



제주 생태관광 과정의 탄소 배출량 추정

이원아* · 임철희** · 유소민*** · 이우균****†

*녹색기술센터 연구원, **고려대학교 생명자원연구소 연구교수,
고려대학교 환경생태공학과 박사과정학생, *고려대학교 환경생태공학부 교수

Estimating the Carbon Dioxide Emission in Jeju Ecotourism

Lee, Wona*, Lim, Chul-Hee**, Yoo, Somin*** and Lee, Woo-Kyun****†

*Researcher, Green Technology Center, Seoul, Republic of Korea
**Research Professor Institute of Life Science and Natural Resources, Korea Univ. Seoul, Korea
***Ph.D. Student, Dept. of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea Univ. Seoul, Korea
****Professor, Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea Univ. Seoul, Korea

ABSTRACT

Jeju, an island located at the southern part of the Korean Peninsula, is a tourist destination due to its abundant natural environment value from ecotourism. This study evaluates the carbon dioxide emissions from the process of Jeju ecotourism where an ecotourism trip is a product, and its start and end process is defined by the start and end of a trip. To estimate the amount of CO₂ emitted, statistics provided by Jeju province and relevant government agencies were taken into account. With the collected open data, the CO₂ emission from each transportation, accommodation and activity sector was estimated through methodologies provided by the Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC), and relevant research such as life cycle assessment. In summary, accommodation emits the highest amount of CO₂ during the trip process, at 235,939 ton CO₂ followed by 20,798.06 ton CO₂ for transportation and 4,178 ton CO₂ for ecotourism activity.

Key words: Ecotourism, Carbon Emission, Low-carbon, Life Cycle, Jeju Island

1. 서 론

관광산업은 지난 60년 동안 지속적으로 성장하여 2015년 기준 세계 총생산의 10%, 국제통상의 7%를 차지하는 거대 산업이 되었으며 경제, 사회 그리고 환경에 큰 영향을 미치고 있다 (UNWTO, 2016). Gossling et al. (2005)의 관광지 사례 연구에 따르면 관광 산업의 생태 효율성은 다른 세계 산업의 생태 효율성과 비교되어, 관광 산업은 세계 산업 평균보다 환경 친화적이지 못하다는 환경친화성 이슈를 제기했다.

생태관광은 일반 관광이 자연환경 및 지역사회에 미치는 부정적인 영향을 최소화하기 위한 대안으로 소개된 관광의 형태이다 (환경부, 2015). 그 법적 개념은 생태계가 특히 우수하거나 자연경관이 수려한 지역에서 자연자산의 보전 및 현

명한 이용을 통하여 환경의 중요성을 체험할 수 있는 자연친화적인 관광을 뜻한다 (자연환경보전법 제2조, 저탄소녹색성장기본법 제56조). 제주특별자치도는 섬지형, 한라산, 중산간 지역, 오름, 폭포, 동굴로 대표되는 자연환경과 7,800여 종의 생물이 서식하는 차별화된 환경여건을 보유하고 있으며, 유네스코 3관왕 (생물권보전지역, 세계자연유산, 세계지질공원), 람사르 습지 등 국제적으로 자연환경의 가치를 인정받고 있는 대표적인 생태관광지이다 (제주특별자치도, 2014).

국외에서는 과거 관광산업이 환경에 미치는 영향을 평가하기 위한 정량화 연구가 비교적 활발히 진행되었다. Kuo and Chen (2009)은 대만 평후에서 발생하는 환경부담을 교통, 숙소, 활동의 세 부분으로 구분지어 관광객 1인당 환경부담량으로 정량화해 관광이라는 경제활동에서 나오는 환경영

† Corresponding author: leewk@korea.ac.kr (145 Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, 02841, Korea)

Received April 6, 2018 / Revised May 31, 2018 1st, March 8, 2019 2nd / Accepted March 27, 2019

향을 최소화하기 위한 근거를 마련했다. Bhuiyan et al. (2012)은 말레이시아 세카유 휴양림의 교통 이용 형태에 따라 발생하는 탄소배출량을 계산해 관광지에서 발생하는 1인당 배출량이 말레이시아 전체의 인당 배출량 보다 높다는 결과를 냈다. Gossling et al. (2002)은 생태발자국분석을 사용해 세이셸의 관광 산업을 평가했다. ‘화석 에너지 토지’, ‘건물 토지’, ‘식품 및 섬유질 소비’ 및 ‘총생태학적영향’의 생태발자국에 집중해 관광지의 지속가능성 분석에 생태발자국을 활용가능성을 확인했다. Patterson (2003)은 뉴질랜드 관광의 환경효율분석을 시도했다. 에너지 사용, 물 사용, 토지 사용, 물 배출, 질산염 배출, 인 배출, 생물학적 산소 요구량 배출 및 이산화탄소 배출과 같은 환경적 산출 (output) 단위 대비 수익에 대한 투입 (input)을 설명했다.

