기후변화에 따른 농촌지역 영향 및 대응방안 연구 - 예산군을 대상으로 -

이경진 • 차정우*

공주대학교 조경학과 • *충남발전연구원 환경생태연구부

Planning for Adapting to the Rural Region Impacts of Climate Change - Case study in Yesan -

Lee, Gyeong-Jin • Cha, Jung-Woo*

Dept. of Landscape Architecture, Kongju National University

**Dept. of Environment & Ecology Research, Chungnam Development Institute*

ABSTRACT : Owing to increase of meteorological disasters by climate change, it needs to study of climate change which will be able to deal with adaption for basic local authorities. A case study area of Yesan have been impacted by land-use which alter natural environment damage. It has led to micro-climate change impacts in rural area, Yesan. In order to adapt to the effects, this paper estimated temperature change in productivity of fruits and conducted decline of nonpoint pollutant loadings. As the results of temperature change of effecting on growth of apple, since a rise in temperature have not increased high, therefore the apple productivity could not be influence until 2030s. While the apple productivity could be declined 14.8% in 2060s. In addition, it supposes that the productivity would be decreased 44.5% in 2090s. Furthermore, it showed that the apple maturity has become worse, because length of high temperature has dramatic increased 54.2% in 2030s, 103.2% in 2060s and 154.0% in 2090s beside 2000, respectively, compared with 2000. As results of analysing between the future rainfall characteristics and nonpoint pollutant loadings, the subject of reduction of nonpoint pollutant was efficiency when it implemented around Oga-myeon or Deoksan-myeon Dun-ri. This study classified the region more detail each Eup and Myeon after that it analysed the rural region impacts of climate change for basic local authorities. Hence, this study is able to predict adaptation of rural region impacts of climate change. Due to increase of green house gases emission, meteorological disasters could often occur in the future. Therefore, it needs follow-up studies that assess climate change of effecting on rural region.

Key words : Climate Change, Basic Local Authorities, Temperature Change, Nonpoint Pollution

I. 서론

자연적 · 인위적 영향으로 가속화되어가고 있는 기후 변화의 영향으로 2012년 지구 북반구 지역에서는 기록적인 한파가 발생하여 수많은 인명 및 재산 피해가 일어났고, 우리나라는 한파 · 폭염 · 열대야 및 1962년 이후 50년만에 4개의 태풍이 상륙하는 등(관계부처합동, 2013)

인적 · 경제적 피해가 매우 높아지고 있는 실정이다. 이와 같이 기후변화가 전 지구적 위협요소로 인식되면서 국제적으로는 유엔 산하 국제 협의체로 IPCC를 설립하고, 기후변화 협약 당사국 총회 등 회의를 통해 각종 협약을 체결하였으며, 우리나라에서도 “저탄소 녹색성장 기본법”, “녹색성장 국가전략 및 5개년 계획” 등 각종 제도와 대책을 수립하는 등 기후변화에 대응하고 있다.

농촌지역은 2012년 도시계획현황을 기준으로 볼 때 인구는 매우 부족하지만(전체인구의 8.96%) 면적은 도시지역 17,587,130,337㎡에 비하여 2.8배 많은

Corresponding Author : Cha, Jung-Woo

Tel : 041-840-1279

E-mail : nanchal@naver.com

49,488,192,901m²이며, 산림·하천 등 자연환경과 연계되고, 경작지·주거지 등 다양한 토지이용이 이루어지고 있어 기후변화에 따라 여러 분야에 영향을 받게 된다.

즉, 농촌고령화와 폭염·한파 등 극한기후에 따른 건강분야, 강풍 등에 의한 비닐하우스 붕괴 등 재난/재해분야, 기온상승에 따른 농작물·가축생산 감소 등 농업분야, 임산물 생산 저감 등 산림분야, 가뭄에 따른 농업용수 부족 등 물관리분야, 해수온 상승에 의한 어장변화 등 해양/수산분야 등 다양한 분야에서 기후변화에 따른 문제점이 발생함으로 기후변화에 의한 농촌지역의 영향과 대응방안에 대하여 연구할 필요가 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 2015년부터 법정계획으로 시행됨에 앞서 현재 환경부에서 기초지자체 기후변화 적응대책 세부시행계획 시범지역 중 하나로 지정한 충청남도 예산군의 농촌지역을 대상으로 기후변화에 따른 영향 및 대응방안을 도출하고자 한다.

II. 이론적 고찰

기후변화에 따른 농촌지역에 관한 연구는 크게 농작물 재배, 경제적 영향, 환경 영향 등으로 나누어 볼 수 있다. 농작물 재배와 관련된 연구를 살펴본 결과 김대준 등(2013)은 주요 식량작물 파종시기를 변경함에 따라 예상되는 생육과 수량반응을 기존 파종시기와 비교하여 일정 부분 벼 품종의 감수현상 완화 또는 보리 품종의 증수현상 촉진 확대에 기여할 것으로 예상하고 지역별 경향을 반영하여 파종시기를 변경한다면 전국적인 적응전략 추진에 도움을 줄 것이라 기대하였다. 지구 온난화에 따른 국내 과수작물 재배지 변화를 GIS를 통해 예측한 광태식 등(2008)은 기온상승에 따라 레몬, 무화과, 키위, 오렌지, 석류, 한라봉 등의 재배가능지역을 분석하였다.

