

Onishi Model을 이용한 제주도 기반시설 환경용량 산정 및 지속가능성 평가

박진선* · 김솔희*** · 김유안**** · 홍세운** · 서 교*****

* 전남대학교 농업생명과학대학 지역·바이오시스템공학과, 연구원

** 전남대학교 농업생명과학대학 지역·바이오시스템공학과, 조교수

*** 서울대학교 농업생명과학대학 협동과정 농림기상학과, 박사과정

**** 서울대학교 국제농업기술대학원 국제농업기술학과, 석사과정

***** 서울대학교 국제농업기술대학원, 서울대학교 그린바이오과학기술연구원, 부교수

Evaluation of Carrying Capacity and Sustainability of Jeju Island using Onishi Model

Park, Jinseon* · Kim, Solhee*** · Kim, Yooan**** · Hong, Sewoon** · Suh, Kyo*****

* *Researcher, Department of Rural and Biosystems Engineering, Chonnam National University*

** *Assistant Professor, Department of Rural and Biosystems Engineering, Chonnam National University*

*** *Doctoral Candidate, Interdisciplinary Program in Agricultural and Forest Meteorology, Seoul National University*

**** *Master Student, Graduate School of International Agricultural Technology, Seoul National University*

***** *Professor, Graduate School of International Agricultural Technology, Seoul National University,*

Institute of Green Bio Science & Technology, Seoul National University

ABSTRACT : The Onishi model is an objective indicator which can be used to evaluate the relevance of city environmental management in regard to the capacities and processing status of existing urban infrastructure. This study is to analyze the facility carrying capacity and processing status of Jeju Island, a famous tourist site in South Korea. General variables covered by the Onishi model are considered, including water supply, wastewater treatment, waste disposal, and air pollution. Furthermore, the facility carrying capacities for transportation, such as airports and ports, as well as accommodations are assessed as variables pertinent to the characteristics of Jeju island. With the annual number of tourists exceeding that of residents on the island, more facilities for sewage treatment and waste disposal are required. Furthermore, transportation and accommodations used by tourists have already exceeded their capacity. For the future sustainability of Jeju Island, a plan will be needed for adjusting the volume of tourists based on the capacity of each relevant facility.

Key words : Onishi model, Carrying capacity, Sustainability, Jeju, Regional plan

1. 서 론

지역의 생활수준 및 지역 주민이 일정한 삶의 질을 유지하기 위해서는 기반시설의 확충 및 공간의 확장으로 대표되는 지역의 개발과 개발된 지역이 지속가능하도록

효과적인 환경 보전, 효율적인 토지 이용과 에너지 사용을 추구하는 성장의 반복이 지속적으로 이루어져야 한다. 자원 고갈 및 환경 파괴를 최소화하는 지속적인 개발과 성장을 달성하기 위해서는 지역 내 사용 가능한 자원과 지역민의 활동역량을 정량적으로 평가하여 현재 범위에서 사용 가능한 자원과 향후 도입되어야 할 자원의 총량을 판단할 필요가 있다. 또한, 개발에 중점을 두었을 때 발생할 수 있는 환경 훼손을 최소화하고 효율적인 자원 활용을 위해 개발 속도와 방향 조절이 필수적이다.

Corresponding author : Suh, Kyo

Tel : 033-339-5810

E-mail : kyosuh@snu.ac.kr

지역의 지속가능한 개발과 성장을 위한 자원량을 평가하는 정량적 접근 방법으로 환경용량 산정법을 들 수 있다 (Kim, 2001).

환경용량 산정은 환경용량 구성요소의 한계용량을 기준으로 일정지역의 환경 및 자원이 감당 할 수 있는 수용능력을 초과하였는지를 판단하여 그 지역에서 시행하는 개발 사업이 환경에 미치는 영향이 얼마만큼인지 정량적으로 평가하는 기법이다(Lee and Oh, 1999). 이와 같은 개념을 통해 수질, 대기, 폐기물 등과 같은 개별항목에 대한 환경용량을 산정할 수 있으나 해당 지역의 전체 시스템에 대한 거시적 관점의 환경용량 산정이 곤란하다는 문제가 있다. 이를 개선하고 통합적 환경용량을 산정할 수 있는 모델은 시설용량을 중점에 둔 오니시 모델(Onishi model), 생태·환경의 관점에서 본 생태적 발자국 모델(Ecological Footprint model: EF), 자연환경 가치평가에 기반한 에머지 분석(Emergy Analysis), 공간 구성 요소의 상호 피드백 관계를 동태적으로 해석한 시스템 다이내믹스 기법(System Dynamics)이 대표적이다.

환경용량 산정은 공간이 무한히 확장될 수 없다는 가정에서 시작하기 때문에 지방자치단체에서 해당 공간의 확장 시 생태적 영향과 시설용량 평가를 위해 수행된 연구가 많다.

서울시(Lee and Oh, 1999)는 1999년 서울시 성장관리와 지속가능한 개발 수단으로 환경용량에 대한 개념을 도입하였다. 이 연구에서는 상수도 공급, 하수처리, 폐기물 처리와 같은 일반적인 변수를 고려하였고, 서울시의 주요 교통수단인 지하철의 혼잡도를 통해 지하철 시설수용능력을 평가하였다. 또한, 2000년에 수행한 후속 연구를 통해 시스템 다이내믹스를 도입하여 토지 피복도에 의한 도시의 확장을 설명하였으며, 대기오염의 확산에 대한 동태적 분석을 수행하였다.

전라북도는 도내 14개 시군을 대상으로 1994년부터 2003년까지 10년 간 환경이용 현황을 파악하고, 환경적으로 수용가능한 양을 예측하였다(Jeonbuk Development Institute, 2005). 환경용량 산정 방법으로 서울시와 마찬가지로 생태적 발자국(Eco Footprint: EF), 에머지 분석(Emergy Analysis), 오니시 분석(Onishi Analysis)법을 이용하여 지역의 환경용량을 다각적으로 분석하였다. 그 결과로 적정 인구수 분석과 시와 군의 개발 불균형에 대해 고찰하였고, 여유용량을 산정하여 추후 발전 가능정도를 분석하였다. 하지만 시설수용능력 평가에서 항구, 공항 등 지역 내 입지한 주요 시설에 대한 분석이 미흡해 지역 특성을 반영하지 못했다는 한계가 있다.

청주시 또한 전라북도와 동일한 방법으로 환경용량을 산정하였고(Lim and Lee, 2002), 오니시 분석은 상수도

공급, 하수도 처리, 폐기물 처리, 대기오염에 대한 수용능력을 평가하였다. 청주시의 1993년부터 1999년까지의 시설용량 자료를 토대로 도시의 시설용량을 산정하여 하수처리 시설 증설, 폐기물량 감축이 필요하다는 일반적 결론에 도달하였다. 또한, 상수도 사용량, 하수 및 폐기물 발생량을 추산하는 과정에서 인구 증가를 고려하지 않고, 각 변수의 증감 추세를 통해 발생량을 산정하여 예측량이 과대 또는 과소 추정될 수 있다는 문제가 있는 것으로 판단된다.

