

극한 기후변수가 농업에 미친 경제적 효과 추정 -강원도의 사례-

정준호* · 이승호**

Estimating the Economic Impacts of Extreme Climate Events on Agriculture: the Case of Gangwon-do

Jun Ho Jeong* · Seungho Lee**

요약 : 본 연구는 강원도 농업을 사례로 1993-2010년 기간 동안 11개 시군별 기후, 지리 및 토양, 사회·경제적 변수들에 대한 패널자료를 구축하고 리카디언 방법을 사용하여 극한기후 변수들이 논과 밭 경작유형별로 토지가치에 미친 경제적 효과를 추정하고자 시도한다. 추정결과에 따르면, 호우 관련 극한기후 변수는 논과 밭의 토지가치와 부정적인 관계가 있다. 여름철 관련 극한기온 변수들은 토지가치에 음(-)의 영향을 미치고 있지만, 한파를 제외한 겨울철 관련 극한기온 변수들은 토지가치와 정(+)의 관계를 보여주고 있다.

주요어 : 극한기후, 농업용 토지가격, 논과 밭, 리카디언 접근, 강원도

Abstract : This study attempts to estimate the economic effects of extreme climate events on agriculture with the case of Gangwon-do, drawing upon the Ricardian approach based upon the panel data on extreme climate events, soil and geography, farmland prices, and economic and social variables for the 11 municipal units of Gangwon-do during the period of 1993-2010. Our empirical analysis shows that the heavy rainfall-related extreme climate variable negatively affects the prices of rice paddy and dry farm field. The summer-related extreme temperature variables have negative economic impacts on the land values of both farmlands, while the winter-related ones positively affect them except for the extreme cold wave variable.

Key Words : extreme climate events, agricultural land prices, rice paddy and dry farm field, Ricardian approach, Gangwon-do

1. 서론

기후변화가 농업에 미친 영향에 대한 연구는 주로 농업생태계의 변화에 초점을 두고 이루어져 왔다. 국

내에서, 예를 들면 Yoon(2005)과 National Academy of Agricultural Science(2007)는 이러한 연구경향을 대표하고 있다. Intergovernmental Panel on Climate Change(2007)는 농업이 기후변화에 가장 민감한 산업 중의 하나라고 제시하고 있다. 경제가 성장하고 성숙함

이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음 (NRF-2010-330-B00278).

*강원대학교 부동산학과 부교수(Associate Professor, Department of Real Estate, Kangwon National University), jhj33@kangwon.ac.kr

**건국대학교 지리학과 교수(Professor, Department of Geography, Konkuk University), leesh@konkuk.ac.kr

에 따라 선진국을 비롯한 우리나라에서 전체 경제활동 대비 농업의 비중이 줄어들고 그 영향력이 감소하여 왔지만, 최근에 기후변화에 따른 기상재해는 이러한 농업에 대한 인식과 그 위상을 바꾸어 놓고 있다(Maunders, 1989).

기후변화의 경제적 효과에 대한 연구는 국외에서는 주로 Mendelsohn *et al.*(1994)이 개발한 리카디언(Ricardian) 방법을 사용하여 이루어져 왔다. 이 방법은 경제주체의 적응능력을 가정하여 기후변화의 경제적 효과를 추정하기 때문에 그 경제적 효과가 예상만큼 크지 않다. 한편, 기후변화는 장기적으로 완만하게 진행되기 때문에 그 경제적 효과를 가용자료를 가지고 추정하기도 쉽지 않다(Katz and Murphy, 1997). 그렇다하더라도 국내에서는 주로 가용자료의 문제로 인해 이 방법을 사용한 연구들이 그리 많지 않다. 리카디언 접근으로 기후변화가 농업에 미친 경제적 효과를 추정한 국내 연구로는 Kim and Lee(2009)가 처음이고, Jeong and Kim(2012)은 강원도 농업을 사례로 그 경제적 효과를 추정한 바가 있다.

기후변화가 장기적인 현상이라는 점을 인식하고 이에 대한 경제주체의 적응능력을 고려하여 경제적 효과를 추정하는 것은 의미가 있는 작업이다. 그러나 기후변화가 이처럼 장기적이고 완만하게 진행되는 것만이 아니라 극한기후 현상으로 가뭄, 호우, 폭염, 혹서 등을 동반하여 자연재해를 일으키고 있는 것도 인식할 필요가 있다. 이러한 극한기후 현상의 시·공간적 분포와 자연 생태계에 미치는 영향에 대한 연구들은 최근 지리학계에서 활발히 진행되고 있다. 예를 들면, Lee *et al.*(2011a)은 7개의 호우 관련 지수의 분석을 통해 주요 유형별 호우의 변화 특성을 파악하고 있다. Lee *et al.*(2011b)은 최대연속건조일수와 평균연속건조일수와 같은 가뭄 관련 지수를 분석함으로써 6개 하천 유역별 연속 건조일의 변화 특성을 규명하고 있다. Lee and Heo(2011)는 극한기온 지수의 변화 패턴을 분석함으로써 도시화 효과가 극한기온의 변화에 미치는 효과를 검토하고 있다. 그리고 Choi and Park(2010)은 한파 관련 극한기후 지수를 이용하여 중부지방의 한파분포, 발생빈도 및 강도의 변화 특성을 분석하고 있다.

하지만 극한기후 변수가 경제활동(예: 농업)에 미치

는 경제적 효과에 대한 연구는 사실상 전무하다. 전술한 바와 같이, 국내에서 리카디언 방법을 사용하여 기후변화의 경제적 효과를 추정한 경험연구들이 많지도 않은데, 극한기후 변수들을 활용한 연구들은 더욱 그렇다. Garcia and Viladrich-Grau(2009)는 리카디언 방법을 사용하여 스페인에서 기후변화가 농업에 미친 경제적 효과를 추정하면서 향후 연구과제로 평균기온이나 강수량과 같은 통상적인 기후자료들을 활용하여 그 경제적 효과를 분석하는 데에 국한되지 말고 극한기후 현상이 농업에 미치는 경제적 효과를 분석해야 한다고 제안하고 있다.