관광산업과 같은 경제활동이 환경에 미치는 영향을 정량화하는 대표적인 기법으로 생태발자국분석과 전과정평가가 있다 (환경부, 2003). 생태발자국은 특정 지역 자료가 부족할 경우, 원산지과 목적지 지역 사이의 소비량을 정확하게 할당하기 어렵기 때문에 관광의 정확한 생태발자국 도출에 한계가 있다. 또한, 그 값이 실질 토지 면적의 생산성 요소와 등가요소를 활용해 세계 평균 헥타르를 기준으로 계산되기 때문에 자원의 수요와 공급은 세계 수준에서만 비교될 수 있다 (Castellani et al., 2012).

그에 반해 전과정평가는 대상 제품 또는 서비스의 전체 과정과 관련된 투입물, 산출물을 정량화하여 그들이 환경에 미치는 잠재적인 환경영향을 평가하고 그 결과를 연구의 목적과 부합하게 해석하는 기법이다 (환경부, 2003). 평가 대상이 제품, 제조공정, 서비스 등 제한이 거의 없는 일반적인 방법론으로 생태관광의 평가 또한 가능케 한다. Sharp et al. (2016)은 아이슬란드의 해외 관광객으로부터 발생하는 탄소발자국을 추정하기 위해 생산 또는 전달 체인의 특정 과정을 모델 평균이 아닌 지역과 산업의 특성을 반영한 구체적인 데이터로 대체 가능한 하이브리드 전과정평가를 적용해 지역 내 교통, 숙박, 식당, 소매품, 레크리에이션 및 레저 활동에서 발생하는 탄소 발자국을 측정하였다. 해당 방법론은 최신의 데이터를 활용과 평가 목적에 맞는 특정 생산 기술의 적용을 통해 측정불확도를 낮출 수 있었다. 그 결과 항공에서 관광객 1명 당 가장 많은 CO₂e가 발생했으며 시내 교통, 숙박 및 식당 서비스, 소매품 그리고 레저 활동이 순서대로 많은 배출량을 차지했다. 본 연구에서는 전과정평가의 접근법을 활용하여 관광을 하나의 복합 상품으로 간주해 관광객이 여행을 시작하면 “관광 상품”의 수명주기가 시작되며 관광객이 여행을 마치면 “관광 상품”의 수명주기가 끝난다고 가정했다. 따라

서 교통, 숙박 및 활동을 포함한 전체 여행의 모든 부문이 고려되며 전체 여행의 환경적 부담은 이와 같은 접근법을 통해 계산될 수 있다 (Kuo and Chen, 2009).

본 연구에서는 자연자산을 활용한 관광이 활발한 제주도에 있어 자연친화적인 생태관광이 효과적으로 이루어질 수 있도록 관광을 하나의 생애주기를 가진 통합적인 상품으로 생태관광의 탄소배출량 추정을 위해 관광의 전 과정인 교통, 숙소 및 활동의 세 가지 분야를 고려해 이에 발생하는 탄소배출량을 계산하였다. 그 중 가장 많은 배출을 차지하는 관광 수단 또는 행태를 찾아내 어떤 관광형태에 개선이 필요한지에 대한 분석을 진행하였다. 본 연구를 바탕으로 제주도내 저탄소 생태관광을 달성하기 위한 정량적 근거를 마련해 이해관계자들이 보다 낮은 탄소를 배출하는 관광 상품을 만드는데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구대상지 및 범위

대한민국은 제21회 기후변화 당사국총회 개최식 기조연설에서 2030 에너지 신사업 육성 전략을 언급하며, 그 대표적 사례로 제주 탄소제로섬 프로젝트를 국제사회에 공포했다. 이에 대한 이행으로 2012년도부터 제주도는 탄소제로섬을 조성하기 위한 제주도 ‘카본프리 아일랜드 2030’ 계획의 발표로 시작해 스마트그리드, 전기자동차 그리고 신재생에너지를 바탕으로 제주 전체의 온실가스를 2030년 배출전망치 대비 90% 이상의 감축을 목표로 하고 있다.

2013년 한국은행에 따르면 제주의 품목별 산출액 구성비에서 서비스가 차지하는 비중이 61.7%로 전국의 39.6% 보다 20% 이상 높은 것으로 나타났다 (제주특별자치도, 2017). 제주도에 내 관광객 수가 지난 10년 동안 큰 성장을 보였다. 2005년 방문 관광객이 500만 명을 돌파했으며 2013년에는 1천만 명을 돌파하며 약 2배가 증가했다 (호남지방통계청, 2016). 따라서 본 연구는 제주도에서 큰 경제적 가치를 지닌 관광산업을 중심으로 제주 관광 시 보다 다양한 활동을 하는 내국인을 대상으로 연구를 진행하였다.

