

시스템 사고를 통한 생태관광자원의 지속가능한 관리방안 연구*

- 서울시 밤섬을 중심으로 -

Sustainable Management Plan of Eco-tourism Resources Using System Thinking: A Case Study of Bamseom in Seoul

최윤의** · 유수진*** · 함은경**** · 송기환**** · 전진형****

Choi, Yun-Eui · You, Soo-Jin · Ham, Eun-Kyung · Song, Ki-Hwan · Chon, Jin-Hyung

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the relationship between biological resources and harmful elements to the environment using system thinking, and to suggest a sustainable management plan regarding harmful elements to the environment. In the results of this study, four causal loop diagrams were developed, and a mutuality among variables was found. From this, applicable major variables for a management plan were elicited. Consequently, a synthesized causal loop diagram was able to be constructed, and elements for a management plan about harmful elements to the environment in Bamseom could be elicited. Results from this study contribute to a sustainable management plan sought by system thinking about harmful elements to the environment through tourism activity in Bamseom. This will, in turn, aid in maintenance of the ecosystem of Ramsar Wetland and enable sustainable tourism activity.

핵심용어(Key words) : 생물자원(Biological resources),
흰꼬리수리(Haliaeetus albicilla),
유해환경(Harmful elements),
인과지도(Causal loop diagram)

* 이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2013R1A1A2013456)

** 고려대학교 대학원 환경생태공학과 석박사통합수료. e-mail: choiuni313@korea.ac.kr

*** 고려대학교 대학원 환경생태공학과 박사과정. e-mail: 11ysj@korea.ac.kr

**** 고려대학교 대학원 환경생태공학과 석사과정. e-mail: 2006220024@korea.ac.kr

***** 고려대학교 대학원 환경생태공학과 석사과정. e-mail: hyulsamoon@korea.ac.kr

***** 고려대학교 환경생태공학부 부교수(교신저자). e-mail: jchon@korea.ac.kr

I. 서 론

습지는 물의 정화, 동·식물의 서식지 제공, 기후 안정화 등 환경적 측면뿐만 아니라 생태교육, 생태관광 등 사회·경제 및 문화적 측면에서도 매우 중요한 가치를 가진다. 국제사회는 이러한 가치가 있는 습지를 현명하게 이용하고자 1971년에 람사르협약을 체결하여 현재까지 총 168개국의 2,191개의 습지를 지정(www.ramsar.org)하여 관리하고 있으며, 우리나라는 1997년에 람사르협약 회원국으로 등록하여 총 18개의 습지가 람사르습지로 지정되었다(환경부, 2008). 람사르 당사국은 습지를 현명하게 이용하기 위해서 현 세대 사람들에게 교육 및 체험 등의 혜택을 주어 미래 세대를 위해 생태계를 보전해야 할 것을 강조하고 있다. 이는 곧 람사르습지가 생태관광지의 주요장소가 될 수 있음을 의미한다.

최근 미국, 호주, 일본, 중국 등 여러 선진국들은 람사르습지를 중심으로 한 생태관광을 새로운 개념의 성장 동력으로 삼아 전략적인 접근을 하고 있다. 우리나라의 경우 생태관광은 90년대 이후 매년 20~34%씩 증가하고 있고 관광지의 공급측면에서 그 성공가능성이 높게 평가되고 있으며(김의근·신관홍·송재호, 2009; 환경부·문화체육관광부, 2008), 특히 철새탐조 관련 프로그램들이 다양하게 개발되고 있다(이진형·여영숙, 2010). 환경부는 전남 순천만, 경남 창녕 우포늪, 제주 동백동산 습지 등 람사르습지를 중심으로 생태관광지역을 지정하여 대중들에게 철새탐조활동을 비롯한 생태계 탐방의 기회를 제공하고 지역경제 활성화에 기여할 수 있도록 하고 있다(환경부, 2013.12.05).

그러나 습지에서 생태관광활동이 증가함에 따라 육화현상, 소음발생 및 쓰레기 유입에 의한 오염과 같은 유해환경이 발생하여 생물들의 서식환경이 훼손되고 철새의 유입이 방해되는 등 생태관광자원에 영향을 미치게 되었다. 이에 환경부는 2007년부터 습지보전기본계획을 수립하였고, 자연환경 정밀조사내용을 바탕으로 습지관리 방안을 제안하여 생태관광지의 환경을 유지하려는 노력을 하고 있다.