본 연구는 기존 연구와 달리, 극한기후 변수들이 농업에 미치는 경제적 효과를 리카디언 방법을 사용하여 추정한다. 이에 대한 연구대상 지역은 최근에 기후변화로 인해 자연재해가 빈발하고 있는 강원도이다. 극한기후 변수들을 사용하여 농업에서 그 경제적 효과를 추정하는 본 연구는 극한기후의 현상으로 나타나는 지구온난화가 농업에 미치는 경제적 효과를 구체적인 자료를 가지고 실증 분석하는 것으로 이 분야에서 사실상 처음이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 분석모형, 변수 및 자료, 분석방법 등에 논의를 한 후에, 리카디언 방법을 활용하여 논과 밭 경작형태별로 기후변화의 경제적 효과를 추정한다. 이를 바탕으로 분석결과에 대한 해석과 설명이 뒤따른다. 마지막으로 결론을 도출한다.

2. 분석모형과 변수선정

1) 분석모형

기후변화가 농업에 미치는 경제적 효과를 추정하는 방법은 여러 가지가 있으나 네 가지 방법들이 주로 활용된다(Kim and Lee, 2009). 첫째, 작물반응함수 또는 작물생산함수를 이용한 농경제모형, 둘째, 기후변화와 토지가치를 연계하여 분석하는 속성가격(hedonic price) 리카디언 모형(Ricardian model), 셋째, 가상의 기후 및 토지이용 조건들을 활용하여 기후변화에 따른

최적 산출물 공급 및 투입물 수요를 추정하는 프로그래밍 시뮬레이션 모형, 넷째, 기후변화와 농업생산 및 경제시스템을 연계한 연산일반균형(CGE 모형)과 동태적 통합모형 등이 바로 그것이다.

리카디언 모형은 다른 방법들과 달리 헤도닉 모형으로 토지가치는 토지에서 파생되는 미래 지대 또는 수익의 현재가치로 파악된다고 가정한다. 이는 토지가치가 완전 경쟁시장에서 토지 수익성을 반영한다는 데이비드 리카도의 지대론에 의지하고 있다. 특히 리카디언 모형은 농경제 모형이 간과하는 경제주체의 환경과의 적응(adaptation) 전략을 고려할 수 있으며, CGE 모형이 분석할 수 없는 미시적인 분석이 가능하고, 실제 가용 자료를 활용한다는 점에서 장점을 가진다(Mendelsohn *et al.*, 1994).

리카디언 모형은 기후변수와 농업수익 간의 직접적인 인과관계를 가정하고 경제적 효과를 추정한다. 경쟁조건하에서 토지가치가 특정 입지에서 토지 생산성을 반영한다고 가정하고 환경조건의 변화가 농업수익에 얼마만큼 기여하고 있는지를 분석하는 것이다. 구체적으로 이는 Equation 1처럼 토지가치를 일련의 환경 투입요소들과 회귀분석을 하여 각 투입요소가 농업수익에 기여하는 바를 확인하고 그 정도를 양적으로 추정하는 모형이다.

$$V = \alpha + \beta_1 W + \beta_2 S + \beta_3 E + \varepsilon \quad \text{Equation 1}$$

여기서 V는 토지가치, W는 기후변수, S는 지리 및 토양변수, E는 사회경제변수, ε 는 오차항이다.

전술한 바와 같이 여기서 사용되는 농지가격은 완전경쟁하의 토지시장에서 최적의 이용가치를 반영하고 있다고 가정한 것이다. 그러나 현실은 그렇지 않다. 예를 들면, 면적이 좁고 인구가 많은 우리나라의 경우 토지이용의 요구가 다양하여 순수한 미래 토지가치의 산정이 어려워 과대평가될 가능성이 있으며, 다른 한편에서는 농지법 규제로 인하여 농지의 자유로운 거래가 제한될 경우 미래의 토지가치가 과소평가될 가능성도 있다. 이처럼 농지가격이 미래의 토지이용의 가치를 제대로 반영하기가 쉽지 않은 것이 현실이다(Kim and Lee, 2009). 따라서 토지가치를 제대로 반영하기 위해

서는 공간적 접근성, 외부효과, 비옥도, 인프라, 제도·정책 요인 등을 종합적으로 고려해야 한다.

리카디언 모형에서 농업인은 경쟁조건하에서 이윤극대화를 추구하는 것으로 가정한다. 농업인의 생산비용은 요소가격뿐만 아니라 기후조건에 의존한다. 농업인이 변동하는 기후에 적응하는 과정은 농가수익과 토지가치에 반영된다. 이는 지리변수들은 주어진 것으로 간주하고, 생산투입과 산출물을 조정하는 것이다. 기후요소는 농업의 생산함수를 이동시키고 특정 작물의 산출량에 영향을 미치게 된다. 이는 다시 미래의 토지가치에 반영된다. 전술한 바와 같이 여기서 농가의 경제적 가치는 현재의 기대수익에 기반하고 농가의 토지가치는 이러한 기대수익의 할인가치이다. 요약하면, 리카디언 접근은 다른 조건들이 동일하다면 기후조건에 따라 농업수익에 변화가 일어난다고 가정하고 이를 계량적으로 계산한다(Mendelsohn *et al.*, 1994; Jeong and Kim, 2012).

2) 변수선정과 자료

리카디언 모형에서 지대는 비옥도와 위치에 따라 결정된다. 비옥도는 기후요소와 토양의 결합으로 이해될 수 있다. 위치는 지리적 변수뿐만 아니라 사회·경제적 변수들에 의해 결정된다. 따라서 리카도 모형에서 사용되는 독립변수는 통상적으로 기후, 지리 및 토양, 그리고 사회·경제적 변수 등으로 구분된다(Jeong and Kim, 2012).