경제적 영향과 관련된 연구를 살펴본 결과 김창길 등(2009)은 기후변수가 농가자산에 영향을 미친다는 가정하고, 기존 농경제모형의 경우 기후변화의 적응을 위한 작목전환과 투입요소 조정 등의 간접적인 영향을 반영하지 못해 문제를 발생시키므로 Mendelsohn, R. W. D. Nordhaus, and D. Shaw(1994)가 개발한 기후변화와 자산가치를 연계한 속성가격모형의 일종인 리카디언 모형을 적용하여 연평균 기온이 1℃(12.4℃) 상승하면 ha당 농지가격이 1,455~1,924만원 하락하며, 월평균 강수량(110.8mm)이 1mm 증가하면 ha당 농지가격이 33~36만원 증가시키는 것으로 추정하였다. 정준호 등(2012) 역시 리카디언 모형을 사용하여 강원도 농업부문의 경제적 효과를 추정하여 기후변화가 농업활동에 부정적인 영향을 미쳐 경제

적 손실을 발생시키고 있다는 점을 밝혀냈다.

환경영향에 관련된 연구를 살펴본 결과 황세운 등(2006)이 강수량의 변화가 농촌 소유역의 비점오염 발생 부하량에 미치는 영향에 대한 정량적 분석을 통해 강우강도가 높아지고 강수량 증가시 TN, TP 부하량이 높아진다고 밝혀냈듯이, 기후변화에 따른 강우특성 변화가 축산분뇨 등 고농도 비점오염물질의 하천유입을 촉발시켜 2010년 하천오염 부하율의 약 68%를 차지하는(관계부처합동, 2012) 등 기후변화는 농촌환경에도 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

기술한 것 이외에도 기후변화와 농촌지역에 관하여 연구가 진행되고 있으나, 기초지자체에 관한 연구는 전무한 실정이다. 하지만 선진국 및 우리나라에서도 국가 기후변화 대응정책 수립 후 중앙정부와 지자체가 협력하여 각 지자체 기후변화 대응정책을 수립하는 등 기후변화 대응의 실질적인 주체인 지자체의 역할이 점점 중요해(지식경제부, 2010)지고 있어 기초지자체 차원의 기후변화 영향에 대한 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 예산군 과수재배지역 기온변화 및 강수량 등 기상현상 변화와 토지계, 축산계 비점오염(BOD 기준) 발생부하량을 기준으로 각 읍·면별 기후변화에 따른 영향을 분석하고 현재 국비지원 사업을 대상으로 대응방안을 도출하고자 한다. 지자체 자체사업은 지자체의 낮은 기후변화 인식과 2013년 군평균 재정자립도가 16.1%(예산군 13.8%), 지방세수입으로 인건비를 해결하지 못한 군이 82.1%(안전행정부, 2013)에 달하는 등 취약한 지자체 재정여건 등을 고려하여 배제하였다.

III. 연구내용 및 방법

1. 연구대상지 개요

예산군은 충청남도 북서부 남북간 중간지역에 위치하며, 2개의 읍과 10개의 면으로 구성되어 있다. 2012년 도시계획현황을 기준(용도지역)으로 도시지역과 비도시지역의 인구비율은 도시지역이 1.46% 많아 거의 차이가 없지만, 면적비율은 비도시지역이 86.46% 많아 비도시지역의 특징이 강한 지자체라 할 수 있다.

Table 1 도시 및 비도시지역 인구 및 면적 비교

인구		면적	
도시	비도시	도시	비도시
43,562인	42,314인	36,711,493m ²	505,558,848m ²
50.73%	49.27%	6.77%	93.23%

※ 비도시지역중 농림지역의 면적은 279,789,696m² 임

특히, 농림지역의 면적은 비도시지역 면적의 55.34%를 차지하는 등 예산군내에서 가장 많이 분포하고 있고, 예산군 통계연보 상 농가인구가 28,280인으로 사업체 종사자수 24,707인 보다 많아 농촌지역의 특징이 강한 지자체라 할 수 있다.

기상청(2012)에서 분석한 2001~2010년 기후현황을 살펴보면 연평균 기온은 11.9℃, 열대야일수는 2.1일, 폭염일수는 9.0일, 강수량은 1,253.8mm, 강우강도는 15.8mm/일, 호우일수는 2.0일 이다.

2. 연구내용 및 방법

첫 번째로 기온상승에 따른 농작물의 재배가능성을 도출하기 위하여 예산군 과수재배지역의 각 읍·면별 기온변화를 분석하였다.

기상데이터는 기상청(2012)에서 기초지자체 ‘기후변화 적응대책 세부시행계획’을 지원하기 위하여 지역기후모델을 통해 생산된 한반도 기후변화 시나리오(RCP 8.5 기준)를 바탕으로 통계적 상세화 과정을 통해 생산된 자료와 농촌진흥청에서 우리나라의 복잡한 농촌지형을 고려하여 농업활용에 보다 적합하게 활용할 수 있도록 기상청의 1km 해상도 시나리오를 기반으로 개발한 30m 해상도 시나리오를 병행하여 사용하였다.

