0.047* (0.024)
성별(여성=1)	-0.058 (0.122)	-0.032 (0.154)	-0.051 (0.050)	0.020 (0.038)	0.012 (0.026)	0.004 (0.023)
연령	0.092** (0.037)	0.048 (0.036)	0.034** (0.015)	0.021** (0.009)	0.016*** (0.006)	-0.002 (0.009)
연령 제곱항	-0.001** (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000** (0.000)	-0.000** (0.000)	-0.000** (0.000)	0.000 (0.000)
교육 수준(연)	0.016 (0.013)	-0.001 (0.015)	0.006 (0.006)	0.005 (0.004)	-0.002 (0.003)	0.002 (0.003)
농업 종사 여부	-0.041 (0.204)	0.330 (0.205)	-0.237** (0.101)	-0.100* (0.051)	0.100*** (0.036)	-0.032 (0.039)
농업 경험(연)	0.008* (0.005)	0.004 (0.005)	0.002 (0.002)	0.001 (0.001)	-0.002** (0.001)	0.001 (0.001)
가구원 수	-0.052 (0.033)	-0.042 (0.034)	-0.025* (0.014)	-0.010 (0.009)	-0.003 (0.006)	-0.017* (0.010)
가구 내 성인 수	-0.106** (0.054)	-0.104* (0.056)	-0.043* (0.023)	-0.049*** (0.013)	0.005 (0.010)	0.016 (0.011)
자산 지수	0.100** (0.043)	0.142*** (0.046)	0.050** (0.021)	0.020* (0.011)	0.035*** (0.009)	-0.010 (0.007)
보유 농지 규모(Ha)	0.007 (0.024)	0.013 (0.025)	0.000 (0.006)	-0.001 (0.002)	0.008*** (0.002)	-0.004 (0.003)
신용 사용 여부	0.105 (0.072)	0.158* (0.081)	0.049 (0.040)	0.005 (0.022)	-0.013 (0.016)	0.010 (0.013)
농촌지도 서비스 횟수	0.040** (0.016)	0.038*** (0.015)	0.008 (0.009)	0.002 (0.009)	0.002 (0.004)	-0.003 (0.003)
기후정보 접근성 여부	-0.061 (0.118)	-0.023 (0.125)	-0.038 (0.054)	0.043 (0.030)	0.046* (0.024)	-0.064*** (0.021)
기후변화에 대한 인식 (0~1 지수화)	0.152 (0.220)	0.080 (0.248)	0.004 (0.122)	0.002 (0.066)	-0.079 (0.057)	0.108** (0.052)
가뭄에 대한 인식 (0~1 지수화)	0.255 (0.213)	0.069 (0.246)	0.001 (0.102)	-0.023 (0.064)	0.013 (0.051)	-0.044 (0.043)

라오스	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	1인당 소득 (로그)	1인당 농업소득 (로그)	1인당 소비자출 (로그)	1인당 식품지출 (로그)	현재 삶에 대한 만족도	미래 삶에 대한 낙관도
홍수에 대한 인식 (0~1 지수화)	-0.220 (0.188)	-0.116 (0.188)	0.078 (0.090)	0.018 (0.064)	0.036 (0.042)	-0.013 (0.039)
가뭄 경험 여부 (0~1 지수화)	-0.280* (0.155)	-0.164 (0.174)	-0.089 (0.070)	-0.039 (0.048)	-0.019 (0.034)	0.022 (0.027)
홍수 경험 여부 (0~1 지수화)	-0.017 (0.158)	0.003 (0.170)	-0.087 (0.072)	-0.023 (0.042)	0.015 (0.037)	0.019 (0.032)
사회적 관계 (0~1 지수화)	-0.339 (0.325)	-0.255 (0.334)	-0.247 (0.200)	-0.051 (0.092)	0.272*** (0.076)	-0.181*** (0.057)
자기효능감 (0~1 지수화)	-0.301 (0.296)	0.005 (0.314)	-0.159 (0.131)	-0.036 (0.090)	0.151** (0.067)	0.083 (0.054)
상수항	-0.032 (1.087)	0.519 (1.019)	0.475 (0.413)	0.101 (0.271)	-0.221 (0.166)	0.755*** (0.262)
표본 수	273	273	273	273	273	273

Village fixed effects are included. Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses.

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

〈표 4-3〉 (라오스) 기후정보 활용의 시너지 효과분석-1

라오스	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	1인당 소득 (로그)	1인당 농업소득 (로그)	1인당 소비자출 (로그)	1인당 식품지출 (로그)	현재 삶에 대한 만족도	미래 삶에 대한 낙관도
품종 / 작물	-0.141 (0.230)	-0.205 (0.245)	-0.009 (0.100)	0.022 (0.068)	0.020 (0.052)	-0.007 (0.046)
× 기후정보 활용						
농법 조정	0.499* (0.232)	0.618*** (0.258)	-0.078 (0.091)	0.013 (0.064)	-0.004 (0.051)	0.038 (0.043)
× 기후정보 활용						
수자원 관리	0.162 (0.458)	0.337 (0.443)	0.285 (0.182)	0.200 (0.170)	0.020 (0.072)	0.099 (0.065)
× 기후정보 활용						
소득 다각화	-0.280 (0.318)	-0.209 (0.399)	-0.244 (0.208)	-0.024 (0.186)	0.070 (0.064)	0.006 (0.057)
× 기후정보 활용						
품종 / 작물	0.158 (0.123)	0.166 (0.129)	0.044 (0.070)	0.005 (0.035)	-0.081*** (0.026)	0.014 (0.027)
농법 조정	0.027 (0.139)	-0.055 (0.148)	0.146** (0.061)	0.010 (0.039)	0.024 (0.029)	-0.032 (0.025)
수자원 관리	-0.219 (0.280)	-0.220 (0.305)	-0.084 (0.076)	-0.042 (0.079)	0.002 (0.046)	0.016 (0.035)
소득 다각화	0.364 (0.156)	-0.231 (0.161)	0.174** (0.088)	0.024 (0.055)	-0.092** (0.036)	0.067** (0.034)
기후정보 활용	0.046 (0.224)	-0.022 (0.233)	0.004 (0.088)	0.018 (0.058)	-0.093** (0.045)	0.022 (0.041)
통제변수	포함	포함	포함	포함	포함	포함
표본 수	273	273	273	273	273	273

Village fixed effects are included. Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses.

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

〈표 4-4〉 (라오스) 기후정보 활용의 시너지 효과분석-2

라오스	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	1인당 소득 (로그)	1인당 농업소득 (로그)	1인당 소비지출 (로그)	1인당 식품지출 (로그)	현재 삶에 대한 만족도	미래 삶에 대한 낙관도
재배 일정 조정 × 기후정보 활용	0.457* (0.234)	0.166 (0.376)	0.034 (0.132)	0.091 (0.097)	-0.027 (0.063)	0.107* (0.057)
작물 다양화 × 기후정보 활용	-0.152 (0.220)	0.090 (0.293)	-0.184 (0.127)	-0.054 (0.085)	0.006 (0.055)	-0.029 (0.048)
품종 변경 × 기후정보 활용	-0.249 (0.244)	-0.315 (0.266)	0.093 (0.104)	0.033 (0.080)	-0.001 (0.050)	0.040 (0.040)
재배 기술 조정 × 기후정보 활용	0.284 (0.220)	0.508** (0.233)	-0.004 (0.101)	0.076 (0.079)	0.031 (0.057)	-0.063 (0.047)
재배 일정 조정	-0.016 (0.119)	0.065 (0.131)	0.123* (0.067)	0.003 (0.036)	0.018 (0.028)	-0.053** (0.023)
작물 다양화	0.114 (0.127)	0.098 (0.137)	0.092 (0.067)	0.002 (0.033)	-0.064*** (0.025)	0.046** (0.021)
품종 변경	0.254** (0.128)	0.171 (0.134)	0.004 (0.058)	0.020 (0.036)	-0.031 (0.025)	-0.029 (0.023)
재배 기술 조정	0.177 (0.130)	0.043 (0.137)	0.079 (0.073)	-0.037 (0.037)	0.008 (0.029)	0.045 (0.028)
기후정보 활용	0.130 (0.204)	0.131 (0.210)	-0.040 (0.079)	-0.001 (0.053)	-0.082** (0.039)	0.037 (0.033)
통제변수	포함	포함	포함	포함	포함	포함
표본 수	273	273	273	273	273	273

Village fixed effects are included. Heteroscedasticity robust standard errors in parentheses.

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

4.5. 결론 및 시사점

본 연구는 기후변화 적응조치가 농가의 소득, 소비지출, 주관적 삶의 질 등 다양한 측면에서 농가의 삶에 미치는 영향을 다각도로 분석하여, 기후변화 적응조치의 도입이 농가의 후생 및 주관적 삶의 질에 상이한 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다. 특히, 농법 조정, 소득 다각화, 기후정보 활용 등 비교적 비용과 위험이 낮은 기후변화 적응조치가 농가의 소득 증대와 후생 개선에 긍정적인 효과를 미친 반면, 품종 및 작물 다각화나 물 사용관리 및 시설개선과 같은 고비용-고위험 적응조치는 제한적인 효과를 보였다.

라오스 사례에서 농법 조정과 기후정보 활용은 가구 소득 증대에 긍정적인 영향을 주었으며, 소득 다각화 역시 가구 소득을 증가시키는 것으로 나타났다. 또한, 기후정보 활용은 농업소득 증대에 제한적이지만 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 베트남의 사례에서는 내생적교체회귀 분석을 통해 평균처치효과(ATT)를 추정한 결과, 기후변화 적응조치가 가구소득, 농업 소득, 가구소비지출에 긍정적인 효과를 발견하였다. 이와 같은 결과는 기후변화 적응조치의 도입이 농가의 경제적 성과나 생활 수준 등 다양한 측면의 가구 후생에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사하며, 다만 세부적인 효과는 개별 기후변화 적응조치의 특성과 유형에 따라 달라질 수 있다.

또한 상대적으로 도입의 비용과 난이도가 낮은 기후정보 활용의 경우, 다른 기후변화 적응조치와 함께 활용될 경우 시너지 효과를 기대할 수 있어, 이러한 시너지 효과를 극대화하는 방향으로 기후정보 서비스를 개발하면 중·저소득 국가 농가의 기후변화 대응 역량을 강화하면서 농가의 삶의 질을 개선할 수 있는 비용효과적인 정책과 국제개발협력 사업이 될 수 있을 것으로 기대된다. 농가의 농촌지도서비스와 금융 접근성 역시 농가의 소득 증대에 기여하는 긍정적인 효과가 있음을 확인하였다. 이는 농업 기술 및 정보의 전수와 금융 서비스의 접근성을 개선하는 정책이 농가의 역량 강화를 도모하여 안정적인 소득을 창출 기회를 제공할 수 있다는 점을 시사한다.

여러 기후변화 적응조치의 도입이 농가의 현재 삶에 대한 만족도와 음의 상관관계를 보인다는 점에서 기후변화로 인해 현재 삶에 대한 불만족이 기후변화 적응조치의 도입과 관련이 있을 수 있다는 점을 확인하였다. 반면 기후변화 적응조치가 미래의 삶에 대한 낙관도에는 서로 다른 효과를 나타내고 있다는 점에서 농가의 후생 수준과 주관적 삶의 만족도를 함께 높이기 위한 방안을 모색할 필요가 있다.

5. 지속가능한 국제개발협력 사업 모델 제안

5.1. 우리 정부 정책 이행 방향 분석

5.1.1. 한국 정부 정책 이행 분석 및 향후 추진 방향

한국 정부는 국제개발협력 종합기본계획(2021-2025)을 통해 국제개발협력의 중장기 정책방향을 수립하였다. 한국은 농업 분야에서 식량원조 수원국에서 공여국으로 성공적으로 전환한 대표적인 사례로, 성공적인 농업발전 경험에 대한 개도국들의 높은 관심을 받고 있다. 특히 기후스마트농업을 포함한 디지털 농업 ODA에 대한 수요가 증가하고 있는 추세이다.

본 연구와 관련하여 주목할 만한 부분은, 한국 정부가 2025년까지 수원국의 농업역량과 지역별 기후·정책적 특성을 고려한 적정기술을 활용한 농업생산성 향상을 목표로 하였다는 것이다. 2024년 OECD DAC에 따르면, 한국의 그린 ODA는 기후 관련 ODA 비율이 전년 대비 35% 증가하여 성과로 나타났으며 이는 DAC 평균보다 29% 높은 수치이다. 따라서, 정부의 본 연구의 개도국 기후정보서비스 연구의 결과물은 한국 정부의 국제개발협력 우선순위와 국제적 흐름에 발맞추어 우리 정부의 국제개발협력 사업 발굴에 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

2023년 농업 분야 개발협력 추진전략(안)에 따르면, 동남아시아 지역의 경우 현지 농업 중점 분야인 고품질 가치사슬 개발에 맞춘 지원을 목표로 한다. 대표적으로, 농식품부의 ‘필리핀 고품질 쌀 종자의 지속가능한 생산 및 보급을 위한 역량강화사업’과 KOICA의 ‘베트남 북부지역 농업 가치사슬 강화를 통한 녹색 순환경제 지원 프로그램’ 등이 있다. 우리 정부는 베트남과 라오스를 중점협력국으로 선정하였는데, 라오스는 농작물 상품성 개선을 통한 농업생산성 강화와 수확 후 유통 역량 강화를 우선 과제로 삼았다. 베트남의 경우 기후변화적응은 원조 우선 사용 분야로, 농수산물의 가공·유통·판매 전주기에 이르는 가치사슬을 개선하여 베트남의 농수산업 고도화를 지원할 예정이다. 2024년 KOICA에서 라오스와 베트남에서 추진되고 있는 대표적인 농림수산 분야 사업의 목록은 다음과 같다.

〈표 5-1〉 라오스와 베트남의 농림수산 분야 진행 사업

국가	사업명
라오스	식량안보 강화를 위한 디지털 농지정보관리 플랫폼 구축사업('23-'26/880만불)
	남부 3개주 농촌개발 사업(2020-2024/900만불)
	농촌개발 실행전략 수립 및 중북부지역 농가소득증대 시범사업('21-'25/1,250만불)
베트남	북부지역 농업 가치사슬 강화를 통한 녹색순환경제 지원사업('24-'29/2,000만불)
	메콩델타지역의 농업역량 증진을 위한 유기 농업 기반 상품작물 생산성 강화 솔루션 사업('24-'25/300백만 원)
	하이테크 농업발전을 위한 호치민국립대 농과대학 교육, 연구 역량강화사업('21-'30/909만불)
	축산 고등전문인력 양성을 위한 국립농업대학교 역량강화 사업('21-'30/1,270만불)

라오스와 베트남에서 현재 추진 중인 농림수산 분야 대부분의 사업은 농업 가치사슬 강화와 농업 인력 역량 강화를 주된 목표로 하고 있어, 한국 정부의 국제개발협력 중점 방향 중 하나인 기후스마트 농업과 직접적인 관련이 부족한 경향이 있다. 따라서 본 연구의 결과물은 향후 디지털 기반 기후스마트 농업 사업의 기획과 정책 수립에 유용한 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 기술력을 갖춘 다양한 기업의 비즈니스 모델에 유연하게 적응하였다고 평가받는 KOICA의 민관 협력 프로그램을 활용할 수 있다(OECD DAC, 2024). 특히, KOICA의 민관 협력사업 중 하나인 혁신적 기술 프로그램(Creative Technology Solution, CTS)은 에너지 효율성, 스마트 농업, 교육 등 다양한 분야에서 혁신적인 기술을 접목시킨 사례로 긍정적인 평가를 받고 있다(OECD DAC, 2024). 본 연구에서 효과적인 것으로 분석된 베트남과 라오스 농가의 기후 정보 서비스 수요는, 이러한 서비스를 제공할 수 있는 기술력과 역량을 갖춘 민간 기업과의 협력을 통해 KOICA의 국별협력사업뿐만 아니라 CTS, IBS(Inclusive Business Solution), 시민사회협력 사업으로도 구현될 수 있다. 이와 관련하여, 디지털 기반 기후스마트 농업 기술을 보유한 국내의 잠재적인 협력 가능한 기업의 목록(예시)은 다음과 같다.

