관광기후지수에 기반한 강원도 관광 기후자원의 변화 분석

정일웅 · 임창묵 · 윤재승

강릉원주대학교 대기환경과학과

(2013년 8월 13일 접수, 2013년 8월 30일 수정, 2013년 9월 10일 게재 확정)

Change of Tourism Climate Resources in Gangwon-do Based on the Tourism Climate Index

Il-Ung Chung·Chang-Mook Lim·Jae-Seung Yoon

Department of Atmospheric and Environmental Sciences, Gangneung-Wonju National University

(Received 13 August 2013, Revised 30 August 2013, Accepted 10 September 2013)

Abstract : TCI(tourism climatic index) is a measure of the suitability of climate for outdoor sightseeing, which combines seven climate variables. Based on the TCI, we analyse the present climate resources for tourism in Gangwon-do and assess the recent changes. We use daily meteorological data from 11 stations in Gangwon-do. First, we compare mean annual cycles of the TCI for 5 stations(Gangneung, Sokcho, Wonju Chuncheon, and Daegwallyeong). This comparison reveals that range of the annual cycle is from minimum 35(for Daegwallyeong in January) to maximum 80(for Wonju in May and September). Daegwallyeong which is located in highland is characterized by summer season peak pattern while other regions have low TCI values in hot summer. In long-term trend of the TCI, Gangneung has increasing trends in February, April and December, whereas it has significant decreasing trends in summer and fall(June to October). In case of Daegwallyeong, increasing trends are found in February, November and December, and relatively steep declining trends in summer season. The overall decreasing trend in summer season is a common feature in Gangwon-do. Decreasing trends at Gangneung in August and September might be mostly explained by the increasing trend of rainfall amount in those months. Meanwhile, increasing trends of the TCI in winter season might be a positive impact of climate warming on the tourism sector.

Key Words : climate change, climate resources, tourism, tourism climatic index(TCI)

1. 서론

기후는 가장 중요한 관광자원의 하나이며, 관광산업은 기후에 매우 민감한 산업이기 때문에 기후변화의 영향은 그 어떤 산업 부문 보다 클 것으

로 예상된다. 기후변화에 의해 직접적으로는 자연환경을 비롯한 관광 자원의 변화가 초래되고, 간접적으로는 사회경제 및 문화의 변화가 유발되어 관광객의 선호와 이동 흐름이 영향을 받는다(문화관광부, 2009). 예컨대 스키 산업의 경우 스

키장 개장 시즌이 단축되고 제설(snowmaking) 비용이 증가하는 등 경영 여건이 악화된다. 눈, 얼음, 꽃 등 자연자원을 테마로 하는 지역 축제는 쇠퇴하고, 잦아지는 기상이변으로 인해 관광 인프라의 파괴, 항공기 결항을 포함한 교통망의 두절, 그리고 여행 예약 취소 등이 점점 증가한다. 세계관광기구는 2008년에 발간한 보고서를 통해 전 세계 관광산업의 기후변화 취약성을 평가하고 대응 방안을 종합적으로 모색하였다(UNWTO and UNEP, 2008). 관광산업의 기후변화 적응은 기후변화가 관광 부문에 미치는 실제 및 예상 위험을 최소화하고 기회를 극대화시키기 위한 기후변화 대응 노력을 말한다. 미래 기후변화로 인한 기온 상승, 물 부족, 해수면 상승, 생태계 변화, 기상재해 증가 등이 관광산업 부문에 미칠 직·간접적 영향과 취약성에 대한 과학적인 평가는 체계화되지 않았으며, 관광산업과 기후변화의 상호 영향에 관한 지식은 우리나라뿐 아니라 전 세계적으로도 아직 부족한 실정이다.

IPCC(2007)에 따르면, 전 지구 평균 기온은 지난 100년(1906–2005) 동안 $0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ 상승하였으며, 최근 50년 동안의 온난화는 이에 비해 대략 2배나 더 빠르게 진행되었다. 우리나라에서 일어난 기후변화의 특징은 최근 기상청(2011)이 발간한 한국기후변화백서에 상세히 기술되었는데, 1973–2010년의 기간 동안 남한의 연평균 기온은 $0.27^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 의 기울기로서 뚜렷한 상승 추세를 보였으며, 계절적으로는 겨울철의 상승률($0.5^{\circ}\text{C}/10\text{년}$)이 가장 지배적이었다. 연강수량은 서울을 비롯한 수도권과 강원도에서 크게 증가하였는데, 여름철 강수량의 증가 경향이 가장 뚜렷하였다. 또한 극한 저온 현상은 감소한 반면, 극한 고온 현상은 상당히 큰 증가 추세를 보였다.