하지만 습지관리의 방안과 관련된 정책들은 행정구역의 인구수, 토지이용현황과 같이 거시적 차원의 자료를 기준으로 제안되고 있으며 습지의 자연환경 및 생물자원의 조사 결과가 반영되고 있지 못하는 실정이다. 이는 생태관광자원이 되는 생물자원에 영향을 미치는 유해환경에 대한 고찰이 부족한 것을 의미하며, 생물자원을 대상으로 하는 생태관광활동과 생태관광자원의 관계를 동태적 순환관계가 아닌 단선적인 관계로 바라봄으로써 발생한 현상으로 해석할 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 생태관광활동이 시간의 흐름에 따라 해당 지역의 생태계에 미치게 될

다양한 영향에 대해 전체론적 관점에서 시스템에 대한 종합 고찰을 해야 한다. 이를 위해서는 대상지와 관계를 맺고 있는 사회, 경제, 생태, 정책, 문화 등 여러 사실적 요인들을 종합적으로 고찰하고, 전체 시스템의 인과관계를 파악할 수 있는 시스템 사고를 통해 대상지에서 발생하는 복잡한 영향 요인과 생태관광자원들의 연쇄적인 변화 구조를 파악하여 생태관광지의 유해환경에 대한 관리방안을 마련해야 할 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 램사르습지인 밤섬을 중심으로 생태관광자원과 생태관광자원에 영향을 미치는 유해환경의 관계를 시스템 사고를 통해 고찰하고, 유해환경에 대한 관리방안을 제시하여 지속가능한 관광활동을 가능하게 하는데 있다.

II. 이론적 고찰

1. 램사르습지와 생태관광

‘물새 서식처로서 국제적으로 중요한 습지에 관한 협약’인 램사르협약은 습지의 보호를 위한 국제적인 측면에서의 기틀을 마련하고 있다(김홍균, 2008). 제 7차 당사국총회에서는 의사소통, 교육, 대중인식 증진을 목표로 대중들이 습지를 현명하게 이용할 수 있는 CEPA(communication, education, participation, awareness) 프로그램을 채택하면서 습지의 현명한 이용의 의미를 ‘현 세대에 지속적으로 혜택을 주면서 동시에 미래 세대의 필요 및 염원을 충족하기 위한 습지의 잠재력을 유지하는 것이다.’라고 정의하였다. 본 협약에 따라 램사르습지로 지정된 다수의 지역들은 현명한 이용의 한 방법으로 생태관광을 도입하여 운영하고 있으며(여호근·박봉규·윤태환, 2009), 이로 인해 램사르습지의 지정이 생태관광가치에 영향을 준다고 할 수 있다.

생태관광의 경우 다른 관광에 비해 생물자원을 중심으로 한 프로그램이 이루어지는 것이 특징이다. 이는 대상지에 특징적으로 서식하는 동·식물의 개체수, 서식환경, 먹이 등 종 다양성을 유지시킬 수 있는 생물자원들이 곧 대상지가 갖는 특별한 생태관광자원이 되기 때문이다(이종규·박종구·조현정, 2005). 즉, 램사르습지의 생태관광을 지속가능하게 하는 가장 중요한 자원은 대상지에 서식하는 생물자원이며, 생물자원의 보존을 위한 노력을 기울여야 할 것이다(김보국·정명희·정용훈, 2013; 김영태, 2001).

한편, 생태관광지는 자연환경이 뛰어난 지역에서 보존과 이용 간의 균형을 유지

하면서 자연생태계의 현상과 특징을 탐색하여 이용자가 가까이에서 접할 수 있는 환경친화적인 장소임을 의미한다(김창수, 2003). 외국의 랍사르습지 중 생태관광지의 대표사례인 중국 홍콩의 마이포 습지, 미국 플로리다의 코르크스크루 습지 보호구역, 일본의 야츠갯벌, 싱가포르의 순게이 브롭 자연공원, 호주의 분달 습지보호지구 등은 관광객들에게 야생조류 및 수생생물 등의 생물자원보전을 중심으로 한 자연 및 문화자원 탐방 및 체험의 기회를 제공하는 공급자 중심의 전략적인 프로그램을 운영하고 있다.