과수재배지역은 예산군(2010) 비오톱지도 구축시 분류한 비오톱유형 중 과수원으로 분류된 데이터를 사용하였고, 과수재배지역 기온변화에 따른 기존 과수 생육가능성을 분석하기 위해서 예산군에서 생산중인 과수중 가장 많은 면적에서 생산되는 사과와 생육조건 중 연평균 기온, 생육기(4~10월) 기온 등을 도입하였다.

Table 2 예산군 과수생산 면적

(단위 : m ²)				
연별	합계	사과	배	복숭아
2007	17,354,000	12,190,000	4,783,000	381,000
2009	17,335,000	12,170,000	4,808,000	357,000
2011	17,250,000	12,170,000	4,670,000	410,000

※ 자료 : 예산군(2012), p125, 재정리

기온비교의 기준이 되는 2000년대(2001~2010년) 연평균기온 및 사과생육기(4~10월) 연평균기온은 기상청(2012) 자료를 사용하였으며, 2030년대(2031~2040년), 2060년대(2061~2070년), 2090년대(2091~2100) 연평균기온과 생육기 연평균기온은 ArcGis 10.0 프로그램을 사용하여 농촌진흥청 전자기후도 10년단위 월평균기온 Raster

파일을 합친후 과수원 Vector 파일로 Mask를 통해 추출하였다. 또한, 30℃ 이상의 고온일수 변화는 기상청 자료를 사용하여 2030년대, 2060년대, 2090년대 사과생육기 각 일별 최고기온을 추출하였다.

두 번째로 비점오염(BOD 기준)과 관련해서는 비점오염원을 하천 등에 흘러들어가게 하는 강수량, 강우강도 전망 등은 기상청(2012) 자료를 사용하였고, 현재 비점오염 발생부하량은 2011년 기준 환경부 전국오염원 조사자료를 기준으로 국립환경과학원(2008) 제2단계 수계오염총량관리기술 지침에 따라 축산계와 토지계 비점오염 발생부하량을 추출하였다. 축산계 비점오염 발생부하량은 축산폐수 발생부하량과 축산고형물 발생부하량을 더하여 산정되며, 축산폐수 발생부하량과 축산고형물 발생부하량은 축종별 사육두수에 축산폐수, 축산고형물 각각의 발생부하 원단위를 곱하여 산정된다. 토지계 비점오염 발생부하량은 각 지목별 면적과 지목별 연평균 발생부하원단위 및 강우배출비(2011년 기상자료 사용)의 곱으로 산정하였다(국립환경과학원, 2008).

Table 3 축산계 발생부하 원단위(BOD)

(단위 : m ³ /두/일)				
구분	젖소	한우	돼지	가금
합계	556.0	528.0	109.0	5.2
폐수	117.0	67.0	32.0	0.0
고형물	439.0	461.0	77.0	5.2

※ 자료 : 국립환경과학원(2008), p40, 재정리

Table 4 토지계 연평균 발생부하원단위(BOD)

(단위 : kg/km ² · 일)				
전	답	임야	대지	기타
1.59	2.30	0.93	85.90	0.96

※ 자료 : 국립환경과학원(2008), p44, 재정리

또한 위의 두 개의 결과로 도출된 취약성에 대응하기 위하여 각 중앙부처 홈페이지, 2013년 부처별 예산안 등을 활용하여 국비지원 대응사업을 도출하였다.

IV. 연구결과

1. 과수재배지역 기온변화

예산군 과수재배지역 기온변화의 기준이 되는 예산군의 2000년대 연평균기온은 11.9℃로 읍·면별로는 최소

11.7℃에서 최대 12.4℃이며, 생육기 연평균기온은 19.3℃로 읍·면별로는 최소 18.8℃에서 최대 19.8℃이다. 또한, 과수재배지역 기온변화에 따른 기존 과수 생육가능성을 분석하기 위해서 예산군 주요 특산물인 사과재배에 알맞은 기상환경을 살펴보면 농촌진흥청 원클릭 농업기술 홈페이지(oneclick.rda.go.kr)상 연평균기온이 8~11℃(6℃ 이상~14℃ 이하)이고, 생육기(4~10월) 기온이 15~18℃(13℃ 이상~21℃ 이하)이다.

농촌진흥청(2007)의 한반도 사과(후지 기준) 재배적지 변화에 관한 연구결과에 따르면 현재보다 평균 기온이 1℃ 상승 시 남한은 재배적지가 14.8%, 기온이 2℃ 상승 시 33.3%, 기온이 3℃ 상승 시에는 44.5% 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 사항들을 기준으로 예산군 과수재배지역 기온변화를 살펴보면 다음과 같다.

2030년대 연평균기온은 13.2℃로 읍·면별로는 최소 12.5℃에서 최대 13.4℃이며, 생육기 연평균기온은 20.2℃로, 읍·면별로는 최소 19.4℃에서 최대 20.4℃이다. 2000년대와 비교시 연평균기온이 0.8~1.5℃, 생육기 연평균기온이 0.5~1.1℃ 정도 상승하나 사과재배 연평균 최대기온 14.0℃와 생육기 최대기온 21.0℃ 이하이므로 기온상승에 의한 영향은 크게 받지 않는다고 할 수 있다.