이미 여러 기존 연구 및 보고서에 따르면 생태관광 전과정 평가에서 비행기가 가장 많은 배출을 차지한다는 결과가 있다. IPCC의 항공 및 대기에 관한 보고서에서 따르면 항공기는 화석 연료의 세계 총 사용량의 2-3%를 차지하며, 그 중 민간 항공이 80% 이상일 것으로 추정된다. Gossling et al. (2002)과 Peeters et al. (2007)이 수행한 기존 연구에 따르면

항공 여행은 운송 부문에서 온실가스 배출 증가의 가장 큰 비중을 차지해 온실 가스 배출량의 3.4-6.8%를 차지한다. 국제항공운송협회 (IATA:International Air Transportation Association)는 2016년에 항공기는 전 세계적으로 8억1500만 톤의 이산화탄소를 배출했다는 보고서를 발표했다. 본 연구에서는 비행기 또는 배를 이용하며 발생하는 이산화탄소 배출이 불가피한 제주도라는 관광지의 특성에 따라 기존 연구를 통해 가장 많은 배출이 증명된 항공운송을 제외한 제주도 내에서의 배출만을 고려했다.

2.2 생태관광 과정의 배출량 추정

본 연구에서는 생태관광을 교통, 숙박 그리고 활동의 세 가지를 하나의 과정으로 가정해 이산화탄소 배출량의 정량화를 목적으로 하였다. 환경이 경제활동을 통해 받는 부담을 정량화시킨 자료는 이해관계자들에게 중요하다. 이러한 정량화 가능한 데이터를 바탕으로 문제를 직접 파악해 추후 효과적인 전략을 제안 할 수 있을 것이다.

각 과정 당 발생하는 이산화탄소배출량을 계산하기 위해 다음의 식 (1)과 (2)를 사용하였다. 교통을 통해 발생하는 이산화탄소 배출량을 산정하는 식 (1)은 IPCC 가이드라인의 배출량 산정식과 국가 고유 활동자료를 활용했으며 숙박과 활동에 대한 배출을 산정하는 식 (2)는 Kuo et al. (2009)의 연구에서 도출된 1인당 배출량을 활용했다.

$$CO_2E = \sum_i^n \sum_j^m (FC \times CF \times 10^{-3} \times EF \times OF \times \frac{44}{12}) \quad (1)$$

$$FC = \frac{TD}{DL}$$

식 (1)에서 CO₂E = CO₂배출량, n = 차종 (렌터카, 택시, 버스, 관광버스), m = 연료 종류 (LPG, 휘발유, 경유), CF = Liter를 toe로 환산한 연량환산계수, EF = 연료별 탄소 배출 계수, OF = 연료별 산화율, FC = 연료 사용량, TD = 주행거리, DL = 연료 1L당 주행거리를 의미한다.

$$Si = \sum (Ci \times Ti \times Pj) \quad (2)$$

식 (2)에서 Si = 숙박 및 관광활동의 CO₂E, i = 숙박, 관광활동, j = 관광객, Ci = 형태별 1인당 CO₂E, Tj = 평균 관광기간으로 제주 방문 관광객 평균 관광일수 5.06일을 동일하게 적용했으며, Pj = 관광객 수를 의미한다.

2.3 연구자료

제주관광공사는 2014년부터 제주특별자치도 방문관광객 실태조사를 통해 관광객의 성향, 제주관광 통계 및 제주여행 평가에 대한 정보를 제공하고 있다. 그 중, 본 연구에서는 2014년 기준으로 체류기간, 숙박시설, 주이용 교통수단 및 제주에서의 활동 정보를 활용했다. 관광객의 평균 체류기간의 경우, 제주관광공사에서 실시한 2014년 방문관광객 실태조사에 따르면 평균 체류기간이 61일 이상 체류자에 대한 응답이 포함되었다 (제주관광공사, 2014) (Table 1). 제주도의 렌터카, 택시, 시내외버스 및 전세버스 차량등록대수는 국가교통DB센터에서 확보할 수 있었다 (Table 2). 렌터카의 유종별 대수를 알기 위해서 한국렌터카사업조합연합회에서 제공하는 2014년 전체 렌터카 동향 분석을 활용해 제주도 렌터카 등록대수에 각 유종별 비율을 적용했다 (Table 2). 이용 교통에서 발생하는 탄소 배출량을 계산하기 위한 연료 사용은 2013년 교통안전공단의 자동차 주행거리 실태분석 연구의 연료 1리터 당 주행거리를 활용했으며 (Table 2), 렌터카의 일평균 주행거리의 경우, 제주연구원의 제주지역 렌터카사고 분석 및 감소방안 연구에서 렌터카 업체로부터 받은 2015년의 실적자료 분석을 통한 전체 일평균 이용거리를 활용했다 (Table 2). 택시와 전세버스의 일평균 이용거리는 한국교통연구원에서 2012년 실시한 자동차이용 실태조사의 자료를 선택했으며 제주도의 시내외버스의 일평균 주행거리는 교통안전공단의 2009년도 자동차주행거리 실태조사 보고서를 적용했다 (Table 2). 숙소형태 및 활동 별 발생하는 배출량은 Kuo and Chen (2009)의 선행연구 결과에서 가져와 제주에 적용했으며 (Table 2), 숙소 형태 및 활동 관광객 수는 제주관광공사의 2014년 방문관광객 실태조사 자료를 활용했다.

