

VESTAP을 활용한 기후변화에 따른 제주도 산불 취약성 평가 연구

임채현

제주국제대학교 소방방재학과

The Vulnerability Assessment Forest Fire in Jeju to Climate Change using the VESTAP

Chae-Hyun Lim

Dept. of Fire and Disaster Prevention, Jeju International University

(Received December 4, 2015; Revised January 15, 2016; Accepted January 25, 2016)

요 약

본 연구에서는 한국환경정책평가연구원에서 가장 최근에 배포한 기후변화 취약성 평가 프로그램인 VESTAP을 활용하여 RCP 8.5 시나리오를 기반으로 2000년대에서 2040년대까지 제주도 및 서귀포시에 대한 산불 취약성을 평가하였다. 평가된 취약성 지수는 표준화 작업을 통해 제주도 및 서귀포시를 종합한 제주도 전체 읍면동의 산불 취약성 평가에 활용하였는데, 취약성이 높은 상위 10개 읍면동으로 제주시는 도서지역인 추자면과 우도면 그리고 2개의 동지역이, 서귀포시는 대정읍과 5개의 동지역이 산불에 대한 취약성이 상대적으로 높게 평가되었다.

ABSTRACT

This study evaluated the risk of forest fires due to climate change in Jeju using the VESTAP. The study primarily aimed at assessing the risks posed to Jeju city and Seogwipo city, and uses actual and projected data from the period of 2000's to 2040's based on RCP 8.5 scenario. Forest fire vulnerability throughout Jeju-do was determined through the standardization of vulnerability index. The highest vulnerability was determined for the towns of Chuja-myeon, Udo-myeon, two downtown areas in Jeju city, Daejeong-eup, and five downtown areas in Seogwipo city, respectively.

Keywords : Forest fires, Climate change, Vulnerability assessment, VESTAP

1. 서 론

최근 전 지구적으로 나타나는 기후변화의 영향으로 국가나 자치단체에서는 기후변화에 적응하기 위한 다양한 노력들을 경주하고 있다. 특히 세계적으로 증가하고 있는 대형 산불의 추세는 국토면적 중 64%가 산림인 우리나라의 여건에서는 경각심을 가지지 않을 수 없다.

Figure 1에서와 같이 최근 10년(2005년~2014년)간 우리나라는 연평균 384건의 산불이 발생하여 631ha의 산림피해와 8,302백만원의 재산피해가 있었는데, 그 원인으로 입산자의 실수나 쓰레기소각과 같은 실화가 전체 산불의 86%를 차지하고 있다⁽¹⁾.

또한 최근에 발표되는 연구결과⁽²⁾에 의하면 기후변화의 주요 영향인 기온 및 강수 변화가 산불 발생에 주요한 인자로 지적되고 있으므로, 비록 산불의 직접적인 원인이 실화라고 할지라도 기후변화가 산불에 미치는 영향은 크다

고 할 수 있다.

특히 본 연구의 대상으로 선정한 제주도는 해발 1,950 m인 한라산을 중심으로 360여개의 오름이 섬 전체에 분포된 하나의 한라산이라고 할 수 있다. 이러한 한라산이 입지한 제주도는 지질·역사·문화·생태적 가치와 수려한 자연경관 등을 보유하고 있어 2005년 생태권보전지역 등재, 2007년 세계문화유산 등재, 2010년 세계지질공원 인증 등 UNESCO 3관왕의 주인공이 되었으며, 2011년에는 세계 7대 자연경관에 선정되어 명실공히 한국을 대표하는 세계 속의 보물섬으로 각광을 받고 있다. 그러므로 제주도는 이러한 천혜의 자연적 가치를 보존·보호하기 위해 무엇보다 제주전역에 대한 산불보호 정책이 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 기후변화 취약성 평가 프로그램을 활용한 제주도의 현재와 미래(2000년대~2040년대)의 읍면동별 취약성을 평가함으로써, 취약성 기반 맞춤형 산불보호 정책 수립의 기초자료를 제공하고자 한다.