한 관광지가 기후변화에 대해 얼마나 취약하며 어떤 적응책이 적합할 지를 판단하기 위해서

는 그 지역의 기후가 관광산업에 얼마나 이롭게 작용하는 지에 관한 정량적인 척도가 필요하다. 관광산업에 “이로운 기후(favourable climate)”에 관한 척도들이 1960년대 이후에 많이 개발·응용되어 왔다(de Freitas, 2003). 이 척도들 중에서 Mieczkowski(1985)에 의해 개발된 관광기후지수(tourism climatic index, 이하 TCI)는 기후변화로 인한 관광 기후 자원의 변화를 분석하기 위해 최근의 많은 논문들에서 사용되었다. 이 TCI는 일반적인 관광(sightseeing) 활동과 연관되는 7개의 기후 변수들을 결합하여 단일 지수로 표현함으로써 포괄적인 척도이면서도 계산이 매우 간단한 장점을 가진다. Amelung *et al.* (2007)은 전지구적 규모에서 응용하였고, Amelung and Viner(2006)와 Scott *et al.* (2004)은 각각 지중해 지역과 북미 지역에 대한 미래 변화 전망을 위해 사용하였다.

관광산업에 미치는 기후변화의 영향에 관한 국내의 과학적 연구는 거의 시작 단계에 놓여있는 것으로 파악된다. 허인혜·이승호(2008; 2010)와 Heo and Lee(2008)는 우리나라 스키 산업에 미치는 기후변화의 영향을 평가하였고, 허인혜·이승호(2012)는 SRES(Special Report on Emission Scenarios) A1B 시나리오 하에서의 우리나라 지역별 스키 산업의 미래 전망을 분석하였다. 그러나 TCI와 같은 지수를 활용한 보다 더 포괄적인 접근은 아직 이루어지지 않았는데, 조리나(2009)가 겨울철 관광산업에 미치는 기후변화의 영향에 관한 국외 연구 동향 조사의 일환으로 TCI를 소개하는 수준에 머무르고 있다. 이에 비해, 국외에서는 TCI를 활용한 관광 기후자원의 미래 변화에 관한 연구가 매우 활발하게 전개되어 왔다. 비록 주관성 및 검증 부족이 TCI의 가장 심각한 한계라는 비판을 받기도 하지만(de Freitas *et al.*, 2008; Scott *et al.*, 2008), 최근에 Perch-Nielsen *et al.* (2010)은 계산 과정의 개선을 통해 SRES A2 시나

리오 하에서 유럽지역 관광 기후자원의 21세기 말 전망을 산출하였다. 이 연구에 따르면, 관광에 이로운 기후의 위도대가 점차 북쪽으로 이동하며, 현재 최적의 관광 기후자원을 가진 남유럽 지역의 경우 여름철에 크게 악화되는 것으로 전망된다.

강원도는 매해 9천만 명에 가까운 관광객들이 방문하고 있고, GRDP에서 관광산업의 비중이 20%(2010년 한국은행 발표 기준) 이상으로서 광역지자체 중 제주도 다음으로 관광산업 의존도가 높다. 따라서 기후변화에 대한 관광산업의 적응 능력을 갖추는 일은 강원도의 가장 시급하고 중대한 문제로 대두되었다. 이에, 국내에서는 처음으로 TCI에 기반하여 강원도 지역에서의 계절별 관광 기후자원의 변화 추세를 정량적으로 평가하고자 한다. 아울러 TCI에 영향을 미치는 주요 기후 요소들에 대한 분석을 통해 TCI 변화의 원인을 찾고자 한다.

2. 연구 방법 및 자료

1) 연구 방법

기후변화에 따른 관광 기후자원의 변화를 평가하기 위해 Mieczkowski(1985)에 의해 고안된 TCI를 도입하였다. TCI가 스키나 해수욕 등 특정 관광 활동에까지 공통적으로 적용 가능한 척도는 아니지만, 일반적인 야외 관광 활동을 함에 있어서 어떤 지역의 기후가 얼마나 이로운지의 척도를 제시한다.