3. 결과

3.1 교통 부분

본 연구에서는 각 교통 형태 및 연료 종류별 하루 1대 당 발생하는 CO₂ 배출량과 제주도 총 렌터카 등록대수에 전국 렌터카 유종별 대수 비율을 적용한 최종 등록 대수를 곱한 값을 비교하였다. 등록 대수는 제주도내에서 각 교통의 비중을 나타내기 위해 활용되었다. 그 결과, 하루 1대당 LPG 연료를 사용하는 택시가 0.032 kg CO₂로 가장 많이 배출하는 것으로 나타났으며 다음으로 시내외버스 0.024 kg CO₂, LPG 연료 렌터카 0.017 kg CO₂, 경유 사용 렌터카 0.01 kg CO₂, 전세버스 0.009톤 CO₂, 휘발유 사용 렌터카 0.006 kg CO₂ 순이었다

Table 1. Tourist information (Jeju Tourism Organization, 2014)

| 1. Number of tourists | | ten thousand |
|---|-----------|--------------------|
| Domestic | | 8,945,601 |
| International | | 3,328,316 |
| 2. Length of stay (days) for domestic tourists | | Percentage (%) |
| | | Number of tourists |
| 1 | 0.4 | 35,783 |
| 2 | 9.2 | 822,996 |
| 3 | 35.7 | 3,193,580 |
| 4 | 27.7 | 2,477,932 |
| 5 | 12.2 | 1,091,364 |
| 6 | 4.0 | 357,825 |
| 7 | 3.9 | 348,878 |
| 8 | 1.2 | 107,348 |
| 9 | 0.2 | 17,892 |
| 10 | 1.2 | 107,348 |
| Over 11 days | 4.1 | 366,770 |
| Average | 5.06 days | |
| 3. Type of transportation for domestic tourists | | |
| Rental car | 62.6 | 5,599,946 |
| Rental car or taxi accommodated by a guide | 3.1 | 277,314 |
| Public transportation (bus, taxi) | 19.4 | 1,735,447 |
| Tour bus | 3.3 | 295,205 |
| City tour bus | 0.4 | 35,782 |
| Bicycle, motorcycle | 2.4 | 214,694 |
| Others | 8.8 | 787,213 |
| 4. Type of accommodation for domestic tourists | | |
| Guesthouse | 14.6 | 1,306,058 |
| Hotel | 21.1 | 1,887,522 |
| Pension | 22.3 | 1,994,869 |
| Condominium/resort | 19.1 | 1,708,610 |
| Motel/hostel | 8.5 | 760,376 |
| Private home | 9.7 | 867,723 |
| Others | 4.8 | 429,388 |
| 5. Recreation activity for domestic tourists | | |
| Nature/landscape sight seeing | 16.4 | 1,467,079 |
| Mountain/Oreum/Olle trail/trekking | 12.2 | 1,091,363 |
| Museum/art gallery/exhibition visit | 7.5 | 670,920 |
| Theme park visit | 7.8 | 697,757 |
| Film/drama location visit | 2.5 | 223,640 |
| Historical/cultural site visit | 3.1 | 277,314 |
| Concerts/festivals/events | 1.3 | 116,293 |
| Traditional culture experience | 0.9 | 80,510 |
| Conference/business trip | 2.6 | 232,586 |
| Nightlife/entertainment | 0.9 | 80,510 |
| Gourmet | 12.9 | 1,153,983 |
| Shopping | 9.1 | 814,050 |
| Horse racing/Casino | 0.5 | 44,728 |
| Beauty tour (hot spring/spa/massage) | 1.1 | 98,402 |
| Religious/Pilgrimage activities | 0.4 | 35,782 |
| Coastal activities | 5.7 | 509,899 |
| Land leisure sports | 1.2 | 107,347 |

| | | |
|-----------------------|-----|---------|
| Marine leisure sports | 1.7 | 152,075 |
| Family/friends visit | 3.1 | 277,314 |
| City tour bus | 0.3 | 26,837 |
| Bicycle trip | 1.0 | 89,456 |
| Car driving trip | 6.6 | 590,410 |
| Others | 1.2 | 107,347 |

Table 2. Data used to calculate the CO₂ emission from transportation, accommodation and recreation and its source

| Data | Time scale | Unit | Source | Value | |
|--|------------|------|--|--|--------|
| | | | | | |
| Registered transportation | 2014 | n | Korea Transportation Database, Jeju Research Institute | Rental | 12,542 |
| | | | | Taxi | 5,404 |
| | | | | Bus | 440 |
| | | | | Tour bus | 2,089 |
| Rental car fuel type | 2014 | % | Korea Rent-A-Car Association | LPG | 42.72 |
| | | | | Gasoline | 32.32 |
| | | | | Diesel | 23.79 |
| Jeju Island rental car average distance driven per day | 2015 | km | Jeju Research Institute | | 112.7 |
| Jeju Island taxi average distance driven per day | 2012 | km | Korea Transport Institute | | 216.3 |
| Jeju Island bus average distance driven per day | 2009 | km | Korea Transportation Safety Authority | | 242.1 |
| Jeju Island tour bus average distance driven per day | 2012 | km | Korea Transport Institute | | 93.9 |
| Annual number of operating Jeju Island tour bus | 2014 | km | Jeju Research Institute | | 24,551 |
| Distance per liter per fuel type | 2013 | km | Korea Transportation Safety Authority | LPG | 8.9 |
| | | | | Gasoline | 7.6 |
| | | | | Diesel | 7.2 |
| Accommodation CO ₂ emission per tourist | - | g | Kuo and Chen (2009) | Guesthouse | 4,140 |
| | | | | Hotel | 7,900 |
| | | | | Pension | 4,140 |
| | | | | Condominium/resort | 7,900 |
| | | | | Motel/hostel | 4,140 |
| | | | | Private home | 1,619 |
| Activity CO ₂ emission per tourist | - | g | Kuo and Chen (2009) | Nature/ landscape sight seeing | 417 |
| | | | | Mountain/ Oreum/ Olle trail/trekking | 417 |
| | | | | | |