반면, 우리나라의 경우 환경부가 지정한 생태관광지임과 동시에 랍사르습지로 지정된 곳에서 방문객을 위주로 한 수요자 중심의 프로그램을 진행하고 있다. 이는 앞으로 우리나라의 생태관광이 지속가능성을 위해 변화를 모색해야 할 중요한 시사점을 제시하고 있다고 사료된다.

2. 시스템 사고

시스템 사고(system thinking)는 사실적 요소에 근거를 두어 시스템의 종속 변수와 독립 변수의 구분 없이 피드백 루프에 의한 순환적 인과관계를 파악하여 전체 시스템의 구조를 이해하기 위한 방법이다(김도훈·문태훈·김동환, 1999). 이 방법은 모델링 된 시스템 구조 내에서 설정된 변수의 효과를 분석하는 연구 방법론인 시스템다이내믹스에서 체계화시킨 방식의 일환으로, 일반적인 대중들의 이해를 돕는다(김동환, 2004).

시스템 사고는 양(+)과 음(-)의 부호와 화살표를 이용하여 변수 간의 인과관계와 피드백 루프를 도식화한 인과지도 작성을 통해 여러 변수 간의 인과순환관계를 파악하고 문제의 해결방안을 도출해 낼 수 있다(김동환, 2004). 변수간의 인과관계를 나타내는 양(+)은 두 변수가 같은 방향으로 변화하는 것을 의미하며, 음(-)은 두 변수가 다른 방향으로 변화하는 것을 의미한다. 피드백 루프는 강화루프(reinforcing loop)와 균형루프(balancing loop)로 구분되는데, 강화루프는 전체 극성이 양(+)일 경우이며 시간 흐름에 따라 시스템의 기하급수적인 증가나 감소를 나타낸다. 균형루프는 전체극성이 음(-)인 경우이며 시스템이 목표점으로 수렴되어 안정화 되는 것을 말한다(문태훈, 2007). 인과지도에 나타난 피드백 관계 분석은 문제제기를 통해 도출된 메커니즘을 활용하여 적은 힘으로 거대한 시스템을 변화시킬 수 있는 잠재력을 갖고 있다(김동환, 2004). 시스템 사고에서 작성된 인과지도의 변수를 시스템 다이내믹스와 연계하면, 컴퓨터 프로그램을 이용

한 시뮬레이션을 통해 객관적 결과의 예측이 가능하며 정량적인 데이터 결과를 도출해 낼 수 있다.

관광분야에서 시스템 사고를 활용한 연구는 현 관광개발의 미래 예측 및 의사결정 지원 시스템을 분석하거나(Chen, 2004; Rossello, Aguilo & Riera, 2005; Walker, Greiner & Lyne, 1999), 지속가능한 관광지 계획 및 개발효과에 대한 인과순환관계를 파악하였으며(Jamal, Borges & Figueiredo, 2004; Woodside, 2009; Xing & Dangerfield, 2011; 박경열·최승담·김동환, 2013), 호텔개발사업에서 재무적 수익성 및 타당성을 분석하여 전략지점에 대한 문제해결안을 도출(Georgantzas, 2003; 박경열·최승담, 2012)에 관한 연구들이 진행되었다. 그러나 관광지 생태환경과 생물자원의 관계를 고려하여 생태관광지의 지속가능한 관리방안을 도출한 연구는 미비하다.