〈표 5-2〉 국내 기후스마트농업 기업 (예시)

기업	기업 설명
팜○○	팜○○은 스마트팜 솔루션을 통해 IoT 센서와 빅데이터를 사용해 작물의 생육 상태, 토양 습도, 온도 등을 실시간으로 모니터링한다. AI 기술을 활용해 작물 보호제 연구에 데이터를 적용하며, 병충해 예측 및 방제 추천 솔루션을 제공하여 농업 생산성을 높인다.
더○○	더○○은 첨단 생명공학기술과 육종기술의 결합을 통해 다양한 유전자원을 개발하고 여러 DNA분자 마커를 활용한 육성소재의 재배를 통해 정확한 육종체계를 구축하고 우수한 품종을 만들어가는 기업이다. 이 기업은 태국법인이 존재하여 빠른 세대 진전과 연중 연구개발을 통해 열대, 아열대, 온대 지방까지의 다양한 작물을 시험재배하며 동남아에 적합한 품종 제안 등을 제시할 수 있을 것으로 평가된다.
에○○	에○○은 기상·기후 환경에 영향받는 농작물과 병해충간의 생리·생태적 반응을 파악하여 획득 가능한 수치 데이터를 활용하여 경험적 해석과 통계적 분석 방법을 통해 농업적으로 활용 가능한 생물기상 응용 모형을 개발한다. 실험기상과 예보기상 및 미래기후변화예측 등의 기상·기후 자료를 소규모에서 대규모까지의 다양한 공간 해상도와 데이터 속성을 가진 디지털정밀 지도를 생산하여 생물기상 응용모형을 연계하여 수요자에게 효과적으로 농업기술정보를 제공할 수 있다.
그○○○	그○○○는 “팜모닝(Farm Morning)”이라는 통합 농업 플랫폼을 제공하며, 데이터 분석, IoT, AI 기술을 결합하여 농작물 재배를 최적화하는 솔루션을 제공하는 기업이다. 이 플랫폼은 실시간으로 토양 상태, 날씨 예측, 작물 건강 데이터를 제공해 자원 관리 효율성을 높이고 작물 수확량을 개선할 수 있도록 돕는다. 이러한 기술은 개발도상국이 농업을 현대화하는 데 큰 도움이 될 것으로 기대된다.
트○○	트○○은 전 세계에서 유일한 농축수산물 무역 거래 플랫폼을 운영하는 스타트업으로, 주력 사업으로는 풀필먼트 서비스, 인텔리전스 서비스, Exhibition 365가 있다. 직접 무역거래를 하며 취득한 정보와 시중 데이터를 무역 사업에 맞게 가공하여 농축수산물의 거래 가격, 수출입 물량, 품질 등 다양한 데이터를 제공하고 있다. Exhibition 365의 경우 온라인 무역 박람회의 개념으로 전 세계의 구매자와 판매자들이 이전의 지리와 정보의 한계를 넘어 다양한 거래를 할 수 있도록 연결해주는 서비스이다. 데이터 분석 기술과 지속가능한 유통 채널 수립을 통해 경제적 효과 증진 전략 등을 수원국에 공유가능할 것으로 기대된다.

5.2. 주요 공여국 유사 사업 정책 이행 분석

5.2.1. 미국(United States Agency for International Development, USAID)

미국은 체계적인 개발협력을 위해 5년 주기로 글로벌 식량안보 전략을 수립하며, 이를 기반으로 범부처 차원의 'Feed the Future' 이니셔티브를 추진하고 있다. 이 프로그램은 아시아, 중앙아메리카, 아프리카 지역의 소농과 지역사회를 중점적으로 지원하며, 단순한 식량 지원을 넘어 지역의 식량안보 강화와 영양 개선을 포괄적으로 추구한다.

특히 장기적 관점에서 기후변화 적응조치와 기후스마트 전략을 통해 중·저소득 국가에서 자체적으로 식량안보를 확보하고 지속가능한 경제 성장을 이루도록 지원하는 데 중점을 두고 있다. 이를 위해 민간 부문과의 협력을 적극적으로 추진하며, 현재 60개 이상의 미국 기업이 이 프로그램을 위한 네트워크에 참여하고 있다(이효정 & 윤자영, 2021).

민간 파트너십은 상호호혜적 관계를 기반으로 한다. 프로그램 참여 기업들은 소농의 소득 증대를 지원하는 동시에 자사의 비즈니스 기회를 창출하며, 이를 통해 지역의 빈곤 해소, 영양 개선, 식량안보 강화라는 공적 목표를 함께 달성하고 있다. 이러한 현장 중심의 전문성과 혁신적 접근은 USAID 국제개발협력 사업의 지속가능한 성과를 이끄는 핵심 동력이 되고 있다.

5.2.2. 프랑스(French Agency for Development, AFD)

프랑스는 2022년부터 농업 및 농촌 개발 분야에서 새로운 포괄적 전략을 수립해 시행하고 있다. 이 전략은 지속 가능한 농업 발전과 식량안보 강화를 두 가지 핵심 과제로 삼고 있으며, 특히 소농 지원을 통한 농가의 경제력 강화와 농업 가치사슬의 체계적 개선에 중점을 두고 있다.

대표적인 사례로는 'ASSET(Agroecology and Safe Food System Transitions in South-East Asia)' 프로젝트가 있다. 이 프로젝트는 2020년부터 2025년까지 라오스, 미얀마, 캄보디아, 베트남 등 동남아시아 주요국에서 시행되고 있으며, 농생태학적 접근을 통해 지속 가능한 농업 체계를 구축하고 안전한 식품 생산 시스템으로의 전환을 목표로 한다. 이는 단순한 생산성 향상을 넘어 환경적으로 지속 가능하고 사회적으로 책임 있는 농업 발전 모델을 제시한다는 점에서 의미가 크다.

5.2.3. 영국(Department of International Development, DFID)

영국은 2016년부터 2021년까지 중·저소득 국가 농업 분야 양자협력에 총 26억 파운드를 투자하며, 농업 개발 프로그램 운영과 농업 생산성 향상을 위한 연구를 중점적으로 지원하고 있다. 특히 주목할 만한 사례는 ‘CASA(Commercial Agriculture for Smallholders and Agribusiness)’ 프로그램으로, 2017년부터 2026년까지 인도네시아, 필리핀, 베트남을 대상으로 진행되고 있다. 이 프로그램은 기후변화에 대한 회복력을 갖춘 농식품 시스템을 구축하여 소농의 소득 증대와 식량안보 강화를 동시에 추구하고 있다.

주요 공여국들의 농업 분야 국제개발협력 전략을 분석한 결과, 다음과 같은 공통적인 특징과 시사점이 도출되었다.

(1) 기후변화 대응 중심의 전략 수립

다수의 국가가 기후변화 적응을 통한 회복력 강화를 핵심 목표로 설정하고, 기후스마트 농업 정책을 적극 도입·확산하여 지속 가능한 농업 시스템 구축을 강조하고 있다.

(2) 민간 부문과의 전략적 협력 강화

민간 기업의 기술력과 역량을 활용하여 지속 가능한 혁신적 비즈니스 모델을 개발하고, 기업의 전문성과 개발협력의 공익적 목표 간 시너지를 추구하고 있다.

이러한 국제적 동향은 KOICA의 향후 국제개발협력 사업 방향 설정에 중요한 참고가 될 수 있다. 기후변화에 취약한 소규모 농가, 여성농, 청년농 등을 고려하고 지역 커뮤니티 및 농민 조직의 참여를 통해 빈곤, 영양, 식량안보 등의 공적 목적 달성과 함께 지역의 적극적 참여를 통한 자립 역량 강화와 지속 가능성 제고를 도모할 수 있다. 또한, 기후스마트 농업 분야에서 전문성과 역량을 보유한 국내 기업들과의 전략적 협력을 통해 더욱 효과적이고 지속 가능한 국제개발협력 사업 모델을 구축할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 기술 혁신과 개발협력의 통합적 접근을 가능하게 하며, 민간 부문의 전문성을 활용해 사업의 효과성과 효율성, 그리고 지속 가능성을 높이는데 기여할 것이다. 특히, 협력국의 민간 부문과의 협력을 통해 현지의 비즈니스 역량 강화와 새로운 시장 창출을 통해 경제적, 재정적 지속 가능성과 상생 및 동반성장 위한 접근법으로 활용할 수 있다.

5.3. 협력대상국 국가 개발 전략 분석

농업 분야의 기후변화 대응은 국제사회, 국가, 지역사회 간 긴밀하고 유기적인 협력을 필요로 하는 복합적 과제이다. 본 연구의 대상국들은 농업 및 기후변화 분야의 중·장기 발전 전략을 아래와 같이 수립하고 있으며, 우리나라도 이에 발맞추어 해당 협력대상국에 대한 중점 지원 전략을 수립하여 지원하고 있다.

5.3.1. 베트남 개발 전략

베트남은 국가발전 장기 전략인 ‘2021~2030 사회경제 개발전략(Socioeconomic Development Strategy, SEDS)’을 통해 경제, 사회, 환경, 정치외교 분야에서 과학기술, 혁신, 디지털 전환을 중심으로 2030년까지 신흥공업국 및 상위 중소득 국가로의 성장을 계획하고 있다. 이 중, 경제 부문에서 ‘지역 경제와 해양 경제 발전 및 농촌 개발 활성화’, 환경 부문에서 ‘환경보호와 기후변화 대응’, ‘자연재해 예방과 경감대책, 재난관리’ 등과 같은 농업·농촌 및 기후변화 관련 전략적 목표를 수립하였다. 특히, 베트남의 농업농촌개발부는 농업 분야에서 디지털화를 주요 과제로 삼고 있으며, 농업생산발전 마스터플랜과 농업재건 프로그램을 통해 2030년까지 △농업 생산액 증가율 4~4.3% 달성, △농지 1헥타르당 생산액 1억~1억 2,000만 동(VND) 달성 등의 구체적인 목표를 설정하였다.

2022년 베트남은 약 9억 9,100만 달러의 ODA 무상원조를 받았으며, 이 중 우리나라는 약 6.6%(0.658억 달러)를 기여했다. 농림수산업 분야 ODA 무상원조 수취 금액은 약 4,080만 달러(222개 사업)로 전체 ODA 무상원조의 약 4%를 차지했으며, 환경 분야는 5,550만 달러(167개 사업)로 약 5%의 비중을 기록했다.

우리나라는 제3기 CPS(2021-2025)를 통해 교통, 보건위생, 환경, 교육, 공공행정 분야를 베트남 지원의 중점 분야로 선정했다. 특히 환경 분야에서는 △기후변화 대응역량 제고를 위한 친환경 인프라 구축 및 역량 강화 지원, △탄소 중립 사회로의 전환을 위한 친환경 에너지 확충 및 스마트 도시 인프라 지원, △기후변화 완화를 위한 산림 협력 및 순환경제 구축 지원 등을 주요 전략으로 설정했다. 이를 기반으로 수자원 관리 및 관개 사업, 환경관리 역량 강화, 스마트 농업 및 청정 농업 개발 등 취약 지역(예: 메콩강 삼각주, 홍강 등)의 가뭄, 홍수, 해수면 상승 등 기후변화 피해를 경감하기 위한 지원을 강화하고 있다. KOICA의 국가지원계획(CP)에서도 ‘포용적이고 지속가능한 농촌지역 평화마을 조성’을 핵심 CP 프로그램으로 설정하여 농림수산업 및 농촌개발을 적극 지원하고 있다.

5.3.2. 라오스 개발 전략

라오스는 ‘Vision 2030(2016-2030)’과 ‘국가시행전략(2016-2025)’을 통해 혁신적이고 친환경적인 지속 가능한 경제 성장을 목표로 설정하고, 상위 중소득 국가로의 진입을 지향하고 있다. 제9차 국가사회경제개발계획 2021-2025(National Socio-Economics Development Plan)에서는 △국민 삶의 질 향상을 위한 생활 여건 개선(웰빙 분야)과 △환경친화적 개발과 재난위험 경감을 통한 기후변화 대응(환경 분야)을 정책 우선순위로 삼았다. 또한, 라오스는 국가 농업개발 전략을 통해 △식량안보의 지속적 유지, △농촌 지역 생활 여건 개선, △지역 특성을 고려한 친환경적이고 지속가능한 농업시스템 구축을 핵심 목표로 추구하고 있다.

2022년 라오스의 약 4억 6,600만 달러의 ODA 무상원조를 받았으며, 이 중 우리나라의 기여도는 약 10.2%(0.476억 달러)를 기록했다. 농림수산업 분야 ODA 무상원조 수취 금액은 약 4,070만 달러(150개 사업)로 전체 ODA 무상원조의 약 9%를 차지했으며, 환경 분야는 약 1,000만 달러(55개 사업)로 약 2%의 비중을 기록했다.

우리나라는 제3기 CPS에서 물관리, 보건위생, 에너지, 지역개발, 교육 분야를 라오스의 중점 지원 분야로 선정하였다. 특히 물관리 분야에서는 △통합적 물관리 체계 구축을 위한 정책 역량 강화와 △수자원 관리 시스템 및 기반시설 구축을, 지역개발 분야에서는 △도농간 개발격차 완화, 재해 예방 및 농촌지역 주민 삶의 질 향상을 위한 농촌 환경 개선과 △농촌 빈곤 해소 및 식량안보 달성 지원을 위한 농업 가치사슬 향상을 중점 분야별 지원방향으로 설정하여, 기후변화 대응 및 농업·농촌 개발과 삶의 질 향상을 위한 지원 전략을 수립하였다. KOICA의 CP에서도 ‘포용적이고 지속가능한 농촌개발’을 중점 CP 프로그램으로 삼아 농림수산업 및 농촌개발을 중심으로 기후변화 대응과 농업·농촌 개발을 위한 지원을 확대하고 있다.

