

# 관광기후지수(Tourism Climate Index)를 이용한 치악산 국립공원의 관광기후환경에 관한 연구

박창용\* · 김남조\*\* · 김상태\*\*\* · 최영은\*\*\*\*

## Examination of Tourism Climatic Conditions for *Chiaksan* National Park Analyzing Tourism Climate Index

Changyong Park\* · Namjo Kim\*\* · Sangtae Kim\*\*\* · Youngeun Choi\*\*\*\*

**요약:** 본 연구에서는 치악산 국립공원을 사례로 TCI를 이용하여 관광기후환경의 변화와 미래 전망을 파악하였다. 과거와 미래를 포함하여 분석된 모든 기간에서 TCI 일평균값의 분포는 봄철과 가을철에 두 개의 봉우리가 나타나는 이봉형태가 나타났다. 따라서 치악산 국립공원은 봄철과 가을철에 관광하기 가장 적합한 기후로 파악되었다. 이러한 분포에는 주간 쾌적지수(Cid)와 일쾌적지수(Cia)의 요소인 기온과 습도가 주요한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 최근 들어 치악산 국립공원의 여름철 관광기후환경이 저하된 것으로 분석되었다. 이는 일조시간의 감소가 이에 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타났다. 미래로 갈수록 여름철 관광기후환경의 저하는 더욱 심화될 것으로 전망되었다. 또한 연중 가장 낮은 TCI는 현재 겨울철에 나타났지만 미래에는 여름철로 변화할 것으로 분석되었는데 이는 세부지수 중 주간 쾌적지수(Cid)의 감소가 가장 큰 기여를 하였다.

**주요어:** 관광기후지수, 관광활동, 관광기후환경, 치악산 국립공원

**Abstract:** This study was aimed at examining the recent and the future changes of tourism climatic conditions for *Chiaksan* national park using TCI(Tourism Climate Index). The distribution type of daily mean of TCI showed the bimodal-shoulder peaks for all periods of the past and the future. Therefore, *Chiaksan* national park showed affordable climate of touring in spring and autumn due to temperature and relative humidity constituting Cid and Cia. Summer tourism climatic conditions of *Chiaksan* national park has become worse recently. In the future, these trends are projected more stronger. Also, the lowest TCI in the year is projected to shift from winter to summer due to a decrease of Cid.

**Key Words:** tourism climate index, tourism activity, tourism climatic conditions, *Chiaksan* national park

이 논문은 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012S1A5A2A03034718)

\* 포항공과대학교 환경연구소 박사후연구원(Post-doctoral Researcher, Institute of Environmental and Energy Technology, Pohang University of Science and Technology (POSTECH)), parky@postech.ac.kr

\*\* 한양대학교 관광학부 교수(Professor, Division of Tourism, Hanyang University), njkim@hanyang.ac.kr

\*\*\* 한양대학교 관광학과 박사수료(Doctor Completion, Division of Tourism, Hanyang University), stjh12@gmail.com

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

## 1. 문제제기 및 연구목적

관광은 가장 빠르게 성장하는 산업 중에 하나로 기 후에 매우 민감하게 영향을 받는다(Hamilton *et al.*, 2005, Simpson, M. C., 2008, IPCC, 2012). 기후는 관광자들의 관광활동 여부와 관광지 선택에 주요한 역할을 하므로 다양한 야외 활동을 위한 장소의 적합성을 결정하고 관광수요의 계절성을 유발하는 주요한 원인으로 작용한다(Gómea Martín, M., 2005; Simpson *et al.*, 2008; Perch-Nielsen *et al.*, 2010; Gourabi and Palic, 2012; IPCC, 2012). 그리고 기후는 관광수요를 예측하거나 관광시설의 설치여부를 결정하는데도 중요한 기준이 된다(de Freitas, C. R., 2003). 따라서 관광객, 관광사업자, 투자자들에게 보다 정확한 기후 정보가 요구되고 있다(Matzarakis, A., 2006).

최근의 기후변화는 관광분야에 직·간접적으로 영향을 준다. 직접적 영향으로는 기후변화로 인한 관광기간의 변화가 관광지의 경쟁력과 관광사업체의 수익성에 큰 영향력을 미치며 간접적 영향은 기후변화로 인한 재해의 증가, 생물 다양성의 감소, 질병의 증가 등이 관광지의 환경에 부정적으로 작용한다는 것이다(Simpson *et al.*, 2008). 이에 따라 관광지의 미래 관광기후환경 분석이 요구되고 있다.

관광활동과 기후환경간의 관계를 파악하고 변화를 예측하기 위해 기후쾌적성을 정량화한 여러 지수들이 개발되었다. 이 중에서 TCI(Tourism Climate Index)는 관광에서 고려되는 기후적 측면 3가지(열적쾌적성, 바람 및 강수 등 관광활동에 직접적인 제약요인으로 작용하는 물리적 측면, 일조시간 및 운량 등 관광객의 감정에 영향을 주는 심미적 측면)를 모두 고려한 지수로 많은 연구에서 기후변화와 관련한 관광기후환경의 변화를 파악하는 데 이용되었다(Mieczkowski, Z., 1985; de Freitas, 2003; Scott *et al.*, 2004; Moreno and Amelung, 2009; Perch-Nielsen *et al.*, 2010).

TCI를 분석하여 관광기후환경을 평가한 연구는 국외에서 상당히 수행되었다. 특히 유럽을 대상으로

한 연구가 가장 많았다. Amelung and Viner(2006)는 유럽지역의 TCI의 미래 변화를 전망하였다. 여름철 TCI가 가장 높았던 지중해 연안에서는 미래에 여름철 기온이 크게 상승하여 가장 적합한 관광기후환경은 봄과 가을로 변화할 것이며, 반면에 북유럽지역은 여름철의 TCI가 크게 증가할 것으로 전망하였다. Hein *et al.*(2009)은 미래 2060년에는 지중해 연안 대부분의 지역과 프랑스, 동유럽 등지에서 봄과 가을철에 TCI가 크게 증가할 것이며 여름철 대표적인 관광지인 지중해 연안의 TCI는 크게 감소할 것이라고 하였다. Moreno and Amelung(2009)은 해안지역의 관광기후환경을 평가하기 위해 TCI를 기반으로 Morgan *et al.*(2000)이 개발한 BCI(Beach Climate Index)를 이용하여 유럽 해안의 여름철 미래 관광기후환경을 전망하였다. 지중해 연안이 아닌 곳에서는 BCI가 증가하며, 지중해 연안은 BCI가 크게 감소하지 않아서 미래에도 여전히 여름철 대표적인 관광지로서의 역할을 할 것이라고 제시하였다. Perch-Nielsen *et al.*(2010)에 의하면 현재 관광기후환경이 가장 좋은 지역은 남부유럽이지만 미래에는 북쪽으로 이동할 것으로 전망되어 남부유럽의 관광분야는 여름철에 큰 타격을 입을 것이지만 10월부터 다음 해 4월까지의 관광기후환경이 현재보다 좋아질 것이라고 하였다. 위에서 제시한 연구들은 공통적으로 여름철 북부 유럽에서는 미래의 관광기후환경이 현재보다 좋아지는 반면에 남부유럽에서는 악화될 것으로 제시하였다.

북미의 경우 Scott and McBoyle(2001)에 의하면 현재 캐나다의 TCI는 여름철에 최대가 나타나는 분포형을 보이며 미국 남부지역은 겨울철에 최대가 나타나는 형태와 봄철과 가을철에 봉우리가 나타나는 분포형을 나타내고 있다고 밝혔다. 미래에는 서부 캐나다의 경우 모든 계절에서 TCI는 증가할 것이며, 반면에 동부 캐나다에서는 여름철 TCI가 감소할 것이라고 하였다. Scott *et al.*(2004)에 의하면 미국과 캐나다에서 겨울철 TCI 80 이상의 '최적(excellent)' 등급이 나타나는 지역이 증가하며 특히 플로리다주와 애리조나주는 겨울철에 관광지의 경쟁력이 증가할 것으로 전망되었다. 반면에 멕시코에서는 겨울철 관광기

후환경이 현재보다 악화될 것이라고 하였다.