시스템 사고를 통해 생태계 관리방안을 모색한 연구는 야생동물 개체수에 영향을 주는 원인을 파악하여 야생동물의 생태환경을 개선하기 위한 정책 변수의 시뮬레이션 결과에 대한 분석(Ahn, Moser, Sparks & White, 2007; 고장규·한준수·박영선·최남희, 2010; 전대욱·김도훈, 2011)이나, 습지의 효율적인 관리방안을 도출(Ma, Zhang, Zhang, Zhoi, & Mao, 2012; Marimon, Xuan & Chang, 2013) 등에 그치고 있다. 이렇듯 선행연구들에서 다루어지지 못했던 생태관광자원과 관리방안에 대한 동태적 관계를 본 연구에서는 시스템 사고를 통해 람사르습지로 지정된 밤섬과 밤섬의 주요 생태관광자원을 중심으로 인과지도를 작성하였다. 이를 통해 밤섬의 생태환경과 생물자원간의 피드백 구조를 이해하고 대상지 내에서 직면할 수 있는 문제해결을 위한 관리방안을 제시하고자 하였다.

III. 연구방법

1. 연구 대상지

본 연구를 위한 공간적 범위는 서울특별시 영등포구 여의도동 밤섬일대이다. 밤섬은 한강 마포대교 하류에 위치한 도심습지로서 약 27ha의 면적을 가졌으며 도심에서 흔히 볼 수 없는 우수한 생태환경이 보전된 지역으로 2012년 6월에 람사르습지로 지정되었다.

또한, 한강에 도래하는 철새들의 중요한 서식처이자 은신처 및 휴식처의 역할에 함에 따라(이경규·이석원·유정철, 2002), 희귀한 겨울철새의 탐조활동 및 경관

조망활동 등이 가능한 생태관광지로 새롭게 관심을 받고 있다. 1999년 생태경관 보전지역으로 지정되면서 사람의 출입은 전면 금지되었으나 최근 밤섬의 관리주체인 서울특별시 한강사업본부가 밤섬인근의 교량인 서강대교와 마포대교에서 밤섬의 우수한 자연경관을 관찰할 수 있는 조망지점을 안내하고 있고, 매년 12월부터 다음 해 2월까지 여의도 한강공원에 밤섬 철새조망대를 설치하여 밤섬을 찾는 겨울철새를 관찰 할 수 있도록 하고 있다.

1) 밤섬의 생태관광자원

밤섬은 1968년 여의도 개발사업 당시 섬 폭과 및 해체로 윗밤섬과 아랫밤섬으로 나뉘면서 17.73ha에 불과했으나 시간이 지남에 따라 홍수에 의한 범람과 퇴적작용으로 면적이 복원되고 있다(권혁희, 2012, 2013).

자연적으로 복원된 밤섬은 철새 등 다양한 조류들이 찾아오면서 현재는 중요한 생물서식처 역할을 하고 있다. 밤섬은 서울의 주요 철새도래지로 왜가리, 해오라기, 쇠백로, 흰뺨검둥오리, 청둥오리, 원앙 등 다양한 조류가 서식하고 있으며 멸종위기종 1급인 흰꼬리수리와 멸종위기종 2급인 시베리아 흰두루미가 관찰되는 등 생태관광자원이 풍부한 지역이다(한강사업본부, 2012).

따라서 밤섬의 생태관광지로서 가치와 그 기능을 유지하기 위해서는 밤섬의 주요 생태관광자원 중 하나인 조류의 개체수를 유지하기 위한 조류 서식환경 관리를 수행해야 할 것이다. 특히 조류의 개체수는 서식지의 파편화, 격리시간, 관목림지대 면적 등의 서식환경에 큰 영향을 받기 때문에 밤섬의 관광활동과 조류에 대한 인과관계를 파악하여 적합한 관리방안을 도출하여야 한다.

이에 본 연구에서는 밤섬의 주요 생태관광자원인 조류 중 흰꼬리수리(*Haliaeetus albicilla*)에 대한 서식환경과 개체수를 중심으로 분석하였다. 흰꼬리수리는 우리나라 천연기념물 제 243호로 세계적으로도 1만여 마리밖에 서식하지 않아 세계적 멸종위기종에 속하며(박현석, 2013.01.28), 환경부에서 멸종위기종 1급으로 지정하여 관리하고 있다. 흰꼬리수리는 교목에서 휴식하고 나무의 가지 등에 둥지를 틀어 번식을 하는데(정진문, 2001), 밤섬에는 버드나무, 갯버들 용버들, 물억새 등 주로 물에 강한 식물들이 모여 식생 생태계를 이루고 있기 때문에 흰꼬리수리가 서식할 수 있는 환경이 조성되어 있다(이기빈, 2008). 랍사르 사무국은 멸종위기종 야생 동식물의 서식지로서 밤섬과 같이 생태계의 보전 가치가 높은 곳을 랍사르습지로 지정하기 때문에, 밤섬에서 흰꼬리수리가 발견된 것은 밤섬의 환경생태적 가치가 크다는 것을 반증한다.