TCI는 사람이 쾌적하게 야외 관광 활동과 레크리에이션을 즐길 수 있는 생태학적 조건에 기초하여 개발되었는데, 5가지 기후 지수들, 즉 낮 쾌적지수(daytime comfort) CID , 일 쾌적지수(daily comfort) CIA , 강수량 지수 P , 일조시간 지수 S , 그리고 풍속 지수 W 등을 다음 식에 의해 종합화

함으로써 산출된다:

$$TCI=2[(4 \times CID)+CIA+(2 \times P)+(2 \times S)+W] \quad (1)$$

여기서 CID 와 CIA 는 유효온도(effective temperature, ET) 또는 체감온도(apparent temperature, AT)를 근거로 산출되는데, CID 의 산출을 위해서는 일최고기온과 일최저상대습도, 그리고 CIA 의 산출을 위해서는 일평균 기온과 일평균 상대습도가 필요하다. 따라서 TCI를 구하기 위해 필요한 기후 요소는 총 7개(일최고 기온, 일평균 기온, 일최저 상대습도, 일평균 상대습도, 강수량, 일조시간, 그리고 풍속)이다. 식 (1)의 우변에서 각 소지수에 곱해진 숫자는 그 가중치를 의미한다. 즉 TCI에 대해 CID 는 40%, P 와 S 는 각각 20%, CIA 와 W 는 각각 10%의 가중치를 갖는다. 야외 관광 활동이 주로 낮 시간에 이루어지며, 신체의 열적 쾌적도를 좌우하는 데 있어서 기온과 습도가 가장 중요한 요소이기에 CID 에 가장 큰 가중이 부여된 것으로 이해할 수 있다. 각 요소들의 범위 카테고리에 따라 최대 5점에서 최소 -3점의 점수가 매겨지는데, 만약 5개의 소지수들이 모두 5점의 점수에 해당될 때 TCI는 100점 만점이 된다. Amelung *et al.* (2007)을 따라서 각 요소의 범위 카테고리 따른 배점 체계(rating system)를 표 1에 보였다. 야외 관광 활동하기에 극단적으로 나쁜 기후 조건일 경우에 TCI는 음의 값을 가질 수도 있다. Mieczkowski(1985)는 산출된 TCI의 값 범위에 따른 관광 활동 적합도 카테고리를 표 2와 같이 제시하였다.

Mieczkowski(1985)는 온도와 상대습도의 함수인 ET를 사용하여 CID 와 CIA 를 결정하였다. 그러나 ET보다는 AT가 열적 쾌적도를 나타내기에도 적합함을 주장한 Scott *et al.* (2004)과 Perch-Nielsen *et al.* (2010)을 따라 여기서는 다음 식으로

표 1. TCI를 구성하는 기후 요소들의 범위 카테고리에 따른 배점 체계(Amelung *et al.*, 2007).

점수	체감온도 (℃)	강수량 (mm/month)	일조시간 (hours/day)	풍속 (km/hr)			풍속냉각 지수 ⁴⁾
				보통 ¹⁾	따뜻함 ²⁾	뜨거움 ³⁾	
5.0	20~27	0.0~14.9	>10	< 2.88	12.24~19.79		
4.5	19~20 27~28	15.0~29.9	9~10	2.88~5.75			
4.0	18~19 28~29	30.0~44.9	8~9	5.76~9.03	9.04~12.23 19.80~24.29		< 500
3.5	17~18	45.0~59.9	7~8	9.04~12.23			
3.0	15~17	60.0~74.9	6~7	12.24~19.79	5.76~9.03 24.30~28.79		500~625
2.5	10~15	75.0~89.9	5~6	19.80~24.29	2.88~5.75		
2.0	5~10	90.0~104.9	4~5	24.30~28.79	< 2.88 28.80~38.52	< 2.88	625~750
1.5	0~5	105.0~119.9	3~4	24.30~28.79		2.88~5.75	750~875
1.0	-5~0	120.0~134.9	2~3	28.80~38.52		5.76~9.03	875~1000
0.5		135.0~149.9	1~2			9.04~12.23	1000~1125
0.25							1125~1250
0.0	-10~-5	> 150.0	< 1	> 38.52	> 38.52	> 12.24	> 1250
-1.0	-15~-10						
-2.0	-20~-15						
-3.0	< -20						

1) 보통(Normal): $15^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{max}} \leq 24^{\circ}\text{C}$ 2) 따뜻함(Trade): $24^{\circ}\text{C} < T_{\text{max}} \leq 33^{\circ}\text{C}$ 3) 뜨거움(Hot): $T_{\text{max}} > 33^{\circ}\text{C}$ 4) 풍속냉각지수(Wind chill cooling): $T_{\text{max}} < 15^{\circ}\text{C}$

표 2. TCI 값 범위에 따른 관광 활동 적합도 카테고리(Mieczkowski, 1984).