본 연구에서 사용되는 종속변수는 온나라 부동산정보 포털에서 공시하는 논과 밭의 농지가격지수이다. 이는 장기 기후변화의 효과를 반영할 수 있는 가용한 대리변수로 미래 토지가치를 반영한다. 농지의 경우 시장거래가 빈번하지 않고 토지이용에 대한 다양한 요구가 존재하여 미래 농지가치를 이 변수가 얼마만큼 반영할 수 있는지가 세밀하게 검토될 필요가 있지만(Kim and Lee, 2009), 본 연구에서 사용되는 농지가격 변수는 지가가 기후변화에 민감할 수 있다는 가설을 검증하는 데 현실적으로 장기 시계열 분석이 가능한 유일한 대리변수이다. 이는 연평균 농지가격지수이고, 또한 인플레이션을 통제하기 위해 2010년 기준 강원도 물가

지수로 이를 실질화하여 사용한다.

설명변수들은 크게 기후, 지리 및 토양, 그리고 사회경제변수 등으로 구분하여 사용한다(Table 1). 본 연구에서 사용되는 기후변수들은 이 분야의 연구에서 일반적으로 사용되는 연평균 기온과 강수량자료가 아니라 극한기후 지수이다. 이러한 극한기후 변수들은 Lee and

Heo(2011)가 사용한 지수들 중에서 선별한 것으로 가뭄·호우·기온 관련 변수들을 포함하고 있다. 기온 관련 변수는 다시 여름철과 겨울철 관련 변수들로 구분된다. 전자는 일 최고기온의 월 최고값, 일 최저기온의 월 최고값, 여름일수를, 후자는 일 최고기온의 월 최저값, 일 최저기온의 월 최저값, 참겨울일수를 포함한다. 이

Table 1. Definitions and Sources of Data. 변수 및 이용자료

Variables		Definitions	Sources	
Dependent Variable	Real land price index _{it}	Real land price index deflated by the CPI of Gangwon-do	http://www.onnara.go.kr	
Extreme events of climate	Drought	CDD _{it}	Max of consecutive days where daily precipitation < 0.1mm (Days)	
	Heavy rainfall	80pNoD _{it}	Annual count of days when daily precipitation ≥ 80mm (Days)	
	Summer-related	TX _{Xit}	Monthly max. value of daily max. temperature (°C)	http://www.kma.go.kr
		TN _{Xit}	Monthly max. value of daily min. temperature (°C)	
		SU30 _{it}	Annual count of days when daily max. temperature > 30°C (Days)	
	Winter-related	TX _{Nit}	Monthly min. value of daily max. temperature (°C)	
		TN _{Nit}	Monthly min. value of daily min. temperature (°C)	
TXice _{it}		Annual count of days when daily max. temperature < 0°C (Days)		
Geographic-edaphic	Latitude _i	Latitude (degree)	http://www.kma.go.kr	
	Seoul-accessibility index _{it}	Based on the gravity model	authors' calculation	
	Share of 1 st SQI _i	Share of 1 st soil class out of 5 soil suitability classes (%)	http://soil.rda.go.kr	
Socio-economic	Farm land _{it}	Farm land cultivated (ha)	http://www.kosis.kr	
	Per capita real local tax _{it}	Per capita real local tax deflated by the CPI of Gangwon-do (a thousand won)	http://www.kosis.kr	
	Population density _{it}	Total population divided by total area (persons/km ²)	http://www.kosis.kr	
	Share of urban land use area _{it}	Urban land use area divided by total area (%)	http://www.onnara.go.kr	
	Share of agricultural promotion area _{it}	Agricultural promotion area divided by farm land (%)	http://www.kosis.kr	

Note: i and t respectively indicate region and time.

들 지수들은 관측지점에 상관없이 고정 임계치를 가진다¹⁾.

지리 및 토양변수들은 위도(북위), 경도(동경), 서울과의 접근성, 토지적성 1 등급 비중이다. 경도와 위도는 기후대의 차이를 반영하기 위해 사용되는 설명변수이다. 서울과의 접근성 변수는 대도시와의 물리적·사회경제적 접근성을 반영하는 것으로 일반적으로 대규모 중심지와 접근성이 양호하면 해당지역의 지가는 상승한다. 본 연구에서 사용되는 접근성지수(P_i)는 강원도 각 시군에서 서울 광화문까지의 거리($d_{i,j}$)와 매년 서울시 전체인구(S_j)를 가지고 중력모형($\alpha=2$)을 사용하여 산정한 것이다. 이 지수의 산식은 다음과 같다.

$$P_i = \sum_{j=1}^n S_j / d_{ij}^{(\alpha=2)}$$

강원도의 지역적 특성을 감안하면 경도와 서울과의 접근성지수는 상이하지만 사실상 동일한 결과를 보여주고 있다. 이들 변수들은 거리에 따른 영서와 영동지방의 차이를 구분해주고 있는 것이다 이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 경도 변수를 제외하고 서울과의 접근성지수 변수만을 사용한다.

토양변수는 토지적성 1등급 비중을 토질을 나타내는 대리지표로 사용한다. 이는 해당지역의 농지의 비옥도를 나타내는 설명변수이다. 하지만 지역별 시계열자료가 가용하지 않기 때문에 농업적 토지이용에 따른 토지 비옥도의 저하가 본 연구의 분석기간에 심하게 일어나지 않았다고 가정하고 농업진흥청 2009년 자료로 같은한다.

사회·경제적 변수들은 경지면적, 지역소득수준, 인구밀도, 도시적 토지이용의 비중, 그리고 농업진흥·보호구역비중 변수들을 포함한다. 토지가격은 경지면적의 수급에 따라 많은 영향을 많기 때문에 이를 통제하기 위하여 경지면적 변수를 분석에서 고려한다. 리카디언 모형에서 농업용 토지총량은 변수가 아니지만, Garcia and Viladrich-Grau(2009)가 제안하는 바와 같이, 토지가치와 경지면적 간의 관계들을 감안할 필요가 있다. 그리고 농업활동의 미래수익이 농업생산물 가격, 작물선택, 그리고 경지(재배)면적에 의존한다고 하면 경지면적의 확대는 농업수익의 증가와 관련된다(Jeong

and Kim, 2012).