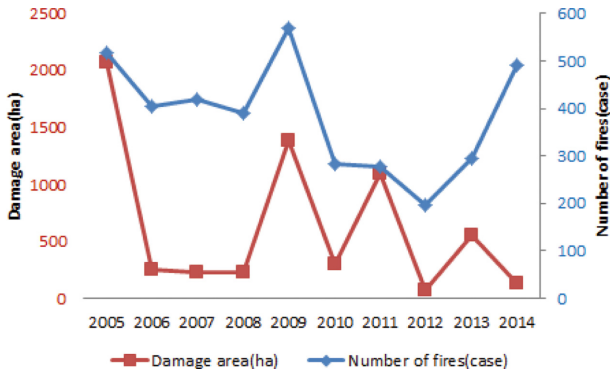


Figure 1. Status forest fires over the past 10 years.

한편, 지난 10년간 제주지역에서 발생한 산불은 연평균 0.5건, 산림피해는 0.5 ha로 17개 광역지자체 중 가장 낮게 나타났으며, 전국 232개 기초지자체 기후변화취약성 평가 결과⁽³⁾에서도 산불에 대한 취약성이 제주시 226위, 서귀포시 206위로 나타나 상대적으로 안전성이 높은 것으로 분석되었다.

2. 분석도구

2.1 기후변화 시나리오 및 취약성 평가

전 지구적으로 나타나는 기후변화의 위협으로 1988년 Wold Meteorological Organization (WMO)와 United Nations Environment Programme (UNEP)가 기후변화의 문제에 대처하기 위하여 공동으로 기후변화에 관한 정부간협의체 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)를 설립하고 1990년 IPCC 제1차 평가보고서를 발표한 이후 현재는 IPCC 제5차 평가보고서가 발간되었다.

2007년도에 발표된 IPCC 제4차 평가보고서에서는 기후 변화 시나리오를 온실가스 배출량 시나리오인 Special

Report on Emission Scenario (SRES)를 사용하였으나, 2014년에 발표된 IPCC 제5차 평가보고서에서는 대표농도 경로방식인 Representative Concentration Pathways (RCP) 시나리오가 사용되었다.

RCP 시나리오는 인위적인 기후변화 요인 중에서 온실가스와 에어로졸의 영향에 의한 강제력만으로 수립한 이전 SRES와는 달리, 토지이용 변화에 따른 영향까지도 포함한 고도화된 시나리오라고 할 수 있다. Table 1에서는 CO₂ 농도를 기준으로 SRES와 RCP 시나리오를 비교하고 있는데, CO₂ 농도가 적을수록 온실가스를 적극 감축하는 시나리오가 된다.

현재 우리나라는 저탄소녹색성장기본법 제48조 및 동법 시행령 제38조에 따라 기후변화 적응대책 및 세부시행계획을 수립하도록 규정하고 있다. 이에 따라 Table 2에서와 같이 광역지자체에서는 국립환경과학원에서 2011년 배포한 Climate Change adaptation program based on GIS (CCGIS)를 활용해 기후변화 적응대책을 수립하였으며, 기초지자체에서는 같은 국립환경과학원에서 2013년 배포한 Local Climate Change adaptation program based on GIS (LCCGIS)를 활용해 기후변화 적응대책 세부시행계획을 수립하고 있다.

최근에는 한국환경정책평가연구원에서는 기초지자체 공무원들이 보다 편리하게 프로그램을 구동할 수 있도록 Web 기반의 Vulnerability Assessment Tool to build Climate Change Adaptation Plan (VESTAP)* 프로그램을 개발하여 2014년 12월부터 배포하여 활용되고 있다. 이러한 기후변화 취약성 평가 프로그램은 건강, 재난·재해, 농업, 산림, 해양·수산, 물관리, 생태계부문으로 구분하여 32개의 항목에 대한 취약성을 평가할 수 있다.

기후변화 취약성은 일반적으로 기후영향에 대한 위해성과 시스템의 취약성을 조합하여 한 시스템의 기후 위해에

Table 1. Comparison of SRES with RCP Scenario about CO₂ Concentration

Scenario	SRES						RCP			
	A1FA	A2	A1B	B2	B1	A1T	RCP8.5	RCP6.0	RCP4.5	RCP2.6
CO ₂ (ppm)	970	830	720	600	550	540	936	670	538	421

Table 2. List of Vulnerability Assessment Program on Climate Change in Korea

Programs	Scenario	Input data (year)	Target of evaluation	Distribution of year	Development agency
CCGIS	SRES, RCP (2013)	2010	Regional local government	2011	National Institute of Environment Research
LCCGIS	RCP	2010	Lower level local government	2013	
VESTAP	RCP	2013	Lower level local government	2015 (2014.12)	Korea Environment Institute

* VESTAP은 한국환경정책평가연구원에서 개발한 웹기반의 기후변화 취약성 평가 지원 도구로서 국립환경과학원에서 개발한 GIS기반의 기후변화 적응도구인 LGGGIS 보다는 최근에 개발된 프로그램임.