Table 5 과수재배지 2000년대 대비 2030년대 기온변화

구분	연평균기온(℃)			생육기 연평균기온(℃)		
	2000s	2030s	기온차	2000s	2030s	기온차
예산읍	11.8	13.3	1.5	19.2	20.3	1.1
삽교읍	12.2	13.3	1.1	19.5	20.3	0.8
대술면	11.6	12.7	1.1	19.0	19.8	0.8
신양면	11.8	13.0	1.2	19.1	20.0	0.9
광시면	11.9	12.8	0.9	19.2	19.8	0.6
대흥면	12.0	13.0	1.0	19.4	20.0	0.6
웅봉면	12.1	13.1	1.0	19.5	20.0	0.5
덕산면	11.7	12.5	0.8	18.8	19.4	0.6
봉산면	11.7	13.0	1.3	19.0	19.9	0.9
고덕면	12.1	13.4	1.3	19.3	20.4	1.1
신암면	12.3	13.4	1.1	19.5	20.4	0.9
오가면	12.4	13.4	1.0	19.8	20.4	0.6

2060년대 연평균기온은 14.8℃로 읍·면별로는 최소 14.3℃에서 최대 15.1℃이며, 생육기 연평균기온은 22.0℃로, 읍·면별로는 최소 21.4℃에서 최대 22.3℃이다. 2000년대와 비교시 연평균기온이 2.6~3.1℃, 생육기 연평균기온이 2.4~2.9℃ 정도 상승하였고, 이는 사과재배 연평균 최대기온보다 0.3~1.1℃, 생육기 최대기온보다 0.4~1.3℃ 정도 높은 것이다.

따라서, 예산읍, 삽교읍, 고덕면, 신암면, 오가면 등

1℃ 정도 기온이 오른 지역을 중심으로 사과재배지가 약 14.8% 정도 감소할 것으로 예상된다.

Table 6 과수재배지 2000년대 대비 2060년대 기온변화

구분	연평균기온(℃)			생육기 연평균기온(℃)		
	2000s	2060s	기온차	2000s	2060s	기온차
예산읍	11.8	14.9	3.1	19.2	22.1	2.9
삽교읍	12.2	15.0	2.8	19.5	22.1	2.6
대술면	11.6	14.3	2.7	19.0	21.5	2.5
신양면	11.8	14.6	2.8	19.1	21.9	2.8
광시면	11.9	14.5	2.6	19.2	21.6	2.4
대흥면	12.0	14.7	2.7	19.4	21.8	2.4
웅봉면	12.1	14.7	2.6	19.5	21.9	2.4
덕산면	11.7	14.3	2.6	18.8	21.4	2.6
봉산면	11.7	14.7	3.0	19.0	21.8	2.8
고덕면	12.1	15.1	3.0	19.3	22.2	2.9
신암면	12.3	15.0	2.7	19.5	22.3	2.8
오가면	12.4	15.1	2.7	19.8	22.2	2.4

2090년대 연평균기온은 17.0℃로 읍·면별로는 최소 16.4℃에서 최대 17.2℃이며, 생육기 연평균기온은 24.2℃로, 읍·면별로는 최소 23.7℃에서 최대 24.5℃이다. 2000년대와 비교시 연평균기온이 4.7~5.2℃, 생육기 연평균기온이 4.6~5.1℃ 정도 상승하였고, 이는 사과재배 연평균 최대기온보다 2.4~3.2℃, 생육기 최대기온보다 2.7~3.5℃ 정도 높은 것이다.

따라서, 예산읍, 삽교읍, 고덕면, 신암면, 오가면 등 3℃ 정도 기온이 오른 지역을 중심으로 사과재배지가 약 44.5% 정도 감소할 것으로 예상된다.

Table 7 과수재배지 2000년대 대비 2090년대 기온변화

구분	연평균기온(℃)			생육기 연평균기온(℃)		
	2000s	2090s	기온차	2000s	2090s	기온차
예산읍	11.8	17.0	5.2	19.2	24.3	5.1
삽교읍	12.2	17.2	5.0	19.5	24.4	4.9
대술면	11.6	16.4	4.8	19.0	23.7	4.7
신양면	11.8	16.7	4.9	19.1	24.0	4.9
광시면	11.9	16.6	4.7	19.2	23.8	4.6
대흥면	12.0	16.8	4.8	19.4	24.0	4.6
웅봉면	12.1	16.9	4.8	19.5	24.1	4.6
덕산면	11.7	16.6	4.9	18.8	23.7	4.9
봉산면	11.7	16.9	5.2	19.0	24.1	5.1
고덕면	12.1	17.2	5.1	19.3	24.4	5.1
신암면	12.3	17.2	4.9	19.5	24.5	5.0
오가면	12.4	17.2	4.8	19.8	24.5	4.7

기후변화에 따른 농촌지역 영향 및 대응방안 연구

(a) 2000년대 대비 2030년대 연평균기온 기온차

(b) 2000년대 대비 2030년대 생육기 연평균기온 기온차

(c) 2000년대 대비 2060년대 연평균기온 기온차

(d) 2000년대 대비 2060년대 생육기 연평균기온 기온차

(e) 2000년대 대비 2090년대 연평균기온 기온차

(f) 2000년대 대비 2090년대 생육기 연평균기온 기온차

Figure 1 2000년대 대비 미래 과수재배지역 연평균기온 및 생육기(4~10월) 연평균기온 기온차.