이처럼 국외의 경우 관광기후환경을 정량화하여 분석한 연구들이 다수 존재하지만, 국내의 경우에는 임근옥(2007)의 연구에 불과하다. 임근옥(2007)은 TCI를 이용하여 관광활동에 적합한 기후 조건을 갖는 기간에 대한 공간적인 특성을 분석하였다. TCI가 70이상인 월은 경상북도 동부에서 많았고 전체적으로 내륙지역이 해안지역보다 관광기후환경이 더 좋은 것으로 나타났다. 하지만 이 연구에서는 TCI의 변화 경향과 기후변화 시나리오를 이용한 미래 관광기후환경의 변화는 수행되지 않았다.

우리나라의 최근 100년간 기온상승률은 전지구 평균 기온상승률보다 높다(국립기상연구소, 2009). 따라서 빠르게 진행되고 있는 기후변화에 대응하기 위하여 관광분야에서도 관광기후환경의 평가와 미래 변화에 대한 연구가 필요하다고 생각한다. 본 연구에서는 우리나라의 대표적 자연관광지인 치악산 국립공원을 사례로 관광기후지수를 이용하여 관광기후환경의 변화와 기후변화 시나리오를 활용한 미래 관광기후환경의 전망을 파악하였다.

## 2. 연구자료 및 방법

### 1) 연구자료

한국형 관광기후지수(KTCI) 산출을 위한 기반 연구인 본 연구에서는 Mieczkowski(1985)가 개발한 TCI를 이용하여 강원도 원주시에 위치한 치악산 국립공원의 관광기후환경을 평가하고 미래 변화를 전망하였다. 국립공원 관리공단으로부터 치악산 국립공원의 일탐방객수 자료(2008-2012년)를 제공받을 수 있었기 때문에 치악산 국립공원을 사례로 하여 관광기후환경을 분석하였으며, 제공받은 일탐방객수와 산출된 TCI와의 관계를 파악하였다. 사용한 관측자료는 치악산 국립공원에서 가장 가까운 기상관측소인 원주기상대의 자료의 일평균기온, 일최고기온, 일평균상대습도, 일최소습도, 일강수량, 일조시간, 일

평균풍속의 1973-2012년 40년 자료이다. 미래의 월평균최소습도와 월평균일조시간을 추정하기 위한 기준값을 산출하고자 1981-2010년 30년간 월평균최고기온, 월평균증기압, 월평균전운량과 1981-2010년 30년 평균한 월평균 일조시간을 이용하였다.

미래 치악산 국립공원의 TCI 변화를 파악하기 위하여 RCP<sup>1)</sup>(Representative Concentration Pathways) 4.5와 RCP 8.5 기후변화 시나리오 자료를 이용하였다. 이를 기반으로 국립기상연구소는 먼저 영국 기상청 해들리 센터의 전지구 대기-해양 결합모델인 HadGEM2-AO(coupled Atmosphere-Ocean model of Hadley Centre Global Environmental Model version 2)에 인위적 기후변화 강제력을 적용하여 분해능 135km인 전지구 기후변화 시나리오 자료를 생산하고, HadGEM2-AO에 기초한 지역기후모델인 HadGEM3-RA(Atmospheric Regional climate model of HedGEM3)를 이용한 역학적 상세화로 분해능 12.5km인 한반도 기후변화 시나리오 자료를 개발하였다. 다시 HadGEM2-AO에 기상청은 MK(Modified Korean)-PRISM(Parameter-elevation Regressions an Independent Slopes Model)에 기초하여 생산된 격자형 관측 자료의 계절주기 기후값에 모델의 편차를 보정하여 고분해능 기후변화 전망자료를 생산하는 한반도 기후변화 시나리오에 통계적 상세화 기법인 PRIDE(PRISM based Downscaling Estimation) 모델을 적용하여 분해능 1km인 한반도 상세 기후변화 시나리오를 개발하였다(국립기상연구소, 2011; 기상청, 2012a; 김맹기 등, 2012).

IPCC(Intergovernmental Panel for Climate Change) 4차 평가보고서에 대응하고자 개발된 기존의 SRES<sup>2)</sup>(Special Report on Emissions Scenarios) 시나리오 자료에서는 자료가 격자 형태로만 제공되었으나 위의 과정으로 생산된 RCP 기후변화 시나리오 자료는 격자 형태뿐만 아니라 읍·면·동 및 시·군·구의 폴리곤(polygon)형태로도 제공되는 특징이 있다. 따라서 미래의 치악산 국립공원의 TCI 변화를 분석하기 위하여 230개 시·군·구 기초 지자체의 폴리곤 형태 시나리오 자료 중 원주시에 해당하는 RCP 4.5/8.5 기후변화 시나리오에서 월평균기온, 월평균

최고기온, 월강수량, 월평균상대습도, 월평균풍속을 이용하였다. TCI를 계산하기 위해 필요한 나머지 기후요소인 월평균최소습도와 월평균일조시간은 폴리곤 형태의 RCP 4.5/8.5 원주시 기후변화 시나리오에서 제공되지 않는 제한점이 존재한다. 따라서 월평균최소습도와 월평균일조시간을 추정하기 위하여 Whittlesea and Amelung(2010)이 제시한 방법을 적용하였으며 CORDEX(COordinated Regional climate Downscaling EXperiment) 프로젝트에서 제공하는 RCP 4.5/8.5 시나리오의 월평균전운량을 이용하였다.

세계기후연구프로그램(World Climate Research Program, WCRP)에서는 2009년에 지역기후모델에 관한 태스크 포스(Task Force on Regional Climate Downscaling, TFRCD)를 구성하고 CORDEX 프로젝트를 출범시켰다. CORDEX는 전 세계 13개 지역으로 구분하고 지역기후모델들을 활용하여 각 지역의 상세기후변화 정보를 포함시키기 위한 국제 상호 비교 프로젝트로서 공간해상도, 산출변수의 종류 등을 표준화하여 시나리오 자료를 제공한다(오석근 외, 2011; <http://cordex-ea.climate.go.kr>; <http://wcrp-cordex.ipsl.jussieu.fr>). 본 연구에서는 월평균일조시간을 추정하기 위하여 0.44°×0.44°의 공간해상도를 나타내는 CORDEX 동아시아 영역에서 원주시가 해당되는 영역을 대상으로 국립기상연구소에서 개발한 HadGEM3-RA 지역상세화 방법을 통해 산출된 RCP 4.5/8.5 시나리오의 월평균전운량자료를 이용하였다.

## 2) TCI 산출

TCI는 본래 월평균 기후자료를 이용하였으므로 월값으로 산출되었다. Perch-Nielsen *et al.*(2010)은 기존의 TCI를 일부 수정하여 이를 일값으로 산출하는 방법을 개발하였다. TCI는 7개의 기후자료를 이용한 5개의 세부지수로 구성된다. 기후요소는 관광기후환경을 평가하는 데 있어서 관광객에게 미치는 정도가 다르므로 각각의 세부지수에 전문가의 주관에 의해 가중치를 부여하였으며 열적 쾌적도가 미치는 영향이 가장 크기 때문에 여기에 가장 큰 가중치를 부여하였다(Mieczkowski, 1985; 임근욱, 2007). TCI는 식 1과 같이 계산되며 각각의 지수는 최저 -3.0에서 최고 5.0까지 부여된다.

$$TCI=2(4Cid+Cia+2R+2S+W) \\ =8Cid+2Cia+4R+4S+2W \quad (식 1)$$

Cid는 주간 쾌적지수(daytime comfort index)로서 일 또는 월평균 최고기온과 일 또는 월평균 최소습도와의 관계로 표현되며, Cia는 일쾌적지수(daily comfort index)로서 일 또는 월평균기온과 일 또는 월평균 상대습도와의 관계로 표현된다. 이 두 지수는 열적 쾌적성과 관련된 것으로서 미국 공조냉동공학회(American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE)에서 1972년에 제시한 기온과 습도로 열적 쾌적성을 표현할 수 있는 유효온도값을 Mieczkowski(1985)가 수정하여 구간별로