본 연구의 대상지역인 제주도에 대한 환경용량산정 연구가 수행된 바 있다(Jeon, 2011). 선행연구에서는 제주도가 가지는 환경자원에 초점을 맞추어 환경과 삶의 질이 저하되지 않고 지속가능하게 유지관리 되기 위한 관리지역 선정에 역점을 두었다. 제주의 상주인구와 관광객 증감량을 구분하여 반영하였고, 제주의 특성을 반영하기 위하여 타 지역에서 볼 수 없는 곳자왈과 같은 환경자원항목을 추가하여 분석하였다는데 의의가 있다. 생태적 관점에 대해서는 생태발자국 지수를 이용한 연구도 진행된 바 있는데 제주도의 토지자원의 지속가능성을 평가하기 위해 섬이라는 공간상 제약을 가진 제주를 대상으로 토지이용 부문의 생태발자국 지수를 분석하고, 생태적으로 생산 가능한 토지면적을 산정하여 제주의 생태 적자를 평가하였다(Kim et al., 2018). 또한 에머지 관점에서 제주의 수용 능력을 평가하기 위해 2005년, 2015년의 자연 에너지 생산량, 화석 에너지 사용량, 농산물 및 산업자원 수출입량, 관광객 유입 인구수 등을 조사하였고, 이를 통해 2030년 제주의 에머지량을 평가하여 비교 분석하였다(Jung et al., 2018).

이와 같이 생태 및 환경에 대한 연구는 다양한 관점에서 수행된 바 있으나 관광이 주요 산업인 제주에서 시설 수용능력에 대한 평가는 미진한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제주도의 시설수용능력에 중점을 두고 제주도의 상주인구 및 관광객 증가를 반영하여 시설수용능력을 평가하고, 제주도의 입지적 여건과 산업특성을 반영한 변수를 고려하고자 한다. 제주도는 방문 관광객의 영향을 많이 받는 숙박 및 음식점업의 지역 내 총생산 기여도가 5.72%로 전국 평균 2.36%의 두 배가 넘어(Kosis, 2016) 지역 산업구조에서 관광이 차지하는 비중이 크다. 또한, 2006년 제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성에 따른 특별법에 근거하여 독자적인 개발 계획을 수립하고 있으며 섬이라는 입지적 특성과 수려한 자연환경을 기반으로 제주의 관광산업은 지속적으로 성장하였다. 이와 같은 제주의 행정적 특이성과 입지 및 산업 특성은 내륙의 타 지역과 차이를 갖는다. 이런 산업 확장의 이면에는 지역 주민의 인구과밀, 교통 체증, 상수도 및 에

너지 부족 문제를 유발할 수 있다. 또한, 제주도를 방문하는 관광객은 시설 혼잡도가 심화되어 제주에 대한 매력도가 낮아질 수 있고, 이는 제주도의 주요 산업의 축소로 이어질 우려가 있어 시설수용능력에 대한 정량적 평가가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 시설의 수용능력을 기반으로 지역의 환경용량을 산정하는 오니시 모델을 이용하여 제주도의 환경용량을 산정하고자 한다. 오니시 모델의 일반적 분석 대상인 공공시설에 대한 변수를 선정하여 수용능력을 분석하고, 제주도의 특성을 반영할 수 있는 변수를 도출하여 제주지역의 환경용량을 평가하고자 한다.

II. 연구자료 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구에서는 시설 수용능력에 대한 평가를 위해 환경용량 산정법 중 하나인 오니시 모델을 활용하여 제주특별자치도를 대상으로 환경용량을 산정하고자 한다. 제주특별자치도는 섬이라는 제한된 공간적 특성을 가지며 관광산업 중심지역으로 외부 인구 유입이 지속적으로 증가한다는 특성을 지닌 지역이다.

시간적 범위는 특별자치도 시행 전인 2005년과 제주 상주인구가 급증한 직후인 2015년의 환경용량 변화를 살펴보고, 제주특별자치도의 중장기 계획 목표해인 2025년의 환경용량을 예측한다.

2. 오니시 모델(Onishi model)의 개념

오니시 모델은 특정 지역의 개발을 통해 지속가능한 성장을 추구할 때 지역 내 환경용량을 평가하는 기법으로, 지역 내 기반시설의 수용용량평가 방식을 도입하여 동경 지역의 환경용량을 평가하는 것으로 시작되었다(Hwang et al., 2006). 오니시 모델은 한 지역이 개발과 성장을 반복하더라도 무한히 확장될 수 없다는 것을 기본 가설로 하며, 따라서 지역 내 인구가 편의시설 및 서비스를 쾌적하게 즐길 수 있는 인구와 경제활동의 규모에는 한계를 갖는다는 개념이다. 이 모델의 목적은 지역 내 운영 중인 공공 편의 시설 및 서비스에 관한 수요와 공급 간의 균형점을 찾아 지역의 지속 가능성을 평가하는 것이다. 이를 위해 해당 지역의 물 공급, 하수처리, 폐기물 처리, 철도, 도로, 주택, 대기오염과 같은 공공 서비스 항목을 변수로 설정하여 식 (1)과 같이 공급량을 산정할 수 있다. 여기서, C_s 는 지역 편의시설 및 서비스

X_i 의 공급에 의해 주어진 수용능력을 의미하며, X_i 는 여러 가지 지역의 편의시설 및 서비스를 의미한다.

$$C_s = f(X_i) \quad (1)$$

또한, 편의시설 및 수요량은 식 (2)와 같이 산정할 수 있다. 기반시설의 수요량은 지역 내 상주인구와 시외 통근 직장인을 모두 대상으로 하며, 제주도의 경우 통근 인구를 제주를 찾는 관광객으로 가정하여 지역 내 거주 인구가 쾌적하고 만족스러운 환경에서 지역 내 시설과 서비스를 이용할 수 있는지 평가한다. 여기서, C_d 는 지역 편의시설 및 서비스 필요수준 의미하며, P는 지역 내 상주인구, E는 시외 통근자 또는 관광객으로 정의한다.

$$C_d = g(P, E) \quad (2)$$

3. 환경용량 산정을 위한 변수 설정 및 분석방법

오니시 모델을 기반으로 한 환경용량 산정을 위해 일반변수와 특성변수를 선정하였다. 일반변수는 지역 내 거주하는 주민이 일정 수준의 생활을 유지할 수 있도록 하는 기반시설을 의미하고, 특성변수는 지역의 산업 및 입지와 같은 특성을 반영한 변수이다. 본 연구에서는 일반변수 항목으로 물 공급, 하수처리, 폐기물처리, 대기오염 항목을 선정하여 분석하였고, 제주의 특성을 반영하는 변수로 섬이라는 입지적 특성을 반영한 공항과 항만 시설을 변수로 선정하였고, 산업적 특성을 반영하여 관광산업 중심인 제주도의 수용능력 평가를 위해 숙박시설을 변수로 선정하였다.

선정한 변수를 토대로 2005년부터 2015년까지 제주도의 시설수용능력 현황을 분석한다. 또한, 2025년까지 제주도의 상주인구 및 관광객 수를 추정하여 추정된 인구를 기반으로 제주도의 시설수용능력을 예측한다.