TCI 값 범위	카테고리
90 - 100	이상적임(Ideal)
80 - 89	훌륭함(Excellent)
70 - 79	매우 좋음(Very good)
60 - 69	좋음(Good)
50 - 59	괜찮음(Acceptable)
40 - 49	좋지도 나쁘지도 않음(Marginal)
30 - 39	나쁨(Unfavourable)
20 - 29	매우 나쁨(Very unfavourable)
10 - 19	극히 나쁨(Extremely unfavourable)
< 10	불가능함(Impossible)

주어지는 AT를 사용하여 CID와 CIA를 결정하였다:

$$AT = -1.3 + 0.92 \times T + 2.2 \times e \quad (2)$$

이 식은 Steadman(1984)이 고안한 경험식으로서 T와 e는 각각 기온(℃)과 수증기압(kPa)을 나타낸다.

표 1에 포함된 풍속냉각지수 또한 Perch-Nielsen *et al.* (2010)을 따라 Osczevski and Bluestein(2005)이 고안한 다음의 풍속냉각 상당온도(wind chill equivalent temperature, WCT)를 사용하였다:

$$WCT=13.12+0.6215T-11.37V^{0.16}+0.3965TV^{0.16} \quad (3)$$

여기서 T 는 일평균 기온(℃)이며 V 는 일평균 풍속(km/hr)이다. 이 WCT 는 우리나라 기상청이 겨울철에 사용하는 체감온도이기도 하다.

월별 TCI를 얻기 위해 매일의 TCI를 구한 후에 월 평균하는 방법(Perch-Nielsen *et al.*, 2010)과 7개 기후 요소의 월 평균값들을 사용하여 월 평균 TCI를 바로 계산하는 방법(Mieczkowski, 1985; Scott *et al.*, 2004)이 모두 가능하지만, 이 연구에서는 후자의 방법을 채택하였다. TCI를 11개 지점에 대해 모두 산출하였지만, TCI의 평균 연변화 및 장기 변화의 특징에 관한 상세 분석은 영서 지역, 영동지역, 고산지역을 대표할 수 있는 몇몇 지점을 선택하여 이루어졌다. 또한 TCI의 장기 변화에 어떤 기후 요소가 지배적인 영향을 미쳤는지에 관한 원인 파악에 있어서는 자료 기간이 가장 긴 강릉을 선택하여 분석하였다.

2) 자료

TCI의 변화 추세를 평가하기 위해 사용한 자료

는 강원도 11개 지점(속초, 철원, 대관령, 춘천, 강릉, 동해, 원주, 영월, 인제, 홍천, 태백)에서의 일평균 기상 관측 자료이다. 자료 기간은 각 지점별 관측 개시년도로부터 2010년까지이며, 일평균 기온, 일최고 기온, 일평균 상대습도, 일최저 상대습도, 강수량, 일조시간, 그리고 풍속 등 7개 요소들이 분석되었다.

TCI의 월별 평년값은 1971–2000년 기간에 대한 평균으로 구하되, 관측이 1971년 이후에 이루어진 지점에 대해서는 관측 개시년도로부터 30년을 평년 기간으로 삼았다. 또한 전체 관측 기간이 30년 미만인 4개 지점들(철원, 동해, 영월, 태백)에 대해서는 그 전체 기간을 평년 기간으로 삼았다. 관측지점별 관측 개시년도, 관측 기간, 그리고 평년 기간을 표 3에 정리하였다.

3. 결과

1) TCI의 평균 연변화

TCI의 장기 변화 추세를 분석하기에 앞서 그 평균 연변화의 특징을 살펴보았다. 그림 1은 영

표 3. 강원도 11개 관측지점별 위치, 관측 개시년도, 관측 기간 · 평년 기간.

관측 지점	위치(위도, 경도)	관측 개시년도	관측 기간 (년)	평년 기간
속초	38°15'N, 128°33'E	1968	43	1971–2000
철원	38°08'N, 127°18'E	1988	23	1988–2010
대관령	37°40'N, 128°43'E	1972	39	1972–2001
춘천	37°54'N, 127°44'E	1966	45	1971–2000
강릉	37°45'N, 128°53'E	1912	99	1971–2000
동해	37°30'N, 129°07'E	1992	19	1992–2010
원주	37°20'N, 127°56'E	1973	38	1973–2002
영월	37°10'N, 128°27'E	1995	16	1995–2010
인제	38°03'N, 128°10'E	1973	38	1973–2002
홍천	37°41'N, 127°52'E	1973	38	1973–2002
태백	37°10'N, 128°59'E	1985	26	1985–2010

• 관측 기간은 관측 개시년도로부터 2010년까지의 기간을 말한다.