전체적으로는 각 년대 모두 연평균기온이 생육기 연평균기온보다 기온이 높아진 것으로 나타났다.

또한, 사과의 경우 30℃ 이상이 되면 호흡작용이 왕성해져 탄수화물 생성량보다 호흡에 의한 소비량이 많아지며, 물질의 축적이 이루어지지 않게 되어 과실비대가 불량해지고, 꽃눈형성도 나빠지며 성숙도 늦어진다(농촌진흥청, 2013). 기상청(2012) 자료를 바탕으로 생육기 최고기온이 30℃ 이상인 날을 살펴보면 연간 240일 중 2000년대는 27.4~50.6일이나 2030년대는 47.0~78.0일, 2060년대는 77.0~102.8일, 2090년대는 107.4~128.5일로 최대일 기준 2000년대 대비 각각 54.2%, 103.2%, 154.0% 증가하므로 성숙도가 좋은 사과를 얻기가 힘들어 진다.

Table 8 생육기 최고기온이 30℃ 이상인 연평균일수

구분	2000s	2030s	2060s	2090s
예산읍	38.1	60.5	86.7	117.7
삼교읍	47.2	74.3	99.2	125.4
대술면	41.6	67.0	92.4	122.8
신양면	43.8	69.6	94.3	123.8
광시면	41.8	65.4	92.2	121.8
대흥면	44.7	68.7	95.3	123.7
응봉면	44.9	70.2	96.3	124.0
덕산면	27.4	47.0	77.0	107.4
봉산면	37.0	58.4	86.0	115.5
고덕면	43.8	68.7	96.2	123.2
신암면	44.4	70.4	98.3	125.0
오가면	50.6	78.0	102.8	128.5

병해충의 경우도 사과에 가장 심한 피해를 주는 해충 중 하나인 복숭아심식나방의 모델 시뮬레이션 결과 온도 증가시 발생 시기를 앞당김과 동시에 발생량이 증가(이준호, 2010)하는 것으로 나타나 향후 기온상승에 따른 대응방안 마련이 필요하다.

기존 과수를 품질개량하거나 우수한 작물로 기존 과수를 대체하는 등 기후변화에 대응하는 방안을 국비지원을 받을 수 있는 중앙정부 사업을 기준으로 살펴보면 농림축산식품부에서 시행하는 ‘민간육종가 신품종육성 활성화 지원사업’, ‘종자산업 기반구축사업’, ‘신기술 보급사업’(농림수산식품부, 2012) 등이 있다.

민간육종가 신품종육성 활성화 지원사업은 내국인으로서는 개인 또는 상시근로자 20인 이하의 국내 소규모 법인체 중 신품종 육종가를 지원대상으로 하는 사업으로 품종당 4백만원까지 지원받을 수 있다.

종자산업 기반구축사업은 우수한 국산품종을 농업인

에게 효율적으로 증식·보급할 수 있는 기반을 조성하는 사업으로 현재 딸기원묘증식시설, 과수인공수분용 꽃가루채취단지 등 11개 세부사업을 지원하고 있다.

신기술 보급사업은 농업기술센터에서 추진하는 기술내용을 충실히 이행하고 시범사업 포장을 주변농가 교육장으로 제공할 수 있는 농업인 및 생산자단체를 대상으로 사업추진에 필요한 시설 및 장비, 기자재 구입비 등을 지원하는 것으로 10백만원~250백만원까지 지원한다.

2. 비점오염(BOD) 발생부하량

농촌지역의 비점오염원은 생활하수나 퇴비 침출수, 농약폐기물, 축산분뇨, 비료 등이 있으며 이들 대부분은 강우 유출수에 의해서 하천으로 유입(이수길, 1991) 되고, 비점오염원에 의한 오염물질의 발생은 강우강도가 증가함에 따라 전반적으로 증가하고 있는 경향을 보이고 있다(양해근, 2006). 이를 근거로 예산군 미래 강수량 및 강우강도의 변화를 살펴보면, 읍·면별로 다소 차이가 있지만 2041~2070년까지의 강수량이 가장 많다. 강수량의 양은 대술면, 신양면, 봉산면, 광시면이 많고, 2000년대 대비 증가율은 덕산면, 신양면 및 오가면(2070년까지), 광시면(2071~2100년)이 다른 읍·면에 비하여 높다.