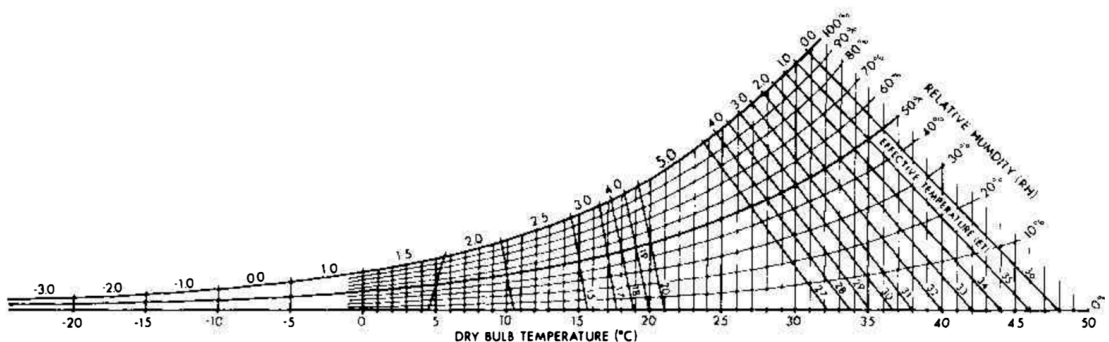


그림 1. Cid와 Cia 점수표(Mieczkowski, 1985)

점수화 하였다. 이는 그림 1과 같이 각 온도와 습도의 구간에서 해당하는 격자의 점수를 직접 확인하여 추출하면 된다(European Climate Assessment & Dataset and Royal Netherlands Meteorological Institute KNMI, 2012). Cid와 Cia는 각각 40%와 10%의 가중치를 부여하였다.

R은 강수량 지수로써 TCI를 월값으로 산출하는 경우 월강수량이 150mm 이상이면 0.0점이 부여되고 15mm씩 감소할 때마다 0.5점씩 증가하여 월강수량이 15mm 미만이면 5.0의 점수가 부여된다. 일값으로 TCI를 산출하는 경우 월강수량을 30으로 나누어 일강수량이 5mm 이상이면 0.0점이 부여되고, 0.5mm씩 감소할 때마다 0.5점씩 증가하여 일강수량이 0.5mm 미만이면 5.0점이 부여된다. TCI 산출 시 여기에 20%의 가중치를 부여하였다. S는 일조시간 지수로써 일 또는 월평균 일조시간의 경우 1시간 이하는 0.0점이 부여되고, 1시간 증가 시 0.5점씩 증가하여 10시간이 초과되면 5.0점이 부여된다. TCI 산출 시 여기에 20%의 가중치를 부여하였다. W는 바람 지수이며 일평균 또는 월평균 풍속이 표 1의 풍속 등급에 해당할 때 점수를 부여한다. 우리나라는 무역풍 또는 열대기후지대에 해당하지 않으므로 표 1의 일반(normal system)에 해당하는 풍속을 m/s로 환산하여 점수를 부여하였고 TCI 산출 시 여기에 10%의 가중치를 부여하였다.

과거에서 현재까지의 치악산 국립공원의 관광기후환경의 변화는 Perch-Nielsen *et al.* (2010)의 방법을

적용하여 TCI를 일값으로 산출하였다. 먼저 1973-2012년의 TCI 일값을 산출하고 TCI의 변화특성을 조사하고자 이를 10년 단위의 4개 기간으로 구분하였다(1973-1982년, 1983-1992년, 1993-2002년, 2003-2012년). 각 기간별로 1월 1일부터 12월 31일까지 TCI 값을 일평균하여 이를 1-365일로 나타나는 율리우스일(Julian day)로 표현하고 일평균값의 변화는 Cha *et al.* (2007)과 박창용 외(2008)가 사용한 방법인 20일 보다 적은규모의 영향을 배제하여 계절안 변동성을 설명하기에 적합한 20일 이동평균법을 이용하였다.

Mieczkowski(1985)는 산출된 TCI 값에 따라 10개 범주의 등급으로 구분하였고, 이를 다시 4개 범주의 등급(excellent: 최적, very good and good: 좋음, acceptable: 보통, unfavorable: 비선호)으로 단순화 하였다(표 2). 각 기간별로 4개 TCI 등급에 해당하는 일수의 변화를 조사하고 일별 분포를 제시하여 등급의 변화를 분석하였다.

TCI와 치악산 국립공원의 탐방객수와의 관계를 파악하고자 일탐방객수의 자료가 존재하는 2008-2012년 5년간 TCI와 탐방객수를 일평균하여 율리우스일로 나타내고 이를 앞에서 적용했던 20일 이동평균하여 그 변화를 분석하였다. 미래 치악산 국립공원의 관광기후환경 변화에 대한 분석은 기후변화 시나리오의 월평균값을 이용하여 월평균 TCI를 산출하였고 이를 3개의 기간(2011-2040년, 2041-2070년, 2071-2100년)으로 구분하였다. 앞에서도 언급하였

표 1. 풍속별 등급에 따른 점수(Mieczkowski, 1985)

wind speed(km/h)	normal system	trade wind system	hot climate system
<2,88	5.0	2.0	2.0
2,88-5,75	4,5	2,5	1,5
5,76-9,03	4,0	3,0	1,0
9,04-12,23	3,5	4,0	0,5
12,24-19,79	3,0	5,0	0
19,80-24,29	2,5	4,0	0
24,30-28,79	2,0	3,0	0
28,80-38,52	1,0	2,0	0
>38,52	0	0	0

표 2. TCI 점수별 등급체계(Mieczkowski, 1985)

numerical value of indices	descriptive category	mapping category
90-100	ideal	excellent
80-89	excellent	
70-79	very good	very good and good
60-69	good	
50-59	acceptable	acceptable
40-59	marginal	
30-39	unfavorable	unfavorable
20-29	very unfavorable	
10-19	extremely unfavorable	
below 9	impossible	

듯이 월평균최소습도와 월평균일조시간은 폴리곤 형태의 RCP 4.5/8.5 원주시 기후변화 시나리오에서 제공되지 않는 제한점이 존재하므로 월평균최소습도와 월평균일조시간을 산출하기 위하여 Whittlesea and Amelung(2010)이 제시한 방법을 이용하였다.

월평균최소습도는 식 2를 통해 계산된다.  $humMin$ 은 월평균최소습도,  $e$ 는 월평균증기압,  $eSat_{Tmax}$ 는 월평균최고기온에서의 포화수증기압이다.

$$humMin = 100 \cdot \frac{e}{eSat_{Tmax}} \quad (식2)$$

식 2에서  $eSat_{Tmax}$ 는 다음 식으로 나타낼 수 있다(식 3).

$$eSat_{Tmax} = 6,108^{\frac{17.27 \cdot T_{max}}{237.3 + T_{max}}} \quad (식3)$$

$e$ 는 식 4로 나타낼 수 있으며,  $eSat_{Tmean}$ 은 월평균기온에서의 포화수증기압,  $humMean$ 은 월평균상대습도이다.

$$e = eSat_{Tmean} \cdot \frac{humMean}{100} \quad (식4)$$

식 4에서  $eSat_{Tmean}$ 은 다음 식으로 나타낼 수 있다(식 5).

$$eSat_{Tmean} = 6,108^{\frac{17.27 \cdot T_{mean}}{237.3 + T_{mean}}} \quad (식5)$$

식 5의  $eSat_{Tmean}$ 을 구하여 식 4에 대입하고 계산된  $e$ 와 식 3의  $eSat_{Tmax}$ 를 식 2에 대입하면 월평균상대습도의 추정값이 계산된다. 추정값은 바로 TCI를 계산하기 위한 세부지수로 사용되지 않는다. 1981-2010년의 30년간 원주의 월평균증기압과 월평균최고기온을 식 2와 3에 대입하고 계산된 월평균최소습도와 1981-2010년의 30년간 월평균최소습도의 관측값을 선형 회귀분석하여 회귀식을 구한다. 회귀식은 통계적으로 유의하며 설명력도 0.942로 높게 나타났다(식 6).  $humMin_{obs}$ 는 월평균최소습도의 관측값,  $humMin_{cal}$ 은 월평균최소습도의 계산값이다.

$$humMin_{obs} = 1.20 \cdot humMin_{cal} - 14.28 \quad (p=0.000, R^2=0.942) \quad (식 6)$$

이후 앞에서 1차로 추정된 미래 월평균최소습도를 독립변수로 회귀식에 적용하여 계산된 값을 최종 추정된 미래 월평균최소습도로 정의하여 TCI 세부지수로 적용한다.