가. 제주도 상주인구 및 관광객 수 추정

제주도 관광 수요 예측을 위한 연구는 지속적으로 수행되고 있으며, 그에 따라 제주도 방문객 수 추정에 관한 연구도 이루어지고 있다. 이 중 로지스틱 곡선을 이용한 방문객 수 예측방법은 관광지 수명주기 이론의 성장한계를 설명하는데 적합한 방법으로 알려져 있다(Song and Kim, 2011).

제주도는 국내뿐만 아니라 해외에도 유명한 관광지이므로 제주도의 관광 특성에 부합하는 방문객 수요 예측을 위해서는 내국인과 외국인 방문객을 구별하여 추계하고 이를 연구에 반영하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

Table 1. Estimation of residents and tourists in Jeju using regression models

Year	Residents	Tourists		Transient population (Tourists converted with stay days)			Population by Logistic prediction	Population by interval growth rate
		Locals	Foreigners	Locals	Foreigners	Total		
2005	559,747	4,641,552	378,723	64,600	4,617	69,217	-	-
2010	577,187	6,801,301	777,000	94,659	9,473	104,132	-	-
2015	641,355	11,040,135	2,624,260	153,654	31,994	185,648	-	-
2020	640,739	13,697,248	4,857,860	190,636	59,226	249,862	16,611,580	21,950,436
2025	750,000	24,311,599	8,035,405	187,897	62,103	250,000	23,797,854	33,712,463

하지만 선행연구(Song and Kim, 2011)에서 제시되는 관광 수요 예측 결과는 내국인과 외국인의 구별 없는 통합 수요에 대한 예측이 지배적이다.

본 연구에서는 2000년부터 제주를 방문한 관광객 수 자료를 토대로 추세분석을 수행하여 2025년까지 관광객 수를 예측하였으며, 내국인과 외국인을 구분하여 개별 증가추세를 시설수용능력 분석에 적용하였다. 또한, 수요 추세는 향후에도 관광수요가 지속적으로 증가할 것이라는 전제로 수행하였고, 내국인의 인구 감소, 관광 경험률 정체, 저가항공의 활성화, ‘둘레길’, ‘제주 한 달간 살아 보기’와 같은 제주 방문을 유도하는 외부 상황에 대한 사회적 변수는 제외하였다.

제주도의 시설수용능력 변동을 예측하기 위하여 제주도의 2020년과 2025년의 인구를 추산하였다. 제주도로 이주하는 상주인구를 포함하여 내국인과 외국인 관광객을 구분하여 추산하였다. 본 연구에서는 상주인구 추계의 경우 제주특별자치도(Jeju Special Self-Governing Province, 2017)에서 발표한 「2025년 제주특별자치도 도시기본계획」에서 제안한 75만 명을 고정하였고, 관광객 수는 2000년부터 제주도를 방문한 관광객 수 자료를 토대로 회귀모형을 구성하여 예측하였다. 또한, 선행연구(Song and Kim, 2011)에서 제안한 예측치와 본 연구의 회귀모형을 비교하여 인구 추계에 따른 영향을 분석하고자 하였다(Table 1).

선행연구에서는 1962년~2009년까지 제주 방문관광객 수를 기초 자료로 하여 로지스틱 예측치와 구간 증가율에 의한 제주지역 방문 관광객 수를 예측하였다. 또한, 구간 증가율 모형은 일반 추세분석과 유사한 방법으로 변곡점마다 증가율을 산정하고, 구간별로 달리 적용하여 산정하였다.

나. 일반 변수 설정

1) 상수도 공급

상수도 공급 시설용량 분석을 위해 제주도 통계연보에서 제공하는 기초통계자료를 활용하였으며, 2005년부터

2015년까지 상수도 공급현황을 분석하였다. 분석에 이용된 인구수는 주민등록통계에서 제시하고 있는 제주도 상주인구를 기준으로 한다. 급수 사용량을 보면 2015년 사용량은 2005년에 비해 약 54.5%가 증가한 수준으로 인구 증가율 12.7%에 비해 급격히 늘어나 이미 시설 가동률이 90%를 넘어선 실정이다.

2) 하수처리

하수처리 현황은 제주도 통계연보에서 제공하는 오수 발생량과 하수종말처리장의 시설용량을 기반으로 산정하였다. 제주도의 인구는 지속적으로 증가했음에도 불구하고 오수 발생량은 감소하는 추세를 보였다. 하지만 발생 총량의 증가로 시설 가동률은 90%를 육박하여 시설 증설을 통해 2015년 기준 71%까지 낮추었다.

3) 폐기물 처리

제주도의 1인 당 생활폐기물 발생량은 전국 평균에 비해 높은 값을 보이는데 이는 급격한 인구증가와 방문 관광객에 의해 발생하는 폐기물량이 포함되기 때문인 것으로 판단된다. 제주도 내에는 폐기물 매립장이 10개소가 운영 중이나 2018년까지 만료되는 지역이 4개소이며, 2025년 이내에 만료되는 지역이 5개소로(Jeju Special Self-Governing Province, 2015) 지속적으로 증가하는 상주인구 및 관광객의 처리용량을 감당하기 어려울 것으로 예상된다.

제주도 내에서 발생하는 폐기물은 도민에 의한 발생량과 관광객에 의한 발생량으로 구분할 수 있으나, 물리적으로 구분하여 통계조사가 불가능하기 때문에 별도의 산정식을 이용하여 예측할 수 있다. 관광객에 의한 폐기물 발생량 추정은 관광객 수와 관광객의 제주 체류기간을 고려하여 전체 발생량에서 관광객에 의해 발생한 폐기물량을 예측할 수 있다. 식에 포함된 제주 방문 관광객의 도내 체류기간 자료는 제주특별자치도에서 2013년부터 내국인과 외국인 관광객을 대상으로 설문조사하여 획득한 자료를 기초로 조사된 내용을 참조하였다.

4) 대기오염

제주도의 대기오염 수준을 평가하기 위해 한국, 미국 그리고 유럽 기준을 대상으로 분석하였다. 2010년부터 2016년까지 통계 자료를 기초로 제주도의 대기오염 변화를 분석하였다. 평가 항목은 아황산가스, 일산화탄소, 이산화질소, 먼지, 오존 발생량 자료를 수집하여 분석하였으며, 먼지의 경우 PM₁₀ 기준을 적용하였다.

다. 제주도 특성 변수 설정

제주특별자치도는 산업특성은 관광 중심지역이며, 입지 특성은 섬이라는 특수성을 갖는다. 따라서 공항 및 항만이 제주도 접근에 주요 교통수단이 되므로, 공항, 항만을 특성 변수로 선정하였고, 관광객을 위한 숙박시설 포화도를 평가하여 시설 수용능력을 분석한다.

1) 공항

본 연구에서는 공항 이용에 있어 제주 주민 또는 관광객이 주로 이용하는 여객 터미널의 수용능력을 중점적으로 분석하여 공항이 제공하는 서비스 수준을 평가하고자 하였다. 제주도는 1개의 국제공항이 운영 중에 있으나, 제주도 방문객 수의 지속적인 증가로 인해 제주 신공항에 대한 필요성이 증대되었다. 이로써 제2공항 건설에 대한 계획이 수립되어, 본 연구에서도 제2공항이 운영될 경우를 고려하여 제주도 공항의 서비스 수준의 변동을 살펴보고자 한다.