현실적으로 시군별 소득자료가 가용하지 않기 때문에 이를 대리하는 변수로 1인당 지방세부담액을 사용한다. 이 변수는 Kim(2003)의 연구에서 보는 바와 같이 시·군·구 단위의 현실적인 소득수준과 경제여건을 잘 포착하며 지역수요와 투자능력을 나타내고 있다. 인구밀도 변수는 토지가치를 결정하는 도시화와 연관되는 설명변수로 자주 사용된다(Garcia and Viladrich-Grau, 2009). 높은 인구밀도는 농업용 토지의 개발압력뿐만 아니라 농업생산물의 수요를 견인할 수 있다. 인구밀도 변수와 더불어 토지이용의 측면에서 도시적 토지이용의 변화를 포착할 수 있다(Jeong and Kim, 2012). 도시적 토지이용면적은 지목에서 대지, 공장용지, 학교용지, 도로용지, 공원, 체육용지로 분류된 것을 합계한 것이다.

마지막으로 정책 변수이다. 이를 대리하기 위해 농업진흥·보호구역 지정현황을 활용하였다. 이는 농지를 효율적으로 이용하고 보전하기 위해 농지법에 의거하여 농업용으로 이용하고 있거나 이용할 토지가 집단화되어 있는 지역을 지정한 것이다. 여기에서는 원칙적으로 농업생산·농지개발과 직접 관련된 행위만 허용이 되어 농지전용이 억제되고 있다. 이 변수는 농업 및 농지보호를 위한 정책 변수로 사용가능하다. 본 연구에서 도시적 토지이용 및 농지이용 정책 변수들을 명시적으로 고려하고 있어 전술한 종속변수인 농지가격의 사용에 따른 한계들을 보완하고 있다.

본 연구는 Jeong and Kim(2012)의 연구처럼 강원도 18개 시군 전체를 포괄하는 것이 아니라 관측소가 있는 11개 시군²⁾을 대상으로 한다. 자료의 분석기간은 Jeong and Kim(2012)와 달리 1993-2010년이다. 이는 농업진흥·보호구역의 비중에 관한 자료가 1993년부터 가용하기 때문이다. 기후변화가 장기 현상이기 때문에 이를 고려하기 위해 기간을 더욱더 연장해야 하지만 기후변수 및 사회·경제적 변수의 가용여부에 따라 이렇게 제한될 수밖에 없었다. 그리고 1995년 도농통합의 행정구역 개편을 고려하여 자료들을 구축하였다. Table 2는 관련 변수들의 기술 통계량을 보여주고 있다.

Table 2. Summary Statistics. 기술 통계량 요약

		Variables	Mean	Maximum	Minimum	Std. Dev.
Dependent Variable		Real land price index _{it} (Rice paddy)	117.6	176.0	79.0	20.1
		Real land price index _{it} (Dry farm field)	111.8	161.5	71.9	15.8
Extreme events of climate	Drought	CDD _{it}	22.2	48.0	11.0	7.3
	Heavy rainfall	80pNoD _{it}	2.6	7.0	0.0	1.8
	Summer-related	TXx _{it}	34.1	39.3	25.3	2.1
		TNx _{it}	24.5	29.5	16.9	2.1
		SU30 _{it}	26.6	69.0	0.0	17.8
	Winter-related	TXn _{it}	-6.3	0.1	-15.4	3.2
		TNn _{it}	-17.0	-6.0	-29.2	4.5
TXice _{it}		18.5	79.0	0.0	15.0	
Geographic-edaphic		Latitude _i	37.5	38.2	37.1	0.4
		Seoul-accessibility index _{it}	0.00079	0.00183	0.00030	0.00049
		Share of 1 st SQI _i (Rice paddy)	0.108	0.688	0.000	0.202
		Share of 1 st SQI _i (Dry farm field)	0.862	3.472	0.000	0.999
Socio-economic		Farm land _{it} (Rice paddy)	3,670.9	11,445.0	286.0	2,978.9
		Farm land _{it} (Dry farm field)	4,108.8	10,085.0	678.0	2,791.6
		Per capita real local tax _{it}	561.5	1,864.1	214.4	236.7
		Population density _{it}	160.2	579.8	19.3	159.9
		Share of urban land use area _{it}	3.0	9.9	0.8	2.0
		Share of agricultural promotion area _{it}	39.6	116.4	1.3	28.7

Note: The data of rice paddy are collected for 10 si-gun due to the missing data on the land price of rice paddy for Taebaek-si.

3) 분석방법

본 연구는 1993-2010년 기간 동안 강원도 11개 시군으로 이루어진 패널자료를 사용하고 있다. 이 경우 일반적으로 입지효과를 통제하는 고정효과모형을 활용한다. 하지만 Garcia and Viladrich-Grau(2009)가 지적한 바와 같이, 농업은 기후조건에 강하게 구속되어 있으며 후자는 장기에 걸쳐 완만하게 변하고 있는 상황에서 입지효과를 통제하기 위해 고정효과모형을 사용하면 기후조건까지 통제하게 되어 기후변수들은 통계적으로 유의하지 않을 수가 있다. 다른 한편으로, 본

연구에서 위치와 토양변수 중의 일부는 시간 불변적인(time-invariant) 변수이다. 이 경우 기존의 고정효과모형으로 이를 반영하여 추정할 수가 없다. 왜냐하면 변수 전환과정에서 시간 불변의 고정변수가 제거되어 이에 대한 통계적 추정결과를 얻을 수 없기 때문이다 (Plumper and Troeger, 2007; Byeon *et al.*, 2011)³⁾.