5.3.3. 메콩강 유역 농업 분야 개발 수요

농림기상정보(Agro-Climate Information)와 이를 활용한 기후스마트 농업 등 기후정보 서비스는 농업 부문에서 기후변화 대응을 위한 혁신적인 대안으로 많은 중·저소득 국가에서 주목받고 있다. 베트남과 라오스에서 시행된 DeRisk, SAMIS, LaCSA 등의 국제협력 프로그램은 기후정보 서비스를 통해 농업 생산성을 높였으며, 에티오피아(AICCRA), 가나(CSAIP), 메콩강 유역(ARCC, CSA) 등에서도 디지털 기후정보 시스템을 통해 농가의 기후변화 대응을 지원하였다. 이러한 사례들은 디지털 농업 및 기후스마트 농업, 기후정보 서비스에 대한 중·저소득 국가의

수요가 증가하고 있음을 보여준다. 이러한 중·저소득 국가의 개발 수요를 고려하여 우리나라의 강점인 ICT 및 농업 기술력을 활용해 맞춤형 디지털 기후스마트 농업 국제개발협력 사업 모델을 발굴한다면, 해당 국제개발협력 분야에서 우리나라가 선도적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

이러한 맥락에서 본 연구의 세부연구 3은 기후정보 서비스가 농가의 삶에 미치는 영향을 중심으로 기후변화 적응조치의 효과를 평가하여 기후정보 활용이 가구 소득 및 농업 소득 증가에 유의미하게 기여할 수 있음을 확인하였다. 특히, 기후정보가 다른 적응조치와 함께 활용되었을 때 시너지 효과를 발휘할 수 있다는 점도 확인되었다. 또한, 농가 차원의 기후변화 대응에 있어 고비용-고위험 적응조치보다 현행 농업의 큰 틀을 유지하면서 활용 가능한 저비용-저위험 적응조치가 더 효과적일 수 있어, 상대적으로 적은 비용과 위험부담을 가지고 적용 가능한 기후정보 서비스를 활용하는 접근법이 효과적일 수 있다.

이러한 기후정보 서비스는 세부연구 1에서 효과적인 농가의 기후변화 적응조치로 살펴본 품목 전환을 위한 기초 자료를 제공하여 농가의 적절한 의사결정에 도움을 줄 수 있으며, 기계화 등 좀 더 높은 수준의 디지털 기반 기후스마트 농업으로의 전환을 위한 출발점이 될 수 있다. 또한, 기후변화 적응조치 도입 의사결정 요인을 분석한 세부연구 2의 결과에서도 베트남과 라오스 모두 기후정보 접근성과 농촌지도 서비스 접근성이 높은 농가일수록 기후변화 적응조치를 더 많이 활용하는 경향을 확인하였다. 이는 기후정보와 농촌지도 서비스 접근성이 농가의 기후변화 대응 의사결정에 영향을 주는 중요한 요소임을 확인하였다.

이러한 연구 결과는 현지 수요 조사 결과와도 일치한다. 현지 연구파트너 기관들과의 협력을 통해 베트남에서 실시한 인터뷰 결과, 현지 이해관계자들은 베트남 농업농촌개발부의 재배업 관리국(Department of Crop Production)과의 협력을 통한 농업기상정보지(ACB) 확장이 우선 과제를 꼽아 파악하였다. 2020년부터 2024년까지 CIAT은 베트남의 27만 명 이상의 농민들에게 농업기상정보를 제공하였지만, 연간 약 1만 7천 달러의 제한된 예산으로 인해 전국적인 확장은 어려운 상황이다. 현재 농민들은 모바일 어플리케이션(Zalo)을 통해 기본적인 정보를 받는데 그치고 있으며, 다양한 채널을 통한 정보 제공이 필요하다는 의견이 제기되었다. 이에 따라 국제 협력을 통해 농업기상정보지의 제공을 메콩강 삼각주 지역을 넘어 전국적으로 확대하는 방안이 요구되고 있다.

국제개발협력 사업의 지속 가능성을 확보하기 위해서는 중·저소득 국가의 인프라 수준과 역량

을 고려하여 적정기술을 활용한 사업의 기획과 추진이 필수적이다. 이러한 관점에서 기후정보 서비스는 농가 차원에서 고도의 기술력이나 인프라 없이도 기본적인 휴대전화나 인터넷을 통해 활용 가능하다는 점에서 적정기술의 디지털 기후스마트 농업 모델로 볼 수 있다. 물론 농림기상 정보 시스템 구축, 조기경보 시스템 구축, 맞춤형 기후스마트 농업 제안 시스템 구축 등 기후정보 서비스 시스템과 플랫폼을 구축하기 위한 인프라와 기술 개발, 인력 양성 등이 필요하지만, 이는 개별 농가 차원이 아닌 중앙 차원에서 고려되어야 하며 현지에서 충분히 적용 가능한 수준이다. 더욱이 제1장(〈표 1-1〉)에서 살펴본 바와 같이 베트남과 라오스 등 메콩강 유역 국가들은 전기 사용 가능 인구 비율, 인터넷 사용 인구 비율, 이동통신 가입자 수 등이 비교적 높은 수준으로 나타나, 기후정보 서비스 활용을 위한 농가 차원에서 최소한의 기본적 인프라는 갖추고 있는 것으로 판단된다. 따라서 기후정보 서비스는 메콩강 유역 국가에서 실질적으로 적용 및 활용이 가능한 적정기술 기반 디지털 기후스마트 농업 모델이라고 할 수 있다.

반면 메콩강 유역 국가들의 낮은 국가적응역량(ND-GAIN) 지수(베트남 100위, 라오스 121위, 캄보디아 133위 등)를 고려했을 때, 기후정보 서비스의 운영과 관리, 그리고 농가 차원에서의 서비스 활용과 실제 농업에의 적용을 위한 역량 강화 프로그램이 함께 필요하다. 세부연구 2와 3의 결과에서 살펴본 바와 같이 농촌지도 서비스는 농가의 기후변화 대응 역량을 강화하기 위한 좋은 접근법이 될 수 있다. 또한, 이러한 역량 강화 프로그램을 통해 단순히 정보 제공이나 기술 교육뿐만 아니라 자기효능감이나 인식 개선 등을 위한 비인지 능력 측면에서의 역량 강화도 함께 추진할 필요가 있다. 이러한 통합적 접근을 통해 사업의 효율성과 효과성, 지속가능성을 더욱 높일 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 기후정보 서비스가 중·저소득 국가의 기후변화 대응에서 실질적이고 지속 가능한 디지털 기후스마트 농업 모델로 활용될 수 있음을 시사한다. 특히, 본 연구 결과와 협력국의 현지 수요 및 역량을 고려하여 KOICA에서 새롭게 기획하고 발굴할 수 있는 디지털 기후스마트 농업 분야 국제개발협력 사업 모델을 제안하고자 한다.

5.4. 유사 사업 분석

본 연구는 유사 사업 분석을 통해 향후 기후변화 및 농업 관련 국제적 공조체제와 협력할 수 있는 제언을 제공하여, 향후 기후변화 대응을 위한 국제개발협력 정책 및 사업을 발굴하는데 기여하고자 한다.

5.4.1. Accelerating Impacts of CGIAR Climate Research for Africa(AICCRA)

AICCRA는 에티오피아 전역에서 시행된 프로젝트로 CGIAR(Consultative Group on International Agricultural Research)와 World Bank가 협력하여 2023년까지 진행하였다. 이 프로젝트의 주된 목표는 기후정보 서비스와 기후스마트 농업 기술을 도입해 농업인들의 기후 적응력을 강화하고 농업 생산성을 높이는 것이다. 주요 대상은 소규모 농민, 축산업 종사자, 농업 협동조합이며, 주된 지역은 Amhara, Oromia, SNNP 등 에티오피아 전역을 대상으로 진행되었다. 디지털 농업 플랫폼(Lersha)을 개발하여 이를 통해 기후정보와 농업 권장 사항을 농민들에게 제공하였다. 또한 위성 데이터를 활용한 기후 예보 시스템과 정밀 농업 기술을 도입해 작물 관리와 물 자원관리를 최적화 하였다. 또한, 지역 교육과 워크숍 등을 통해 농민들과 전문가들의 역량을 강화하고, 기후 데이터 기반의 농업 의사결정에 도움을 주었다. 결과적으로 450,000명 이상의 농업인들이 기후 정보 서비스에 접근하여 농업 생산성과 기후 회복력을 향상시켰다.

5.4.2. Ghana Climate-Smart Agriculture Investment Plan(CSAIP)

CSAIP의 주요 목표는 가나의 농업 부문이 기후변화에 적응할 수 있도록 지원하고, 농업 생산성을 높이며, 온실가스 배출을 줄이는 것이다. 또한 기후스마트 농업 기술을 통해 지속 가능한 농업 개발을 촉진하고, 농업 생산 시스템을 보다 회복력 있게 만들어 식량안보와 경제 성장을 동시에 달성하는 것을 목표로 한다. 대상 지역은 가나 전역으로, 특히 기후변화로 인한 피해가 큰 북부, 중부, 해안 지역과 같은 기후 취약 지역에 집중하였다. 대상자는 주로 소규모 농민, 농업 협동조합, 여성과 청년층을 대상으로 하였다. 이 프로젝트는 농민들이 기후변화에 효과적으로 대응할 수 있도록 도와주며, 농업 가치사슬의 각 주체가 더 나은 수익과 안정성을 얻을 수 있도록 설계되었다. 또한, 농업 관련 기관, NGO, 정부 부처 등 다양한 이해관계자들과 협력하여 기술 지원과 교육을 제공하였다.

주된 활동으로는 먼저 기후 예보와 농업 관리 정보 제공을 위한 디지털 플랫폼을 구축하고, 농민들이 실시간으로 정보를 받아볼 수 있도록 지원하는 것이다. 이 때, 다양한 워크숍과 교육을 통해 농민과 전문가들의 역량을 강화시켰다. 또한 쌀 농사를 위한 물 관리 및 관개 기술 도입을 통해 효율적인 물 사용과 농업 생산성 증대를 도모하였다. 이 프로젝트의 주요 성과는 첫째, 다양한 기후스마트 기술을 도입하여 농업 생산성이 최대 44%까지 증가하였으며, 약 170만 명의 농업인이 혜택을 받은 것이다. 둘째, 기후변화로 인한 농업 리스크를 줄여 농민들의 경제적 안정성을 높이고, 주요 수출 작물에서 예상되는 손실을 최소화 하였다. 셋째, 기후 변화에 대응하여 지속 가능한 농업 생태계를 구축하고 온실가스 배출을 줄이는데 기여하였다.

5.4.3. Mekong ARCC 프로젝트(참고 가능한 유사 사례)

Mekong ARCC 프로젝트는 미국 USAID의 지원으로 라오스, 태국, 캄보디아, 베트남 등 메콩강 유역 국가들의 기후 변화 적응력을 강화하기 위해 2011년부터 2016년까지 시행된 프로젝트이다. 이 프로젝트는 기후 변화로 인해 농업과 생계에 영향을 받는 지역 사회 및 지역 농민들을 대상으로 진행되었다.

이 프로젝트에서는 위성 데이터 및 원격 감지 기술 등을 통해 메콩강 유역의 기후 변동을 실시간으로 모니터링하여 다양한 데이터를 수집하고, 이 데이터를 활용하여 지역 주민들이 모바일 메시지 및 경고 시스템을 통해 실시간으로 기후 경보를 받아 적절한 조치를 취할 수 있도록 가이드 라인을 제공하였다.

또한, 지역 사회 주도 교육 프로그램을 운영하여 기후 데이터를 활용할 수 있는 능력을 갖춘 전문가들을 양성하였으며, 다양한 참여형 워크숍을 통해 기후 변화와 관련된 지식을 지역 주민들에게 전달하고 농업 활동을 기후 변화에 맞게 스스로 관리할 수 있도록 역량을 강화하였다.

5.4.4. Climate-Smart Agriculture(CSA) 프로젝트(Best Practice)

CSA 프로젝트는 농업 생산성을 높이면서 동시에 기후변화에 대응하기 위한 프로젝트로, 베트남에서는 2012년부터 2015년까지, 라오스와 캄보디아 등의 국가에서는 최근까지 진행되고 있는 프로젝트이다. 수혜자는 소규모 농민이며, 주요 대상 지역으로 베트남은 북부 산악 지역인 디엔 비엔(Dien Bien), 손라(Son La), 옌바이(Yen Bai), 라오스는 루앙프라방(Luang Prabang)과 후아판(Houaphanh) 등이 선정되었다.

이 프로젝트는 디지털 기후정보 시스템을 구축하여 위성 데이터와 원격 감지 기술을 사용해 기후 리스크를 모니터링하고 이를 기반으로 한 조기 경보 시스템 제공하며, 농민들이 실시간 기상 정보를 바탕으로 작물 관리 결정을 내릴 수 있도록 지원한다. 또한 물 관리 및 토양 관리 기술을 활용하여 농업 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있도록 지원하며, 이를 통해 가뭄 및 홍수와 같은 기후 충격에 잘 대처할 수 있도록 지원한다.

나아가, 현지 농민들에게 기후 적응 기술을 교육하는 프로그램을 운영하였다. 베트남에서는 워크숍과 교육 세션을 통해 농민들이 새로운 농업 기술을 익히고, 기후 리스크 관리 방안을 배우도록 도왔다. 라오스에서는 현지 공동체와 협력하여, 농민들이 기후 정보에 더 쉽게 접근하고, 기후 변화에 대응할 수 있는 다양한 농업 관행을 도입하도록 지원하였다.

5.5. 지속 가능한 농업을 위한 기후변화 대응 국제개발협력 모델 발굴 및 형성 제안

본 연구 결과를 토대로 효과적인 기후변화 대응 ODA 시범사업 모델을 발굴하고 형성하여, 후속 연구 관심을 환기하고자 한다. 국제적 네트워크와의 협력 혹은 연계를 통해 농업 및 기후변화 분야의 다차원적인 개발문제 해결에 실질적으로 기여할 수 있는 사업요소를 제시하고자 한다. 이를 통해 기후변화라는 초국가적 도전과제 대한 국가 간 협력을 강화하고, 궁극적으로는 글로벌 기후변화 대응 역량 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 잠재적인 참여 혹은 형성 가능한 사업은 다음과 같다.

첫째, 베트남의 메콩 DPO 프로젝트²⁹⁾에 공동 협력 국가로서의 참여를 검토할 수 있다. 이 프로젝트의 참여 기관 일부(ADB, 한국수출입은행)가 본 연구의 주된 조사지역인 Tien Giang 지역에서 진행되는 해안도로 건설 사업을 추진하고 있는바, 이와 연계하여 ‘농산물 유통 시스템 개선을 통한 소득증대 사업’ 등을 국제개발협력사업으로 발전시킬 수 있는 가능성이 있다. 이는 유무상 연계를 통한 시너지 효과를 창출할 수 있을 뿐만 아니라, ICT 기술을 적용한 전자상거래 및 무역 시스템을 활용하여 농업 가치사슬을 연계하여 고부가가치를 창출하고 새로운 BOP (Bottom of Pyramid)시장을 창출하여 동반 성장에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 국제농업연구협의그룹(Consultative Group on International Agricultural Research, CGIAR)에서 추진 중인 Asian Mega-Deltas(AMD) 이니셔티브와 연계하여 ‘통합적 기후변화 정보 시스템 자동화를 통한 기후변화 회복력 증진 사업’과 같은 신규 사업 모형을 제시할 수 있다. 국가별 기후변화 대응 방안 수립의 기초근거로 본 연구결과 활용도 가능하다. 현재 CGIAR는 ‘One CGIAR’로 체제로 전환하여 글로벌 이슈에 대한 통합적 접근을 시도하고 있으며, 파트너십, 지식, 자산, 글로벌 네트워크를 역동적으로 재구성하여 오늘날 세계가 직면한 상호 의존적인 이슈를 통합적으로 접근하고 해결하고자 노력 중이다. 그 일환으로 아시아 지역에서는 공동으로 AMD 이니셔티브를 시작하여 아시아의 대규모 삼각주 지역(베트남, 캄보디아, 미얀마, 방글라데시, 인도 등)에 대한 기후변화 및 여러 사회적, 생태적 이슈를 다루며 인간의 번영과 복지를 지원하는 지역의 회복력·포용력·지속가능성 개선에 기여하고자 한다. 또한, 본 연구팀의 김광형 교수가 DeRISK 및 AMD 프로젝트에 참여하고 있어 이와 연계한 후속 사업

29) 베트남 정부는 ‘베트남 정부의 메콩 삼각주 지역 개발을 위한 마스터플랜(2022)’을 발표하며 기후변화 대응 전략이 필요하다고 강조하였고, 이를 위해 2025~2030년 ‘메콩강 삼각주의 지속가능한 개발 프로젝트(Mekong Delta Region Development Policy Operation, Mekong DPO)’를 추진하고 있음(KOTRA, 2023).