제주공항은 김포공항, 김해공항과 함께 대형거점공항으로 분류되며 5차 공항개발 중장기 종합계획에서 예측된 내용을 살펴보면 연평균 증가율 2.9%로 전국 공항 중 가장 큰 증가폭을 보일 것으로 예상되며, 연간 여객 수요 증감비율이 지속적으로 증가하는 유일한 공항으로 나타났다. 제주공항의 시설규모는 2015년 기준 Table 2와 같으며, 2015년 실적에서 활주로 이용률은 92%에 이르렀고, 국내선 여객터미널은 104%로 조사되어 이미 용량을 초과한 것으로 분석되었다.

공항의 전반적인 여객처리 용량 측정에 사용하는 기준은 통상적으로 연간 여객수를 가지고 판단하는 것이 일반적이거나 여객터미널의 시설규모 산정 시에는 피크시

Table 2. Facility Status of Jeju Airport

Facility		Scale	Capacity ¹⁾	Record ²⁾
Runway		3,180×45m 1,910×45m	17.2	159
Passenger Terminal	Domestic	68,639m ²	23.3	24.2
	International	27,156m ²	2.63	1.99

¹⁾ Unit: Runway (time/year), Passenger Terminal (million people/year)
²⁾ Unit: Runway (thousand times), Passenger Terminal (million people/year)

Table 3. Table for calculating passenger concentration and number of passengers at peak seasons

Passengers per year (10 thousand people)	Passenger concentration at peak season (%)	Passengers at peak season
over 3,000	0.030	7,500-9,000
2,500-3,000	0.030	6,000-7,500
2,000-2,500	0.030	4,950-6,600
1,500-2,000	0.033	3,800-5,700
1,000-1,500	0.038	3,375-4,500
750-1,000	0.045	2,350-3,525
500-750	0.047	1,920-2,400

간의 여객수를 적용하여 산정하도록 하였다(Richard and Amedeo, 2003). 피크 시 여객집중률 및 피크 시 여객수 산정표는 3차 공항개발중장기종합계획에서 미연방항공청에서 제시하는 피크 시 집중률을 기초로 국내공항의 여객수요분포 실정에 부합하도록 세부조정을 거친 후 제 공한 자료를 Table 3과 같이 이용하였다.

제주공항의 연간 여객 수를 적용하여 공항의 피크 시 여객 수가 결정되면 피크 시 여객 1인당 소요면적을 고려하여 여객터미널의 적정 규모를 산출한다. 피크 시 여객 1인당 소요면적은 국내 공항의 터미널 용량을 산정하는 기준으로 이용되며, 공항 구축 계획 시 터미널의 면적을 산정하는 수단으로 활용된다. 여객서비스수준(Level of Service: LOS)은 공항의 질적인 수준을 나타내는 척도로 이용되며 공간 점유정도에 따라 공간의 혼잡도 및 동선의 이동 시 원활도를 나타내는 주요한 지표의 하나이며(IATA, 2004), Table 4와 같다. 통상적으로 공항의 규모에 따른 여객터미널 면적 대비 연간여객처리능력산정은 여객터미널의 한계용량 개념으로 산정하는 경우가 일반적이다(Park and Park, 2010).

2) 항만

본 연구에서는 관광중심 지역이라는 제주 특성을 반영한 특성 변수로 항만을 선정하였기 때문에 크루즈 여객 수의 증감을 기초 자료로 하여 관광객 수를 추계하여 살펴보

Table 4. Size and service level of domestic passenger terminal by airport type

Level of Service (LOS)	LOS A	LOS B	LOS C	LOS C	LOS E
Space requirement at peak season (m ² /person)	12.7	10.9	9.3	7.9	6.5
Airport	Large hub	●			
	Small hub			●	
	Other				●

고 여객 터미널의 시설수용능력에 대해 평가하였다.

제주항은 건설시기가 오래되어 항만 규모가 협소하고 공간 확장성이 낮아 새로운 사업계획수립이 어렵다. 또한 크루즈를 이용해 제주를 방문하는 관광객 수용능력이 제한적이기 때문에 안전사고 발생 및 관광객의 불편이 발생하여 서비스 질의 저하가 우려되는 실정이다. 이와 같은 문제를 해소하고 민군복합형 항만의 조성을 위해 서귀포 강정마을에 강정 민군복합형관광미항을 조성하여 2017년 개항하였고, 이로써 15만 톤 급 2척을 정박할 수 있도록 항만을 신설하여 시설용량을 확보하였다.

크루즈를 통해 제주에 입도하는 관광객 수는 2016년 약 120만 명에 이르렀고, 이는 2006년 대비 약 103.8%가 증가한 인원이다. 그러나 외교적 이슈와 감염성 질환 등의 유행으로 제주를 찾는 관광객의 수가 급감하는 경향을 보여 크루즈 시장의 변동이 큰 것으로 나타났다.

3) 숙박시설

관광숙박시설의 시설수용능력 산정은 관광객 방문이 최대일 때 숙박수요와 공급능력의 비교를 통해 과부족을 평가하였다(Jeong, 2014). 숙박시설 수용능력을 평가하는데 반영한 관광객 수는 크루즈 관광객 수를 제외하고 적용하였다. 크루즈를 이용한 관광객의 수가 지속적인 증가 추세를 보이고 있지만, 크루즈 관광객 수는 숙박시설을 이용하지 않는 것이 통상적이므로 크루즈를 통해 입도한 관광객의 수를 제외하고 산정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반변수에 따른 시설수용능력 분석 결과

가. 상수도 공급

제주도의 상수도 공급률은 100%를 달성한지 오래지만

상주인구의 증가와 방문관광객의 지속적인 증가추세로 1인당 급수사용량은 2005년 약 19만 m³/일에서 2015년 약 41.8만m³/일로 2배 이상 급증한 것으로 나타났다. 1인당 급수사용량 또한 2005년 340 l 에서 2015년 652 l 증가하여 10년 간 약 219%가 상승하여 제주 인구증가율 14.6%에 비해 대폭 증가한 것으로 나타났다.

이는 제주도 통계연보 조사에서 상주인구만을 대상으로 하고 있으나 2005년에서 2015년까지 관광객 인구가 3배가량 증가한 것으로 미루어 보아 실제 상주인구 증가분보다 관광객 증가에 따른 사용량 급증이 상수도 이용 증가에 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다. 이와 같은 문제로 2010년에 시설용량을 증대하였고, 노후시설 운영 중단으로 2012년 452,825m³/일까지 감소하였다가 2014년 재증설을 통해 2015년 462,057m³/일, 2016년 482,953m³/일로 늘어났다(Jeju Special Self-Governing Province, 2015). 사용량을 기준으로 살펴보면(Table 5) 시설 가동률은 2015년 이미 90%에 육박하였고, 2020년에는 시설 가동률이 108%에 이르러 시설용량이 포화될 것으로 예측되었다. 여기에 추가 증설 또는 수자원 정책이 도입되지 않는다고 가정할 때 2025년에는 시설 가동률이 135%까지 증가할 것으로 예측되었다. 또한, 2015년 기준 제주도의 유수율은 44.5%로 전국 평균 84.3%에 절반 수준으로 조사되었고, 누수율은 41.7%로 전국 평균 10.9%보다 4배가량 상회하는 것으로 나타나 효율적인 물관리가 필요할 것으로 판단된다.