이러한 점을 감안하여 패널 OLS 모형으로 회귀식을 일단 추정하였다. 그리고 자료가 지역평균이기 때문에 발생할 수 있는 이분산성을 제어하기 위해 횡단면으로 가중치를 적용한 EGLS(Estimated Generalized Least Squares)를 사용하여 다시 회귀식을 추정하였다.

본 연구에서 사용되는 추정식은 Equation 2와 같다. 이 회귀모형에서 농지가격, 서울과의 접근성, 경지면적, 1인당 지방세, 인구밀도 변수들은 자연로그를 취하여 사용하였다.

$$\ln V_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 CDD_{i,t} + \beta_2 80pNoD_{i,t} + \beta_3 TXx_{i,t} + \beta_4 8TNx_{i,t} + \beta_5 SU30_{i,t} + \beta_6 TXn_{i,t} + \beta_7 TNn_{i,t} + \beta_8 TXice_{i,t} + \sum_{n=1}^N \gamma_n NCV_{i,m} + \varepsilon_{i,t}$$

Equation 2

여기서 V 는 농지가격, i 는 지역, t 는 시간, n 은 변수를 가리킨다. CDD 는 최대연속건조일수, $80pNoD$ 는 일 강수량 80mm 이상의 강수일수, TXx 는 일 최고기온의 월 최고값, TNx 는 일 최저기온의 월 최고값, $SU30$ 은 여름일수, TXn 은 일 최고기온의 월 최저값, TNn 은 일 최저기온의 월 최저값, $TXice$ 는 참겨울일수를 가리킨다. NCV 는 비기후 독립변수들을 의미하고, ε 는 오차항이다.

3. 분석결과

회귀분석은 논과 밭으로 나누어 수행하였으며, 이에 대한 분석결과는 Table 3에 제시되어 있다. 모형 1은 OLS로 추정된 회귀모형이고, 모형 2는 이분산성을 고려한 EGLS로 추정된 모형이다. 이하에서는 보다 정교한 모형 2를 중심으로 회귀분석 결과에 대한 해석과 설명을 시도할 것이다.

본 논문의 관심사인 극한기후 변수들이 토지가치에 미친 효과를 살펴보면, 가뭄 관련 변수인 '최대연속건조일수'와 여름철의 폭염을 나타내는 '일 최고기온의 월 최고값' 변수들의 경우 논과 밭이라는 경작형태에 따라 상반되게 회귀계수의 부호가 나타나고 있을 뿐, 나머지 기후변수들의 경우 경작유형에 관계없이 동일한 회귀계수의 부호들을 보여주고 있다. 가뭄 관련 변수와 여름철 폭염 변수의 경우 통계적으로 유의하지는 않지만, 논 토지가치에는 부정적이고 밭 토지가치에는 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다.

호우주의보의 기준인 호우 관련 변수인 '일 강수량 80mm 이상의 강수일수'은 토지가치에 부정적인 영향을 미치고 있다. 이는 호우가 농작물의 발육과 수확에 부정적인 영향을 미쳐 토지 생산성을 저하시키고 있다는 것을 시사한다.

여름 관련 극한기온 변수들은 전반적으로 토지가치와 음(-)의 관계를 보여주지만, 겨울 관련 극한기온 변수들은 양(+)의 관계를 보여주고 있다(Table 3). 여름철 관련 극한기온 변수들인 '일 최저기온의 월 최고값' 및 '여름일수'와 농지가격 간에는 논과 밭 모두에서 통계적으로 유의한 음(-)의 관계가 나타나고 있다. 온난화에 따라 작물 재배기간이 길어지고 북방 한계선이 북상하고 대기 중에 이산화탄소 농도가 증가하여 토지의 생산성이 제고될 수도 있지만 고온은 생육기간을 단축시키고 수량저하의 원인이 될 수도 있다(Yoon, 2005). 이처럼 상반된 효과가 농작물에 영향을 미칠 수 있지만 강원도의 경우 기온상승은 농가수익에 부정적인 영향을 미쳐 미래 토지가치를 하락시키는 것으로 나타나고 있다.

특히 논 작물인 벼의 등숙기간 내에 고온현상이 발생하면 벼 수량이 감소할 수 있으며, 또한 쌀 단백질 함량이 증가하고 현미 낱알의 무게가 감소하여 쌀의 품질이 저하될 수 있다. 반면에, 밭 작물의 경우 기온상승은 수박, 고추, 토마토와 같은 고온성 작물과 무, 배추와 같은 저온성 작물에 상이한 영향을 미칠 수가 있다. 전자의 경우 생육 촉진과 당도 증가가 일어날 수 있지만, 후자의 경우 품질 저하가 발생할 수 있다. 또한 각종 병해충의 발생이 증가할 수도 있다(National Academy of Agricultural Science, 2007). Lee and Kim(2008)은 강원도 고랭지 농업을 사례로 기온 상승이 해충 발생을 증가시키고 저온성 작물의 생육 저하를 야기해 농작물 수확과 품질을 떨어뜨리고 있는 것을 보여주고 있다. 이러한 현상은 농업소득에 부정적인 영향을 미치는 것으로 이해된다.

반면에, 겨울철 관련 극한기온 변수인 '일 최고기온의 월 최저값', '참겨울일수'는 농지가격과 정(+)의 관계를 보여주고 있다. 토양 온도와 수분은 공기, 양분과 더불어 작물생육에 관여하는 중요한 인자들로, 토양구조, 통기성, 미생물 및 효소의 활성, 식물체 분해, 양분