그림 1. 강원도 5개 지점(속초, 강릉, 대관령, 원주, 춘천)에서의 TCI의 평균 연변화

동지역인 강릉과 속초, 영서지역인 춘천과 원주, 그리고 고산지대에 위치한 대관령 등 5개 지점에 대한 TCI의 평균 연변화를 보인 것이다. 북미 지역에서의 TCI 연변화 패턴을 6개 유형으로 나눈 Scott *et al.* (2004)의 구분법에 따르면, 영동 및 영서지역의 4개 지점은 양봉 피크형(bi-modal peak)인 반면, 대관령은 여름 피크형(summer peak)으로서 타 지점들과 매우 차별적인 모습을 보인다. 아울러 동일 지역들 간의 패턴 유사성이 더 높은 것으로 나타나, TCI가 해안지역(영동)과 내륙지역(영서) 간의 기후 차이를 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

영동 및 영서지역의 TCI는 대체로 40~80의 범위에서 연변동하는데, 봄철과 가을철에 비교적 높고 무더운 여름과 추운 겨울에 낮아진다. 최고 값은 주로 5월에 나타나며 80 내외의 값을 가져 ‘훌륭함’ 내지 ‘매우 좋음’의 카테고리에 속한다. 7, 8월의 경우, 영서지역은 50 정도의 값을 보이고 있어 영동지역 보다 5~10 정도 낮다. 대관령에서의 연변화는 35~70의 범위를 가지며, 겨울부터

점차 증가하다가 한여름인 6~8월에 최대를 보이고 그 이후 점차 감소하는 계절적인 변화를 보인다. 이처럼 여름이 비교적 선선한 대관령은 다른 지역과 뚜렷하게 구별되는 연변화 패턴을 나타낸다.

2) TCI의 장기변화 추세

그림 2는 강릉 지역에서의 1912~2010년 기간에 대한 월별 TCI의 장기 변화를 보인 것으로서, 여름철에서부터 가을철까지(5~10월)의 감소 추세가 특징적이다. 봄철과 겨울철에는 감소 추세와 증가 추세가 혼재되어 나타나나, 그 기울기에 있어 여름철 및 가을철 보다는 대체로 완만하다. 6월에 10년당 -0.75 의 율로서 가장 큰 감소 추세를 나타낸 반면, 12월 10년당 $+0.40$ 의 율로 가장 큰 증가 추세를 나타내었다. 그림 3은 대관령 지역에서의 1972~2010년 기간에 대한 월별 TCI의 장기 변화이다. 여름철에 가장 뚜렷한 감소 추세를 보이는데, 7월에 10년당 -2.44 의 율로 가장 큰 감소 추세를 나타냈다. 연중 가장 높은 TCI를 갖는 여

그림 2. 강릉지역에서 관측된 월별 TCI의 장기 변화

그림 3. 대관령에서 관측된 월별 TCI의 장기 변화

그림 4. 원주에서 관측된 월별 TCI의 장기 변화

표 4. 강원도 11개 지점들에서의 월별 TCI의 10년당 변화율

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
강릉	-0.30	+0.29	0.00	+0.10	-0.36	-0.75	-0.35	-0.44	-0.58	-0.61	-0.20	+0.40
대관령	-0.12	+0.48	-1.14	-0.39	-1.59	-2.05	-2.44	-1.61	-0.38	-0.63	+0.92	+0.74
동해	+0.95	+1.46	-4.58	-1.86	-0.68	+8.44	-3.77	-3.33	-4.82	+5.58	+0.02	+0.88
속초	+0.44	+1.39	+0.26	+0.80	-0.29	-0.69	-1.37	-0.82	-0.24	+1.57	-0.44	+0.23
영월	+4.29	-0.78	-3.26	-1.47	-2.53	-0.22	-2.62	-4.15	-4.54	+5.96	+6.01	-4.65
원주	-0.59	+0.65	-0.16	+0.37	-2.25	-5.70	-4.48	-4.83	-2.89	+0.38	+0.11	+0.57
인제	-0.91	-0.24	-1.03	+0.18	-1.97	-3.33	-1.16	-1.28	-1.22	+0.49	+0.21	+0.50
철원	+0.95	-1.25	+0.56	-4.19	-1.24	-3.35	-0.63	-1.66	-1.16	+1.65	+3.03	+1.13
춘천	+2.29	+2.44	+1.15	+0.73	-1.06	-1.88	-0.59	-1.49	+0.31	+1.42	+1.61	+1.43
태백	-0.18	+3.21	+0.28	-0.96	+2.27	+2.42	+1.19	-0.45	-0.19	+4.80	-0.23	+0.93
홍천	-0.60	-1.36	-2.48	-0.21	-2.11	-2.76	-1.01	-1.66	-1.50	-0.92	-0.54	-0.36
평균	+0.57	+0.57	-0.95	-0.63	-1.07	-0.90	-1.57	-1.97	-1.56	+1.79	+0.95	+0.16