제주도는 향후 상주인구 및 관광객이 꾸준히 증가할 것으로 예상됨에 따라 필요수량이 지속적으로 증가할 것이고 여름철 관광객 방문이 집중되면 중산간지역의 급수난이 빈번할 것으로 예상된다. 제주도는 지형학적 특성상 저수지와 같은 인공 수원공을 축조하기 어려운 곳으로 지하수의 활용이 매우 중요한 지역이며, 따라서 지하수 관리와 사용량 조절이 수반되어야 할 것으로 판단되고, 급수관 시설 개선으로 유수율을 증진시킬 수 있는 방안을 모색해야 할 것으로 사료된다.

Table 5. Prediction of carrying capacity of water supply facilities in Jeju

Year	Population			Water Supply penetration (%)	Water consumption per person (l/person/day)	Water consumption (m ³ /day)	Water supply capacity (m ³ /day)	Operating of water supply (%)
	Residents	Transients	Water supply population					
2005	559,747	69,217	559,747	100	340	190,476	451,548	42.18
2010	577,187	104,132	577,187	100	347	200,259	511,125	39.18
2015	641,355	185,648	641,355	100	652	418,324	462,057	90.54
2020	640,739	249,862	890,601	100	587	522,905	482,953	108.27
2025	750,000	250,000	1,000,000	100	654	653,631	482,953	135.34

Table 6. Prediction of carrying capacity of wastewater treatment facilities in Jeju

Year	Population			Wastewater (m ³ /day)	Wastewater per person (m ³ /person/day)	Wastewater treatment capacity (m ³ /day)	Operating rate of wastewater treatment (%)
	Residents	Transients	Treatment population				
2005	559,747	69,217	559,747	154,364	0.276	178,369	86.54
2010	577,187	104,132	577,187	175,900	0.305	197,000	89.29
2015	641,355	185,648	641,355	166,752	0.260	234,431	71.13
2020	640,739	249,862	890,601	223,152	0.267	234,431	101.40
2025	750,000	250,000	1,000,000	236,541	0.247	234,431	105.35

나. 하수처리

제주도의 하수도 처리량 예측을 위해 총발생량은 2010년부터 2017년까지 증가율인 5.9%를 적용하여 예측하였다. 이는 연평균 값으로 성수기에 발생하는 침투치 보다 과소평가 될 수 있다. 1일 1인 발생량은 2020년 0.267m³/인/일로 예측되었고, 그 이후 소폭의 하락세를 보이거나 이는 인구증가율에 비해 발생량 증가추세가 완화되어 감소하는 것으로 판단된다. 2020년에 시설 가동률은 101.4%로 증가하여 시설용량을 초과하게 될 것으로 예측되었으며, 2025년 105.3%로 증설이 필요할 것으로 분석되었다(Table 6).

하수처리장 시설 가동률은 이미 2005년부터 80%를 초과하였는데, 이는 환경부 제공 ‘하수도 시설기준’에서 제시하는 하수처리장의 적정가동률 70~80%를 이미 웃돌아 시설용량을 초과하였다고 평가할 수 있다.

제주도에서는 이와 같은 문제를 해소하기 위해 2025년까지 기존 설비를 전면 개량하고 시설 증설 계획을 수립하였다. 또한, 제주도에서는 시설용량의 증설뿐만 아니라 시설의 현대화 및 자동화를 통해 지상에 있는 하수 처리시설을 지하로 이전하여 인근 지역 주민이 겪던 악취 문제를 해결하고자 노력하고 있다. 또한 대규모 하수가 발생하는 사업장에서는 자체 정류 시설을 갖추도록 하고, 중산간 마을 10개소에 설치된 농어촌 마을 하수도를 전면적으로 확충해 처리용량을 증가시킬 계획을 수립하고 있다.

제주도 시설수용능력 증진뿐만 아니라 천혜의 환경을

보전하기 위해서는 하수처리시설의 시설용량 부족으로 침전물 처리와 미생물 분해 등 각종 처리를 거치지 못한 오폐수가 바다에 방류되는 일이 없도록 하수처리시설 확충이 반드시 필요할 것으로 사료된다.

다. 폐기물 처리

생활폐기물 발생량은 2013년 관광객 제주도 체류기간이 산정되면서 총량에서 관광객에 의해 발생하는 양을 분리할 수 있게 되어, 폐기물 발생량 예측 또한 도민과 관광객 발생량으로 구분하여 예측하였다. 2013년 체류일수가 산정되었기 때문에 2005년과 2010년은 2013년 기준으로 체류일수를 가정하여 산정하였고, 2020년 예측 결과는 2016년 기준 체류일수를 적용하여 예측하였다.

2005년 내국인 관광객의 폐기물 발생량은 55.82m³/일로 도민의 수가 내국인 관광객의 12%에 불과하지만 다양한 종류의 생활폐기물을 발생시키기 때문에 발생량의 차이가 큰 것으로 판단된다. 도민 1인 1일 발생량이 지속적으로 감소하는 반면 관광객 폐기물 발생은 꾸준히 증가하는 경향을 보이고 있는 것으로 나타났다. 폐기물량을 추산한 결과 2015년 대비 2025년 외국인 관광객 폐기물 발생량은 3배 이상 증가하였고, 내국인 관광객 폐기물 발생량도 2배 이상 증가량을 보일 것으로 추산되었다. 이는 관광객 인구의 증가가 도내 폐기물량 발생에 큰 영향을 미치는 것을 증명하는 것으로 판단된다(Table 7).

Table 7. Estimation of waste disposal generated by local and foreign tourists

Year	Waste generation (ton/day)			Waste disposal (ton/day)				Landfill capacity (ton/day)		
	Residents	Tourists		Landfill	Incineration	Recycle	Total	Total landfill capacity	Existing	Remaining
		Locals	Foreigners							
2005	583.19	55.82	4.60	116.30	172.70	354.60	643.60	3,208,913	2,128,165	1,080,748
2010	553.83	75.95	9.01	122.10	179.20	337.50	638.80	2,665,824	1,980,125	685,699
2015	882.43	224.64	55.23	278.60	226.50	657.20	1,162.30	2,966,594	2,681,033	285,761
2020	893.13	298.50	110.15				1,301.78	2,966,594		
2025	836.27	453.28	168.44				1,457.99	2,966,594		

제주도의 폐기물 처리는 폐기물 발생량의 급격한 증가도 해결해야 할 문제의 한 축이지만, 처리시설의 포화 문제가 더 시급하다. 제주도에는 총 10개소의 생활 폐기물 매립지가 있으나 2015년 처리 기준을 적용하여 산출하면 2.81년 후 전체 매립지가 포화되어 매립에 의한 폐기물 처리는 불가능해질 것으로 전망되었다. 제주도는 기타 지역과 달리 매립비율이 증가하는 추세에 있어 포화 시기는 좀 더 앞당겨 질 가능성도 배제할 수 없다. 이에 따라 제주도는 2017년 쓰레기 감량 및 재활용품 분리수거를 확대하기 위한 정책으로 「생활쓰레기 요일별 배출제」를 「재활용품 요일별 배출제」로 개선하여 제주도 전 지역에서 시행하고 있다. 제주도는 섬이라는 공간상의 제약으로 매립지 및 소각시설 등을 증설하는데 한계가 있어 발생량 감축과 재활용 비율 증진에 노력을 기울여야 할 것으로 판단된다.