Table 9 평균 강수량 변화와 2000년대 대비 증가율

(단위 : mm)				
구분	2000s	2011~2040년	2041~2070년	2071~2100년
군평균	1,253.8	1,485.2 (18.5%)	1,676.5 (33.7%)	1,670.3 (33.2%)
예산읍	1,245.3	1,462.2 (17.4%)	1,646.4 (32.2%)	1,603.9 (28.8%)
삼교읍	1,222.9	1,451.8 (18.7%)	1,645.6 (34.6%)	1,617.4 (32.3%)
대술면	1,323.0	1,574.9 (19.1%)	1,765.2 (33.4%)	1,768.1 (33.7%)
신양면	1,290.6	1,533.8 (18.9%)	1,740.0 (34.8%)	1,767.1 (36.9%)
광시면	1,258.4	1,489.0 (18.3%)	1,684.9 (33.9%)	1,724.5 (37.0%)
대흥면	1,236.7	1,460.2 (18.1%)	1,653.6 (33.7%)	1,643.5 (32.9%)
응봉면	1,224.0	1,451.9 (18.6%)	1,644.7 (34.4%)	1,622.6 (32.6%)
덕산면	1,219.3	1,459.7 (19.7%)	1,655.8 (35.8%)	1,638.8 (34.4%)
봉산면	1,304.4	1,500.9 (15.0%)	1,689.8 (29.5%)	1,691.7 (29.7%)
고덕면	1,257.5	1,474.0 (17.2%)	1,652.0 (31.4%)	1,647.5 (31.0%)
신암면	1,217.8	1,449.5 (19.0%)	1,624.0 (33.4%)	1,601.9 (31.6%)
오가면	1,189.0	1,437.4 (20.9%)	1,624.9 (36.7%)	1,581.5 (33.0%)

* 자료 : 기상청(2012), p11, 재정리

강우강도의 경우 전체적으로 점차 증가하고 있으나, 2070년 이후 증가폭이 약해졌으며, 읍·면별로는 덕산면, 봉산면, 오가면, 대술면이 다른 읍·면에 비해 높다.

Table 10 평균 강우강도

(단위 : mm/일)

구분	2000s	2011~2040년	2041~2070년	2071~2100년
군평균	15.8	17.0	18.9	19.1
예산읍	15.8	17.0	19.1	19.1
삽교읍	15.8	17.0	18.7	19.1
대술면	15.9	17.2	19.2	19.8
신양면	15.5	16.7	18.8	19.6
광시면	15.7	16.8	19.0	19.0
대흥면	15.7	16.7	18.8	18.8
웅봉면	15.7	17.3	19.2	19.4
덕산면	16.2	17.7	19.7	20.1
봉산면	16.1	17.6	19.4	19.8
고덕면	15.8	16.8	18.5	18.7
신암면	15.7	16.7	18.7	18.4
오가면	16.1	17.9	19.2	19.4

※ 자료 : 기상청(2012), p16, 재정리

비점오염 발생부하량의 경우 축산계는 오가면, 고덕면, 대술면, 덕산면이, 토지계는 예산읍, 삽교읍, 고덕면이, 합계는 오가면, 고덕면, 덕산면, 대술면이 다른 읍·면에 비하여 많다.

Table 11 비점오염(BOD) 발생부하량

(단위 : kg/일)

구분	축산계	토지계	합계
예산군	4,277.5	4,088.4	8,365.9
예산읍	56.8	548.6	605.4
삽교읍	291.2	476.5	767.7
대술면	586.7	245.1	831.7
신양면	291.2	369.5	660.7
광시면	416.1	324.9	741.1
대흥면	104.7	206.7	311.4
웅봉면	147.1	210.2	357.3
덕산면	547.1	376.7	923.8
봉산면	142.8	224.6	367.4
고덕면	628.3	420.2	1,048.4
신암면	309.7	342.9	652.7
오가면	755.8	342.5	1,098.3

법정리 단위로 세분하면 덕산면 둔리가 가장 많고, 오가면 분천리, 고덕면 용리, 몽곡리 등의 순으로 비점오염 발생부하량이 많다.

Table 12 비점오염(BOD) 발생부하량이 가장 높은 리

(단위 : kg/일)

구분	축산계	토지계	합계
덕산면 둔리	284.1	34.8	318.9
오가면 분천리	183.5	32.0	215.5
고덕면 용리	141.6	37.2	178.8
고덕면 몽곡리	137.1	35.9	173.0
덕산면 복당리	134.1	21.8	155.9

예산군 전체적으로 비점오염 발생부하량을 살펴보면 Figure 2을 통해 알 수 있듯이 오가면처럼 비교적 면 전체적으로 비점오염이 배출되는 지역도 있으나, 덕산면처럼 특정한 리에 집중적으로 배출되는 면도 있다.

Figure 2 축산계+토지계 비점오염 발생분포도

농림축산식품 주요통계(농림축산식품부, 2013)에 따르면 식량작물생산량은 계속해서 줄어들고, 가축사육수는 계속해서 증가하고 있어 향후 오가면, 고덕면, 대술면, 덕산면 등 축산계 비점오염 발생부하량이 높은 읍·면은 비점오염 발생부하량이 더욱 많아지고 예산읍, 삽교읍, 신암면 등 토지계 비점오염 발생부하량이 높은 읍·면은 비점오염 발생부하량이 줄어들 것으로 예측된다.