름철에 매우 높은 감소 추세를 보인 것은 이 지역 관광 기후자원이 기후변화의 심각한 악영향을 받고 있는 것으로 해석할 수 있다. 그림 4는 원주 지역에서의 1973-2010년 기간에 대한 월별 TCI의 장기 변화이다. 여름철(6-8월) 평균 감소율이 10년당 -5에 이를 정도로 지역적으로도 가장 심각한 악화를 나타냈다. 11개 지점들에 대해 추정된 월별 TCI의 10년당 변화율을 표 4에 정리하였다. 지역적·계절적 편차가 꽤 크긴 하지만 여름철에 나타나는 뚜렷한 감소 추세는 공통된 특징으로 꼽을 수 있다. 아울러 온난화의 영향으로 추운 계절에서는 대체적인 증가 추세가 나타난다.

3) TCI 장기 변화 추세의 원인 분석

강원도 지역에서 공통적으로 나타나는 여름철의 감소 추세에 주목하여 그 변화의 원인을 파악해 보고자 하였다. TCI의 변화에 영향을 미치는 5가지 소지수들(*CID*, *CIA*, *S*, *W*, *P*) 중에서 어떤 소지수의 기여가 지배적인 지를 추정하기 위해 그 소지수를 제외한 4개의 소지수들에 대해서는 평균값을 매해 반복적으로 처방한 가상 TCI를 산출

하고 실제 TCI와 비교하는 방법을 사용하였다. 예를 들어, *CID*의 변화가 TCI의 변화에 미친 기여도를 파악하기 위해 *CID*는 실제로 매해 변화하는 값을 처방하는 반면 *CIA*, *S*, *W*, 그리고 *P*에 대해서는 매해 반복적으로 30년 평균값을 처방함으로써 하나의 가상 TCI를 계산한다. 이렇게 산출된 가상 TCI가 실제 TCI와 유사할수록 *CID*의 기여가 지배적인 것으로 해석될 수 있다.

그림 5는 강릉 지점에 대해 비교적 큰 감소 추세를 보인 7, 8, 9월을 대상으로 TCI에 대한 가중치가 가장 높은 소지수인 *CID*의 기여도를 보여주는 결과이다. 실제 관측 TCI와 *CID* 변화만 고려된 가상 TCI의 경년 변동성 간 상관관계수가 7월과 8월에 대해 각각 +0.80과 +0.72로서 비교적 높은 유사성을 보인다. 이 결과는 7, 8월에 TCI의 경년 변동성에 대해 *CID*의 기여가 지배적임을 시사한다. 반면, 9월의 경우 가상 TCI는 거의 65로서 일정하게 유지되어 이 상관관계수는 -0.13에 불과하다. 이처럼 가상 TCI가 거의 일정한 이유는 9월 기온의 경년 변동의 진폭이 비교적 작아 배경 카테고리를 변화시키지 못하고 5점 만점의 *CID*가

그림 5. 강릉 지역에서의 실제 관측 TCI(흑색 실선)와 CID의 변화만 고려된 가상적 TCI(적색 실선)의 장기 변화 비교. 각 시계열 위에 그려진 직선은 선형 회귀선이다.

거의 일정하게 유지되기 때문이다. 요컨대, TCI의 경년 변동성의 측면에서는 7, 8월에는 CID의 기여가 매우 큰 반면, 9월에는 그 기여가 매우 작은 것으로 파악된다. 그러나 장기 변화 추세에 있어서는 사뭇 다른 결과를 보여준다. 7, 8, 9월 모

두에서 실제 TCI는 비교적 뚜렷한 감소 추세를 보이지만, 가상 TCI는 그 반대의 증가 추세를 보이거나(7월과 8월) 거의 증감 추세가 없는(9월) 모습을 보인다. 이것은 7, 8, 9월의 TCI 장기 변화 추세가 CID의 변화로 설명되기는 어려우며, 그

그림 6. 강릉 지역에서의 실제 관측 TCI(흑색 실선)와 P의 변화만 고려된 가상적 TCI(적색 실선)의 장기 변화 비교. 각 시계열 위의 직선은 선형 회귀선이다.