(Table 3). 그러나 등록된 차량의 수에 따라 관광 기간 동안 발생하는 CO₂가 변하는 것으로 나타났다. 그 중 가장 많은 배출량을 차지하는 형태는 LPG 연료를 사용하는 택시로, 가장 많은 등록대수로 인해 총 172.49 kg CO₂를 배출했다. 두 번째로 가장 많은 배출은 택시와 같은 차종 및 연료를 사용하는 LPG 렌터카였다. 세 번째로 가장 많은 대당 CO₂를 배출

한 시내외버스의 경우, 낮은 등록대수로 인해 가장 적은 총 CO₂를 배출했다. 연간 배출량을 연간 관광객 실태조사의 이용객 수로 나눈 결과, 렌터카가 0.363 kg CO₂로 관광객 1인당 가장 많은 배출량을 보였으며 그 다음 전세버스, LPG 렌터카, 경유 렌터카, 휘발유 렌터카 그리고 시내외버스 순이었다.

Table 3. CO₂ emission according to transportation type

| Transportation type | Fuel Consumption per day (L) | Total Distance per day (km) | Distance per Liter per day (km/L) | CO ₂ E per vehicle per day (kg CO ₂) | Registered vehicle | Total CO ₂ E per registered vehicle per day (kg CO ₂) | CO ₂ E per tourist per day (kg CO ₂) |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|--|---|
| Rental car (gasoline) | 12.66 | 112.7 | 8.9 | 0.006 | 4,054 | 22.69 | 0.0046 |
| Rental car (diesel) | 14.83 | 112.7 | 7.6 | 0.01 | 2,984 | 29.97 | 0.0082 |
| Rental car (LPG butane) | 15.65 | 112.7 | 7.2 | 0.017 | 5,358 | 89.16 | 0.0136 |
| Taxi (LPG butane) | 30.04 | 216.3 | 7.2 | 0.032 | 5,401 | 172.49 | 0.0363 |
| Public bus (diesel) | 31.86 | 242.1 | 7.6 | 0.024 | 440 | 10.74 | 0.0023 |
| Tour bus (diesel) | 12.36 | 93.9 | 7.6 | 0.009 | 2,089 | 19.77 | 0.0244 |

Table 4. CO₂ emission according to accommodation type

| Accommodation type | CO ₂ E per trip (kg CO ₂) | Tourists per year | Total CO ₂ E per year (kg CO ₂) |
|--------------------|--|-------------------|--|
| Guesthouse | 0.021 | 1,306,058 | 27,360 |
| Hotel | 0.04 | 1,887,522 | 75,452 |
| Pension | 0.021 | 1,994,869 | 41,789 |
| Condominium/resort | 0.04 | 1,708,610 | 68,300 |
| Motel/hostel | 0.021 | 760,376 | 15,929 |
| Private home | 0.0081 | 867,723 | 7,109 |

기존 연구 또한 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 말레이시아의 생태관광에서 발생하는 CO₂를 계산한 Bhuiyan et al. (2012)의 연구에 따르면 휘발유를 사용하는 소형차와 승합차에 비해 디젤 버스와 휘발유 오토바이에서 발생하는 CO₂ 발생량이 더 많은 것으로 나타났다. 또한 Kuo and Chen (2009)에 따르면 대만 평후에서 렌터카가 오토바이 다음으로 가장 많은 CO₂를 배출해 연간 총 배출량의 21%를 차지했다. 그 다음은 전세버스가 12%로 비교적 낮은 배출량을 보였다.

3.2 숙소 부분

본 연구에서는 숙박 형태별 CO₂ 배출량을 Kuo and Chen (2009)이 도출한 1인당 배출량을 통해 이용관광객수에 따른 연간 총 배출량을 산정하였다. 선행 연구에서는 호텔, 숙박 및 아침 식사를 제공하는 숙박형태 (bed and breakfast), 캠프장 및 개인주택의 네 가지를 활용했다. 본 연구에서는 게스트하우스를 숙박 및 아침제공과 동일하다고 보았으며, 콘도 및 리조트는 호텔과 같다고 전제했다. 그 결과 호텔이 가장 많은 연간 CO₂인 75,452 kg CO₂를 배출한 것으로 나타났다. 그 다음으로는 콘도 및 리조트가 차지했다 (Table 4).