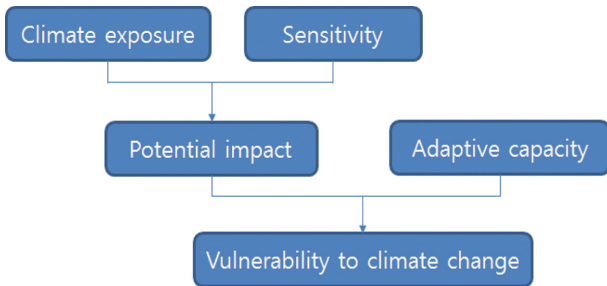


Figure 2. Definition of climate change vulnerability.

따른 위협으로 정의 되는데, IPCC에서는 Figure 2에서와 같이 기후에 대한 노출과 시스템의 기후변화 민감도 그리고 시스템이 이에 대응할 수 있는 적응능력의 함수로 정의하고 이때 노출과 기후변화 민감도는 잠재적 영향에 의해 결정되며 이에 적응능력을 결합하면 취약성으로 정의된다⁽⁴⁾.

2.2 분석도구 및 대상

본 연구에서는 한국환경정책평가연구원에서 가장 최근에 개발하여 배포한 VESTAP 프로그램을 활용하여 제주도 전역을 대상으로 산불에 대한 취약성을 평가하였다. 산불에 대한 취약성 평가는 보건, 산림, 물관리, 생태계, 농업, 해양·수산, 재난·재해 등 7개 분야(32개 평가항목) 중 산림분야에 해당하며 집중호우에 의한 산사태, 산사태에 의한 임도의 취약성 등과 함께 7개 산림분야 평가항목 중 하나에 해당된다⁽⁵⁾. VESTAP에서 산불에 대한 취약성 평가방법은 Table 3에서와 같이 기후노출, 민감도, 적응능력별 대응변수에 총 14개의 변수목록별 가중치에 따라 식 (1)에서와 같이 취약성 지수가 계산되는데 산출된 취약성 지수는 0에서 1 사이의 값을 가지며 지수 값이 클수록 취약성이 높은 것으로 해석된다.

여기서, 기후노출은 일 최고기온, 일 최대풍속, 실효습도와 같은 기후변화의 영향 변수이며, 민감도는 침엽수·활엽수·혼효림 면적, 토양수분, 산림경사, 총 인구 수와 같은 기후노출의 영향 정도를 조절하는 변수이다.

그리고 적응능력은 산림 공무원 수, 산림방제 면적, 지역내 총생산, 제정자립도와 같이 기후변화 영향을 감소시키는 변수를 말한다.

$$V = \frac{(E \times 0.43) + (S \times 0.27) - (A \times 0.3)}{1} \tag{1}$$

여기서,

- V = 산불에 대한 취약성 지수
- E = 기후노출 지수
- S = 기후변화 민감도 지수
- A = 적응능력 지수

2.3 분석방법

VESTAP에서의 온실가스배출시나리오는 온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 RCP 4.5 시나리오와 현재 추세(저감없이)로 온실가스가 배출되는 RCP 8.5 시나리오를 제공하고 있으며 분석기간은 2010년대에서부터 2040년대까지 10년 단위로 평가결과를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 화재안전 관점에서 위험성이 상대적으로 높은 RCP 8.5 시나리오를 기반으로 2010년대에서부터 2040년대까지 매 연대별로 취약성을 평가·분석하였다.