Table 3. Regression Results, 회귀분석 결과

Specification		Variables	Rice paddy		Dry farm field	
			Model 1	Model 2	Model 1	Model 2
			Coefficient (t-statistic)	Coefficient (t-statistic)	Coefficient (t-statistic)	Coefficient (t-statistic)
Extreme events of climate	Drought	CDD _{it}	-0.001 (-0.651)	-0.001 (-1.372)	0.001 (0.977)	0.001 (0.525)
	Heavy rainfall	80pNoD _{it}	-0.013 (-2.691)***	-0.011 (-2.554)**	-0.013 (-2.314)**	-0.010 (-2.076)**
	Summer-related	TX _{xit}	-0.003 (-0.261)	-0.004 (-0.433)	0.005 (0.566)	0.003 (0.450)
		TN _{xit}	-0.011 (-1.572)	-0.011 (-1.656)*	-0.015 (-1.994)**	-0.013 (-1.868)*
		SU30 _{it}	-0.002 (-2.401)**	-0.002 (-3.622)***	-0.002 (-2.077)**	-0.002 (-2.323)**
	Winter-related	TX _{nit}	0.026 (4.126)***	0.025 (4.620)***	0.027 (4.424)***	0.025 (4.575)***
		TN _{nit}	-0.011 (-2.044)**	-0.010 (-1.983)**	-0.013 (-2.241)**	-0.012 (-2.149)**
		TXice _{it}	0.004 (2.922)***	0.004 (3.320)**	0.002 (1.697)*	0.002 (2.220)**
	Geographic-edaphic	Latitude _{it}	0.013 (0.500)	0.029 (1.296)	0.143 (4.756)***	0.150 (5.265)***
ln(Seoul-accessibility index _{it})		-0.168 (-4.229)***	-0.136 (-4.101)***	-0.164 (-4.327)***	-0.121 (-4.310)***	
Share of 1st SQI _i		0.466 (5.305)***	0.644 (8.421)***	0.020 (1.381)	0.037 (2.690)**	
Socio-economic	ln(farm land _{it})	0.098 (6.043)***	0.087 (6.629)***	0.104 (7.137)***	0.089 (7.290)***	
	ln(per capita real local tax _{it})	-0.156 (-4.593)***	-0.151 (-5.187)***	-0.152 (-4.437)***	-0.146 (-5.282)***	
	ln(pop. density _{it})	0.023 (1.268)	0.060 (4.342)***	0.032 (2.347)**	0.046 (3.674)***	
	Share of urban land use area _{it}	-0.045 (-5.087)***	-0.079 (-9.729)***	0.006 (0.945)	-0.011 (-1.771)*	
	Share of agricultural promotion area _{it}	-0.001 (-2.375)**	-0.001 (-2.545)**	0.002 (3.135)***	0.001 (2.777)***	
	Constant	3.645 (2.661)***	3.308 (2.749)***	-1.803 (-1.114)	-1.640 (-1.152)	
	Adj-R ²	0.631	0.709	0.521	0.561	
	N	178	178	196	196	

Note: ***, **, * are significant at 10%, 5% and 1% level respectively.

의 가용화 등에 직접적으로 영향을 미친다. 따라서 토양온도는 토양의 열역학적, 물리적 및 미세 기상학적 성질에 의해 영향을 받는다(Jung *et al.*, 1985: 366). 겨울철 기간이 길어지면, 토양 수분이 팽창하게 되고 이로 인해 토질의 물리적인 성질이 변화하여 통기성이 좋아져 작물 생장이 용이하다. 다른 한편으로, 겨울철 기간이 길어지면 해충 등이 감소하여 작물의 생육기간에 병충해가 줄어들 수 있다. 이는 토지의 생산성에 긍정적인 영향을 미치고, 미래의 농업소득을 증가시켜 토지가치가 상승하게 된다. 그런데 '일 최저기온의 월 최저값' 변수가 토지가치와 음(-)의 관계를 보여주고 있어 혹은 이러한 선순환에 부정적인 영향을 미치고 있다는 것을 함의한다.

본 연구결과는 온난화가 농업생태에 미친 영향 또는 그것의 경제적 효과를 추정한 기존 연구결과들과 궤를 같이하고 있다. 즉, 이는 기온변수가 강원도 농업에 부정적인 경제적 효과를 미치고 있다는 Jeong and Kim(2012)의 연구, 기온상승이 생육기간 단축과 수량저하의 원인이 되어 쌀의 품질을 저하할 수 있다는 National Academy of Agricultural Science(2007)의 연구, 기온 증가가 벼의 생산량을 떨어뜨린다는 Korea Environment Institute(2009)의 추정결과와도 맥을 같이하고 있다.

지리 및 토양과 사회·경제적 변수 등 비기후 변수들의 추정결과는 전반적으로 강원도의 농업을 사례로 기후변수의 경제적 효과를 분석한 Jeong and Kim(2012)의 결과와 유사하다. Table 3에서 보는 바와 같이, 논과 밭의 경작형태와 무관하게, 농업진흥·보호구역비중을 제외한 모든 변수들의 회귀계수의 부호들이 일치하고 있다. 분석결과를 지리·토양변수부터 정리하면 고위도일수록 토지가치는 상승한다. 단, 논인 경우 통계적으로 유의하지 않고 밭의 경우에만 통계적으로 유의하다. 그리고 논과 밭 상관없이 대도시 서울과의 접근성이 양호할수록 토지가치는 하락한다.

위의 분석을 종합해보면, 고위도 영서지방, 즉 철원을 중심으로 벼농사가 광범위하게 이루어지고 있으며 수도권을 겨냥한 시설재배 밭작물(예: 토마토, 오이 등)의 재배가 서울과의 양호한 접근성으로 영서지방에서 확산되고 있다. 하지만 이러한 영서지방의 농업활동이

토지가치의 상승으로 이어지지 않고 있다. 이는 논지래의 제약, 신규로 편입된 경작지보다 더 생산적인 기존 경작지의 생산성, 경쟁 심화와 외부환경 변화에 따른 기대 이하의 농업소득 등으로 인하여 미래 토지가치에 부정적인 영향을 미치고 있는 것으로 보인다(Jeong and Kim, 2012)⁴⁾. Table 3에서 보듯이, 농업진흥·보호구역비중 변수가 논인 토지가치와 통계적으로 유의한 음(-)의 관계를 보여주고 있으며 토지의 비옥도와 토지가치와 정(+)의 관계를 가지고 있다는 것이, 이러한 해석을 뒷받침하고 있다고 볼 수 있다.