Table 13 식량작물생산량 및 가축사육수 변화

구분	식량작물(천톤)		가축사육(천마리)	
	미곡	맥류	한(육)우	돼지
2002년	4,927	218	1,410	8,974
2007년	4,408	176	2,201	9,606
2012년	4,006	57	3,059	9,916

미래 강수량, 2000년 대비 강수증가율, 강우강도와 현재 축산계 비점오염 발생부하량을 기준으로 읍·면별

비교 검토한 결과 2011~2070년까지 2000년대 대비 강수 증가율과 2011~2040년 강우강도 및 2011년 기준 축산계 비점오염 발생부하량이 가장 높은 오가면이 향후 예산군 내에서 비점오염원에 의한 환경오염이 가장 심할 것으로 예상되며, 2011~2100년까지 강수량이 가장 많고 축산계 비점오염 발생부하량이 높은 대술면과 또한 2041~2100년까지 강우강도가 가장 높고 강수량, 2000년대 대비 강우 증가율 및 축산계 비점오염 발생부하량이 높은 덕산면 등도 비점오염원에 의한 환경오염이 심할 것으로 예상된다. 따라서, 예산군내에서 비점오염원 저감사업을 실시할 경우 면단위의 비교적 넓은 지역은 오가면과 대술면을 리단위의 비교적 좁은 면적은 덕산면 둔리를 중심으로 시행하는 것이 가장 효율적이라고 판단된다.

Table 14 미래 강우특성이 높고 및 비점오염 발생부하량이 많은 읍·면 순위

구분		1순위	2순위	3순위	4순위
강수량	2011~2040년	대술면	신양면	봉산면	광시면
	2041~2070년	대술면	신양면	봉산면	광시면
	2071~2100년	대술면	신양면	광시면	봉산면
2000년대 대비 강수 증가율	2011~2040년	오가면	덕산면	대술면	신암면
	2041~2070년	오가면	덕산면	신양면	삽교읍
	2071~2100년	광시면	신양면	덕산면	대술면
강우 강도	2011~2040년	오가면	덕산면	봉산면	웅봉면
	2041~2070년	덕산면	봉산면	대술, 웅봉, 오가	
	2071~2100년	덕산면	대술, 봉산	신양면	
2011년기준 축산계 비점오염 발생부하량		오가면	고덕면	대술면	덕산면

기후변화에 따라 농촌환경에 보다 많은 피해를 입힐 것이라 예상되는 비점오염원의 저감방안을 국비지원을 받을 수 있는 중앙정부 사업을 기준으로 살펴보면 환경부에서 시행하는 ‘비점오염 저감사업’(환경부, 2013)과 농림축산식품부에서 시행하는 ‘축산분뇨 처리시설사업’, ‘친환경비료 지원사업’, ‘친환경농업 직접지불제’(농림수산식품부, 2012) 등이 있다.

비점오염 저감사업은 비점오염원에서 유출되는 오염 물질을 저감하기 위하여 초기우수 저류시설, 인공(축산) 습지 및 우수지를 활용하여 생태우수지를 조성하는 등의 사업으로 비점오염 관리지역은 국고에서 70%(일반지역은 50%)를 지원한다. 공주시 탄천면 축산습지, 논산시 연무읍 스크린+축산습지 등 2004년부터 환경부 시범사업으로 46개 시설이 설치되었다.

논산시 연무읍

공주시 탄천면

Figure 3 비점오염 저감시설 조성사례

축산분뇨 처리시설사업은 가축분뇨처리 시설 및 장비 등을 지원하여 가축분뇨를 퇴비·액비·에너지 등으로 자원화하는 것이다.

친환경비료 지원사업은 농림축산 부산물의 재활용·자원화를 촉진하고 토양환경을 보전하여 지속가능한 친환경농업 육성하기 위한 것으로 유기질비료와 부산물비료를 지원한다.

친환경농업 직접지불제는 친환경농산물 인증을 받은 농업인에게 친환경농업에 따른 초기 소득 감소분 및 생산비 차이를 보전해주는 사업이다.

V. 결 론

본 연구는 예산군 농촌지역을 대상으로 기후변화에 따른 영향과 그 대응방안을 도출하였고 그 결과는 다음과 같다.

1. 농촌지역의 가장 대표적인 특징이며, 기후변화에 가장 큰 영향을 받는 농작물 중 과수재배지역의 2030년대, 2060년대, 2090년대 기온변화를 예산군에서 가장 많이 생산되는 과수인 사과와 생육특성에 접목하여 분석한 결과 2030년대까지는 기온상승이 높지 않아 사과재배에 큰 영향을 주지 않을 것으로 예상되나 2060년대는 현 사과생산지의 약 14.8%, 2090년대는 약 44.5%가 감소할 것으로 분석되었고, 이에 대응하는 국비지원 사업으로 ‘민간육종가 신품종육성 활성화 지원사업’, ‘종자산업 기반육종사업’, ‘신기술 보급사업’ 등을 도출하였다.

2. 수자원 오염의 주요한 원인인 중 하나인 비점오염 발생부하량을 미래 강우특성 비교분석한 결과 면단위는 오가면과 대술면, 리단위는 덕산면 둔리가 가장 취약한 것으로 나타났고, 비점오염원을 저감하는 국비지원 사업으로 ‘비점오염 저감사업’, ‘축산분뇨 처리시설사업’, ‘친환경비료 지원사업’, ‘친환경농업 직접지불제’ 등을 도출하였다.