Gossling et al. (2002)가 진행한 생태발자국 분석에 따르면 1박당 가장 많은 에너지를 필요로 하는 숙박형태는 5성급 호

텔로 110MJ이었으며 3,4성급 호텔은 70MJ, 게스트하우스와 개인주택은 30MJ로 본 연구결과의 패턴과 유사했다.

3.3 활동 부분

본 연구에서는 관광 활동별 CO₂ 배출량을 Kuo and Chen (2009)이 도출한 1인당 배출량을 통해 이용관광객수에 따른 연간 총 배출량을 산정하였다. 그 결과 자연/명승경관감상이 2,593 kg CO₂를 배출하며 가장 높은 배출량을 차지했다 (Table 5).

Becken and Simmons (2002)가 수행한 뉴질랜드 관광활동의 에너지 소비에 대한 논문에 따르면, 생태관광활동은 자연 또는 어드벤처 활동에 포함되며 에어스포츠 관광객 1명 당 442MJ를 소비할 때 35MJ를 소비해 다른 활동에 비해 에너지 소비가 매우 적었다. 생태관광 활동에서 필요로 하는 에너지가 다른 관광 활동 대비 매우 낮았다는 점에서 본 연구와 유사한 양상을 보였다.

3.4 총량 추정

본 연구에서 도출한 각 분야의 연간 총 배출은 교통부분이 125,856 kg CO₂, 숙박 부분이 235,939 kg CO₂, 활동 부분이

Table 5. CO₂ emission according to recreation type

| Activity type | CO ₂ E per trip (kg CO ₂) | Tourists per year | Total CO ₂ E per year (kg CO ₂) |
|------------------------------------|--|-------------------|--|
| Nature/landscape sight seeing | 0.0021 | 6,217,193 | 2,593 |
| Mountain/Oreum/Olle trail/trekking | 0.0021 | 3,801,880 | 1,585 |

4,178 kg CO₂로 숙박 부분에서 가장 많은 배출이 발생한 것으로 나타났다. 2014년 기준 생태관광에서 발생한 CO₂의 총량은 365,972 kg CO₂이다.

Filimounau et al.이 수행한 관광 산업의 숙박에서 발생하는 탄소 영향 추정 연구에 따르면 호텔과 같은 상업용 건물의 에너지 소비를 운영과 내재 에너지로 구분된다. 운영은 주로 난방, 환기 및 에어컨과 같은 형태의 에너지 소비를 동반했으며 그 외 취사 시설, 냉동, 급수, 온수 난방, 세탁, 폐수 처리 및 고형 폐기물 발생이 다량의 에너지 소비 및 CO₂ 배출의 원인이 되었다. 내재 에너지로는 건물 유지 보수 및 보수 공사 등이 높은 비율을 차지했다. 이와 같은 이유로 숙박 부분이 높은 비율의 CO₂ 배출량을 차지함을 확인할 수 있었다.

4. 고찰

4.1 저탄소 생태관광 시나리오

본 연구의 결과를 통해 제주도의 생태관광을 가장 많은 배출, 가장 적은 배출 그리고 가장 보편적인 배출의 세 가지 시나리오를 만들 수 있었다. 첫째, 가장 많은 배출을 하는 관광 시나리오는 교통수단으로 택시를 이용하며 호텔이나 콘도리조트에서 머물고 자연 및 명승경관감상 또는 산, 오름, 올레길, 트레킹을 할 경우 5.06일의 관광기간동안 2.81 kg CO₂E가 발생한다. 가장 적은 배출을 하는 관광 시나리오는 휘발유 렌터카를 이용하고 친척 또는 친구의 집에서 머물며, 자연 및 명승경관감상 또는 산, 오름, 올레길, 트레킹과 같은 활동을 하면서 0.7 kg CO₂를 배출하는 것이다. 마지막으로 가장 보편적인 시나리오는 LPG 렌터카를 교통수단으로 이용하고 펜션에 머물며 자연 및 명승경관감상 또는 산, 오름, 올레길, 트레킹 활동을 하는 것으로, 이 경우 관광기간동안 1.9 kg CO₂가 배출되는 것으로 파악되었다.

4.2 전기자동차 전환

제주도는 전기자동차 보급 확대 및 산업 육성을 위한 중장기 종합계획을 발표해 단계별 연도별 전기자동차 로드맵 및 충전 인프라 구축 계획, 전기자동차 이용 활성화 정책, 연관

산업 육성 정책 등의 내용을 다뤘다 (제주특별자치도, 2015). 해당 계획의 단계별 전기자동차 보급목표에 따르면 1단계는 2017년까지 공공기관 및 대중교통을 중심으로 29,000대를 보급해 10%를 대체한다. 2단계는 2020년까지 대중교통 및 렌터카 등을 중심으로 135,000대를 보급해 40%를 대체하며 3단계까지 2030년까지 377,000대를 보급해 제주도 내 전기자동차 보급률을 100% 달성할 예정이다.