발굴이 가능하다. 이를 바탕으로 현재까지 우리나라의 참여 및 기여가 부족한 CGIAR과 같은 기후 및 농업 관련 국제적 공조기관과 협력할 수 있는 국제개발협력 정책 및 사업을 발굴하는데 기여하고자 한다. 예를 들어, 기후변화 대응 분야의 국제개발협력사업으로 ‘기후정보서비스 콘텐츠 개발 및 자동화 기후정보서비스 시스템을 구축’ 등을 제안할 수 있다.

5.5.1. 라오스 국제개발협력 모델 제안

라오스는 SAMIS, LaCSA 등의 농업 기상 서비스를 통해 이미 유의미한 성과를 거두었으나 여러 한계점 역시 확인하였다. 따라서, 라오스 농업 부문이 직면한 지속적인 기후 위협에 더욱 효과적으로 대응하기 위한 새로운 방안이 필요한 상황이다.

우선 고품질 기상 데이터 확보를 위해 노후화된 기상 관측소들의 수리와 개선이 시급하다. 또한 머신러닝 기술을 활용하여 위성 지도 기반의 연간 작물 생산 모니터링 시스템을 강화해야 하며, 홍수와 가뭄 등 자연재해 예측을 위한 IT 시스템의 고도화도 필요하다. 기후 서비스의 사용자 기반 역시 확대할 필요가 있다. 현재 시범 서비스가 제공되고 있는 4개 주의 농민(계약자, 농민 단체 등)을 넘어 LaCSA의 농업용 제품 서비스 보급을 전국적으로 확대할 필요가 있다. 아울러 농업 계획 수립과 기타 관련 분야에서 농업 기후정보 및 서비스를 효과적으로 활용할 수 있도록 제도적 역량을 강화하고 관련 시스템을 개선해야 한다.

본 연구의 첫 번째 제안사항은 이미 사업의 효과가 일부 확인된 LaCSA를 국가 차원의 사업으로 확대하여 전국적으로 배포하는 것이다. 이는 라오스 전체 인구의 32%에 해당하는 약 233만 명의 농민들에게 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이를 통해 농가들은 기후변화에 대한 회복력 강화, 농업 생산성 향상, 소득 증대, 이상 기후 현상에 대한 대응력 향상 등의 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

두 번째 제안사항은 특정 지역을 대상으로 한 집중적인 프로젝트 활동 추진이다. 여기에는 LaCSA 게시물 배포 교육, 농장 외 행위자를 위한 농업인 자문 교육, LaCSA 자문 농민 그룹 교육 등이 포함된다. 이러한 지역 맞춤형 접근을 통해 개별 농가의 구체적인 문제 해결이 가능하며, KOICA와 같은 외부 자원을 전략적으로 활용하여 프로젝트의 효과를 극대화할 수 있을 것으로 판단된다.

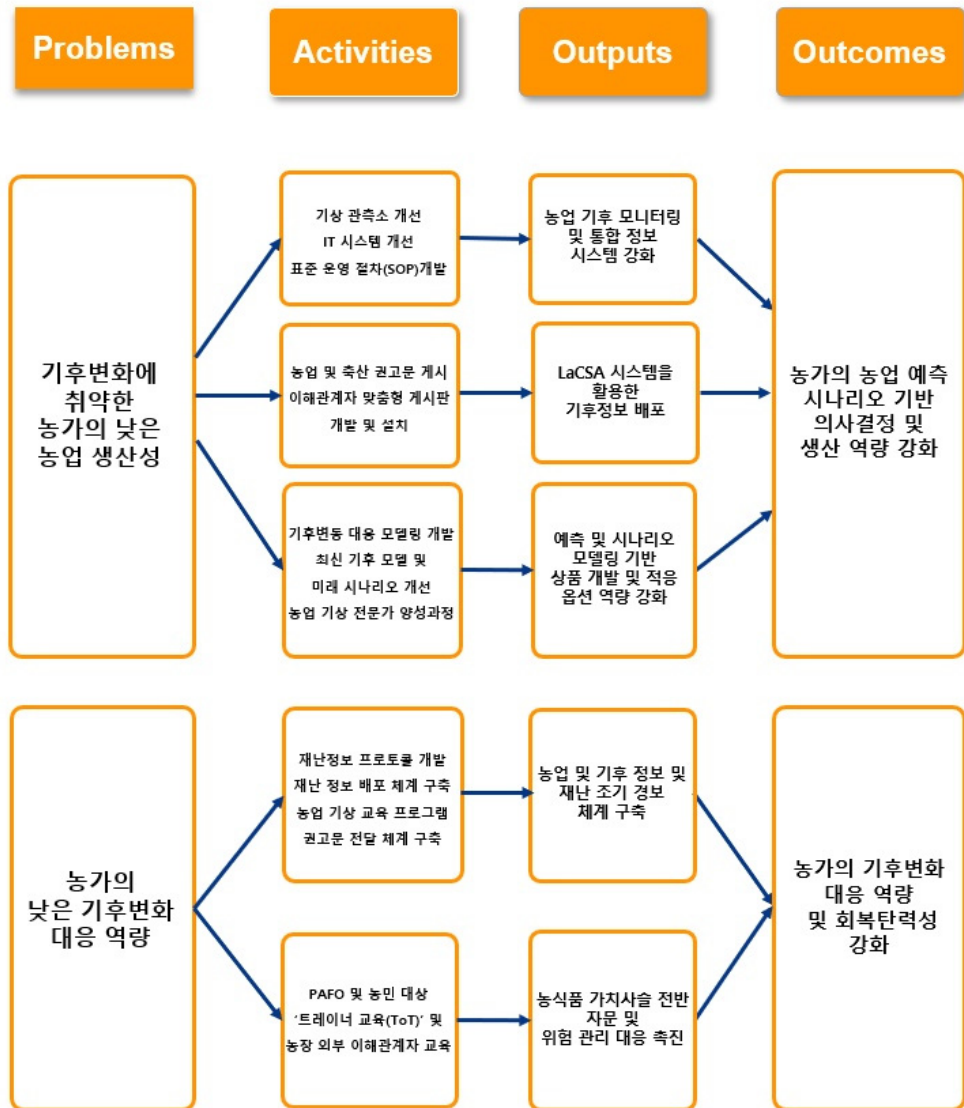
이를 구체화한 사업 논리모형(Logframe)과 변화이론 예시는 <표 5-3>, <표 5-4>와 같다.

〈표 5-3〉 라오스 ODA 모델 제안: 사업 논리모형(Logframe) 및 기대성과 (예시)

설명	지표	검증 방법	가정	
Outcome 1: 농업 예측 시나리오 기반 의사결정 및 생산 역량 강화				
Output 1.1: 농업 기후 모니터링 및 통합 정보 시스템 강화 - 기상 관측소 수리 및 추가 설치 - IT 시스템 개선 - 운영 및 유지보수를 위한 표준 운영 절차 (SOP) 개발	- 기상 관측소의 설치 및 개선 여부 - SOP 개발 여부	- 관측소 설치 보고서 - 기상 관측 데이터 확보 - 설치 견적서 - 현장 확인 보고서 - IT 시스템 개선 보고서 - SOP 작성 문서	- 정부의 농업 정책 변동 없음 - 수혜자들의 적극적인 참여 - 전기 및 인터넷 인프라 구축 - 협력 기관 이탈 없음	
Output 1.2. LaCSA 시스템을 활용한 기후 정보 배포 - 농업 및 축산 관련 권고문(advisories)을 주간 및 월간 LaCSA 게시물로 게시 - 농민, 공급업체, 무역업체 등을 위한 게시판 개발	- 채소, 차, 콩과 식물, 대나무 및 가축 등에 대한 통합 게시물 수(새로운 작물 추가하여 전달) - 농민 뿐만 아닌 공급업체, 무역업체 등의 내용을 포함하고 있는 게시판 존재 여부	- 새로운 작물에 대한 게시물 - 가축 정보가 포함된 게시물 - 게시판 개발 보고서		
Output 1.3. 예측 및 시나리오 모델링 기반 주요 agri-food value chain에 대한 적응 옵션 개발 역량 강화 - 기후 변동성에 대응가능한 모델링 제품 개발 - CMIP6의 최신 기후 모델과 추가 작물 및 농업 시스템(축산 포함) 구축을 통한 미래 시나리오 개선 - 농업 기상 전문가 양성 과정 운영(정부 공무원 및 전문가)	- 기후 변동성에 대응할 수 있는 제품 수 - 개선된 미래 기상 시나리오 - 새롭게 양성된 농업 기상 분야 졸업생 수	- 제품 특허 - 미래 기상 시나리오 개선 과정이 담긴 보고서 - 학생들의 졸업장		
Outcome 2. 농가의 기후변화 대응 역량 및 회복탄력성 강화				
Output 2.1. 농업 및 기후 정보 및 재난 조기 경보 체계 구축 - 지역구 단위의 재난 정보 LaCSA 통합 프로토콜 및 가이드라인 개발 - 지역 사회에 확성기(1,000대) 및 마을 및 학교 게시판에 기후정보 게시물(마을 1,500개, 학교 8,500개) 배포 - 농민 그룹 코칭을 통해 LaCSA 정보 배포(농민과 농업 지도 담당자 대상) - 농업 기상 자문(advisories) 관련 교육 프로그램 실시 - 농업 관련 외부 종사자들에게 배포하기 위한 전달 메커니즘을 개발(District 단위)	- 지역구 단위의 재난 정보를 LaCSA에 통합하기 위한 프로토콜 및 가이드라인 유무 - 지역 별 LaCSA 게시물 수 - 지역 별 LaCSA 그룹 코칭을 들은 농민 및 농업 관계자 수	- 가이드라인 보고서 - 게시된 게시물 사진 - 교육 수강 명단		
Output 2.2. 농식품 가치사슬 전반에 걸친 농업 기상학적 자문 및 위험 관리 조치 적용 촉진 - LaCSA 권고 적용한 PAFO 및 DAFO 대상 '트레이너 교육(ToT)' 프로그램 실시 - 양성된 교육받은 PAFO 및 DAFO 관계자가 LaCSA 권고를 반영한 농민 교육(ToT) 실시 - LaCSA 자문 적용법에 대한 농장 외부 이해관계자 교육 지원	- PAFO 및 DAFO에게 제공한 '트레이너 교육(ToT)' 프로그램 수 - LaCSA 자문을 적용하는 방법에 대해 농장 외부 이해관계자들에게 지원한 교육 수	- 교육 프로그램 안내 공지문 - 교육 받은 사람들의 명단		

〈표 5-4〉 라오스 ODA 모델 제안: 사업 변화이론(Theory of Change) (예시)

라오스 농업 분야 기후정보 제공 플랫폼 구축 사업



5.5.2. 베트남 국제개발협력 모델 제안

베트남에서 시행된 DeRISK 프로젝트는 농업 분야에 의미 있는 기여를 했으며 베트남 정부로부터도 긍정적인 평가를 받고 있다. 그러나 지속적인 운영 자금 지원 없이는 베트남 내 농림기상서비스의 안정적인 제공이 어려운 상황이다. 이는 다음과 같은 여러 한계점에서 기인한다. 첫째, 농림기상 정보지의 생산과 배포에 필요한 충분한 인적 자원을 확보하지 못하고 있다. 둘째, 날씨 및 기후 정보를 지역 수문기상 관련 기관으로부터 유료로 제공받아야 하며, 이마저도 수동으로 데이터를 전송하는 비효율적인 방식을 사용하고 있다. 셋째, 정부 기관들(농업, 수문, 기상 관련 기관) 간의 데이터 공유 체계가 아직 구축되지 않았다. 따라서 장기적 관점에서 농림기상 정보지 개발 과정의 시간적, 비용적 효율성을 높이기 위한 개선이 시급하다.

이러한 문제 해결을 위해서는 국가 수준의 농업 기후 디지털 플랫폼(Agro-Climatic Digital Platform, ACDP)을 개발하여 다양한 출처의 데이터와 정보를 통합적으로 관리하여 서비스를 제공할 필요가 있다. 이 플랫폼의 우선 적용 대상지로는 베트남의 주요 취약 농업 지역인 메콩강 삼각주, 중부 고원, 남부 중앙 연안, 홍강 삼각주 등을 선정하는 것이 적절할 것이다.

베트남 ACDP의 성공적인 구축과 운영을 위해서는 크게 세 가지 영역의 준비가 필요하다. 첫째, ACDP 개발과 유지보수를 위한 기술적 기반을 마련해야 한다. 둘째, ACDP를 통한 농업 기상 정보의 효과적인 전달 체계를 구축해야 한다. 셋째, 시스템 운영과 활용을 위한 체계적인 교육 프로그램을 수립해야 한다. 구체적인 실행 방안으로는 우선 주요 대상 작물에 대한 기후 위험과 병충해 발생 위험을 종합적으로 조사하고, 머신러닝 기술을 활용한 위기 관리 시스템을 구축해야 한다. 또한 ACDP 운영자의 역량 강화를 위해 기후재해 및 농업재해 모델링과 그 응용에 대한 교육, 시스템 운영 및 유지관리 교육을 실시해야 한다. 아울러 농민들이 ACDP를 효과적으로 활용할 수 있도록 정보 해석 및 활용 교육도 병행해야 한다.

이 사업은 메콩강 삼각주의 ACB 확장 프로젝트의 일환으로, 다양한 출처의 데이터와 정보를 통합하여 특정 사용자 그룹을 대상으로 맞춤형 농업 기후 경보와 권고사항을 대규모로 제공할 수 있는 국가 수준의 디지털 플랫폼으로 발전시키는 것을 목표로 한다. 전체 사업 기간은 4년으로 예상되며, 1차 연도에는 플랫폼 설계와 범위 설정에 집중하고, 이후 3년 동안 시스템 개발, 시범 운영, ACDP 구축 등을 단계적으로 진행할 수 있다.

본 사업의 대상 지역은 베트남의 4대 주요 취약 농업 지역인 메콩강 삼각주, 중부 고원, 남부 중앙 연안, 홍강 삼각주이다. 사업 수혜자는 이들 4개 지역의 농민들과 농업 관련 종사자들로 설정하였으며, 구체적인 사업 추진 체계는 다음과 같다.