월평균일조시간은 먼저 식 7을 통해 구름이 끼지 않은 시간(unclouded hours)을 계산한다. 여기에서 day length는 가조시간으로써 1981-2010년 30년 평균한 원주시상대의 월평균 일가조시간을 식에 적용

하였다. cloud cover는 월평균전운량으로써 비율로 제시되며 CORDEX 프로젝트에서 제공하는 RCP 4.5, RCP 8.5의 시나리오자료를 이용하였다.

$$unclouded\ hours = daylength \cdot (1 - cloud\ cover) \quad (\text{식 } 7)$$

앞에서 살펴본 월평균상대습도의 경우와 마찬가지로 식 7을 통해 산출된 unclouded hours는 바로 TCI를 계산하기 위한 세부지수로 사용되지 않는다. 1981-2010년의 30년간 원주의 월평균전운량과 1981-2010년 30년 평균한 월평균 일가조시간을 식 7에 대입하고 계산된 unclouded hours와 1981-2010년의 30년간 월평균일조시간의 관측값을 선형 회귀분석하여 회귀식을 구한다(식 8). sun hours는 월평균일조시간의 관측값이다.

$$sun\ hours = 0.70 \cdot unclouded\ hours + 1.81$$

$$(p=0.000, R^2=0.348) \quad (\text{식 } 8)$$

이후 앞에서 1차로 추정된 미래 월평균 unclouded hours를 독립변수로 회귀식에 적용하여 계산된 값을 최종 추정된 월평균일조시간(sun hours)으로 정의하여 TCI 세부지수로 적용한다. 회귀식은 통계적으로

유의하며 설명력은 0.348로 나타났다.

이렇게 산출된 각각의 세부지수의 값을 합한 TCI의 연변화 분포 형태는 전반적으로 6가지로 구분된다 (Scott and McBoyle, 2001). 이는 연변화가 거의 없는 'Optimal'과 'Poor'형, 여름철과 겨울철에 최대값을 보이는 'Summer Peak'와 'Winter Peak', 전반기와 후반기에 최대값이 나타나는 'Bimodal-Shoulder Peaks', 건조한 계절에 최대값을 보이는 'Dry Season Peak'로 구성된다 (그림 2).

본 연구에서는 산출된 TCI를 각 기후변화 시나리오별로 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100년의 3개 기간으로 구분하여 30년 별 월평균 TCI의 분포를 살펴보았다. 또한 월평균 TCI를 표 2의 4개 등급에 해당하는 월의 변화를 조사하였다.

### 3. 치악산 국립공원의 관광기후환경 평가

본 장에서는 기후자료를 이용하여 치악산 국립공원의 관광기후환경의 변화를 조사하였다. 그림 3(a)는 1973-2012년 40년 간 치악산 국립공원의 TCI

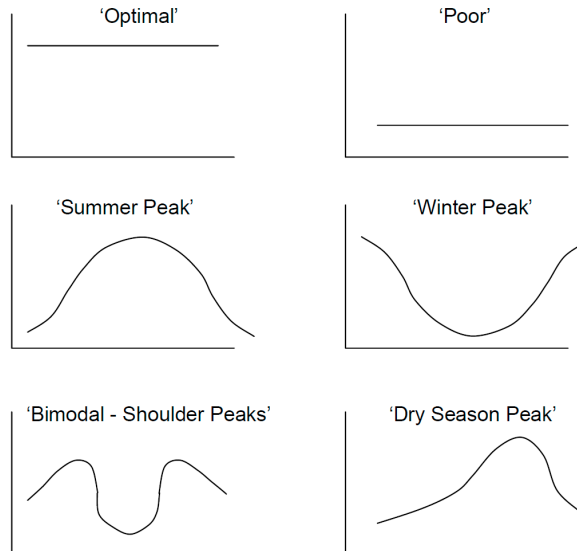


그림 2. TCI 분포 형태(Scott and McBoyle, 2001)

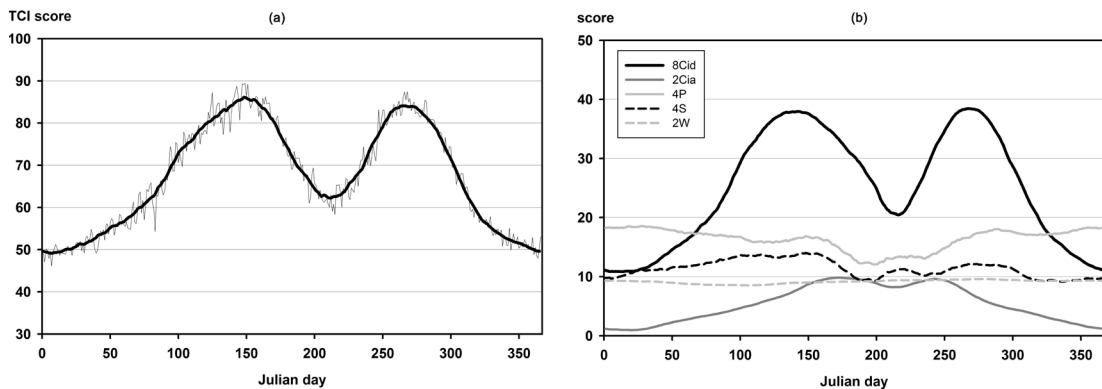


그림 3. 치악산 국립공원의 TCI 일평균값의 변화(a)와 TCI 각 세부지수들의 일평균값(b)(1973-2012)

일평균값 변화를 20일 이동평균하여 올리우스일(1~365일)로 나타낸 것이다. 전반적으로 두 개의 봉우리가 나타나는 분포 형태를 보여주고 있다. 이는 그림 2의 6가지 TCI 분포 형태에서 전형적인 이봉형태(Bimodal-Shoulder Peaks)로 나타났다. 따라서 치악산 국립공원은 봄철과 가을철에 관광하기 가장 적합한 기후로 파악되었다. TCI는 5월 하순인 148일(5월 28일)까지 증가하다가 약 2개월 후인 212일(7월 31일)까지 감소하는 패턴을 보인다. 이후 다시 증가하여 약 2개월 후인 267일(9월 24일)까지 증가하다가 이후에 감소하는 패턴을 나타낸다. 즉, 증가와 감소, 감소와 증가가 약 2개월의 간격을 두고 나타나고 있다.

이와 같은 패턴은 TCI에서 50%를 기여하는 Cid와 Cia가 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 그림 3(b)는 TCI를 구성하는 각 세부지수들의 1973-2012년 40년의 일평균값을 나타낸 것이다. Cid와 Cia값은 TCI의 이봉형태의 분포 형태를 보이지만 W값은 연중 거의 변화가 없고, P와 S의 경우에도 장마 기간에만 감소할 뿐 연중 큰 변화를 보이지 않는다. 따라서 TCI에 Cid와 Cia의 요소인 기온과 습도가 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

1973-2012년 40년 간 4개로 구성된 TCI 등급에 해당하는 시기를 살펴보았다. 80 이상의 TCI로 나타나는 ‘최적(excellent)’ 등급은 5월 2일부터 6월 19일까지의 49일과 9월 9일부터 10월 12일의 34일로 나타나 365일 중 24.1%인 총 88일이 이에 해당되었다. 60

이상부터 79까지의 값으로 나타나는 ‘ 좋음(very good and good)’ 등급은 3월 13일부터 5월 1일까지의 50일과 6월 20일부터 9월 8일까지의 81일, 10월 13일부터 11월 13일까지의 32일로 나타나 365일 중 44.7%인 163일이 이에 해당되었다. 이에 해당되지 않는 나머지 일은 40 이상부터 59까지의 ‘보통(acceptable)’에 해당되며 40 미만의 ‘비선호(unfavorable)’에 해당되는 일은 없었다.