입력데이터는 VESTAP에서 제공되는 기본값을 활용하였으며 출력결과는 연대별 취약성지도와 읍면동 단위의 취약성 지수를 활용하여 분석하였다. 여기서, VESTAP에서 분석되는 결과는 하나의 기초지자체에 하나의 연대를 대상으로 분석되어지므로 분석된 취약성 지수를 제주시와

Table 3. List of Variables and Weighting on Vulnerability Assessment for Forest Fires

Correspondence variable	Weighting	List of variables	Weighting
Exposure	0.43	The number of days that maximum temperature is 33 °C and over	0.11
		The number of days that maximum wind velocity is 14 m/s and over	0.19
		The number of days that daily effective humidity is 35% and less	0.32
		The maximum value of non-consecutive days of rain	0.38
Sensitivity	0.27	Soil water 10 cm (m ³ /m ³)	-0.11
		Coniferous forest area (ha)	0.24
		Deciduous forest area (ha)	0.19
		Mixed forest area (ha)	0.19
		Forest in the average slope (°)	0.14
		Total population	0.13
Adaptive capacity	0.3	The number of forest officers	0.24
		Forest disaster area (ha)	0.39
		Financial independence	0.21
		Gross regional domestic product (GRDP)	0.16

서귀포시 또는 연대별로의 비교가 불가능한 한계를 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 입력데이터인 읍면동 단위의 변수 목록별 값을 분석대상인 제주시와 서귀포시 그리고 2010년대에서 2040년대까지의 모든 자료를 Data Base (DB)화하여 종합함으로써 표준화된 취약성 지수(표준취약성 지수)를 산정하여 분석하였다. 기타 분석에 필요한 제반사항은 VESTAP 매뉴얼 및 선행연구를 참조하였다⁽⁶⁻⁸⁾.

3. 분석결과

Figure 3에서는 VESTAP에서 분석된 기후변화에 따른 제주시와 서귀포시에서의 산불 취약성을 그림으로 보여주고 있는데 2010년대에서 2040년대의 결과 중 대표로 2010년대의 제주도 산불 취약성지도이다. 그림에서 읍면이 진할수록 연한색보다 취약성이 상대적으로 높은 지역으로 판단할 수 있다.

Table 4에서는 본 분석결과를 토대로 산불에 대한 취약성 지수가 높은 제주시 및 서귀포시의 5개 읍면동을 연대별로 정리한 내용이다. 분석결과 제주시의 경우 2000년대에는 추자면, 우도면, 애월읍, 조천읍, 한경면에서 취약성이 상대적으로 높게 나타났으며 2010년대에는 이도2동, 건입동, 구좌읍, 조천읍, 아라동, 2020년대에는 추자면, 우도면, 한경면, 삼양동, 이도2동, 2030년대에는 추자면, 우도면, 건입동, 이도2동, 한경면, 2040년대에는 삼양동, 화

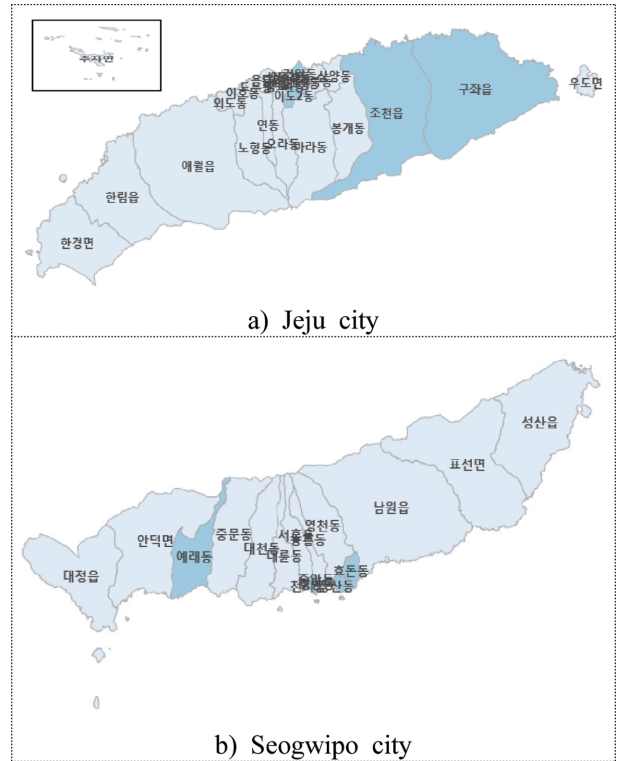


Figure 3. Display by the VESTAP.