주요 시행기관

- 농작물생산국(Department of Crop Production, DCP)
- 국제생물다양성연구소(Bioversity International)
- 국제열대농업센터 하노이 지부(CIAT Hanoi)

주요 협력기관

- 국립수문기상예보센터(NHCMF)
- 베트남기상수문기후변화연구소(IMHEN)
- 베트남농업과학원(VAAS)
- 국립연구기관들(CLRRI, FCRI, FAVIRI, WASI)
- 지방농업농촌개발국(DARDs)
- 지역농업농촌개발사무소
- 지방 및 지역 수문기상관측소

이를 구체화한 사업 논리모형(Logframe)과 변화이론 예시는 <표 5-5>, <표 5-6>과 같다.

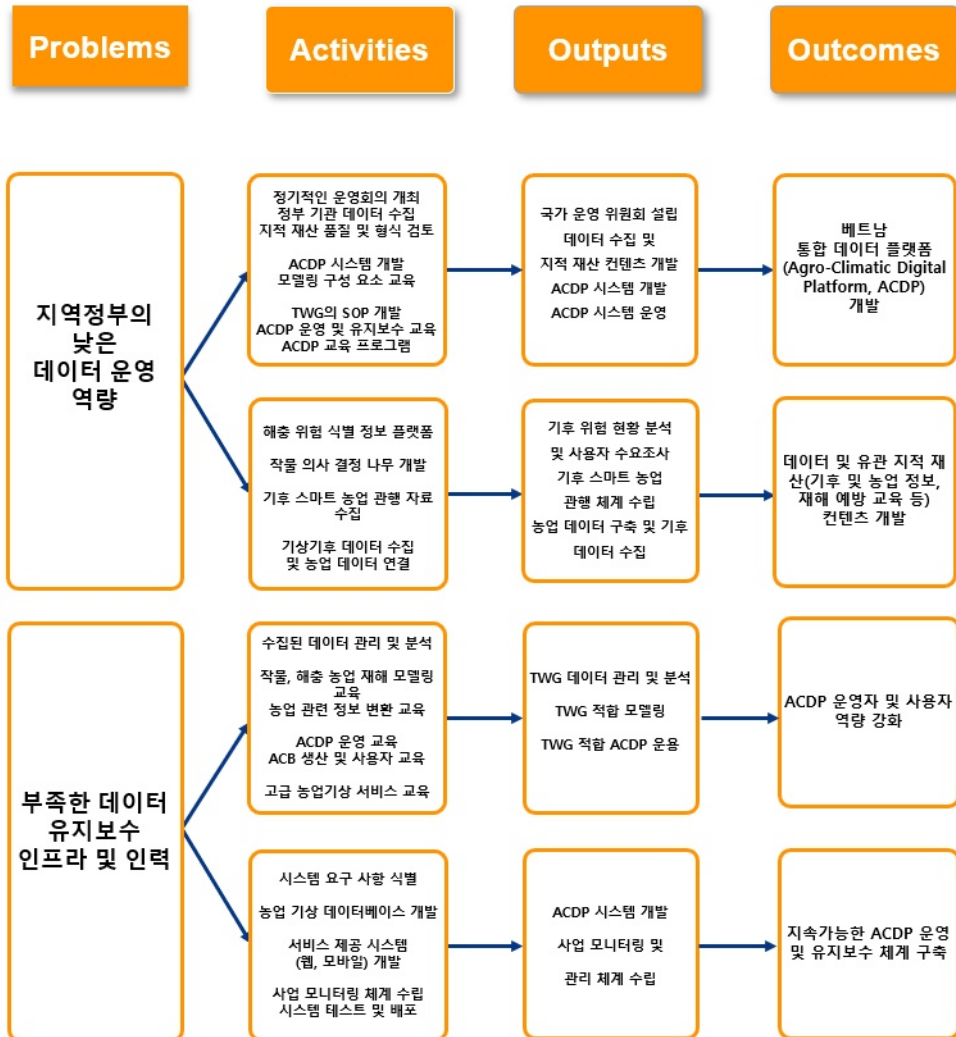
〈표 5-5〉 베트남 ODA 모델 제안: 사업 논리모형(Logframe) 및 기대성과 (예시)

설명	지표	검증 방법	가정
Outcome 1: 베트남 통합 데이터 플랫폼(Agro-Climatic Digital Platform, ACDP) 개발			
Output 1.1: 국가 운영 위원회 설립 - 주요 이해관계자 TWG를 설립 - ACDP 개발 과정에서 중 정기적인 운영 회의 개최	- 명확한 Terms of References (ToR)을 갖춘 국가 운영 위원회 설립 여부 - 전체 프로세스의 자문 및 주요 부서로서 운영회의 개최 횟수	- TWG 보고서 - 회의록 - 회의자 명단	- 정부의 농업 정책 변동 없음 - 수혜자들의 적극적인 참여 - 전기 및 인터넷 인프라 구축 - 협력 기관 이탈 없음
Output 1.2: 데이터 수집 및 지적 재산 개발 - 유관 기관 및 국가/지역 전문가에게 데이터 수집과 지적재산 개발 할당 및 감독 - 유관 정부기관 데이터 수집 및 지적 재산 개발에 필요한 교육 제공 - 수집된 데이터 및 지적 재산의 품질 및 형식 검토	- 데이터 수집 및 지적 재산 개발을 담당하는 국가/지역 전문가 수 - 지적 개발에 필요한 교육 여부	- 전문가 명단 - 교육 수강 명단 - 데이터 품질 보고서	
Output 1.3: ACDP 시스템 개발 - ACDP 시스템 개발 계약 지원 - ACDP 개발과 함께 데이터 수집 및 지적 재산 개발 조정 - ACDP의 모델링 구성 요소에 대한 교육 시행	- 시스템 개발 계약 지원 여부 - 모델링 구성 요소에 대한 교육 여부	- 계약서 - 교육 수강 명단	
Output 1.4: ACDP 시스템 운영 - 성(province)/군(district)수준의 TWG의 역할 및 책임에 대한 SOP 개발 - 지역 맥락에 적합한 ACDP의 운영 및 유지보수 - ACDP의 농업 기상 계산을 전달 및 사용에 대한 교육 프로그램 제공	- SOP 개발 여부 - ACDP 농업 기상 계산을 전달 및 사용에 대한 교육 수	- SOP 개발 보고서 - 교육 수강 명단	
Outcome 2. 데이터 및 지적 재산(기후 및 농업 정보, 재해 예방 교육 등) 콘텐츠 개발			
Output 2.1. 기후 위험 현황 분석 및 사용자 수요 조사 - 주요 작물, 기후, 해충/질병 위험 식별 및 기존 기후정보 플랫폼/네트워크 파악 - TWG와 지역 이해관계자의 조사 결과에 대한 이중 검증	- 대상 작물 및 병해충 수 - 선정된 지역 수 - 해당 파트 수행 인력 수	- 위험 식별 보고서 - 검증 결과 보고서 - DCP 및 지원 기관의 이메일 및 전화 통화를 통한 검증	
Output 2.2. 작물 의사 결정 나무(CDT), 해충 및 질병 관리 옵션, 기후 스마트 농업 관행 체계 수립 - 지역 단위에서의 작물 의사 결정 나무 개발 및 확정 - 국가 기관별, 둘째, 지역 이해관계자별 관리 옵션 검증 - 기후 스마트 농업 관행 자료 수집	- 병해충 관리 옵션 개발을 위한 옵션 검증 연락 수 (연락을 주고받은 전문가 수 등) - 기후스마트 농업 관행 관련 정보량 (GB 단위)	- CDT 성능 평가 보고서 - 옵션 검증 증빙 서류 - 이메일 및 전화 통화를 통한 검증 - 다양한 기후스마트 농업 관행에 대한 설문조사 자료	
Output 2.3. 농업 데이터 구축 및 기후 데이터 수집 - ACDP의 농업용 데이터베이스에 필요한 기상 및 기후 데이터 수집 또는 연결 - ACDP의 농업 데이터베이스에 필요한 농업 데이터(토양, 토지 사용, 행정 형태 파일, 작물 통계, 해충/질병 데이터, 농업 재해 발생, 실시간 농업 데이터) 수집	- 기상 및 기후 데이터 정보량 (GB 단위) - 농업 데이터 정보량 (GB 단위)	분석 결과 보고서	

설명	지표	검증 방법	가정
Outcome 3. ACDP 운영자 및 사용자 역량 강화			
Output 3.1. TWG와 데이터 제공자 적합 데이터 관리 및 분석 - 특정 데이터 분석 및 소프트웨어 도구를 활용한 기상/기후 데이터 분석 및 적용 - 특정 데이터 분석 및 도구를 활용하여 농업 데이터 분석과 관련된 기상/기후 데이터를 적용	- 분석 결과 산출물 - 전문가 수	분석 결과 보고서	
Output 3.2. TWG 적합 모델링 - 작물, 해충 및 질병, 농업 재해 모델링 및 응용에 대한 교육 실시 - 기상정보를 농업 관련 정보로 변환하고 농장관리에 적용하는 방법 교육 실시 - 과거 기후 및 농업 데이터를 사용한 통계 모델링 수행	- 교육 수강생 수 - 교육 차수	- 교육 수강 명단 - 모델링 결과 보고서	
Output 3.3. TWG 적합 ACDP의 구동 및 사용 - ACDP의 운영 교육 및 ACB 생산에 대한 교육 실시 - ACDP의 지속 가능한 유지 관리를 위한 기술 교육 실시 - 일반 농업 기상학에 대한 교육 - 주요 이해관계자를 위한 고급 농업 기상 서비스 교육 실시 - 확장 기관 및 농민을 위한 ACB의 해석 및 사용 교육 실시	- 교육 수강생 수 - 교육 차수	교육 수강 명단	
Outcome 4. 지속가능한 ACDP 운영 및 유지보수 체계 구축			
Output 4.1. ACDP 시스템 개발 - 유관 정부 기관의 데이터베이스 및 제품 검토 - 주요 이해관계자와 협의를 통한 시스템 요구 사항 식별 - ACDP 시스템의 기능적 사양 및 기술적 사양 조사 및 확정 - ACDP 농업 기상 데이터베이스의 개발(기후 및 농업 데이터 품질 관리(QC) 및 데이터베이스 개발, 실시간 데이터 접근 및/또는 업로드 시스템 개발) - ACDP 정보 생산 시스템의 개발(계절 예보 상세화 및 모델 출력 통계, 해충 및 질병 모델링 및 관리 시스템 (4개 작물에 대한 12대 주요 해충 및 질병), 관계(ET) 지원 도구, 작물 의사 결정 나무 운영) - ACDP 서비스 제공 시스템의 개발(시, 도, 국가 차원에서 반자동 하이브리드 접근 방식을 통해 월간 및 주간 ACB 제공) - ACDP 웹 및 앱 개발	- 시스템 개발 인력 수 - 제공된 ACB 수 - 웹 접속 기록 - 앱 다운로드 횟수	- 시스템 개발 보고서 - ACB 결과물 - 웹 및 앱 존재 여부	
Output 4.2. 사업 모니터링 및 관리 체계 수립 - 전반적인 사업 모니터링 및 관리 체계 수립 - 시스템 소유자에 대한 테스트 및 배포 지원 - 모니터링 및 유지보수 관리	서비스 관리 인력 수	서비스 대상자 설문조사 결과	

〈표 5-6〉 베트남 ODA 모델 제안: 사업 변화이론(Theory of Change) (예시)

베트남 농업기후 디지털 플랫폼 구축 사업



상기 제시된 사업 모형들은 모두 데이터 접근성 제고를 통한 ICT 사업 요소들을 포함하고 있다는 점에 주목할 필요가 있다. 앞에서 논의한 바와 같이 국제개발협력 사업의 효과성 및 지속가능성을 확보하기 위해서는 중·저소득 국가의 인프라 수준과 역량을 고려하여 적정기술을 활용한 사업의 기획과 추진이 필수적이다.

현실적으로 많은 중·저소득국은 유관 인프라(전력 및 통신망 등) 및 전문 인력 등이 부족하다는 점을 사업 기획 시 신중하게 고려해야 사업의 효과성 및 지속가능성을 제고할 수 있다. 대부분의 ICT 사업이 인프라 및 인력이 집중된 수도 및 대도시에서만 시행되고 있으며 성공 사례도 많지 않다는 점을 미루어볼 때, 상대적으로 인프라 및 교육 전문 인력이 부족한 농촌 지역에서 ICT 사업을 대대적으로 시행하기 위해서는 아날로그적인 방법도 함께 고려해야 한다.

물론 베트남과 라오스 등 메콩강 유역 국가들은 전기 사용 가능 인구 비율, 인터넷 사용 인구 비율, 이동통신 가입자 수 등이 비교적 높은 수준으로 나타나, 기후정보 서비스 활용을 위한 농가 차원에서 최소한의 기본적 인프라는 갖추고 있는 것으로 판단된다. 따라서 기후정보 서비스는 메콩강 유역 국가의 농가 차원에서 실질적으로 적용 및 활용이 가능한 적정기술 기반 디지털 기후스마트 농업 모델이라고 할 수 있다. 하지만 농촌 지역에서의 사업의 효과성과 지속가능성을 제고하기 위해 디지털 기반의 기후정보 서비스와 함께 아날로그적인 방식을 함께 적용하는 하이브리드 방식을 사업에 적용시킬 수 있다. 베트남과 라오스 농가를 대상으로 시행되었던 DeRISK, SAMIS, LaCSA 등의 프로그램은 농가에 아날로그 방식인 마을 게시판 및 확성기 활용을 주로 활용하면서 추가적으로 현지 모바일 메신저 어플리케이션(Zalo 등)으로 활용을 확대한 경험이 있다. 또한, 인접국의 유사사업(에티오피아의 AICCRA, 가나의 CSAIP, 메콩강 유역의 ARCC 및 CSA 등)에서도 디지털 기후 정보 시스템을 아날로그 방식과 결합하여 농가의 기후 변화 대응을 지원하는 활동을 포함시키기도 하였다.

또한, 메콩강 유역 국가들의 낮은 국가적응역량(ND-GAIN) 지수를 고려하여 기후정보 서비스의 운영과 관리, 그리고 농가 차원에서의 서비스 활용과 실제 농업에의 적용을 위한 역량 강화 프로그램이 함께 필요하다. 농촌지도 서비스는 농가의 기후변화 대응 역량을 강화하기 위한 좋은 접근법이 될 수 있으며, 역량 강화 프로그램을 통해 단순히 정보 제공이나 기술 교육뿐만 아니라 자기효능감이나 인식 개선 등을 위한 비인지 능력 측면에서의 역량 강화도 함께 추진할 필요가 있다. 이러한 통합적 접근을 통해 사업의 효율성과 효과성, 지속가능성을 더욱 높일 수 있을 것으로 기대된다.

이에 본 연구에서는 중·저소득 국가들의 인프라를 포함한 인적·물적·제도적 역량을 고려하여, 디지털 기술을 활용한 기후스마트 농업 방식 중 적정기술로 볼 수 있는 가장 현실적인 방식인 ‘기후정보 서비스 활용’에 초점을 두고 사업 모형을 제안하였다. 또한, 기후정보 배포 시 디지털 플랫폼 뿐만 아니라 아날로그적인 마을 게시판 및 확성기 활용 등의 방법을 병행하는 내용과, 인적·물적·제도적 역량을 강화하기 위한 농촌지도 서비스와 농민조직을 활용하는 활동을 제안된 사업 모형에 포함하여 ICT 기술을 활용한 기존의 사업이 가지는 한계점을 보완하고자 하였다. 이러한 기후정보 서비스라는 낮은 단계의 적정기술을 적용한 디지털 기반 기후스마트 농업은 중·장기적으로 중·저소득 국가가 높은 단계의 기후스마트 농업으로 전환하는데 중요한 기반이 될 수 있을 것으로 기대된다.