논과 밭 상관없이 토지의 비옥도를 나타내는 토지적성 1등급비중 변수와 토지가격과 정(+)의 관계를 보여주고 있다. 토지의 비옥도가 양호할수록 토지생산성이 높고 이는 미래 토지가치에 반영된다는 것을 시사한다. Jeong and Kim(2012)의 연구는 토지적성 1·2등급을 사용할 경우 비옥도와 토지가치 간에 음(-)의 관계를 보여주고 있다. 강원도의 경우 토질이 매우 양호한 1등급 토지가 제한적이기 때문에 이러한 희소성이 토지가치에 반영이 되고, 나머지 토지는 공급과잉으로 오히려 토지가치에 부정적인 영향을 미치고 있다고 볼 수 있다.

사회·경제적 변수들을 살펴보면, 논과 밭 무관하게 경지면적과 토지가격 간에 정(+)의 관계가 있다는 것은, 일반적으로 경지면적의 확대가 농업수익의 증가로 이어지고 이는 다시 미래 토지가치를 제고한다는 것을 시사한다. 지역의 경제력과 투자여력을 나타내는 1인당 지방세 변수가 논과 밭 모두에서 토지가치와 통계적으로 유의한 음(-)의 관계를 보여주고 있다. 이는 소득이 높은 지역에서 농업활동의 방기가 발생하고 있다는 것을 함의한다.

논과 밭의 구분과 무관하게 인구밀도와 토지가치 간의 관계는 통계적으로 유의한 정(+)의 관계가 성립하고 있다. 이는 높은 인구밀도가 농업생산물에 대한 수요와 이에 따른 농업소득을 증가시킨다는 것을 의미한다. 도시적 토지이용 변수도 논과 밭의 경작유형과 상관없이 토지가격과 통계적으로 유의한 음(-)의 관계를 보여주고 있다. 이는 비농업용 토지의 수요증대를 의미하는 토지이용 변화가 농작물 재배면적의 축소를 야기하고 미래 농업수익을 감소시켜 토지가치의 저하로 이어지고 있다고 생각할 수 있다(Jeong and Kim, 2012).

마지막으로, 전술한 바와 같이, 농업진흥·보호구역 비중 변수는 논·밭의 토지가치와 통계적으로 유의한 음(-)의 관계를 보여주고 있지만, 밭의 경우 이 변수와 토지가치 간에는 정(+)의 관계이다. 논·밭의 경우 예상대로 농지전용·농지전용의 역제가 토지가치에 부정적인 영향을 미치고 있다. 강원도의 경우 농업진흥지역에서 논이 약 80%를 차지하고 있어서 논·밭의 전용도로의 전환이 힘들어 토지가치는 상승하지 않는다고 볼 수 있다. 하지만 밭의 경우 상대적으로 전용도로의 전환이 쉽고 이러한 기대 심리가 토지가치의 상승에 기여하는 것으로 보인다.

4. 결론

본 연구는 극한기후 변수가 강원도의 농업에 미친 경제적 효과를 분석하기 위해 Mendelsohn *et al.*(1994)이 개발한 리카디언 모형을 사용하였다. 분석결과 극한기후 현상을 야기하는 지구 온난화 현상은 현재로서는 강원도의 농업에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 논과 밭 모두에서 호우의 빈발은 미래의 토지가치에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 여름 관련 극한기온 변수들은 논과 밭이라는 경작 유형과 상관없이 토지가치에 부정적이고, 반면에 겨울 관련 극한기온 변수들은 긍정적인 영향을 미치고 있다. 그런데, 한파는 논과 밭 모두에서 토지가치에 부정적이다. 이는 기온상승이 농작물의 품질저하와 병충해를 유발하고 그로 인하여 토지생산성을 저하시킬 수 있다는 것을 함의한다. 또한 겨울철 관련 극한기온 변수들은 병충해 방지에 기여하고 토양수분을 공급하여 작물의 생장에 유리한 환경을 조성함으로써 농지의 미래수익을 향상시킬 수 있다는 것을 시사한다.

둘째, 강원도의 경우 논과 밭 모두에서 복위도일수록 토지가치가 높으며, 비옥도가 클수록 토지가치가 상승하는 것으로 나타났다. 그러나 서울과의 접근성이 양호할수록 토지가치가 떨어지고 있다. 이는 영서지방에서 농지거래의 제약, 신규로 편입된 경작지보다 더 생산적인 기존 경작지의 생산성, 경쟁 심화와 외부환경 변

화에 따른 기대 이하의 농업소득 등에 기인하는 것으로 보인다.

마지막으로, 논과 밭 상관없이 경작면적이 확대되면 토지가치는 상승하고, 소득이 증가하면 농업활동이 방지되어 토지가치가 하락하고, 인구밀도가 높을수록 토지가치가 상승하는 것으로 나타났다. 그리고 도시적 토지이용의 확대는 토지가치를 하락시키고 있다. 농지전용을 억제하고 농업활동을 권장하는 정책변수인 농업진흥·보호구역비중 변수는 논·밭의 경우 음(-)의 효과를, 밭의 경우 양(+)의 효과를 보여주는데, 이는 농업진흥지역의 약 80%가량이 논이어서 전용도로의 전용이 힘들지만 밭은 상대적으로 쉽다는 기대 심리에 기인하는 바가 크다고 생각된다.

경제주체의 능동적인 적응능력을 고려한다면 지구 온난화의 경제적 효과는 향후 본 분석의 결과와 상이할 수도 있다. 왜냐하면 본 연구는 과거 자료에 기반하고 있기 때문이다. 하지만 강원도에서 지난 20여 년 동안 극한기후 현상이 지리·토양, 사회·경제적 변수들을 통제할 경우 토지가치로 평가된 농업활동에 부정적인 경제적 영향을 미쳤다는 것을 본 연구는 실증연구를 통해 보여주고 있다.