겨울철은 봄철 다음으로 긴 일조시간과 사계절 중 가장 적은 강수량, 봄철 보다 약한 풍속이 나타나지만, 낮은 기온으로 인해 Cid와 Cia의 값이 매우 낮다. 겨울철에는 가장 낮은 TCI 값을 보이다가 봄철 들어 기온의 상승과 동시에 TCI가 증가한다. 5월 하순 이후부터 7월 하순까지는 TCI가 감소하는 특성을 보이는데, 이 시기 중 6월 하순경부터 7월 하순까지 약 30일 동안 연 강수량의 약 30%를 차지하는 장마 기간에 해당한다(박창용 등, 2007; 기상청, 2011). 그림 2와 같이 높은 기온의 영역에서는 습도 변화에 따른 Cid와 Cia의 감소폭이 매우 크므로 이 시기는 기온이 높지만 높은 습도로 인하여 Cid와 Cia가 낮아지게 된다. 또한 잦은 강수로 인하여 일조시간이 부족한 것도 TCI를 낮아지게 하는 원인이 된다.

우기인 장마 이후 남쪽의 열대 해양기단이 우리나라 쪽으로 확장하게 되면서 기온이 높고, 장마 기간보다 상대적으로 일최소습도와 일평균상대습도가 낮아짐에 따라 Cid와 Cia도 증가하게 되어 TCI는 증가하



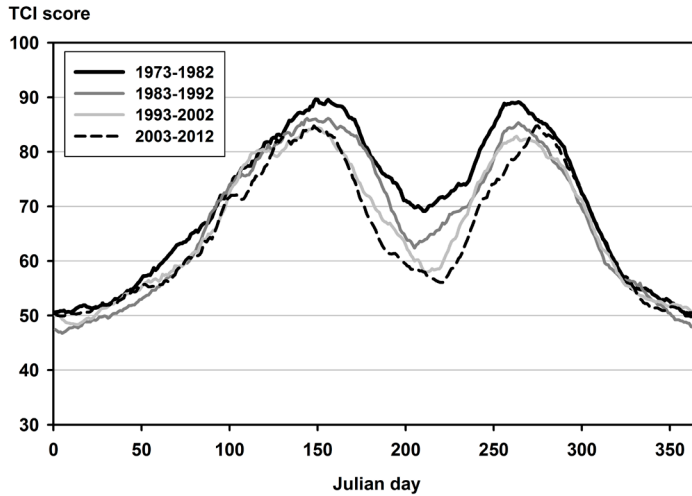


그림 4. 과거 10년 별 치악산 국립공원의 TCI 일평균값의 변화

게 된다. 열대 해양기단이 남하한 후부터 9월 하순까지는 비교적 높은 기온을 유지하면서 습도는 더욱 낮아져 TCI는 9월 하순까지 지속적으로 증가한다. 이후 기온이 낮아짐에 따라 TCI는 점차 감소한다.

10년 단위로 치악산 국립공원의 TCI 일평균값 변화를 20일 이동평균하여 올리우스일로 살펴보았다(그림 4). 4개 모든 기간에서 앞에서 살펴본 40년 평균과 같이 두 개의 봉우리가 나타나는 이봉형태를 보였다. 첫 번째 봉우리부터 두 번째 봉우리까지의 TCI는 최근 10년으로 갈수록 감소하고 있는 특징을 보였다. 특히 두 봉우리 사이에서 골의 형태로 나타나는 여름철의 가장 낮은 TCI값이 최근 들어 크게 감소하고 발생일도 1973-1982년에는 7월 29일, 1983-1992년은 7월 24일, 1993-2002년은 7월 30일, 2003-

2012년은 8월 8일로 최근 10년에서 늦어지는 특징을 보였다. 여름철 TCI는 최근으로 갈수록 감소하는 경향을 보이는데, TCI 세부지수 중 일조시간에 따른 세부지수인 4S가 통계적으로 유의한 수준( $\alpha < 0.05$ )에서 -2.5점/10년으로 가장 감소율이 가장 커서 일조시간의 감소가 여름철 TCI 감소에 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타났다.

TCI 봉우리에서의 값도 낮아지는 경향을 보인다. 또한 TCI 봉우리가 나타나는 날이 첫 번째 봉우리의 경우는 빨라지고, 두 번째 봉우리는 늦어지는 경향을 보였다. 1973-1982년에는 6월 5일과 9월 21일에, 1983-1992년은 5월 24일과 9월 21일에, 1993-2002년은 5월 28일과 9월 20일에, 2003-2012년은 5월 28일과 10월 2일경에 각각 봉우리가 나타났다.

표 3. 기간별 TCI 등급에 해당하는 일수 및 비율

periods	category		
	excellent	very good and good	acceptable
1973-2012	88(24.1%)	163(44.7%)	114(31.2%)
1973-1982	112(30.7%)	144(39.5%)	109(29.8%)
1983-1992	89(24.4%)	146(40.0%)	130(35.6%)
1993-2002	69(18.9%)	159(43.6%)	137(37.5%)
2003-2012	62(17.0%)	151(41.4%)	152(41.6%)

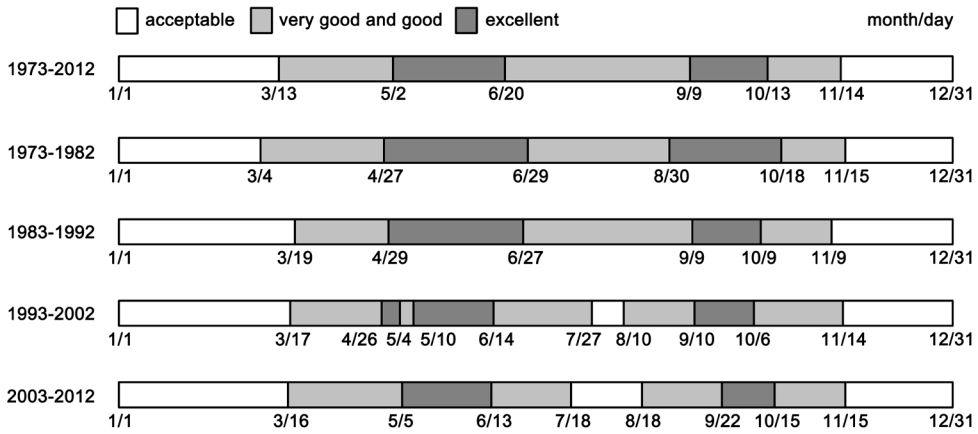


그림 5. 기간별 TCI 등급 변화

이러한 TCI의 10년별 변화는 TCI 등급에도 영향을 미쳤다. 표 3은 각 등급에 해당하는 일수를 나타낸 것이고 그림 5는 1973-2012년의 40년 평균과 각 10년별 TCI 등급의 일본포를 나타낸 것이다. 모든 기간에서 40 미만의 '비선호' 등급에 해당되는 일은 없었다. 최근 10년으로 갈수록 '최적' 등급에 해당하는 일수가 줄어들고 '보통' 등급에 해당하는 일수는 늘어나고 있는 것으로 나타났다. 1973-1982년 대비 2003-2012년의 '최적' 등급은 52일(13.7%) 적었고 '보통' 등급은 28일(11.8%) 많았다. ' 좋음' 등급은 기간별 큰 차이를 보이지 않았다. 10년별 TCI 등급의 일본포에서 특징적인 것은 '최적' 등급에 해당하던 기간이 줄어들면서 두 '최적' 등급 사이의 기간이 길어진 것이다. 또한 전반기 20년에는 '최적' 등급 사이에서 ' 좋음' 등급만 나타났지만 등급에 후반기 20년에는 이보다 더 낮은 '보통' 등급이 나타났다. 따라서 최근으로 갈수록 여름철의 관광기후환경이 저하된 것으로 판단된다.