지속적으로 증가하는 중·저소득 국가에서의 디지털 기반 기후스마트 농업 수요와 함께 기후정보 서비스의 수요도 함께 커질 것으로 예상된다. 따라서 우리나라의 첨단 ICT 및 농업 기술력과 경제 발전 경험을 기반으로 기후정보 서비스를 활용한 디지털 기후스마트 농업 분야의 국제개발협력 사업을 발굴하여 우리나라가 해당 분야의 국제개발협력에서 선도적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대한다.

6. 결론

6.1. 연구 결과 요약 및 시사점

본 연구는 기후변화에 취약한 메콩강 유역 국가들의 기후변화 적응 현황을 분석하고, 농가단위의 기후변화 적응조치 도입 결정요인과 적응조치의 다차원적인 효과를 실증적으로 분석하였다. 이를 통해 기후변화에 취약한 중·저소득 국가의 농가와 정책 의사결정자들에게 실질적인 도움을 줄 수 있는 정책적 시사점을 제시하였다. 또한, 융복합 실증연구를 통해 기후변화 대응을 위한 과학적 근거를 마련함으로써 효과적인 기후변화 대응 국제개발협력 사업 모델 발굴 및 연계 방안도 제시하였다.

세부연구 1에서는 기온상승과 강수량 변동성 증가 등의 이상 기후로 인해 메콩강 유역 국가들의 농업생산성이 크게 저하되고 있으며, 가뭄, 홍수, 염분유입 등 극한 기후 현상의 증가로 농가의 소득과 식량안보가 심각하게 위협받고 있음을 파악하였다. 특히 메콩강 삼각주는 다른 지역보다 쌀 생산성의 가변성이 더 큰 것을 확인하였다. 이에 대한 대응으로 베트남 농가는 쌀 재배면적 비중을 늘리고 있으며, 단위 면적 당 농기계 지출 역시 꾸준히 증가하는 경향도 발견하였다. 그러나 미래 기후 시뮬레이션 결과, 기후변화가 농가 소득에 미치는 부정적 영향은 작목군 비율을 통해 조정가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 특히 메콩강 삼각주 지역에서는 이러한 적응조치가 농가 수익성을 최대 50%까지 증가시킬 수 있기에, 작목 비중 조정은 해당 지역 기후변화 대응에 있어 중요한 역할을 할 수 있다.

따라서 메콩강 유역 국가 농가들이 겪는 기후변화의 영향에 대응하기 위해서는 첫째, 농가 차원에서의 작목구성 변경 및 기계화 추진 등의 기후변화 적응조치가 필요하며, 둘째, 정부 차원에서의 농가의 품목 전환 및 기반투자 지원을 위한 교육 및 재정적 지원이 중요하고, 셋째, 이웃 농가와의 상호작용인 이웃효과의 긍정적 파급을 위해 지역 단위로 조직화된 프로그램 계획이 필요하다는 점을 파악하였다.

세부연구 2에서는 기후변화 대응역량이 부족한 중·저소득 국가들이 완화조치(Mitigation)보다는 주로 적응조치(Adaptation)를 통해 기후변화에 대응하고 있다는 점에 착안하여, 농업 분야의 주요 기후변화 적응조치(△재배 일정 조정, △작물 다각화, △종자 품종 변경, △농경지 준비, △재배 기술 조정, △물 사용 관리, △물 시설 개선, △소득 다각화, △농림기상 정보 활용 등)

도입의 결정에 영향을 미치는 다양한 요인을 분석하였다.

분석을 위해 실시한 가구 설문조사 결과는 베트남과 라오스의 대다수 농가가 실제 기후변화가 발생하고 있다고 인식하고 있으며, 홍수나 가뭄 등의 피해를 경험했다는 것을 보여주었다. 또한, 많은 농가가 기후변화로 인해 미래에도 가뭄이나 홍수 등의 기후 충격이 발생할 것으로 예상하고 있었으며, 대다수의 가구가 기후변화 적응조치를 긍정적으로 인식하고 있었음에도, 이에 비해 기후정보를 실제 적응조치 도입에 활용하는 농가는 상대적으로 적다는 것도 확인할 수 있었다.

또한, 의사결정 영향 요인 분석 결과, 모든 적응조치의 도입 의사결정에 공통적으로 영향을 미치는 요인은 발견되지 않았으나, △농촌지도 서비스(agricultural extension services), △기후 정보 접근성(access to agro-climate information), △자기효능감(self-efficacy)이 적응조치 도입에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 농촌지도서비스가 적응조치 도입을 촉진하고 금융접근성은 적응조치 도입 역량 강화에 기여하는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 연구결과를 바탕으로 다음과 같은 정책적 시사점을 도출하였다. 첫째, 농가의 기후변화 적응조치 도입을 촉진하기 위해 농민들의 기후변화 인식 개선과 더불어 실질적인 기후정보 접근을 지원하는 정책적 지원이 필요하다. 둘째, 농촌지도 서비스와 연계한 기후 스마트 농업기술 교육 프로그램 등 농가의 기후변화 대응역량과 적응조치 실행력을 강화해야 한다. 셋째, 자기효능감과 같은 비인지 능력을 포함한 농가의 성향에 맞는 지원 방안을 설계해 효과적인 기후변화 대응 행동 변화를 유도할 필요가 있다. 넷째, 농림기상 서비스 등 기후정보를 활용하는 국제적 공조체계 혹은 국제개발협력 프로그램과의 협력을 통해 중·저소득 국가의 기후변화 대응 역량을 증진시키기 위한 노력이 필요하다.

세부연구 3에서는 기후변화 적응조치가 농가의 삶의 질에 미치는 다양한 영향을 종합적으로 분석하는 것을 목표로 농업 생산성뿐만 아니라 소득, 소비, 보건 등 다양한 측면에서 삶의 질에 미치는 영향을 분석하였다. 메콩강 유역 농가를 대상으로 △가구 소득, △농업 소득, △가구 소비지출, △식품 소비지출, △주관적 삶의 질 등 여러 측면에서 기후변화 적응조치의 효과를 분석하였으며, 이를 통해 적응조치를 도입한 농가와 미도입 농가 간의 삶의 질 성과 차이를 평가하고, 기후변화 적응조치의 효과를 다각적으로 조명하였다.

기후변화 적응조치의 효과 분석에서는 농법 조정, 소득 다각화, 기후정보 활용과 같은 저비용·저위험 적응조치들이 농가의 소득과 후생 개선에 긍정적인 효과를 보인 반면, 품종 및 작물 다각화나 물 사용관리와 같은 고비용·고위험 적응조치는 제한적인 효과를 나타냈다. 또한 기후정보

활용이 농법 조정과 결합될 때 시너지 효과를 발생시키는 것으로 나타났다.

이러한 연구결과를 바탕으로 도출한 정책적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 기후변화 대응역량이 취약한 중·저소득국 농가의 기후변화 적응 역량을 단계적으로 강화하기 위해서는, 농가가 저비용·저위험 적응조치를 적극적으로 활용하도록 촉진하는 지원이 필요하다. 또한, 고비용·고위험 적응조치는 개별 농가 차원이 아닌 정부와 지역 사회 차원에서 정책적으로 접근하는 전략이 필요하다. 둘째, 농촌지도 서비스와 금융 접근성이 농가 소득 증대에 긍정적 영향을 미친다는 점을 고려하여, 지역 사회 차원에서 농촌지도 서비스를 활용한 농가 역량강화 및 금융 접근성 개선 지원이 필요하다. 셋째, 기후정보 활용이 농가의 기후변화 대응역량을 높이며 다른 적응조치와 결합할 때 시너지 효과를 낼 수 있다는 점을 고려하여, 농가가 농림기상정보와 연계된 농업 조언 서비스를 적극적으로 활용할 수 있도록 기후정보 서비스 접근성을 개선하기 위한 노력이 필요하다. 단순한 정보획득에서 그치지 않고, 이를 실제 농업에 활용할 수 있도록 기술 및 역량 강화 지원 정책도 동반되어야 한다.

6.2. 연구 결과 환류

본 연구의 성과는 다양한 채널을 통해 국내·외 연구자 및 이해관계자들에게 환류하였으며 향후 추가적으로 환류할 예정이다. 우선 세부연구 1의 연구 결과는 2024년 8월 26일부터 27일까지 대만에서 개최된 아시아환경자원경제학회(AAERE 2024)에서 “베트남의 농업 수확량에 대한 기후변화의 영향과 적응전략의 효과성”이라는 주제로 학계에 발표하였다. 또한, 세부연구 1과 세부연구 2의 연구 결과는 2024년 10월 27일부터 28일까지 일본에서 개최된 ‘11th International Symposium on East-Asian Agricultural Economics 2024’에서 “The Impact of Climate Change on Vietnam’s Rice Yield and the Effectiveness of Producer-side Adaptation Strategies (세부연구 1)”와 “Factors Influencing Climate Change Adaptation among Farmers in the Mekong Delta (세부연구 2)”라는 제목으로 발표하였다. 추가적으로 세부연구 2와 세부연구 3의 연구 결과는 2025년 1월 서울에서 개최 예정인 동계 경제학 공동 학술대회에서 발표를 통해 여러 연구자 및 이해관계자들에게 환류할 계획이다.

여러 학술대회에서의 연구 결과 발표를 통해 다양한 전문가들의 피드백을 수렴하여 좀 더 실질적인 학문적·정책적 시사점을 반영하고 학술 논문으로 수정·발전시켜 향후 본 연구 결과를 국내·외 우수 학술지에 투고할 예정이다. 이러한 연구 성과 환류를 통해 국제 사회의 기후변화 연구 및 지식 생태계 확장에 기여할 것으로 기대한다. 또한, KOICA의 개발협력이슈 세미나(DISKO)를 통해 KOICA 내부에서도 연구 결과에 대한 환류가 이루어질 예정이다.

본 연구의 결과는 우리나라 뿐만 아니라, 연구 대상 지역인 메콩 델타 유역 국가의 개발 계획 수립의 기초 자료로도 활용이 가능하다. 또한, 중앙 정부뿐만 아니라 지역 정부 단위에서도 △시장접근성 개선을 통한 유통 인프라 개선, △작물손실 파악을 통한 농업 생산성 증대, △디지털 기후정보 시스템을 활용한 공무원 역량강화 커리큘럼 개발 등 다분야에 걸친 Action Plan 수립의 자료로도 활용할 수 있다.

연구 결과의 현지 활용도를 높이기 위해 연구의 주요 내용을 현지어로 번역하여 베트남과 라오스 학계와 이해관계자에도 환류할 계획이다. 이를 위해 연구 결과를 현지 연구파트너십을 중심으로 환류 워크숍, 세미나, 자료 공유 등을 통해 공유하고자 한다. 이를 통해 메콩강 유역 국가의 연구자 및 정부 관계자 등 이해관계자에게 연구 결과를 환류하고 현지 상황에 맞는 정책적 제언을 제공하여 학문적·정책적으로 기여하고자 한다.

6.3. 연구의 한계점 및 향후 연구 과제 제안

본 연구는 메콩강 유역 농가의 다차원적인 기후변화 영향과 적응조치의 효과를 계량경제학적 방법론을 활용해 실증적으로 분석하여 정책적 시사점을 도출하고 농업 분야 기후변화 대응을 위한 국제개발협력 모델을 제시했다는 점에서 의의를 가지지만, 다음과 같은 한계점이 존재한다.

첫째, 본 연구는 제한된 시간과 자원으로 인해 농업 분야에서 기후변화에 대응하기 위한 중요한 두 축인 ‘적응조치(Adaptation)’와 ‘완화조치(Mitigation)’ 중에서 적응조치에 초점을 맞추었다. 특히, 기후변화 대응 역량이 부족한 중·저소득 국가의 농가 차원에서 개별적으로 기후변화에 대응하기 위해 완화조치를 도입하는 것은 쉽지 않은 현실이다. 따라서, 메콩강 유역 농가에서 기후변화에 대응하기 위해 실질적으로 취할 수 있는 적응조치에 초점을 맞춰 본 연구를 진행하였다. 이에 따라, 완화조치의 도입 의사결정 요인이나 완화조치의 효과에 대한 분석, 적응조치-완화조치의 통합적 접근, 자원(물, 에너지 등)-기후변화 NEXUS 접근법 측면 등에 대한 분석은 연구 범위에서 제외되었다. 하지만, 중·저소득 국가에서의 농업의 중요성을 고려하였을 때, 이 역시 농업 및 기후변화 정책 수립에 있어 중요하게 다뤄야 할 주제이며, 이에 대한 추가적인 연구를 통해 보다 포괄적이고 실효성 있는 기후변화 대응 방안을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 본 연구는 메콩강 유역의 일부 국가의 농가를 대상으로 진행되어 연구 결과의 외적 타당성 확보에 제약이 있을 수 있다. 다만, 메콩강 유역과 유사한 지리적, 정치적, 경제적, 사회적 맥락을 가진 다른 지역이나 국가에서 정책적 시사점을 제공할 수 있다. 예를 들어, 이집트의 나일강 유역이나 방글라데시의 갠지스-브라마푸트라-메그나(GBM) 삼각주, 미얀마의 이라와디(Irrawaddy) 삼각주 등은 메콩강 유역과 마찬가지로 중요한 농업 생산지역이지만 기후변화에 취약한 지역이다. 선진국 중에서도 미국의 중부를 가로지르는 미시시피강 유역은 미국 농업 수출의 92%, 세계 사료용 곡물의 78%를 생산할 정도로 농업 규모가 크지만, 홍수와 댐 건설 등으로 인한 농경지 감소 문제를 겪고 있어 메콩강위원회와 최근 지속가능한 발전을 위한 정보 교류를 활발히 하고 있다. 이처럼 메콩강 유역과 유사한 상황과 환경에서 비슷한 문제를 겪고 있는 지역에서 본 연구의 결과를 활용한 학문적·정책적 시사점을 통해 글로벌 도전과제인 기후변화 문제 해결에 기여할 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 세부연구 1의 결과에서 볼 수 있듯 메콩강 삼각주 지역의 결과가 베트남 전체의 결과와 유사하지만 기후변화에 더욱 취약한 것으로 나타나, 특히 기후변화에 취약한 지역에서의 연구 및 정책 수립에 활용 가능한 기준을 제공할 것으로 보인다. 이러한 맥락에서 본 연구 결과를 국제적으로 확장하여 다양한 지역에서 농업 분야 기후변화 대응 관련 연구와 정책 수립에 활용될 가능성이 높다.

본 연구의 이러한 한계점을 보완하기 위해 다음과 같은 향후 연구과제를 제안한다.

(1) 적응-완화 통합적 기후변화 대응 실증 연구

농업 부문에서 기후변화에 대응하기 위한 적응조치와 완화조치가 상호작용하는 방식과 그 시너지 효과 및 잠재적 상충관계를 실증적으로 분석하여, 고소득 국가뿐만 아니라 중·저소득 국가에서도 기후변화 대응을 위한 적응-완화 통합적 접근법에 대한 정책 수립에 활용 가능한 연구가 필요하다. 향후 적응-완화 통합적 기후변화 대응을 위한 농업 분야 국제개발협력 사업의 수요가 증가할 것으로 예상되어 관련 사업 모델 및 가이드라인 도출을 위한 연구 또한 제안한다.