감소 추세의 원인을 다른 소지수에서 찾아야 함을 의미한다.

그림 6은 그림 5의 분석 방법과 동일하나 TCI에 대한 강수량 소지수 P 의 기여도를 보여주는 결과이다. 즉 다른 4가지 소지수들에 대해서는 장기

평균값을 매해 반복적으로 처방하고 P 만 유일하게 실제와 같이 변하도록 하여 가상 TCI를 산출하였으며, 이를 실제 TCI와 비교하였다. 두 TCI의 경년 변동성 간 상관관계수가 7월과 8월에 대해서는 각각 +0.01과 +0.31로서 비교적 낮게 나타

그림 7. 강릉 지역에서 관측 TCI(가는 실선)와 월 강수량(굵은 실선)의 경년 변동. 각 시계열 위의 직선은 선형 회귀선이다.

난 것으로 볼 때, 이 두 달의 TCI의 경년 변동성에 미치는 P 의 기여는 미미한 정도로 파악된다. 특히 7월에는 장기 평균값에 있어서도 두 TCI 간에 10 이상의 큰 격차가 나타난다. 9월의 경년 변동성 간 상관계수는 약 +0.96으로 높게 나타나 이

달의 TCI 경년 변동성의 거의 대부분은 강수량의 경년 변동성에 의해 설명될 수 있음을 알 수 있다. 즉 9월 강수량이 적은(많은) 해에 TCI는 뚜렷한 증가(감소)를 나타낸다(그림 7 참조). 두 TCI의 장기 변화 추세 간 비교에 있어서 8월과 9월에

는 실제 TCI의 뚜렷한 감소 추세를 가상 TCI도 잘 나타내는 반면, 7월의 가상 TCI는 실제보다 상당히 작은 감소 추세를 보인다. 이를 정량적으로 설명하면, 실제 TCI의 10년당 변화 추세의 기울기는 7, 8, 9월에 각각 -0.35 , -0.44 , -0.58 (표 4 참조)인데 비해, 가상 TCI는 각각 -0.10 , -0.38 , -0.26 로 나타나 8월과 9월에는 TCI의 변화 추세에 대한 P의 기여도가 비교적 큰 반면, 7월에는 그 기여도가 낮다는 사실을 확인할 수 있다. 이 결과는 TCI의 장기 변화 추세에 대한 각 기후 요소의 기여도가 계절성을 가질 수 있음을 시사한다. 아울러 7월의 감소 추세는 지배적인 단일 기후 요소의 변화에 의해 설명될 수 없으며 여러 요소들이 복합적으로 작용한 결과로 이해될 수 있다. 결과를 보이지는 않았지만, 7월에는 일조시간의 기여가 무시하지 못할 정도임을 확인하였다.

4. 요약 및 결론

강원도 지역에서 관측된 기상 자료를 사용하여 TCI를 산출하고, 이를 근거로 기후변화에 따른 강원도 지역 관광 기후자원의 장기 변화 추세를 파악하고 그 원인을 분석하고자 하였다. TCI에 기반하여 지역 관광 기후자원의 변화에 관한 정량적 탐구를 시도한 국내의 첫 시도라 할 수 있다.

영동지역인 강릉과 속초, 영서지역인 원주와 춘천, 고산지대인 대관령 등 5개 지점에 대해 TCI의 30년 평균 연변화를 분석한 결과, 영동과 영서지역에서는 봄철과 가을철에 TCI가 높고 여름철과 겨울철에 낮은 양봉 피크형의 연변화 패턴을 보인다. 반면, 대관령에서는 여름철에 최대가 되고 겨울철에 최소가 되는 여름 피크형 연변화 패턴을 보인다. 강릉, 원주, 대관령을 대상으로 TCI의 장기 변화 추세를 분석한 결과, 강릉이 다른 두 지점

과는 다소 다른 장기 변화 추세의 계절적 특징을 보이긴 하지만, 대체로 겨울철을 제외한 나머지 달에 TCI는 감소 추세를 보이고, 특히 여름철인 6-8월에 가장 큰 감소 추세를 보였다. 즉 기후변화가 강원도 지역의 여름철 관광활동에 부정적 영향을 미치고 있음을 시사한다. 반면 겨울철에는 온난화의 영향으로 대체적인 증가 추세를 나타내어 강원도 관광 기후자원에 미치는 기후변화의 긍정적인 영향도 확인할 수 있다.