그림 6은 2008-2012년의 최근 5년간 치악산 국립공원의 일평균 TCI와 치악산 국립공원의 일평균 탐방객수를 20일 이동평균하여 올리우스일로 나타낸 것이다. 일평균 TCI의 변화는 앞에서 살펴본 경우와 같이 두 개의 봉우리가 나타나는 이봉형태를 보였다. 일평균 탐방객수의 분포는 TCI의 경우와는 다르게 삼봉분포를 보이고 있다. 일평균 TCI와 일평균 탐방객수는 130일(5월 10일)경까지 증가하다가 150일

(5월 29일)경 이후 감소하는 추세를 보인다. 일평균 TCI와 일평균 탐방객수의 변화 경향은 일평균 탐방객수가 다시 증가하는 186일(7월 5일)경까지 매우 유사한 추세를 나타내고 있다. 일평균 탐방객수는 186일(7월 5일)경 이후에 다시 증가하면서 218일(8월 6일)경에 두 번째 봉우리가 나타나지만 일평균 TCI의 경우 이 시기는 두 봉우리 사이의 골의 형태로 나타나는 여름철 가장 낮은 값이 나타나는 시기로서 일평균 TCI와 일평균 탐방객수는 서로 반대의 위상을 보이고 있다. 이는 관광기후환경이 여름철 중 가장 좋지 않지만 이 시기가 본격적인 여름철 휴가 기간이므로 관광기후환경의 정도와는 상관없이 탐방객이 많은 것으로 판단된다.

218일(8월 6일) 경 이후부터 250일(9월 7일)경까지 일평균 탐방객수는 감소하다가 다시 급격하게 증가하는 패턴을 보인다. 295일(10월 22일)경에 세 번째 봉우리가 나타나는데 세 개의 봉우리 중 가장 일평균 탐방객수가 많았다. 이 시기는 TCI의 두 번째 봉우리가 나타나는 10월 초순 이후 약 20일이 지난 시기인데, 단풍이 무르익는 시기이므로 단풍 관광을 목적으로 한 탐방객의 급격한 증가 때문으로 판단된다. 이렇듯 TCI와 탐방객수와와의 관련성은 연중 하반기 이후에는 잘 일치하지 않았다. TCI는 오로지 관광활동을 위한 기후패적성의 수준을 제시할 뿐 휴가 시즌 또는 단풍 관광같이 특정 시기에 이루어지는 관광활동

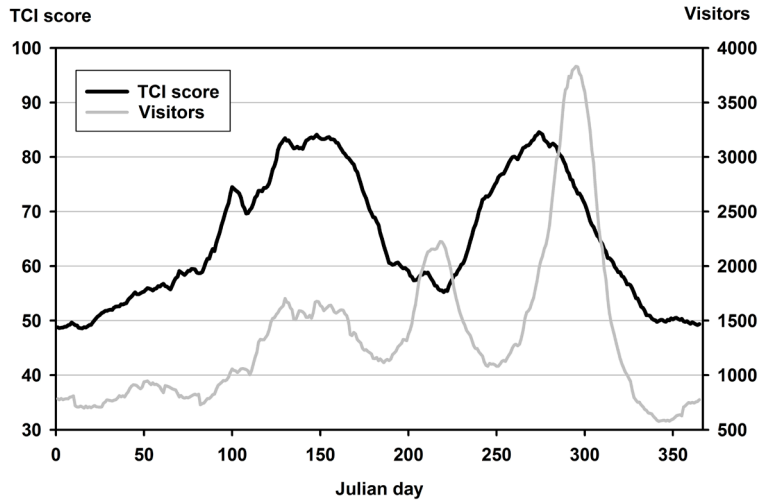


그림 6. 치악산 국립공원의 일평균 TCI와 치악산 국립공원의 일평균 탐방객수(2008-2012년)

뿐만 아니라 교통의 편리성, 관광지의 매력도와 같은 관광요소 등은 고려하지 않았기 때문에 일반적으로 TCI만으로는 관광객의 수를 예상하는데 이용되지 않는다(Amelung *et al.*, 2007).

#### 4. 치악산 국립공원의 미래 관광기후환경 변화

앞 장에서는 치악산 국립공원의 관광기후환경의 변화를 살펴보았다면 본 장에서는 기후변화 시나리오 자료를 이용하여 미래 치악산 국립공원의 관광기후환경을 분석하였다. 1981-2010년 관측자료를 이용한 월평균 TCI와 RCP 4.5 시나리오(a)와 RCP 8.5 시나리오(b)를 이용한 2011-2100년의 30년 별 월평균 TCI의 분포를 나타낸 것이다(그림 7). RCP 4.5 시나리오의 경우 3개 기간 모두 1981-2010년과 같이 미래에도 이봉형태를 보였다. 월평균 TCI는 1981-2010년보다 미래 3개 기간 모두 값이 낮았으며, 특히 봄철과 여름철에 그 차이가 컸다. 3개 기간 모두 5월과 10월에 봉우리가 나타났으며, 6월까지의 월평균 TCI의 분포가 비슷한 형태를 보였다. 하지만 7, 8월에는 미래로 갈수록 TCI가 뚜렷하게 감소하는 특징을 보였

다. 1981-2010년에는 겨울철인 1월에 TCI가 가장 낮은 값을 보였지만, 2041-2070년과 2071-2100년에는 8월에 가장 낮은 값을 나타냈다. 따라서 미래로 갈수록 치악산의 여름철 관광기후환경이 저하되는 것으로 나타났다. 이는 세부지수 중 주간 쾌적지수(Cid)의 감소가 가장 큰 기여를 하였다. 1981-2010년에는 두 번째 봉우리가 9월에 나타났지만, 미래의 3개 기간에는 10월에 나타나는데, 미래로 갈수록 봉우리의 TCI가 증가하여 가을철에는 현재보다는 여전히 낮지만, 미래로 갈수록 가을철에는 다소 관광기후환경이 좋아지는 것으로 분석되었다. 11-1월의 3개월은 현재의 TCI와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

RCP 8.5 시나리오도 RCP 4.5 시나리오의 경우와 마찬가지로 3개 기간 모두 1981-2010년과 같이 미래에도 이봉형태를 보였고, 1981-2010년의 월평균 TCI보다 미래 3개 기간 모두 값이 낮았으며, 봄철과 여름철에 그 차이가 컸다. 2011-2040년의 경우 같은 기간의 RCP 4.5의 경우와 여름철을 제외하면 TCI의 큰 차이는 없었지만, 2041-2070년과 2071-2100년의 경우에는 분포의 차이가 다소 발생하였다. 3개 기간 모두 5월과 10월에 봉우리가 나타났고, 7, 8월에는 RCP 4.5의 경우보다 미래로 갈수록 TCI가 크게 감소하는 특징을 보였다. 또한 2041-2070년과 2071-2100년에는 8월에 가장 낮은 값을 나타냈다. 따라

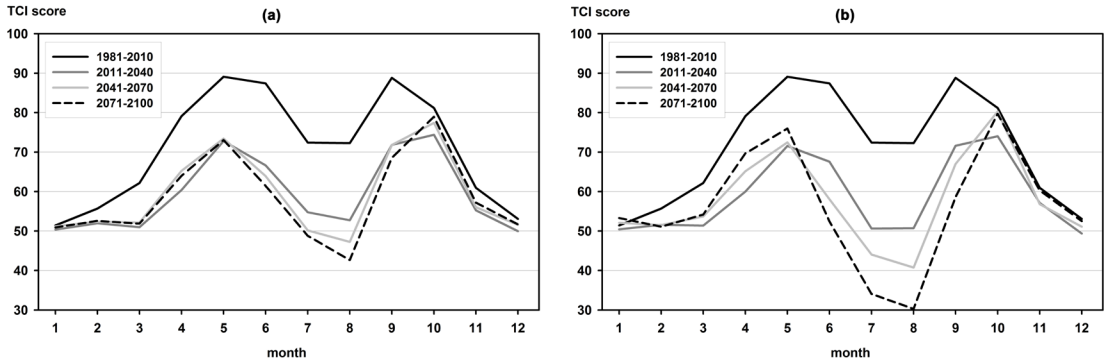


그림 7. RCP 4.5(a)/RCP 8.5(b) 시나리오를 이용한 2011-2100년 30년 별 월평균 TCI 분포

서 미래로 갈수록 치악산의 여름철 관광기후환경이 RCP 4.5의 경우보다 더욱 악화되는 것으로 나타났다. 이는 RCP 4.5의 경우처럼 세부지수 주간 쾌적지수(Cid)의 감소가 가장 큰 기여를 하였다. RCP 4.5와 마찬가지로 11-1월의 3개월은 현재의 TCI와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이를 종합해볼 때 치악산 국립공원은 미래로 갈수록 여름철의 관광기후환경이 저하되는 특징을 보였고, 2071-2100년에는 연중 가장 낮았던 관광기후환경이 겨울철에서 여름철로 변화할 것으로 분석되었다.