북동, 이도2동, 추자면, 건입동에서 취약성이 상대적으로 높게 나타났다.

Table 4. High Vulnerability Towns to Forest Fires by the VESTAP

		1st	2nd	3th	4th	5th
Jeju city	2000s	Chuja-myeon (0.43)	Udo-myeon (0.12)	Aewol-eup (0.09)	Jocheon-eup (0.08)	Hangeong-myeon (0.08)
	2010s	Ido 2-dong (0.25)	Geonip-dong (0.21)	Gujwa-eup (0.21)	Jocheon-eup (0.21)	Ara-dong (0.18)
	2020s	Chuja-myeon (0.18)	Udo-myeon (0.16)	Hangeong-myeon (0.13)	Samyang-dong (0.12)	Ido 2-dong (0.12)
	2030s	Chuja-myeon (0.18)	Udo-myeon (0.16)	Geonip-dong (0.14)	Ido 2-dong (0.14)	Hangeong-myeon (0.14)
	2040s	Samyang-dong (0.19)	Hwabuk-dong (0.19)	Ido 2-dong (0.18)	Chuja-myeon (0.18)	Geonip-dong (0.17)
Seogwipo city	2000s	Seongsan-eup (0.27)	Jeongbang-dong (0.27)	Cheonji-dong (0.26)	Jungang-dong (0.25)	Songsan-dong (0.23)
	2010s	Hyodon-dong (0.34)	Jeongbang-dong (0.22)	Cheonji-dong (0.22)	Songsan-dong (0.21)	Jungang-dong (0.21)
	2020s	Jeongbang-dong (0.34)	Jungang-dong (0.32)	Songsan-dong (0.30)	Cheonji-dong (0.30)	Daejeong-eup (0.21)
	2030s	Jeongbang-dong (0.33)	Songsan-dong (0.32)	Cheonji-dong (0.32)	Daejeong-eup (0.20)	Jungang-dong (0.17)
	2040s	Daejeong-eup (0.21)	Jeongbang-dong (0.21)	Songsan-dong (0.20)	Cheonji-dong (0.20)	Jungang-dong (0.19)

서귀포시의 경우 2000년대에는 성산읍, 정방동, 천지동, 중앙동, 송산동에서 취약성이 상대적으로 높게 나타났으며 2010년대에는 효돈동, 정방동, 천지동, 송산동, 중앙동, 2020년대에는 정방동, 중앙동, 송산동, 천지동, 대정읍, 2030년대에는 정방동, 송산동, 천지동, 대정읍, 중앙동, 2040년대에는 대정읍, 정방동, 송산동, 천지동, 중앙동에서 취약성이 상대적으로 높게 나타났다.

그러나 Figure 3과 Table 4에서의 분석결과는 해당 연대, 해당 기초지자체 만을 대상으로 한 취약성 지수의 순위로, 기초지자체가 다른 제주시와 서귀포시 간 또는 연대가 다른 시계열 분석은 불가능한 VESTAP의 분석 한계를 보여 주고 있다.

본 연구에서는 이를 개선하여 제주도 전역에 대한 산불 취약지역의 판단과 연대별 취약성의 경향을 판단하기 위하여 VESTAP에서 제공하는 해당 연대 및 해당 기초지자체의 기초자료를 통한 분석에 한정하지 아니하고, 분석하고자 하는 2000년대에서 2040년대까지 제주시 및 서귀포시의 모든 기초자료를 종합하여 최대값과 최소값의 범위를 조정함으로써 상호 취약성 지수간의 비교분석이 가능한 표준취약성 지수를 산정하였다.

Table 5에서는 연대별로 표준취약성 지수가 높은 10개의 읍면동 지역을 나타낸 것으로 2000년대에는 추자면, 정방동, 천지동, 동홍동, 서홍동 순으로 취약성이 높게 나타났으며, 2010년대에는 건입동, 효돈동, 이도2동, 정방동, 일도2동, 2020년대에는 추자면, 정방동, 우도면, 송산동,

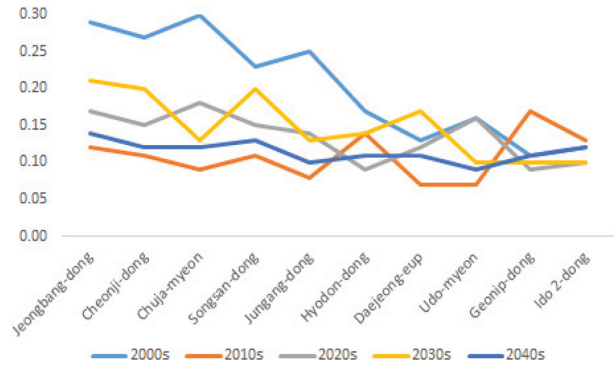


Figure 4. Forest fires trend through time series analysis.