(2) 자원-식량-기후변화 NEXUS 연구

기후변화는 하나의 분야에 국한된 문제가 아니라 물, 에너지, 식량안보 등 여러 측면이 하나의 시스템으로 연계된 문제이다. 따라서, 물, 에너지, 식량안보를 아우르는 기후변화 NEXUS 관점에서 통합적으로 기후변화에 대응하기 위한 연구가 요구된다. 이는 상호 연결되어 있는 여러 측면을 고려하여 기후변화 대응의 복잡성을 이해하고 다차원적인 지속가능한 해결책을 마련하는데 필수적이다. 이를 위해, 지역 맞춤형 기후 스마트 농업 기술 도입을 통한 물-에너지-식량 안보를 통합한 기후변화 연구 등을 제안한다.

(3) 다양한 환경 및 상황을 가진 지역에서의 기후변화 연구

메콩강 유역을 넘어, 다양한 환경적, 경제적, 사회적 특성을 가진 여러 중·저소득 국가로 연구 범위를 확대함으로써 기후변화 적응조치의 보편적 효과와 지역적 특수성을 파악할 수 있다. 이를 통해, 농업 분야의 기후변화 대응 및 정책 수립을 위한 이해를 확장하여 글로벌 도전과제인 기후변화 문제해결에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

(4) 농업분야 기후변화 적응조치의 중·장기적 효과에 대한 종단연구

기후변화 적응조치의 지속 가능성 및 중·장기적 효과를 평가하기 위한 종단연구(Longitudinal Study)를 수행할 필요성이 있다. 이러한 연구는 농업 분야의 기후변화 적응조치가 어떤 효과를 가지는지에 대해 보다 심도 있는 이해를 제공함으로써, 정책 설계 및 실행 과정에 중요한 정보를 제공할 수 있다. 또한, 적응조치의 장기적 타당성을 분석하여 중·장기적인 정책 방향을 설정하는데 필수적인 근거를 마련한다. 예를 들어, 본 연구에서는 보험 가입의 단기 효과만을 분석하였으나, 종단연구를 통해 농가가 다양한 기후 위험을 관리하고 지속 가능한 농업을 실행하며 안정

적인 삶의 질을 유지하는데 보험이 미치는 중·장기적 효과를 분석할 수 있다. 이는 보다 포괄적이고 장기적인 기후변화 대응 정책 수립에 기여할 것으로 기대된다.

농림기상정보(Agro-Climate Information) 등을 활용한 기후정보 서비스는 기후변화 대응을 위한 혁신적인 대안으로 많은 중·저소득 국가에서 주목받고 있다. 예를 들어, 베트남과 라오스에서 시행된 DeRisk, SAMIS, LaCSA 등의 국제협력 프로그램은 기후정보 서비스를 활용해 농업 생산성을 증대시켰으며, 에티오피아의 AICCRA, 가나의 CSAIP, 메콩강 유역의 ARCC나 CSA 등도 디지털 기후정보 시스템을 통해 농가의 기후변화 대응을 지원하였다. 이러한 사례들은 디지털 농업 및 기후스마트 농업, 기후정보 서비스에 대한 수요가 중·저소득 국가에서 지속적으로 증가하고 있음을 보여준다. 이에 따라, 농업 및 기후변화 분야의 맞춤형 국제개발협력 사업 모델을 발굴하고 그 효과를 평가함으로써 우리나라의 ICT 기술력을 바탕으로 이러한 국제개발협력 분야에서 선도적인 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 지속 가능성을 확보하기 위해서는 중·저소득 국가의 인프라 수준과 역량을 고려하여 적정기술을 활용한 사업의 기획 및 추진이 필수적이다.

따라서, 본 연구의 세부연구 3에서는 기후정보 서비스가 농가에 미치는 영향을 중심으로 기후변화 적응조치의 효과를 평가하였으며, 이를 기반으로 제5장에서 새로운 국제개발협력 사업 모델을 제안하였다. 특히, 적절성 및 지속 가능성의 관점에서, 베트남과 라오스 등 메콩강 유역 국가들의 높은 전기 사용 가능 인구 비율, 인터넷 사용 인구 비율, 이동통신 가입자 수 등을 고려할 때, 농업 분야의 기후변화 대응을 위한 기후정보 서비스의 활용은 현지에서 실질적으로 적용 및 활용이 가능한 적정기술 기반 디지털 기후스마트 농업 모델이라고 할 수 있다. 또한, 메콩강 유역 국가들의 낮은 국가적응역량(ND-GAIN) 지수를 고려하여, 기후정보 서비스의 운영-관리-사용 역량 강화를 위한 교육 프로그램을 병행함으로써 사업의 효율성, 효과성, 지속 가능성을 더욱 높일 수 있을 것이다.

향후 이와 유사한 국제개발협력 사업이 실제 발굴·형성된다면, 해당 사업의 효과를 체계적으로 평가하기 위해 기획 단계에서부터 사업의 전 단계를 포괄하는 종합적인 효과성 평가(Impact Evaluation) 연구를 후속 과제로 추진할 필요가 있다. 이를 통해 효과적이고 지속 가능한 디지털 기후스마트 농업 국제개발협력 사업의 우수사례(Best Practice)를 발굴하고, 이를 우리나라의 해당 분야 시그니처 사업으로 발전시킬 수 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

- A, Djido, Zougmore, R. B., Houessionon, P., Ouédraogo, M., Ouédraogo, I., & Diouf, N. S. (2021). To what extent do weather and climate information services drive the adoption of climate-smart agriculture practices in Ghana? *Climate Risk Management*, 32, 100309.
- Ackerman, F., & Stanton, E. A. (2012). *Climate impacts on agriculture: A challenge to complacency*. Medford MA: Tufts University.
- ADB (Asian Development Bank). (2009). *The Economics of Climate Change in Southeast Asia: A Regional Review*.
- ADB (Asian Development Bank). (2015). *Cambodia: Addressing the Skills Gap-Employment Diagnostic Study*.
- ADB (Asian Development Bank). (2017). *Country Partnership Strategy: Lao People's Democratic Republic, 2017-2020 More Inclusive and Sustainable Economic Growth*.
- ADB (Asian Development Bank). (2018). *Agriculture, Natural Resources, and Rural Development Sector Assessment, Strategy, and Road Map*.
- Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15(2), 77-86.
- Barham, B. L., Chavas, J.-P., Fitz, D., Ríos Salas, V., & Schechter, L. (2014). The roles of risk and ambiguity in technology adoption. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 97, 204-218.
- Brown, P. R., Tuan, V. V., Nhan, D. K., Dung, L. C., & Ward, J. (2018). Influence of livelihoods on climate change adaptation for smallholder farmers in the Mekong Delta Vietnam. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 16(3), 255-271.
- Brubaker, M., Berner, J., Chavan, R., & Warren, J. (2011). Climate change and health effects in Northwest Alaska. *Global Health Action*, 4(1).
- Bui Hai, N. (2019). *Information on agricultural and rural situation in Vietnam*. NIAPP.
- Burke, M., & Emerick, K. (2016). Adaptation to Climate Change: Evidence from US Agriculture. *American Economic Journal: Economic Policy*, 8, 106-140.
- Challinor, A. J., Watson, J., Lobell, D. B., Howden, S. M., Smith, D. R., & Chhetri, N. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation.

- Nature Climate Change*, 4(4), 287-291.
- Chang, C. C. (2002). The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture. *Agricultural Economics*, 27(1), 51-64.
- Christoplos, I., Ngoan, L. D., Sen, L. T. H., Huong, N. T. T., & Lindegaard, L. S. (2017). The evolving local social contract for managing climate and disaster risk in Vietnam. *Disasters*, 41(3), 448-467.
- Chun, J. A., Kim, D., Lim, Y., Lee, E. J., Lee, H., Kim, C. G., ... & Thammavong, P. (2021). Smallholder farmers' preference for climate change adaptation for lowland rain-fed rice production in Lao PDR. *Journal of Agricultural Meteorology*, 77(4), 235-244.
- Cohen, L. H., Towbes, L. C., & Flocco, R. (1988). Effects of induced mood on self-reported life events and perceived and received social support. *Journal of personality and social psychology*, 55(4), 669.
- Costa-Cabral, M. C., Richey, J. E., Goteti, G., Lettenmaier, D. P., Feldkötter, C., & Snidvongs, A. (2008). Landscape structure and use, climate, and water movement in the Mekong River basin. *Hydrological Processes*, 22(12), 1731-1746.
- Dang, H. L., Li, E., Nuberg, I., & Bruwer, J. (2019). Factors influencing the adaptation of farmers in response to climate change: A review. *Climate and Development*, 11(9), 765-774.
- Dang, T. N., Honda, Y., Van Do, D., Pham, A. L. T., Chu, C., Huang, C., & Phung, D. (2019). Effects of extreme temperatures on mortality and hospitalization in Ho Chi Minh City, Vietnam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 432.
- Deschênes, O., & Greenstone, M. (2012). The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather: reply. *American Economic Review*, 102(7), 3761-3773.
- Dhakar, C., Khadka, S., Park, C., & Escalante, C. L. (2022). Climate change adaptation and its impacts on farm income and downside risk exposure. *Resources, Environment and Sustainability*, 10, 100082.
- Di Falco, S., & Sharma-Khushal, S. (2019). Cognitive drivers, and the effect of information on climate change adaptive behaviour in Fiji Islands. *Environmental Science &*

- Policy*, 92, 245-254.
- Di Falco, S., Veronesi, M., & Yesuf, M. (2011). Does adaptation to climate change provide food security? A micro-perspective from Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(3), 829-846.
- Dow, K., Berkhout, F., Preston, B. L., Klein, R. J., Midgley, G., & Shaw, M. R. (2013). Limits to adaptation. *Nature Climate Change*, 3(4), 305-307.
- Enete, A. A., & Amusa, T. A. (2010). Challenges of agricultural adaptation to climate change in Nigeria: A synthesis from the literature. *Field Actions Science Reports, The Journal of Field Actions*, 4, 1-10.
- European Environment Agency. (2019). *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe*.
- Evers, J., & Pathirana, A. (2018). Adaptation to climate change in the Mekong River Basin: Introduction to the special issue. *Climatic Change*, 149(1), 1-11.
- FAO & WFP. (2020). *Special report: 2019 FAO/WFP crop and food security assessment mission (CFSAM) to the Lao People's Democratic Republic*. FAO.
- FAO. (2016). *Country programming framework for Lao PDR 2016-2021*. FAO.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A. G. (2009). Statistical power analyses using G* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior research methods*, 41(4), 1149-1160.
- Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37 (12): 4302-4315.
- Fisher, A. C., Hanemann, W. M., Roberts, M. J., & Schlenker, W. (2012). The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather: comment. *American Economic Review*, 102(7), 3749-3760.
- Funk, C.C., Peterson, P.J., Landsfeld, M.F., Pedreros, D.H., Verdin, J.P., Rowland, J.D., Romero, B.E., Husak, G.J., Michaelsen, J.C., & Verdin, A.P. (2014). *A quasi-global precipitation time series for drought monitoring* (U.S. Geological Survey Data Series 832). U.S. Geological Survey.
- Gebre, G. G., Amekawa, Y., & Fikadu, A. A. (2023). Farmers' use of climate change

- adaptation strategies and their impacts on food security in Kenya. *Climate Risk Management*, 40, 100495.
- General Statistics Office of Vietnam. (2018). *Statistical yearbook of Viet Nam 2018*. General Statistics Office of Vietnam.
- Glennerster, R., & Takavarasha, K. (2014). *Running randomized evaluations: A practical guide*. Princeton University Press.
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K., & Wiltshire, A. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2973–2989.
- Gourieroux, C., Monfort, A., & Trognon, A. (1984). Pseudo maximum likelihood methods: Theory. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 52, 681–700.
- Government Agencies: Central Committee of Communication. (2021). CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN KINH TẾ - XÃ HỘI 10 NĂM 2021–2030.
- Honda, Y., Kondo, M., McGregor, G., et al. (2014). Heat-related mortality risk model for climate change impact projection. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 19, 56–63.
- Huang, K., Zhao, H., Huang, J., Wang, J., & Findlay, C. (2020). The impact of climate change on labor allocation: Empirical evidence from China. *Journal of Environmental Economics and Management*, 104, 1–18.
- Iglesias, A., Garrote, L., Flores, F., & Moneo, M. (2007). Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean. *Water Resources Management*, 21, 775–788.
- Iglesias, A., Garrote, L., Flores, F., & Moneo, M. (2007). Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean. *Water resources management*, 21, 775–788.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate change 2021:*

- Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, the Working Group II Contribution.* Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press.
- Ioannides, Y. M. (2013). *From neighborhoods to nations: The economics of social interaction.* Princeton University Press.
- Jolliffe, I. T. (2002). Mathematical and statistical properties of sample principal components. *Principal component analysis*, 29-61.
- Jones, J. W., Hansen, J. W., Royce, F. S., & Messina, C. D. (2000). Potential benefits of climate forecasting to agriculture. *Agricultural Ecosystems & Environment*, 82(1-3), 169-184.
- Just, R. E., & Pope, R. D. (1978). Stochastic specification of production functions and economic implications. *Journal of econometrics*, 7(1), 67-86.
- Keles, R. (2012). The quality of life and the environment. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 35, 23-32.
- Kim, J., Sang, W., Shin, P., Cho, H., Seo, M., Yoo, B., & Kim, K. S. (2015). Evaluation of regional climate scenario data for impact assessment of climate change on rice productivity in Korea. *Journal of crop science and biotechnology*, 18, 257-264.
- Kontgis, C., Schneider, A., Ozdogan, M., Kucharik, C., Duc, N. H., & Schatz, J. (2019). Climate change impacts on rice productivity in the Mekong River Delta. *Applied Geography*, 102, 71-83.
- Kontgis, C., Schneider, A., Ozdogan, M., Kucharik, C., Tri, V. P. D., Duc, N. H., & Schatz, J. (2019). Climate change impacts on rice productivity in the Mekong River Delta. *Applied Geography*, 102, 71-83.

- Kreft, C., Huber, R., Wuepper, D., & Finger, R. (2021). The role of non-cognitive skills in farmers' adoption of climate change mitigation measures. *Ecological Economics*, 189, 107169.
- Kurukulasuriya, P., & Mendelsohn, R. (2008). *How will climate change shift agro-ecological zones and impact African agriculture?* The World Bank.
- Kwon, O. S., Cho, H., & Park, Y. (2015). "Climate change and farmland use: A multivariate fractional data analysis." Paper presented at The 5th Congress of the East Asian Association of Environmental and Resource Economics, 5-7 August 2015, Taipei, Academia Sinica, Taiwan.
- Lal, M. (2011). Implications of climate change in sustained agricultural productivity in South Asia. *Regional Environmental Change*, 11(Suppl 1), 79-94.
- Lao PDR Ministry of Planning and Investment(2021). *9th Five-Year National Socio-Economic Development Plan (2021-2025)*.
- Lao Statistics Bureau. (2020). *Poverty in Lao PDR: Key findings from the Lao Expenditure and Consumption Survey, 2018-2019*. Lao Statistics Bureau.
- Lasco, R. D., & Boer, R. (2006). *An integrated assessment of climate change impacts, adaptations and vulnerability in watershed areas and communities in Southeast Asia*. A final report submitted to assessments of impacts and adaptations to climate change (AIACC), project no. AS, 21, 115-179.
- Lasco, R. D., Habito, C. M. D., Delfino, R. J. P., Pulhin, F. B., & Concepcion, R. N. (2011). Climate change adaptation for smallholder farmers in Southeast Asia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 16(8), 897-923.
- Le Dang, H., Li, E., Nuberg, I., & Bruwer, J. (2014). Farmers' perceived risks of climate change and influencing factors: A study in the Mekong Delta, Vietnam. *Environmental Management*, 54(2), 331-345.
- Le, T. T. (2016). Effects of climate change on rice yield and rice market in Vietnam. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 48(4), 366-382.
- Li, S., Wang, Q., & Chun, J. A. (2017). Impact assessment of climate change on rice productivity in the Indochinese Peninsula using a regional-scale crop model. *International Journal of Climatology*, 37, 1147-1160.