라. 대기오염

제주도의 대기환경을 평가하고자 대기오염 물질의 시계열적 분포를 살펴보았다.

아황산가스의 경우 제주시 이도동이 가장 큰 값을 보였고, 이는 한국 기준을 2배가량 초과하는 값으로 나타났다. 제주시 이도동은 제주공항과 제주항 연안여객터미널 사이에 위치한 지역으로 또 다른 측정 장소인 연동과 불과 5km 떨어진 장소이지만 2012년 연동을 앞선 이후 지속적인 상승세를 보이고 2016년 0.004ppm/year의 값을 보여 한국 기준치 2배 초과, 서귀포시 보다 2배 높은 값을 보였다. 서귀포시는 제주시와 비슷한 수준을 보였으나 2015년 증가하였다가 2016년 다시 감소하여 한국 기준치를 만족하는 것으로 나타났다.

일산화탄소는 제주 전 지역에서 기준치에 못 미치는 값을 보였으며, 큰 변동이나 차이가 없는 것으로 나타났다. 제주시 모든 지역에서 0.3-0.4ppm/8hours를 보여 일산화탄소량은 매우 안정적인 것으로 평가되었다.

이산화질소는 미국 기준이 0.053ppm/year로 가장 높으며 유럽기준이 0.021ppm/year로 가장 낮은 값을 보인다. 국내 기준은 0.030ppm/year이며 제주 모든 지역에서 국내 기준은 물론 유럽 기준까지 만족하는 값을 보이는 것으로 나타났다.

먼지는 PM₁₀을 기준으로 살펴보았으며, 유럽 기준은 40 μ g/m³/year, 우리나라 기준은 50 μ g/m³/year이나, 제주시 이도동은 2010년부터 지속적으로 감소하는 추세였으나 2013년부터 다시 증가하였고, 2015년과 2016년은 46 μ g/m³/year로 조사되었다. 먼지 또한 서귀포시가 제주시 보다 낮은 값을 보였고, 서귀포시는 2012년, 2013년, 2016년에 40 μ g/m³/year 이하의 값을 보여 유럽 기준도 만족하

는 것으로 나타났다.

제주도는 자동차 유해 배출가스로 규정된 일산화탄소와 이산화질소에 따른 오염정도가 2017년 3월 기준 월평균 0.3ppm으로 세종시를 포함한 전국 17개 지자체 중 가장 낮은 수치를 보였다. 또한, 이산화질소 역시 전국 최저치인 0.014ppm으로 조사되었으며, 가장 높은 값을 보인 경기도 0.034ppm의 절반 수준으로 나타났다.

이와 같은 결과는 제주도의 입지적 특성도 반영되지만 제주도의 전기차 보급사업의 영향도 있을 것으로 판단된다. 제주의 전기차 점유율은 1%를 넘어(2016년 9월 30일 기준) 제주도 내 전체 차량 34만 8324대 중 전기차 등록 대수가 3,608대로 조사되어 ‘탄소 없는 섬’ 만들기에 노력을 기울이고 있다. 같은 시점 국내 전기차 등록 대수는 8,071대의 약 45%에 해당하고, 국내 전체 전기차 등록 비율 0.037%와 비교하면 의미 있는 수치로 평가할 수 있다. 제주도는 전기차 보급 활성화를 위해 충전소 확충 및 충전소 의무설치 등 다양한 정책을 펼치고 있어 점유율 증진을 지속하여 추진하고 있어 청정 제주를 유지하려는 노력을 기울이고 있다.

2. 제주도 특성변수에 따른 시설수용능력 분석 결과

가. 공항

제주도는 섬이라는 입지적 특성으로 항공이 타 지역에 비해 제주도의 주요 교통수단이다. 따라서 항공수단을 이용하는 공항에 대한 시설용량 산정은 제주도 주민의 삶의 수준 유지와 지속가능한 관광산업을 위해 중요한 문제이다. 제주 공항은 이미 여러 기관에서 수행한 시설수용능력 평가에서 2018년~2019년 수용능력이 포화될 것이라는 예측이 지배적이다. 제주도는 이와 같은 문제를 인지하고 위해 2025년 제2공항을 신설하여 제주의 유입인구를 분산하려는 노력을 기울이고 있다. 본 연구에서는 피크 시 1인당 점유면적의 평가를 통해 공항 여객터미널의 시설 수용도를 평가하고, 2025년 제2공항이 건설되었을 경우를 고려하여 공항 시설 수용도를 평가하고자 하였다. 또한, 공항 시설수용능력 평가에서는 제2공항 운영 이후 개선 사항을 살펴보기 위해 분석의 시간적 범위를 2030년까지로 확장하였다.

그 결과 제1공항은 관광객의 급증으로 피크 시 여객수를 고려할 때 실적 달성률은 이미 2005년 100%를 초과하였고 제1공항만 2030년까지 운영할 경우 실적 달성률은 200%를 초과하기 때문에 서비스의 질이 매우 하락할 것으로 예측되었다. 서비스 수준별 등급(Level of Service: LOS)로 평가할 때 제1공항만 운영할 경우 2010년부터 피크 시는 최하등급인 E등급의 기준인 6.5m²/인에 미치지 못할 것

Table 8. Estimation of carrying capacity of Jeju airports regarding service grade

Year	Terminal area (m ²)		Annual passenger demand (Thousand people)				Record at peak season (%)		Occupied area per person at peak season (m ² /person)				Service grade	
			Capacity		Passengers				Capacity area		Occupied area			
	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
2000	44,747	-	10,100	-	8,733	-	86.47	-	11.66	-	13.48	-	A	-
2005	44,747	-	10,100	-	10,749	-	106.43	-	11.66	-	10.95	-	A	-
2010	44,747	-	10,100	-	17,202	-	170.32	-	13.43	-	7.88	-	E	-
2015	68,639	-	20,200	-	26,383	-	130.61	-	11.33	-	8.67	-	D	-
2020	68,639	-	20,200	-	32,110	-	158.96	-	11.33	-	7.13	-	E	-
2025	68,639	167,000	20,200	25,000	19,695	19,695	97.50	78.78	10.30	20.24	10.56	25.69	B	A
2030	68,639	167,000	20,200	25,000	22,120	22,120	109.50	88.48	11.33	22.27	10.34	25.17	B	A

으로 산정되었고, 2030년 부족면적이 6.155m²/인에 이르게 되어 여객터미널 내 혼잡도가 극심할 것으로 예상되었다 (Table 8).