천지동, 2030년대에는 정방동, 송산동, 천지동, 대정읍, 효돈동, 2040년대에는 정방동, 송산동, 추자면, 일도2동, 이도2동 순으로 취약성이 높게 분석되었다.

다음은 2000년대에서 2040년대까지 표준취약성 지수를 종합한 종합취약성 지수가 높은 상위 10개의 읍면동 지역으로 가장 취약성이 높은 지역은 정방동(0.19)으로 분석되었으며 다음으로 천지동(0.17), 추자면(0.16), 송산동(0.16), 중앙동(0.14), 효돈동(0.13), 대정읍(0.12), 우도면(0.12), 건입동(0.12), 이도2동(0.11)으로 분석되었다. 분석결과 10개의 읍면동 중 제주시는 도서지역인 추자면과 우도면 그리고 2개의 동지역이 포함되었으며 서귀포시의 경우 대정읍과 5개의 동지역이 포함되었다.

Figure 4에서는 취약성이 높은 상위 10개의 읍면동 지역

Table 5. High Vulnerability Towns to Forest Fires by Standard Vulnerability Index

	2000s	2010s	2002s	2030s	2040s	Overall ranking
1st	Chuja-myeon (0.30)	Geonip-dong (0.17)	Chuja-myeon (0.18)	Jeongbang-dong (0.21)	Jeongbang-dong (0.14)	Jeongbang-dong (0.19)
2nd	Jeongbang-dong (0.29)	Hyodon-dong (0.14)	Jeongbang-dong (0.17)	Songsan-dong (0.20)	Songsan-dong (0.13)	Cheonji-dong (0.17)
3th	Cheonji-dong (0.27)	Ido 2-dong (0.13)	Udo-myeon (0.16)	Cheonji-dong (0.20)	Chuja-myeon (0.12)	Chuja-myeon (0.16)
4th	Donghong-dong (0.27)	Jeongbang-dong (0.12)	Songsan-dong (0.15)	Daejeong-eup (0.17)	Ildo 2-dong (0.12)	Songsan-dong (0.16)
5th	Seohong-dong (0.26)	Ildo 2-dong (0.11)	Cheonji-dong (0.15)	Hyodon-dong (0.14)	Ido 2-dong (0.12)	Jungang-dong (0.14)
6th	Daeryun-dong (0.26)	Namwon-eup (0.11)	Jungang-dong (0.14)	Chuja-myeon (0.13)	Hwabuk-dong (0.12)	Hyodon-dong (0.13)
7th	Jungang-dong (0.25)	Songsan-dong (0.11)	Hangyeong-myeon (0.12)	Jungang-dong (0.13)	Samyang-dong (0.12)	Daejeong-eup (0.12)
8th	Songsan-dong (0.23)	Cheonji-dong (0.11)	Daejeong-eup (0.12)	Hangyeong-myeon (0.10)	Cheonji-dong (0.12)	Udo-myeon (0.12)
9th	Yeongcheon-dong (0.23)	Chuja-myeon (0.09)	Ido 2-dong (0.10)	Udo-myeon (0.16)	Yongdam2-dong (0.11)	Geonip-dong (0.12)
10th	Namwon-eup (0.22)	Hwabuk-dong (0.09)	Ildo 2-dong (0.09)	Ildo 2-dong (0.10)	Geonip-dong (0.11)	Ido 2-dong (0.11)

의 연대별 취약성 지수의 변화 추이를 보여주고 있는데 전반적으로 2000년대에서 취약성이 가장 높게 나타난 후 현재인 2010년대에 취약성이 가장 낮아졌다가 2020년대, 2030년대에는 취약성이 증가하였으며 2040년대에는 반대로 취약성이 떨어지는 경향을 보였는데, 전체적으로 취약성은 떨어지는 것으로 분석되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 기후변화 취약성 평가 프로그램인 VESTAP을 활용하여 RCP 8.5 기후변화 시나리오를 기반으로 2000년대에서 2040년대까지 제주도 전역에 대한 산불 취약성을 평가하였다.