- Lim, K., Wichmann, B., Luckert, M. K., et al. (2020). Impacts of smallholder agricultural adaptation on food security: Evidence from Africa, Asia, and Central America. *Food Security*, 12, 21–35.
- Locatelli, B., Rojas, V., & Salinas, Z. (2008). Impacts of payments for environmental services on local development in northern Costa Rica: a fuzzy multi-criteria analysis. *Forest Policy and Economics*, 10(5), 275–285.
- Long, M. H. (1997). Construct validity in SLA research: A response to Firth and Wagner. *The Modern Language Journal*, 81(3), 318–323.
- Nam Bui Hai. (2019). *Information on Agricultural and Rural Situation in Vietnam*. NIAPP.
- Mackay, P., Russell, M., & Merz, S. K. (2011). *Socialist Republic of Vietnam: Climate change impact and adaptation study in the Mekong Delta*. Technical Assistance Consultant's Report (Kien Giang Atlas) 60.
- Malik, A., Qin, X., & Smith, S. C. (2010). Autonomous adaptation to climate change: A literature review. *Institute for International Economic Policy Working Paper Series*, 202, 1–25.
- Manski, C. F. (1993). Identification of endogenous social effects: The reflection problem. *Review of Economic Studies*, 60(3), 531–542.
- McIntosh, C. T., & Schlenker, W. (2006). *Identifying non-linearities in fixed effects models*. UC-San Diego Working Paper.
- McMichael, A. J., & Lindgren, E. (2011). Climate change: Present and future risks to health, and necessary responses. *Journal of Internal Medicine*, 270, 401–413.
- Mekong River Commission. (2017). *MRC Council Study: Climate change discipline report*. Mekong River Commission.
- Mekong River Commission. (2018). *Social impact monitoring and vulnerability assessment (SIMVA)*. Vientiane: MRC Secretariat.
- Mendelsohn, R. O., & Massetti, E. (2017). The use of cross-sectional analysis to measure climate impacts on agriculture: theory and evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11, 280–298.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D., & Shaw, D. (1994). The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis. *The American economic review*, 753–771.

- Mérel, P., & Gammans, M. (2021). Climate econometrics: Can the panel approach account for long-run adaptation? *American Journal of Agricultural Economics*, 103(4), 1207–1238.
- Moore, F. C., & Lobell, D. B. (2014). Adaptation potential of European agriculture in response to climate change. *Nature Climate Change*, 4, 610.
- Muema, E., Mburu, J., Coulibaly, J., & Mutune, J. (2018). Determinants of access and utilisation of seasonal climate information services among smallholder farmers in Makueni County, Kenya. *Heliyon*, 4(11), e00972.
- Murteira, J. M., & Ramalho, J. J. (2016). Regression analysis of multivariate fractional data. *Econometric Reviews*, 35(4), 515–552.
- Nghia, N. T. (2022). The impact of overinvestment on firm performance of Vietnam's listed companies. *Science & Technology Development Journal: Economics-Law & Management*, 6(1), 2208–2219.
- NOAA Physical Sciences Laboratory. (n.d.). *CPC Global Unified Temperature data* [Dataset]. NOAA Physical Sciences Laboratory, Boulder, Colorado, USA.
- OECD. (2024). *OECD Development Co-operation Peer Reviews: Korea 2024*. OECD Development Co-operation Peer Reviews.
- Onyeneke, R. U. (2021). Does climate change adaptation lead to increased productivity of rice production? Lessons from Ebonyi State, Nigeria. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 36(1), 54–68.
- Ortiz-Bobea, A. (2021). The Empirical Analysis of Climate Change Impacts and Adaptation in Agriculture. In *Handbook of Agricultural Economics*, Vol 5, 3981–4073.
- Papke, L. E., & Wooldridge, J. M. (1996). Econometric methods for fractional response variables with an application to 401(k) plan participation rates. *Journal of Applied Econometrics*, 11(6), 619–632.
- Paul, C. J., Weinthal, E. S., Bellemare, M. F., & Jeuland, M. A. (2016). Social capital, trust, and adaptation to climate change: Evidence from rural Ethiopia. *Global Environmental Change*, 36, 124–138.
- Praveen, B., & Sharma, P. (2019). A review of literature on climate change and its impacts on agriculture productivity. *Journal of Public Affairs*, 19, e1960.

- Rahman, M. S., Huang, W. C., Toiba, H., & Efani, A. (2022). Does adaptation to climate change promote household food security? Insights from Indonesian fishermen. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 29(7), 611–624.
- Rahmstorf, S., & Coumou, D. (2011). Increase of extreme events in a warming world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(44), 17905–17909.
- Resurreccion, B. P. (2009). Female migration and social reproduction in the Mekong region. *Asian and Pacific Migration Journal*, 18(1), 101–122.
- Rising, J., & Devineni, N. (2020). Crop switching reduces agricultural losses from climate change in the United States by half under RCP 8.5. *Nature Communications*, 11(1), 4991.
- Rosenzweig, C., et al. (2014). Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3268–3273.
- Skevington, S. M., Lotfy, M., & O'Connell, K. A. (2004). The World Health Organization's WHOQOL-BREF quality of life assessment: psychometric properties and results of the international field trial. A report from the WHOQOL group. *Quality of life Research*, 13, 299–310.
- Smaijl, A., Toan, T. Q., Nhan, D. K., Ward, J., Trung, N. H., Tri, L. Q., & Vu, P. T. (2015). Responding to rising sea levels in the Mekong Delta. *Nature Climate Change*, 5(2), 167–174.
- Son, H., & Kingsbury, A. (2020). Community adaptation and climate change in the Northern Mountainous Region of Vietnam: A case study of ethnic minority people in Bac Kan Province. *Asian Geographer*, 37(1), 33–51.
- Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, H. C. J., Gollin, D., Rayner, M., Ballon, P., & Scarborough, P. (2016). Global and regional health effects of future food production under climate change: A modelling study. *The Lancet*, 387(10031), 1937–1946.
- Stern, N. (2007). The economics of climate change. *American Economic Review*, 98(2), 1–37.
- Swaans, C., & Kim, K. H. (2023). “Over 100,000 Laotian farmers use the seasonal climate

- forecasts and weekly agro-advisories disseminated via Laos climate services for agriculture to improve crop management”. Rome (Italy): Bioversity International; Cali (Colombia): CIAT.
- Swaans, C., & Le, T. T. (2024). “Agro-Climatic Bulletin: Empowering 221,000 Vietnamese farmers against climate change”. Rome (Italy): Bioversity International; Cali (Colombia): CIAT.
- Tan Yen, B., Quyen, N. H., Duong, T. H., Van Kham, D., Amjath-Babu, T. S., & Sebastian, L. (2019). Modeling ENSO impact on rice production in the Mekong River Delta. *PLoS One*, 14(10), e0223884.
- The World Bank Group & Asian Development Bank. (2021). *Climate risk profile: Lao PDR*.
- The World Bank Group & Asian Development Bank. (2021). *Climate risk profile: Vietnam*.
- The World Bank Group Archives. (2023). *World Development Indicators*.
- Tung, L. T., Marchesiello, P., & Dinh, C. S. (2017). *Monitoring of shoreline change using remote sensing*. WP3 Interim Report of LMDCZ-AFD-EU-SIWRR project.
- UNDP. (2022). *Agricultural transformation model adapting to climate change in the Mekong Delta*.
- United Nations. (1992). *United Nations framework convention on climate change*.
- USAID. (2022). *Mekong Delta climate resilient agriculture activity design*.
- Van Tho, N. (2022). Salinity intrusion in the Vietnamese Mekong Delta, a threat: Possible causes, effects on people’s life and production, and temporary solutions and adaptable strategies, *Springer*, 1-10.
- Vietnam General Statistics Office. (n.d.). *Vietnam Household Living Standards Survey (VHLSS)* [Dataset]. Vietnam General Statistics Office.
- Vo, H. H., Mizunoya, T., & Nguyen, C. D. (2021). Determinants of farmers’ adaptation decisions to climate change in the central coastal region of Vietnam. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 5, 327-349.
- Von Braun, J. (2020). Climate change risks for agriculture, health, and nutrition. *Health of People, Health of Planet and Our Responsibility: Climate Change, Air Pollution and Health*, 135-148.
- Von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L. O., & Hassan, M. H. A. (2023). Food systems: seven priorities to end hunger and protect the planet. *Science and innovations*

- for food systems transformation, 3-9.
- WHO. (2023). *Lao PDR officials tackle the effects of climate change on health*.
- Wood, S. A., Jina, A. S., Jain, M., Kristjanson, P., & DeFries, R. S. (2014). Smallholder farmer cropping decisions related to climate variability across multiple regions. *Global Environmental Change*, 25, 163-172.
- Wreford, A., & Adger, W. N. (2010). Adaptation in agriculture: Historic effects of heat waves and droughts on UK agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 8(4), 278-289.
- Wuepper, D., Zilberman, D., & Sauer, J. (2020). Non-cognitive skills and climate change adaptation: Empirical evidence from Ghana's pineapple farmers. *Climate and Development*, 12(2), 151-162.
- Xiao, H., Tang, Y., Li, H., Zhang, L., Ngo-Duc, T., Chen, D., & Tang, Q. (2021). Saltwater intrusion into groundwater systems in the Mekong Delta and links to global change. *Advances in Climate Change Research*, 12(3), 342-352.
- Zellner, A. (1962). An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. *Journal of the American statistical Association*, 57(298), 348-368.
- Zhang, Y., & Shindell, D. T. (2021). Costs from labor losses due to extreme heat in the USA attributable to climate change. *Climatic Change*, 164(35), 1-18.
- Zhu, Y., Yang, Q., & Zhang, C. (2021). Adaptation strategies and land productivity of banana farmers under climate change in China. *Climate Risk Management*, 34, 1-13.
- 관계부처합동. (2021). 제3차 국제개발협력 종합기본계획(안) (2021-2025).
- 관계부처합동. (2022). 새정부 국제개발협력 추진방향(안).
- 관계부처합동. (2023). 라오스 국가협력 전략.
- 관계부처합동. (2023). 5개 중점협력국 국가협력전략 수정안(안) - 라오스, 베트남, 탄자니아, 에티오피아, 우간다.
- 관계부처합동. (2023). 농업 분야 개발협력 추진전략(안).
- 관계부처합동. (2024). 아세안 개발협력전략(안).
- 관계부처합동. (2023). 베트남 국가협력 전략.
- 권오상, & 강혜정. (2013). 농가소득에 있어 '아웃효과' 추정. *농촌경제*, 36(2), 97-113.

- 권오상, 김광수, 이종욱, 허등용. (2023). 개도국과의 연구파트너십을 통한 글로벌위기대응방안 연구사업, 연구파트너십 구축을 통한 베트남 농업부문 기후변화 대응 분석모형 구축과 활용.
- 권오상, & 김창길. (2008). 기후변화가 쌀 단위변화에 미치는 영향: 비모수적 및 준모수적 분석. *농업경제연구*, 49(5), 45-64.
- 권오상, & 이한빈. (2013). 기후변화에 따른 글로벌 농업생산성 변화의 경제적 효과 분석. *농촌경제*, 36(3), 1-32.
- 권오상, 이종욱, 신호재, 최태수, & 정한나. (2022). 베트남 농촌소득의 성장과 수렴현상 분석. *농업경제연구*, 63(3), 99-116.
- 노재선, 권오상, & 조승현. (2012). 기후변수와 쌀 단위 간의 인과성 및 이상기후가 쌀 단수에 미치는 영향 분석. *농업경제연구*, 53(1), 21-39.
- 농식품수출정보. (2016). *베트남 농업농촌개발부(MARD)*.
- 박경원, 권오상, & 김광수. (2015). 농업부문모형을 이용한 기후변화의 지역별, 품목별 경제적 효과 분석. *경제학연구*, 63(1), 61-91.
- 배진호. (2017). 변화하는 베트남 농업: Gaining More From Less. *세계농업*, 201호. 나주: 한국 농촌경제연구원.
- 외교부. (2018). *베트남 개황 2018.3*.
- 외교부. (2019). *라오스 개황 보고서*.
- 외교부. (2019). *캄보디아 개황 보고서*.
- 이요한. (2012). *라오스의 인적자원개발 분야 ODA 현황과 한국의 지원전략*. 대외경제정책연구원.
- 이효정, & 윤자영. (2021). 미국의 농업분야 국제개발협력 전략과 시사점. *세계농업*, 244(4), 29-66.
- 정기환. (2013). *캄보디아 농업 잠재력과 정책 방향*.
- 조현경, & 권오상. (2014). 재배 시기별 기후변수가 논벼의 단위면적당 생산성과 변동성에 미치는 영향 분석. *농업경제연구*, 55(3), 115-140.
- 최원섭. (2014). 베트남 농업 개황. *세계농업*, 163, 149-163. 한국농촌경제연구원.
- 한국교육과정평가원. (2012). *베트남의 국가개관 및 교육제도*.
- 한국국제협력단. (2015). *라오스 농업 ODA 전문가 보고서*. 한국국제협력단.
- 한국농수산식품유통공사. (2021). *2021년 캄보디아 국가 심층조사*.
- 한국농수산식품유통공사. (2022). *2022년 베트남 국가 심층조사*.
- 허장, & 이미나. (2020). *농림업 분야 중점 협력국별 국제개발협력 전략 수립 (3 차년도): 라오스 한국농촌경제연구원*.

연구교육 2025-05-031

메콩강 유역 농가의 다차원적 기후변화 영향과
적응조치 효과에 관한 융복합 실증연구

발 행 2025년 2월

발 행 인 장원삼

발 행 처 한국국제협력단

편 집 인 ODA연구교육원

주 소 경기도 성남시 수정구 대왕판교로 825(우: 13449)

전 화 1588-0434

팩 스 031)740-0260

홈페이지 <http://www.koica.go.kr>

인 쇄 경성문화사

I S B N 978-89-6469-628-6 93320

[본 보고서의 저작권은 한국국제협력단에 있으며,
한국국제협력단의 허락 없이 무단 전재와 복제를 금합니다.]

연구자료

연구교육 2025-05-031

978-89-6469-628-6 93320



메콩강 유역 농가의 다차원적 기후변화 영향과
적응조치 효과에 관한 융복합 실증연구



KOICA 한국국제협력단

13449 경기도 성남시 수정구 대왕판교로 825

Tel. 1588-0434 Fax. 031-740-0260

<https://www.koica.go.kr>