본 연구는 우리나라 기후변화 예측 및 모델링 개발 기술수준이 세계최고기술보유국 대비 65.6%(27개 중점녹

색기술평균 77.7%)라는 기술현실(홍미영 등, 2011)에 따른 다운스케일링 기법의 불확실성을 내포하고 있으며, 과수재배지의 경우 과수생산에 영향을 주는 다양한 기후요소를 제외한 기온변화와 최대기온이 30℃ 이상인 일수로만 분석하였고, 비점오염 발생에 대해서도 예산군 수계 등 기타 다양한 조건과 연계하지 않았으며, 이에 따른 국비지원 대응사업도 예산군 현황과 연계하지 못하는 등 여러 가지 한계가 있다.

하지만 기후변화 대응의 실질적인 주체인 기초지자체를 대상으로 기후변화에 대한 영향을 읍·면별로 세분하여 분석하였고 그에 따른 대응방안을 도출한 것에 본 연구의 의의가 있다.

인구분포, 하천 등 수자원과의 근접성, 지형지세 등 다양한 조건에 따라 지역별로 중점적인 기후변화 대응방안이 달라지므로 본 연구에서처럼 기후변화를 세분하여 분석함으로써 지역별로 보다 적합한 대응방안이 도출될 수 있도록 하여야 하며, 앞으로도 태풍, 집중호우, 가뭄 등 기상재해가 보다 빈번하게 발생될 것으로 예상되는바 기후변화에 따라 다양한 분야에 영향을 받는 농촌지역에 대한 보다 구체적인 후속 연구가 수행될 필요가 있다.

참고문헌

1. 곽태식, 기정훈, 김영은, 전해민, 김시진, 2008, 지구 온난화에 따른 국내 과수작물 재배지 변화에 대한 GIS 예측 모형 연구, 한국공간정보시스템학회논문지, 10(3), 93-106.
2. 관계부처합동, 2012, 제2차 비점오염원관리 종합대책('12~'20), 193pp.
3. 관계부처합동, 2013, 2012년 이상기후 보고서, 148pp.
4. 국립환경과학원, 2008, 제2단계 수계오염총량관리기술지침, 99pp.
5. 국토교통부, 한국토지주택공사, 2013, 2012 도시계획현황, 943pp.
6. 기상청, 2012, 충남 예산군 기후변화 상세 분석보고서, 26pp. 및 DB자료
7. 김대준, 노재환, 김정곤, 윤진일, 2013, 파종일 변경이 기후변화 조건에서 곡물생산량에 미치는 영향, 한국농림기상학회지, 15(1), 26-39.
8. 김창길, 이상민, 2009, 기후변화가 농업부문에 미치는 경제적 영향 분석, 농업경제연구, 50(2), 1-25.
9. 농림수산식품부, 2012, 2013년도 농림수산사업시행지침서, 1,471pp.
10. 농림축산식품부, 2013, 농림축산식품 주요통계, 540pp.
11. 농촌진흥청, 2007, 기후변화 대응 농업환경 영향평가 및 적응대책, pp68.
12. 농촌진흥청, 2013, 사과재배, 359pp.
13. 양해근, 2006, 강우시 비점오염물질의 유출특성에 관한 연구 -곡성천 상·하류를 대상으로-, 대한지리학회지, 41(4), 418-434.
14. 안전행정부, 2013, 2013년도 지방자치단체 통합재정개요(상), 325pp.
15. 예산군, 2010, 예산군 비오톱지도 구축, 276pp.
16. 예산군, 2012, 제49회 2012 예산통계연보, 477pp.
17. 이수길, 1991, 농촌지역에서의 비점원 오염물질이 하천수질에 미치는 영향에 관한 연구 -수영강을 대상으로-, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 52pp.
18. 이준호, 2010, 기후변화가 농업해충 발생에 미치는 영향과 대책 -농업해충 분야-, 한국과학기술한림원, 107-137.
19. 정준호, 김광배, 2012, 기후변수가 강원도의 농업에 미친 경제적 효과 분석, 한국경제지리학회지, 15(2), 192-205.
20. 지식경제부, 2010, 중앙정부와 지자체간의 기후변화 대응 활성화 방안에 대한 연구, 279pp.
21. 홍미영, 황기하, 홍정석, 이경재, 2011, 중점녹색기술 기술수준 현황과 시사점, kistep issue paper 2011-18, pp54.
22. 환경부, 2013, 2014년도 국고보조사업 신청지침, 316pp.
23. 환경부, 국립환경과학원, 2013, 기초지자체 적응대책 수립지원을 위한 기후변화 취약성 지도, 제1권 총괄·요약, 244pp.
24. 황세운, 장태일, 박승우, 2006, 기후변화에 따른 농촌 소유역에서의 비점오염 영향 분석, 한국농림기상학회지, 8(4), 209-221.
25. Mendelsohn, R. W. D. Nordhaus, and D. Shaw(1994), The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis, American Economic Review, 84(4), 753-771.

접 수 일: (2013년 11월 5일)

수 정 일: (1차: 2013년 11월 17일, 2차: 11월 26일)

게재확정일: (2013년 11월 26일)

■ 3인 익명 심사필