그림 8은 각 시나리오의 3개 기간별로 TCI 각 등급에 해당하는 월을 나타낸 것이다. 관측값을 사용하여 분석한 앞의 경우와는 다르게 '비선호(unfavorable)'에 해당하는 월이 RCP 8.5 시나리오의 2071-2100년 기간에 나타났다. RCP 4.5 시나리오의 경우 3개 기간 모두 11-3월과 7-8월이 '보통'에 해당하였고, 4월-6월과 9월-10월이 ' 좋음' 해당하였다.

RCP 8.5 시나리오의 경우 2011-2040년과 2041-2070년은 RCP 4.5 시나리오와 같은 분포를 보였지만 나머지 2개 기간은 큰 차이를 나타냈다. 2041-2070

년은 RCP 4.5 시나리오에서 ' 좋음'에 속했던 6월이 '보통'으로, 10월이 '보통'에서 '최적'으로 바뀌었다. 2071-2100년은 RCP 4.5 시나리오에서 '보통'에 속했던 7월과 8월이 '비선호'로 바뀐 것이 가장 특징적이다. 또한 5월과 9월이 ' 좋음'에서 '보통'으로, 11월이 '보통'에서 ' 좋음'으로 변화하였다. 앞에서 살펴본 결과에서는 최근 들어서 여름철 TCI 등급이 ' 좋음'에서 '보통'으로 변화한 시기가 나타났는데, 미래에는 '비선호' 등급까지 나타날 것으로 보여서 앞에서도 언급하였듯이 여름철 관광기후환경은 미래로 갈수록 더욱 저하될 것으로 분석되었다.

### 5. 요약 및 결론

본 연구에서는 TCI를 이용하여 치악산 국립공원을 대상으로 관광기후환경을 평가하고 미래 변화를 분석하였다. TCI 일평균값의 분포는 과거와 미래의 분석된 모든 기간에서 두 개의 봉우리가 나타나는 이

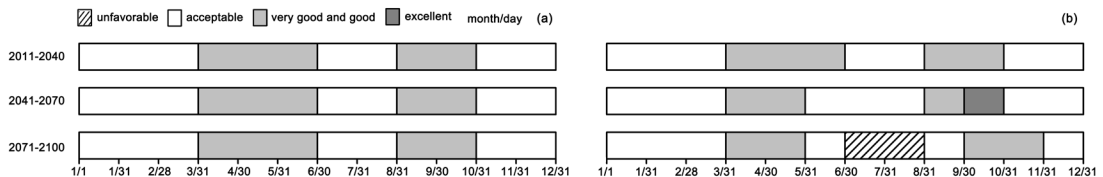


그림 8. 미래 기간별 TCI 등급의 월변화

봉형태가 나타났다. 따라서 치악산 국립공원은 봄철과 가을철에 관광하기 가장 적합한 기후로 파악되었다. 이러한 분포에는 TCI에서 50%를 기여하는 Cid와 Cia의 요소인 기온과 습도가 주요한 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

10년별 TCI 일평균값의 변화에서는 분포의 첫 번째 봉우리부터 두 번째 봉우리 사이에서 골의 형태로 나타나는 여름철의 가장 낮은 TCI값이 최근 들어 크게 감소한 것으로 조사되었다. 여름철 TCI 등급의 일별 분포에서 전반기에는 ‘ 좋음 ’ 등급만 나타났으나 후반기에는 이보다 더 낮은 ‘ 보통 ’ 등급이 나타났다. 따라서 최근 들어 치악산 국립공원의 여름철 관광기후환경이 저하된 것으로 분석되었다. 미래로 갈수록 이러한 경향성은 더욱 심화될 것으로 전망되었다. 또한 연중 가장 낮았던 관광기후환경은 현재 겨울철에서 2071-2100년에는 여름철로 변화할 것으로 분석되었다. TCI와 치악산 국립공원의 일평균 탐방객수와의 관계에서는 연중 상반기까지 TCI와 탐방객수의 변화는 잘 일치하였지만 하반기에는 잘 일치하지 않았다. 특히 여름철 TCI가 가장 낮은 시기에서 오히려 탐방객수는 증가하였다. 이는 여름철 휴가 시즌 또는 단풍관광과 같이 특정 시기에 일반적으로 이루어지는 관광활동에 기인한 것으로 판단되므로 TCI를 이용하여 관광객 수를 예상하는 데는 무리가 있을 것으로 판단된다. TCI는 오직 관광활동을 위한 기후쾌적성의 정도만을 제시할 뿐 관광객 수에 필요조건은 아니기 때문이다. 따라서 기후요소 외에 다양한 사회 경제적 요소와 같은 다른 변수를 조합하여 TCI의 설명력을 높일 필요가 있다(Amelung *et al.*, 2007). 또한 TCI는 동계 스포츠와 같이 계절적 특성을 가지는 관광활동을 반영하지 않았고 국가, 지역, 연령대별로 다양한 기후선호도도 반영되지 않은 한계가 존재한다(Scott *et al.*, 2004; Amelung *et al.*, 2007; Perch-Nielsen *et al.*, 2010). 따라서 추후에 수행될 예정인 한국형 관광기후지수(Korea Tourism Climate Index)의 개발에서는 설문조사, 지역기후의 상세한 분석 등을 통해 관광활동별, 관광지별로 변수별 가중치의 상세화가 필요할 것으로 생각한다.

본 연구는 위에서 제시한 TCI의 한계점뿐만 아니

라 원주 기상대의 자료를 이용하였기 때문에 산악지역의 기온과 습도가 제대로 반영되지 않은 한계점도 존재한다. 하지만 관광 정책적인 부문에서 기후가 관광에 미치는 효과나 미래에 관광기후환경이 어떻게 변화할 것인지에 대한 초기 연구라는 점에서 연구의 효용성이 충분하다고 판단된다. 또한 광범위한 지역이 아닌 치악산이라는 국지적인 관광 자원을 대상으로 하였지만 관광 기후환경을 정량적으로 분석하고 미래 관광 기후 환경의 전망을 제시한 연구는 국내에서는 이루어지지 않았으므로 우리나라에 적합한 한국형 관광기후지수 개발에 본 연구가 기반이 될 것으로 생각한다. 앞으로 다양한 관광지에 대해서도 관광기후환경과 관련된 연구가 수행되어야 할 것이며 이러한 후속 연구들은 관광사업자와 지자체별 관광정책 결정자들에게 기후변화로 인한 관광 대응책 마련을 위한 기초자료로 이용될 것으로 기대한다.