본 연구결과에서 수송부문은 숙박에 비해 상대적으로 적은 이산화탄소 배출을 나타냈으나, 위와 같은 추진 계획을 고려하였을 때, 배출량 감축의 실현가능성이 높다고 사료된다. 본 연구결과를 통해 단계별 전기자동차 보급을 구체화 할 수 있다. 1단계에서 가장 많은 탄소배출을 하는 택시와 시내외 버스가 전기자동차로 전환되어야 할 것이다. 시내외버스의 경우, 경로가 정해져 있기 때문에 충전에 더욱 용이할 것으로 예상된다. 그 후 2단계에서 렌터카의 전환은 휘발유 렌터카, 경유 렌터카 그 후 LPG연료를 이용하는 렌터카 순으로 전환이 되어야 보다 효과적인 계획 수립이 가능할 것이다. Song (2017)이 수행한 전기자동차의 온실가스 배출 전과정분석에 따르면, 2015년 기준 국내 발전 믹스인 석탄 40%, 원자력 31%, 천연가스 23%, 재생에너지 4% 그리고 석유 1%의 조건에서 중형차의 경우 전기차의 온실가스 배출량이 1km에 86.9g으로 경유차의 137.9g, 휘발유차의 177.4g 보다 적게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이처럼 온실가스 배출 저감 효과가 있는 전기차를 통한 배출량별 전략적 전환을 통해 보다 효율적인 로드맵을 달성에 기여할 것으로 사료된다.

4.3 제주 생태관광 탄소 배출량 추정의 의의와 한계

본 연구는 제한된 자료를 활용하였음에도 제주 생태관광을 하나의 과정으로 다루어 생태관광 중에 배출되는 CO₂를 정량적으로 평가하였고, 교통수단과 숙박형태에 따라 배출량 차이를 제시한 점에서 의의가 있다. 특히 어떤 교통수단과 숙박형태가 저탄소 생태관광에 적합한지 확인할 수 있었으며, 제주의 전기차 보급 정책과 맥을 같이할 수 있었다.

이러한 의의에도 불구하고, 자료와 방법론에서 몇 가지 한계점이 존재한다. 수송부문에서는 각 교통수단별 1대당 평균 이용자 수에 대한 자료를 구축 후 실제 연간 방문자수와 함께

고려하여 배출량을 산정할 경우 보다 정확한 배출량을 확인할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 활용 가능한 데이터의 부족으로 관광용 수송수단이 일반 생활용 수송수단과 정확하게 구분되지 못해 도출된 값의 과대추정 가능성이 있다. 숙박 및 활동부문의 경우 1인당 CO₂ 배출량이 제주도와는 다른 대상지에서 도출된 값을 활용하였으므로, 제주의 지역 특성을 고려하지 못하였다. 또한, 배출계수가 직접 배출량만을 다루고 있어 그 한계가 있다. 이에 따라 본 연구에서 제시하는 배출량은 정확한 양 이기보다는 개략적인 수준임을 인지할 필요가 있다. 또한, 가장 배출량이 크게 나타났던 숙박부문에서의 배출 저감 방안이 요구되나, 기존 제주의 저탄소 정책이나 관광객의 개별적인 니즈를 고려하였을 때 구체적인 저감 방안은 제시할 수 없었다.

5. 결론

본 연구에서 제주도 생태관광과 관련한 정부제공 통계자료 및 정부출연연구원의 보고서 자료를 활용해 제주도의 관광 상품의 대표적인 과정인 교통, 숙박 그리고 활동의 세 가지 형태에서 발생하는 CO₂ 발생량을 산정하기 위한 전과정 평가를 수행하였다.

항공부분이 온실가스 배출에 큰 역할을 하지만, 섬이라는 제주도의 지리적 특성상 관광객들의 비행기와 선박의 이용은 불가피하며 통제할 수 없는 교통수단이다. 그러므로 본 연구에서는 제주도까지의 교통인 비행기와 선박을 제외한 제주도 내에서의 교통수단인 렌터카, 택시, 버스 등의 탄소배출량을 계산하였다.

제주도는 렌터카 및 콜택시 시장이 활성화 되어 있으며 시내외버스가 다른 지역에 비해 부족하다. 대부분의 관광객들이 렌터카 또는 택시와 같은 교통수단을 활용하고 있었으며, 비사업용 차량에 비해 많은 주행거리 데이터를 기록한 사업용 LPG차량이 교통형태 중 가장 많은 비중을 차지한 것으로 나타났다.

2014년 1년간 가장 많은 CO₂를 배출한 관광형태는 숙박으로 파악되었다. 호텔, 콘도 및 리조트와 같은 대형 숙박 시설 이용을 통한 CO₂ 배출이 다른 숙박형태에 비해 높게 나타났다. 이는 기존 연구에서 산정한 물 사용량, 전력 사용량, 생활 폐기물 발생량 및 오수 발생량과 같은 자원수요 및 오염의 발생에 따른 환경 부담이 대형 숙박 시설에서 더 높게 나타나기 때문인 것으로 파악되었다. 제주의 자연자원을 활용한 자연경관감상, 등산 및 트레킹과 같은 활동은 작은 CO₂ 배출량이 산정되었다. 그러나 각기 다른 연구에서 수집한 기타 연구지

의 지역 경험 데이터를 사용이 본 연구의 불확실성을 높일 수 있으며 연구 결과가 과대 또는 과소 추정되었을 수 있다.