2025년 제2공항의 수용인원을 전체 추정 관광객의 50%로 가정할 경우 관광객의 증가로 1공항과 2공항은 각각 19,695천 명을 수용하게 되며 이 때 제1공항의 실적 달성률은 97.5%로 포화에 근접하게 되고, 제2공항은 78.8%가 될 것으로 예측되었다. 이 때 서비스 등급은 1공항의 경우 2025년 10.56m², 2030년 10.34m²로 B등급까지 개선될 수 있을 것으로 보인다. 제주 제1공항의 서비스 등급을 A등급으로 상향 조정하고자 한다면, 제2공항의 수용인원을 조정할 필요가 있다. 이때 제2공항이 전체 추정 관광객 수의 60%를 수용할 경우 제1공항의 실적 달성률은 2025년 78%, 2030년 87%로 안정화 될 것으로 예측되었으며, 서비스 등급 또한 A등급으로 상향 조정이 가능할 것으로 판단된다.

나. 항만

항만건설 계획 초기 제주항 국제여객터미널 동시 최대 수용력은 365,000명으로 일 최대 1,000명/일 수용을 목표로 시설용량을 산정하였으나, 이후 증설사업을 통해 2017

년 기준 최대 수용인원이 3,000명/일까지 증가하였다. 2000년대 초반 제주를 찾은 크루즈 관광객은 753명에 불과하였으나 제주도의 홍보와 국제적 인지도 상승으로 2015년 285회 입항에 약 62만 명이 제주를 방문하였고, 2016년에는 507회 입항에 120만 명을 유치하여 제주항의 수용능력을 초과한 것으로 분석되었다. 이에 따라 제주도는 강정 민군복합 관광미항을 2017년 개항하여 크루즈 관광객의 제주항 집중을 분산시키고, 대형 크루즈선의 입항이 용이하도록 항만 시설을 증설하였다. 강정항은 15톤급 크루즈 여객선 3척의 동시접안이 가능하다는 장점이 있어 제주도의 본격적인 크루즈 관광사업의 발판으로 삼고 있으며 22만 톤급 크루즈 또한 2척 동시 접안이 가능하여 국제적 크루즈 관광지로 발돋움하고 있다. 하지만 정치·경제적 문제로 중국과의 국제적 갈등이 고조될 때마다 관광객 수의 변동이 크다는 잠재적 문제를 안고 있어 중국시장 중심의 크루즈 산업 활성화를 벗어나 시장 다변화 방안을 모색해야 할 것으로 판단된다(Table 9).

제주 국제여객터미널 수용용량을 고려한 실적 달성률을 살펴보면 제주항은 2016년 이미 시설 수용용량을 초과하였고, 이로 인해 터미널 내 혼잡도가 증가하였음을 알 수 있다. 제주항의 크루즈 접안 능력은 15톤급 선박이 최

Table 9. Estimation of terminal carrying capacity and passengers by cruise in Jeju and Gangjeong ports

Year	Entry into port (Times)		Passengers (People)		Carrying capacity of terminal		Record (%)	
	Jeju	Gangjeong	Jeju	Gangjeong	Jeju	Gangjeong	Jeju	Gangjeong
2015	285	-	622,068	-	1,095,000	-	56.81	-
2016	507	-	1,200,000	-	1,095,000	-	109.59	-
2017	525	178	991,428	508,571	1,095,000	1,825,000	90.54	27.86
2018	850	350	1,640,000	610,285	1,095,000	1,825,000	149.77	33.44
2019	900	500	2,000,000	732,342	1,095,000	1,825,000	182.65	40.12
2020	1,000	800	2,200,000	878,810	1,095,000	1,825,000	200.91	48.15

Table 10. Estimation of carrying capacity of superior tourist hotels in Jeju

(Unit : thousand people)

Year	Tourists			Tourist at peak season	Cruise visitors	Tourists except for cruise visitors	Average tourists per day	Tourists staying hotel	Superior tourist hotel			
	Locals	Foreigners	Total						Total guest	Total rooms	Room share ratio	Room required at pek season
			a									
2005	4,641	378	5,020	517	48	468	15	14	2	5,014	5,899	3,757
2010	6,801	777	7,578	780	72	707	22	22	3	7,569	8,905	5,672
2015	11,040	2,624	13,664	1,407	130	1,276	41	40	6	13,648	16,056	10,227
2020	16,252	3,834	20,087	2,069	192	1,876	60	59	9	20,063	23,603	15,034
2025	24,311	8,035	32,347	3,331	309	3,021	97	96	15	32,307	38,009	24,209

대로 1회 수송 여객수의 제한이 있으나, 주요 시장인 중국의 크루즈 프로그램 시간이 5~6시간으로 크루즈 입항이 빈번하고, 크루즈 시장의 확대를 모색하고 있으므로 하선 여객에게 제공되는 서비스 품질 개선을 위한 노력이 요구된다.

다. 숙박시설

숙박시설의 시설수용능력을 평가하기 위해 수요-공급 분석을 통해 필요 객실수를 산정한 결과(Table 10) 최대 성수기에 특급 관광호텔 필요 객실 수는 2025년 24,209실로 도출되었다. 2015년 기준 제주에 위치한 특급 관광호텔 전체 객실 수는 5,381실로 2025년 수요량을 만족하기 위해서는 18,828실이 추가 공급되어야 할 것으로 분석되었다. 하지만 이는 최대 성수기에 특급 관광호텔이라는 제한조건이 있어 비수기에는 과다 공급이 될 우려가 있다. 또한, 신화역사공원과 같은 대규모 휴양시설의 증가 추세가 특급 관광호텔의 수요를 감소시킬 수 있고, 양적 증가에서 질적 증가를 추구하면서 여름뿐만 아니라 연중 운영 가능한 콘텐츠를 개발하면서 최대 성수기의 집중도가 낮아 질 것으로 사료된다.

또한, 제주도는 크루즈 관광을 활성화하여 제주 지역 상권과 연계한 1조 원 규모의 관광 시장 개발을 목표로 하고 강정 민군복합관광미항 개항 및 제주 신항 개발 등 크루즈 접안 능력 상상을 통해 관광객 방문을 늘리고자 노력하고 있다. 그러나 크루즈 관광은 하선 후 숙박시설을 이용하지 않는다는 한계가 있어 크루즈 시장의 활성화가 제주 숙박시설 이용에 미칠 영향에 대한 평가가 이루어져야 할 필요가 있을 것으로 사료된다.