## 주

- 1) RCP 온실가스 시나리오는 IPCC(Intergovernmental Panel for Climate Change, 기후변화에 관한 정부간 협의체) 5차 평가보고서에 대응하고자 2010년에 개발된 시나리오로서 기후변화 대응정책과 연계하여 4개(2.6/4.5/6.0/8.5)로 구성되어 있으며, 각 숫자는 2100년에 가정한 안정화되는 복사강제력(W/m<sup>2</sup>)을 나타낸다(백희정 등, 2011). RCP 4.5 시나리오는 2100년에 약 4.5 W/m<sup>2</sup>에서 안정화되는 저농도 시나리오로서 온실가스 저감 정책이 상당히 실현되었음을 가정하는 배출 시나리오이며 2100년의 이산화탄소 농도가 540ppm의 상태를 가정한다. RCP 8.5 시나리오는 2100년에 복사강제력이 8.5 W/m<sup>2</sup>를 초과하는 고농도 시나리오로서 온실가스 저감 없이 현재 추세로 배출되는 경우이며 2100년의 이산화탄소 농도가 940ppm의 상태를 가정한다. 이 시나리오는 BAU(Business-As-Usual) 시나리오로도 불린다(백희정 등, 2011; 기상청, 2012b; 2012c).
- 2) SRES 배출 시나리오는 미래에 예상되는 사회에 따라 4개의 시나리오군(A1, A2, B1, B2)과 세부 배출시나리오로 구성된다. A1은 고도 경제성장이 계속되어 세계 인구가 21세기 중반에 정점에 달한 후에 감소하고, 신기술이나 고효율화 기술이 급속히 도입되는 미래사회를 가정한 시나리오이다. 이는 다시 화석 에너지를 중시하는 A1F1, 비화석

에너지원을 중시하는 A1T, 각 에너지원의 밸런스를 중시하는 A1B로 세분화된다. A2는 다원화 사회를 가정한 시나리오으로써 세계 인구는 계속 증가하며, 경제성장은 낮고 환경 문제에 대한 관심도 낮은 다원화 사회를 가정한 시나리오이다. B1은 지속 발전형 사회 시나리오으로써 지역 간 격차가 적고 21세기 중반에 세계인구가 정점에 달한 후 감소하지만 경제의 물질 지향성이 감소하고 청정자원 절약의 기술이 도입됨을 가정한 시나리오이다. B2는 경제, 사회 및 환경의 지속 가능성을 확보하기 위한 지역적 대책에 중점이 놓여지는 세계를 가정한 것이다. 이 중 A1B(중배출), A2(고배출), B1(저배출) 시나리오는 IPCC AR4 작성을 위한 표준시나리오로 채택되었으며 각각 2100년의 CO<sub>2</sub> 농도는 각각 720ppm, 830ppm, 550ppm이다(국립기상연구소, 2009).

### 참고문헌

국립기상연구소, 2009, 기후변화 이해하기 II -한반도 기후변화: 현재와 미래-, 서울

국립기상연구소, 2011, IPCC 5차 평가보고서 대응을 위한 기후변화 시나리오 보고서, 서울.

기상청, 2011, 장마백서 2011, 서울.

기상청, 2012a, 통계적 상해화 기법을 활용한 한반도 고분해능 예측정보 생산기술 개발, 서울.

기상청, 2012b, 2012 국가 기후변화 시나리오 Workshop, 서울.

기상청, 2012c, 한반도 기후변화 전망보고서, 서울.

김맹기 · 김진욱 · 김성 · 이대희 · 김연희, 2012, "PRIDE MODEL 기반 RCP8.5와 RCP 4.5의 고해상도 기후변화 시나리오 비교," 2012년 한국기후변화학회 동계학술발표회 요약집.

박창용 · 문자연 · 차은정 · 윤원태 · 최영은, 2008, "최근 한반도 여름철 강수특성의 변화," 대한지리학회지, 43(3), 324-336.

박창용 · 최영은 · 문자연 · 윤원태, 2009, "기온과 강수특성을 고려한 남한의 기후지역구분," 대한지리학회지, 44(1), 1-16.

백희정 · 조천호 · 권원태 · 김성균 · 조주영 · 김영신, 2011, "온실가스 시나리오 RCP에 대한 새로운 기후변화 시나리오 개발 전략," 한국기후변화학회지, 2(1), 55-68.

오석근 · 서명석 · 명지수 · 차동현, 2011, "CORDEX 동아시아 영역에서 경제조건 및 적응모수화방안이 RegCM4를 이용한 남한 지역 기후모의에 미치는 영향 분석," 한국지구과학회지, 32(4), 373-387.

임근욱, 2007, "우리나라 관광기후의 공간 패턴에 관한 탐색적 연구," 관광연구저널, 21(3), 289-302.

Amelung, B. and Viner, D., 2006, Mediterranean tourism: exploring the future with the tourism climatic index, *Journal of Sustainable Tourism*, 14, 349-366.

Amelung, B., Nicholls, S., and Viner, D., 2007, Implications of global climate change for tourism flows and seasonality, *Journal of Travel Research*, 45, 285-296.

Cha, E. J., Kimoto, M., Lee, E. J., and Jhun, J. G., 2007, The recent increase in the heavy rainfall events in august over the Korean peninsula, *Journal of the Korean Earth Science Society*, 28(5), 585-597.

de Freitas, C. R., 2003, Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector, *International Journal of Biometeorology*, 48, 45-54.

European Climate Assessment & Dataset and Royal Netherlands Meteorological Institute KNMI, 2012, EUMETNET/ECSN optional programme: 'European Climate Assessment & Dataset (ECA&D)' Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD).

Gómea Martín, M., 2005, Weather, climate and tourism a geographical perspective, *Annals of Tourism Research*, 32(3), 571-591.

Gourabi, B. R. and Palic, M., 2012, Recognition of monthly human bioclimatic comfort with tourism climate index in Ramsar, south-west of Caspian sea, Iran, *AGD Landscape & Environment*, 6(1), 1-14.

Hamilton, J., Maddison, D., and Tol, R., 2005, Climate change and international tourism: A simulation study, *Global Environmental Change*, 15, 253-266.

Hein, L., Metzger, M. J., and Moreno, A., 2009, Potential impacts of climate change on tourism: A case study for Spain, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1(2), 170-178.

- IPCC, 2012: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582.
- Matzarakis, A., 2006, Weather and climate related information for tourism, *Tourism and Hospitality Planning & Development*, 3, 99-115.
- Mieczkowski, Z., 1985, The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism, *Canadian Geographer*, 29(3), 220-233.
- Moreno, A. and Amelung, B., 2009, Climate change and tourist comfort on Europe's beaches in summer: a reassessment, *Coastal Management*, 37, 550-568.
- Morgan, R., Gatell, E., Junyent, R., Micallef, A., Ozhan, E., and Williams, A. T., 2000, An improved user-based beach climate index, *Journal of Coastal Conservation*, 6, 41-50.
- Perch-Nielsen S. L., Amelung, B., and Knutti, R., 2010, Future climate resources for tourism in Europe based on the daily Tourism Climate Index, *Climate Change*, 103, 363-381.
- Scott, D. and McBoyle, G., 2001, Using a 'tourism climate index' to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource, Proc. 1st Int. Workshop on Climate, Tourism and Recreation, 5-10 October. International Society of Biometeorology, Commission on Climate, Tourism and Recreation, Halkidi, 69-98.
- Scott, D., McBoyle, G., and Schwartzentruber, M., 2004, Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America, *Climate Research*, 27, 105-117.
- Simpson, M. C., Gössling, S., Scott, D., Hall, C. M., and Gladin, E., 2008, *Climate Change Adaptation and Mitigation in the Tourism Sector: Frameworks, Tools and Practices*. UNEP, University of Oxford, UNWTO, WMO: Paris, France.
- Whittlesea, E. and Amelung, B., 2010, South West Tourism UKCP09 Case Study 2010 - 'Cost-a South West: What could tomorrow's weather and climate look like for tourism in the South West of England?', The Regional Tourist Board for the South West of England.
- <http://cordex-ea.climate.go.kr>  
<http://wcrp-cordex.ipsl.jussieu.fr>
- 교신: 김남조, 133-791, 서울시 성동구 왕십리로 222, 한양대학교 관광학부(이메일: njkim@hanyang.ac.kr, 전화: 82-2-2220-0866, 팩스: 82-2-2220-4866)
- Correspondence: Namjo Kim, Division of Tourism, Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, 133-791, Korea (e-mail: njkim@hanyang.ac.kr, phone: +82-2-2220-0866, fax: +82-2-2220-4866)
- 최초투고일 2014. 3. 10  
 수정일 2014. 10. 21  
 최종접수일 2014. 10. 28