강릉에서 뚜렷한 감소 추세를 나타낸 7, 8, 9월을 대상으로 TCI의 장기 변화의 원인을 파악하기 위해 TCI를 구성하는 기후 요소들의 기여도를 조사하였다. 그 결과, 8월과 9월의 TCI의 감소 추세는 강수량의 변화로서 충분히 설명될 수 있는 반면, 7월의 감소 추세는 강수량이나 기온의 변화만으로는 설명될 수 없고 여러 요소들이 복합적으로 작용한 결과로 이해된다. 또한 TCI의 경년 변동성에 대한 각 요소의 기여도와 변화 추세에 대한 그 기여도는 상이하게 나타남을 확인하였다. 예컨대, 7월과 8월 TCI의 경년 변동성은 CID의 경년 변동성에 의해 거의 설명될 수 있지만, 이 두 달에 나타난 TCI의 변화 추세가 CID의 변화 추세로 설명되지는 않았다.

관광산업은 기후변화에 가장 취약한 부문의 하나로서 이 산업의 기후변화 적응을 지원하기 위해 보다 더 활발한 TCI의 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 이를 위해 향후에는 남한 지역 전체로 확대시켜 TCI의 관측된 TCI 장기 변화 추세를 분석하고, 국가표준 RCP 시나리오 자료를 확보하여 TCI의 미래 변화를 전망해 보고자 한다.

사사

유익한 조언과 비판을 해주신 익명의 심사자에게

깊이 감사드립니다. 이 연구는 2012년도 강릉원주대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

- 기상청, 2011, 한국기후변화백서.
- 문화관광부, 2009, 저탄소 녹색 관광자원개발 가이드라인.
- 조리나, 2009, 기후 변화가 겨울철 관광산업에 미치는 영향, 기후연구, 4(2), 118-127.
- 허인혜 · 이승호, 2008, 스키장 초기제설과 기후 변화에 관한 연구-용평스키장을 사례로-, 기후연구, 3(1), 55-63.
- 허인혜 · 이승호, 2010, 기후변화가 우리나라 중부지방의 스키산업에 미치는 영향-용평 · 양지 · 지산리조트를 사례로-, 대한지리학회지, 45(4), 444-460.
- 허인혜 · 이승호, 2012, 미래 기후자료에 의한 한국의 지역별 스키산업의 전망-A1B 시나리오를 이용하여-, 기후연구, 7(1), 69-81.
- Amelung, B., Nicholls, S., and Viner, D., 2007, Implications of global climate change for tourism flows and seasonality, *J. Travel Res.*, 45, 285-296.
- Amelung, B., Blazejczyk, K., and Matzarakis, A., 2007, Climate change and tourism-Assessment and coping strategies, *Maastricht-Warsaw-Freiburg, 2007*, ISBN 978-00-023716-4.
- Amelung, B., and Viner, D., 2006, Mediterranean tourism: exploring the future with the Tourism Climatic Index, *J. Sustain. Tour.*, 14, 349-366.
- de Freitas, C. R., 2003, Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector, *Int. J. Biometeorol.*, 48, 45-54.
- de Freitas, C. R., Scott, D., and McBoyle, G., 2008, A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification, *Int. J. Biometeorol.*, 52, 399-407.
- Heo, I. H. and Lee, S. H., 2008, The impact of climate changes on ski industries in South Korea-in the case of the Yongpyong ski resort-, *J. Korean Geographical Soc.*, 43(5), 715-727.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996pp.
- Mieczkowski, Z., 1985, The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism, *The Canadian Geographer*, 29, 220-233.
- Osczevski, R. and Bluestein, M., 2005, The new wind chill equivalent temperature chart, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 86, 1453-1458.
- Perch-Nielsen, S. L., Amelung, B., and Knutti, R., 2010, Future climate resources for tourism in Europe based on the daily Tourism Climatic Index, *Climatic Change*, 103, 363-381.
- Scott, D., Gössling, S., and de Freitas, C. R., 2008, Preferred climates for tourism: case studies from Canada, New Zealand and Sweden, *Climate Research*, 38, 61-73.
- 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.
- Steadman, R. G., 1984, A universal scale of apparent temperature, *J. Clim. Appl. Meteorol.*, 23, 1674-1687.
- UNWTO and UNEP, 2008, *Climate Change and Tourism: Responding to Global Challenges*, UNWTO, Madrid.