또한, 공유재산 개념이 확산됨에 따라 주택 공유 플랫폼이 등장하였고, 우리나라 시장도 급격하게 증가 추세를 맞고 있다. 제주도 또한 주택 공유 플랫폼 이용이 증

가 추세에 있어 제주 숙박시설 형태 다변화에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

IV. 결 론

오니시 모델은 도시 기반시설의 용량과 처리 현황을 통해 도시 내 환경관리 적절성 여부를 평가할 수 있는 객관적 지표이다. 본 연구에서는 제주도의 시설환경용량 평가를 위해 오니시 모델에서 다루는 일반변수 중 상수도 공급, 하수처리, 폐기물 처리, 대기오염에 관해 시설 용량과 처리현황을 분석하였으며, 제주도 특성을 반영한 변수로 공항, 항만, 숙박시설에 대한 시설수용능력을 평가하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 제주도는 상수도 공급률이 100%를 달성하여 물 공급이 상수도 공급이 미치지 못하는 지역은 없었지만 2020년 시설 가동률이 108%에 이르고 증설이 없다는 가정 하에 2025년은 가동률 135%로 원활한 물 공급이 어려울 것으로 판단되었다. 또한 기타 지역에 비해 유수율이 현저히 떨어져 손실량이 많은 것으로 조사되어 효율적 물관리 방안의 도입이 필요할 것으로 사료된다.
2. 하수처리장 시설 가동률은 관광객이 집중되는 시기의 침투값을 적용하지 못한 연구의 한계를 보였음에도 불구하고, 2005년부터 80%를 상회하여 환경부 적정 가동률 권고사항을 초과하여 시설용량 증설이 반드시 필요한 항목으로 평가되었다. 또한 이와 같은 시설부족이 제주도의 환경오염과 이어지지 않도록 관리가 요구된다.
3. 폐기물 처리 시설용량 산정은 방문객 체류일수를 고려하여 산정하였다. 상주인구 발생량은 관광객 인구의 12%에 불과하지만 일상생활에서 발생하는 폐기물이

관광객에 의해 발생하는 폐기물량보다 많은 것으로 산정되었다. 제주도의 매립지 포화 시기가 2015년 기준 2.81년으로 예측되어 재활용을 제외한 폐기물 처리 문제가 시급한 것으로 분석되었다.

4. 대기오염 항목 분석결과 타 지자체에 비해 제주도의 대기오염 정도가 매우 양호한 상태임을 알 수 있었다. 또한, 전기차 보급 활성화 전략에서 전기차를 단순히 교통수단에서 제주도의 문화로 자리 잡을 수 있도록 상징화하는 사업이 필요할 것으로 생각되고, 전기차를 활용한 관광 프로그램과 코스를 설정하는 방안 또한 제주의 상징으로 전기차를 인지하는데 도움이 될 것으로 판단된다.
5. 제주의 특성변수로 고려한 공항은 섬이라는 제주의 입지적 특성 상 반드시 필요한 시설로 공항 이용의 편리성과 환경이 관광객에게 미치는 제주도 접근성과 연결되는 만큼 공항의 환경용량 산정은 중요한 항목으로 사료된다. 서비스 수준별 등급(Level of Service: LOS)로 평가할 때 1공항만 운영할 경우 2010년부터 피크 시는 최하등급인 E등급의 기준인 6.5m²/인에 미치지 못할 것으로 산정되었고, 2030년 부족면적이 6.155m²/인에 이르게 되어 여객 터미널 내 혼잡도가 극심할 것으로 예상되었다. 또한 2025년 제2공항의 수용인원을 전체 추정 관광객의 50%로 가정할 경우 관광객의 증가로 1공항과 2공항은 각각 19,695천 명을 수용하게 되며, 1공항의 실적 달성률은 97.5%로 포화에 근접하게 되고, 2공항은 78.8%가 될 것으로 예측되었다. 이 때 서비스 등급은 1공항의 경우 2025년 10.56m², 2030년 10.34m²으로 B등급까지 개선될 수 있을 것으로 보인다.
6. 항만시설의 경우 2015년 285회 입항에 약 62만 명이 제주를 방문하였고, 2016년에는 507회 입항에 120만 명을 유치하여 제주항의 수용능력을 초과한 것으로 분석되었다. 또한, 제주 신한만과 강정항을 성장 거점으로 삼아 동북아시아 크루즈 시장의 허브 역할을 기대하고 있다.
7. 숙박시설은 최대 성수기에 특급 관광호텔 필요 객실 수는 2025년 24,209실, 2030년 36,127실로 도출되었다. 2015년 기준 제주에 위치한 특급 관광호텔 전체 객실 수는 5,381실로 2025년 수요량을 만족하기 위해서는 18,828실이 추가 공급되어야 할 것으로 분석되었다. 그러나 향후 일반 호텔 및 공유형 숙박시설까지 고려한다면, 추가 공급될 수요량은 감소할 것으로 예상된다.

제주도가 지속가능하기 위해서는 제주도가 다시 찾고 싶은 섬, 아시아의 청정 지역, 신기술과 수려한 자연의

조화 등 관광지로써의 가치를 유지할 때 지속 가능해 질 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 양적 성장에서 질적 성장으로 방향의 전환이 필요한 시점이라고 판단되며 제주도의 수용능력을 기준으로 제주도 지역 주민의 삶의 질을 악화시키지 않는 범위에서 방문객을 유인할 수 있는 전략을 수립해야 할 것으로 사료된다.

References

1. Hwang, K., I. Hwang, S. Lee, S. Jo and K. Oh, 2006, Environmental Capacity Assessment of Busan City, *Journal of Environmental Impact Assessment*, 15(1): 79-92.
2. IATA, Airport Development Reference Manual, 2004.
3. Jeonbuk Development Institute, 2005, The Evaluation of the Environmental Carrying Capacity and Urban Development Capacity.
4. Jeon, S., 2011, Estimation and Application of Environment Carrying Capacity in Jeju, Jeju Development Institute, 15: 53-76.
5. Jeong, S., T. Ko and D. Yoon, 2015, An Exploratory Study for Estimating the Demand and Supply of Tourist Accommodations in Jeju, Jeju Development Institute.
6. Jeju Special Self-Governing Province, 2015, Statistical Yearbook of Jeju.
7. Jeju Special Self-Governing Province, 2017, 2025 Urban Planning of Jeju Special Self-Governing Province.
8. Jung, C. H., C. W. Kim, S. H. Kim and K. Suh, 2018, Analysis of Environmental Carrying Capacity with Emergy Perspective of Jeju Island, *Sustainability*, 10: 1681.
9. Kim, C. W., C. H. Jung, Y. A. Kim, S. H. Kim and K. Suh, 2018, Evaluation for Sustainability of Land Use in Jeju Island using Ecological Footprint(EF), *Journal of Korean Society Of Rural Planning*, 24(3): 43-54.
10. Kim, S., 2001, A Preliminary Study on Environmental Capacity Concept and Case Study Analysis, *The Korea Spatial Planning Review*, 32: 195-207.
11. Lim, J., J. Lee, 2002, A Study on the Environmental Carrying Capacity Assessment of Chongju City, *Journal of Environmental Impact Assessment*, 11(1): 25-36.
12. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2015, 5th Airport Development Mid-Long Term Comprehensive Plan
13. Park, J. and C. Park, 2010, A Study on Reasonable Size

- of Airport Passenger Terminal Followed by Changes of Aerial Demands in Domestic Air Service, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 26(1): 3-12.
14. Richard de Neufville & Amedeo R.Odoni, Airport Systems: Planning, Design, and Management, Mc Graw Hill, 2003.
15. Song, J., Y. Kim, 2011, A Study on the Destination Life Cycle –Focused on Jeju between the Period of 1962 and 2009-, *Journal of Tourism Management Research*, 49: 129-153.
16. Takashi O., 1994, A capacity Approach for Sustainable Urban Development : Empirical Study, *Regional Studies*, 28(1): 39-51.
-
- Received 19 February 2020
 - First Revised 3 April 2020
 - Second Revised 17 May 2020
 - Finally Revised 27 May 2020
 - Accepted 27 May 2020