주

- 1) 반면에 각 관측지점마다 장기 평균을 고려한 변동 임계치를 사용한 지수들이 있다. 예를 들면, 온난기 지속일, 온난일 비율, 온난야 비율, 열파지속일, 한랭기 지속일, 한랭일 비율, 한랭야 비율, 한파 지속일 등이 그것이다. 이러한 지수들을 산정하기 위해서는 장기 기후관측 자료가 요구되는데, 이를 보유한 관측소가 많지 않은 관계로 이러한 지수들을 산정하고 이를 회귀식에 포함시키지는 않았다.
- 2) 이는 고성, 철원, 평창, 춘천, 강릉, 동해, 원주, 영월, 인제, 홍천, 태백을 포함한다. 하지만 논·밭의 경우 태백시 논·밭지수 자료가 가용하지 않기 때문에 10개 시·군을 대상으로 한다.
- 3) Plumper and Troeger(2007)가 개발한 고정효과벡터분해(Fixed Effect Vector Decomposition)를 사용할 경우 시간 불변 고정변수의 추정계수와 통계량을 얻을 수 있다.
- 4) 이를 다른 측면에서 보면 서울과의 접근성이 양호한 영서지방에서 휴경지의 증가, 목밭의 확대 등이 발생하고 있지만 거

래의 제한 등으로 토지가치의 상승이 제약되는 것으로 파악할 수도 있다.

참고문헌

- Byeon, Chang-Uk, Choi, Yoon-Ki and Kim, Dong-Soo, 2012, *The Spatial Pattern Analysis of Economic Activity: Focusing on Linkages between Regional Economic Activity and Migration*, KIET, Seoul (변창욱·최윤기·김동수, 2011, 경제활동의 공간 패턴 분석: 지역경제활동과 인구가동 간의 연관성을 중심으로, 연구보고서, 산업연구원, 서울).
- Choi, Young Eun and Park, Chang Yong, 2010, Distributions of Cold Surges and Their Changes in the Joongbu Region, the Republic of Korea, *The Geographical Journal of Korea*, 44(4), 713-725 (in Korean).
- Garcia, M. and Viladrich-Grau, M., 2009, The economic relevance of climate variables in agriculture: The case of Spain, *Economia Agraria y Recursos Naturales*, 9(1), 149-180.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jeong, Jun Ho and Kim, K-B., 2012, Analyzing the Economic Relevance of Climate Variables in the Agriculture of Gangwon-do, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 15(2), 192-205 (in Korean).
- Jung, Pil Kyun, Lee, Kwang Seek, Ko, Mun Hwan, Um, Ki Tae, and Ha, Ho Seong, 1985, Effects of Mulching Practices on Soil Temperature and Soil Physical Properties, *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 18(4), 366-372 (in Korean).
- Katz, R. W. and Murphy, A. H., 1997, *Economic Value of Weather and Climate Forecasts*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kim Jung Hun, 2003, *Net Fiscal Benefit of Local Governments and Balanced Regional Development Policy*, Korea Institute of Public Finance, Seoul (김정훈, 2003, 지방자치단체 재정편익과 지역 간 균형 발전에 관한 연구, 한국조세연구원, 서울).
- Kim, Chang-Gil and Lee, Sang-Min, 2009, Economic impact assessment of climate change on agriculture in Korea, *Korean Journal of Agricultural Economics*, 50(2), 1-25 (in Korean).
- Korea Environment Institute, 2009, *The Economic Analysis of Climate Change in Korea* (1), KEI, Seoul (한국환경정책평가연구원, 2009, 우리나라 기후변화의 경제학적 분석(1), 서울).
- Lee, Seung Ho and Heo, In Hye, 2011, The Impacts of Urbanization on Changes of Extreme Events of Air Temperature in South Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 46(3), 257-276 (in Korean).
- Lee, Seung Ho and Kim, Sun Young, 2008, Impacts of Climate change on Highland Agriculture over Taebak Mountainous Region, *The Geographical Journal of Korea*, 42(4), 621-633 (in Korean).
- Lee, Seung Ho, Kim, Eun Kyung and Heo, In Hye, 2011a, A Study on Variability of Extreme Precipitation by Basin in South Korea, *Journal of the Korean Association of Regional Geographers*, 17(5), 505-520 (in Korean).
- Lee, Seung Ho, Kim, Eun Kyung and Heo, In Hye, 2011b, A Study on Variability of Consecutive Dry Days by River basin in South Korea, *Journal of the Korean Association of Regional Geographers*, 17(6), 666-678 (in Korean).
- Maunder, W. J., 1989, *The Human Impact of Climate Uncertainty*, Routledge, London.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. and Shaw, D., 1994, The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis, *The American Economic Review*, 84, 753-771.
- National Academy of Agricultural Science, 2007, *The Effects of Climate Change on Agri-Ecosystem, Evaluation of Vulnerability and Building-up of Adaptation Strategies*, NAAS, Seoul (농업과학기술원, 2007, 기후변화에 따른 농업생태계 영향, 취약성 평가 및 적응방안 구축, 서울).
- Plumper, T. and Troeger, V. E., 2007, Efficient Estimation

of Time-Invariant and Rarely Changing Variables in Finite Sample Panel Analysis with Unit Fixed Effects, *Political Analysis*, 15, 124-139.

Yoon Seng-Tak, 2005, **Effect of global warming and coping** with vulnerability of agricultural production, *Korean Journal of International Agriculture*, 17(3), 199-207 (in Korean).

교신: 정준호(강원대학교 부동산학과 부교수, 이메일: jhj33@kangwon.ac.kr, 전화: 033-250-6838)

Correspondence: **Jun Ho Jeong (Associate Professor, Department of Real Estate, Kangwon National University, e-mail: jhj33@kangwon.ac.kr, phone: +82-33-250-6838)**

최초투고일 2012. 6. 1

수정일 2012. 6. 25

최종접수일 2012. 6. 27