본 연구를 통해 제주도의 생태관광 상품의 각 과정의 이용 형태에 따른 CO₂ 배출량을 정량화 하였으며 각 부분에서 배출되는 CO₂의 양을 비교할 수 있어 관광산업 이해관계자들이 보다 지속가능한 관광 개발에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 산림청 (한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업 '2017044A00-1919-BB01'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

REFERENCES

- Becken, S. 2002. Analysing international tourist flows to estimate energy use associated with air travel. *J Sustain Tour*, 10: 114-131.
- Becken S, Simmons DG. 2002. Understanding energy consumption patterns of tourist attractions and activities in New Zealand. *Tour Manag* 23: 343-354.
- Castellani V, Sala S. 2012. Ecological Footprint and Life Cycle Assessment in the sustainability assessment of tourism activities. *Ecol Indic* 16: 135-147.
- Cater E. 1995. Environmental contradictions in sustainable tourism. *Geogra Jour* 161: 21-28.
- Filimonau V, Dickinson J, Robbins D, Huijbregts MA. 2011. Reviewing the carbon footprint analysis of hotels: Life Cycle Energy Analysis (LCEA) as a holistic method for carbon impact appraisal of tourist accommodation. *J Clean Prod* 19: 1917-1930.
- Gössling S. 2000. Sustainable tourism development in developing countries: Some aspects of energy use. *J Sustain Tour* 8: 410-425.
- Gössling S. 2002. Global environmental consequences of tourism. *Glob Environ Chan* 12: 283-302.
- Gössling S, Peeters P, Ceron JP, Dubois G, Patterson T, Richardson RB. 2005. The eco-efficiency of tourism. *Ecol Econ* 54: 417-434.
- Gössling S, Hansson CB, Hörstmeier O, Saggel S. 2002. Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability. *Ecol Econ* 43: 199-211.

- Hunter C. 2002. Sustainable tourism and the touristic ecological footprint. *Environ Devel Sustain* 4: 7-20.
- Hunter C, Shaw J. 2005. Applying the ecological footprint to ecotourism scenarios. *Environ Conserv* 32: 294-304.
- Hunter C, Shaw J. 2007. The ecological footprint as a key indicator of sustainable tourism. *Tour Manag* 28: 46-57.
- Huijbregts MA, Hellweg S, Frischknecht R, Hungerbühler K, Hendriks AJ. 2008. Ecological footprint accounting in the life cycle assessment of products. *Ecol Econ* 64: 798-807.
- Jeju Special Self-Governing Province. 2015. Mid to long term comprehensive plan for the expansion of electric vehicles and fostering industries (2015-2030). [accessed Mar 3]. <https://www.jeju.go.kr/news/news/data.htm?qType=title&q=%EC%A0%84%EA%B8%B0%EC%B0%A8&act=view&seq=962283>
- Jeju Tourism Organization. 2016. Jeju Island Tourist Visit Survey 2015. [accessed Feb 26]. https://ijto.or.kr/korean/Bd/view.php?btable=pds&pds_skin=&bno=179&p=1&lca te=
- Korea Transport Institute. 2013. Car Usage Survey 2012. [accessed 2017 Mar 3]. <https://www.ktdb.go.kr/www/selectTrnsportTreeView.do?key=32>
- Kuo NW, Chen PH. 2009. Quantifying energy use, carbon dioxide emission, and other environmental loads from island tourism based on a life cycle assessment approach. *J Clean Prod* 17: 1324-1330.
- Lee JW, Brahmasrene T, 2013. Investigating the influence of tourism on economic growth and carbon emissions: Evidence from panel analysis of the European Union. *Tour Manag* 38: 69-76.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2015. Public Transport Status Survey 2014. [accessed 2018 Mar 2]. <http://stat.molit.go.kr/portal/cate/statMetaView.do?hRsId=483&hFormId=&hSelectId=&sStyleNum=&sStart=&sEnd=&hPoint=&hAppr=&oFileName=&rFileName=&midp ath=>
- Ministry of Environment. 2014. Environmental Policy Briefs: Ecotourism Activation Policy. [accessed 2017 Feb 25]. <http://www.me.go.kr/home/web/index.do;jsessionid=kGKITKg67WtHKtm6KfkeDGXy.mehome2?menuId=10273&condition.code2=003>
- Kim MY, Moon SS, Heo JH, Jeong JY, Wi YC. 2003. Study on selection of strategic products and prioritization for Life Cycle Assessment. *Projet Report*.
- OECD. 2016. OECD Tourism Trends and Policies 2016. Paris: OECD Publishing.
- Song H. 2017. Well-to-Wheel Analysis of Greenhouse Gas Emissions of Transportation Fuels in Korea. *J Kor Soci Auto Engi* 39: 39-43.
- Sharp H, Grundius J, Heinonen J. Carbon Footprint of Inbound Tourism to Iceland: A Consumption-Based Life-Cycle Assessment including Direct and Indirect Emissions. *Sustain* 8: 1147
- Tooman LA. 1997. Applications of the life-cycle model in tourism. *Ann Tour Resear* 24: 214-234.