본 연구에서 제시되는 결과는 제주도의 산불예방 및 대응을 위한 정책 수립에 연대 및 읍면동별 취약성을 기반한 사업의 방향이나 우선순위를 결정하는데 적극 활용될 수 있으며 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

VESTAP에서 분석된 취약성 지수가 가장 높은 읍면동 지역은 제주시의 경우 2000년대 추자면, 2010년대 이도2동, 2020년대 · 2030년대 추자면, 2040년대 삼양동으로 나타났으며, 서귀포시의 경우 2000년대 성산읍, 2010년대 효돈동, 2020년대 · 2030년대 정방동, 2040년대 대정읍으로 분석되었다.

다음으로 취약성 지수의 표준화 작업을 통해 제주도 및 서귀포시를 종합한 제주도 전체 읍면동을 대상으로 산불 취약성을 평가하였는데 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 표준취약성 지수가 가장 높은 읍면동 지역은 2000년대 추자면, 2010년대 건입동, 2020년 시 추자면, 2030년대 · 2040년대에 정방동으로 분석되었다.

둘째, 2000년대에서 2040년대까지 표준취약성 지수를 종합한 종합취약성 지수가 높은 상위 10개의 읍면동 지역으로 정방동(0.19)이 가장 취약성이 높은 곳으로 분석되었으며 다음으로 천지동(0.17), 추자면(0.16), 송산동(0.16), 중앙동(0.14), 효돈동(0.13), 대정읍(0.12), 우도면(0.12), 건입동(0.12), 이도2동(0.11)으로 분석되었다. 이중 제주시는 도서 지역인 추자면과 우도면 그리고 2개의 동지역이 포함되었으며 서귀포시는 대정읍과 5개의 동지역이 포함되었다.

셋째, 종합취약성 지수가 높은 상위 10개의 읍면동 지역

의 연대별 취약성 변화 추이를 살펴보면 전반적으로 2000년대에서 취약성이 가장 높게 나타난 후 2010년대에 취약성이 가장 낮아졌다가 2020년대, 2030년대에는 취약성이 증가하였으며 2040년대에는 반대로 취약성이 떨어지는 경향을 보였는데, 전체적으로 취약성은 떨어지는 것으로 분석되었다.

후 기

본 연구는 제주녹색환경지원센터의 지원을 받아 수행되었으며 관계제위께 감사드립니다.

References

1. KFS, "2014 Statistics Annual Report of Forest Fires", Korea Forest Service, p. 90 (2015).
2. M. K. Sung, G. H. Lim, E. H. Choi, Y. Y. Lee, M. S. Woo and K. S. Koo, "Climate Change over Korea and its Relation to the Forest Fire Occurrence", Korean Meteorological Society, Vol. 20, No. 1, pp. 27-35 (2010).
3. C. H. Lim, "Plan of Jeju-safe-city due to Climate Change", JEJU Green Environment Center, p. 53 (2015).
4. IPCC, "Climate Change 2014 Summary for Policymakers", Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 3 (2014).
5. ME, "Climate Change Adaptation Newsletter", Ministry of Environment, Vol. 6, No. 1, p. 9 (2015).
6. J. Y. Kang, W. C. Jeung and B. S. Kim, "An Evaluation of Vulnerability of Jeju Island Following the RCP 8.5 Climate Change Scenario", Jeju Development Institute (2014).
7. Y. S. Kim and S. H. Lee, "Improvement of Vulnerability Assessment to Climate Change using LCCGIS", Journal of Climate Change Research, Vol. 5, No. 2, pp. 165-178 (2014).
8. C. H. Kim, C. K. Song, Y. D. Hong, J. A. Yu, S. H. Ryu and G. Y. Yim, "Development and Application of CCGIS for the Estimation of Vulnerability Index over Korea", Climate Change Research, Vol. 3, No. 1, pp. 13-24 (2012).