흰꼬리수리는 생태계 내 최상위 포식자로서 어류와 물새 등의 먹잇감이 풍부한 강이나 큰 하천에서 주로 관찰되고 있다. 한강 유역의 조류 관찰 보고서에 따르면 한강 상류인 미사리 일대와 하류인 행주대교 일대에서 2개체의 흰꼬리수리가 발견됨(한강사업본부, 2013)과 동시에 두 지점의 중간에 위치한 밤섬에서도 2개체가 발견되는 것으로 나타나고 있다(서울특별시 2013a; 오충현, 2013). 또한 2014년 2월에 조사된 내용에 의하면 밤섬에서 한 번에 관측된 최대 개체수는 6마리인 것으로 나타났다(서울특별시, 2014).

최상위 포식자가 서식하는 환경의 안정화는 최상위 포식자의 먹이사슬 관계 내에 있는 최하위 포식자의 서식 환경이 안정됨을 전제로 하기 때문에(조동길, 2011), 흰꼬리수리에 대한 서식 특성을 이해하는 것은 밤섬의 생태계 흐름을 종합적으로 이해하는 데 도움이 될 것이다. 따라서 밤섬 생태계 최상위 포식자인 흰꼬리수리의 개체수 및 서식환경을 이해하여 안정된 생태를 유지하기 위한 관리방안 마련이 필수적이다.

2) 밤섬의 유해환경

한강의 범람과 퇴적작용에 의해 밤섬의 면적이 증가하면서 동·식물이 서식할 수 있는 공간도 증가 하였지만, 지속적인 토사 및 오염물질 축적으로 인해 조류, 어류, 양서·파충류 및 곤충류 등에게 다양한 서식처를 제공하는 윗밤섬과 아랫밤섬 사이의 습지 공간이 부족해지고 있다. 밤섬의 식생은 사람의 출입이 엄격하게 통제되고 있어 귀화율이 18.8%로, 서울시 평균 21.1%, 하천지역 32.3%에 비하여 매우 낮은 값을 보이고 있으나(오충현, 2013), 미국쑥부쟁이, 가시박, 단풍잎돼지풀, 서양등골나물 등 환경부 지정 생태계교란 야생식물과 환삼덩굴이 발견됨에 따라 지속적인 관리가 필요한 것으로 나타났다. 또한 한강에 서식하는 붉은귀거북, 배스, 블루길과 같은 생태계교란 야생동물 및 중국자라 등 외래종에 의한 어류의 감소는 밤섬에 먹이를 구하러 찾아오는 조류의 개체수를 지속적으로 감소시키고 있다(오충현, 2013). 이와 같은 자연적 유해환경 외에도 밤섬에 영향을 미치는 인위적 유해환경은 다음과 같다.

아랫밤섬 위를 가로지르는 서강대교는 여의도를 경유하며 마포구와 영등포구를 연결시키는 다리로, 많은 차량들이 왕래하면서 발생하는 자동차 소음 및 분진, 빛공해가 밤섬 생태계에 영향을 미칠 수 있다(한강사업본부, 2012). 그러나 이를 완화시켜줄 수 있는 방음, 방진 시설은 설치되어 있지 않은 실정으로 오염원이 대량으로 직접 유입될 뿐만 아니라 조류의 산란을 방해할 우려가 있다. 또한 밤섬을

둘러싼 한강주변에서의 사람들의 활동은 조류생태에 직·간접적으로 영향을 미칠 수 있다.

최근에는 수상택시와 유람선을 이용하여 밤섬 인근까지 접근하여 밤섬 생태계를 관찰할 수 있다. 밤섬은 현재 직접적인 접근과 이용이 제한되어 있기 때문에, 수상택시와 유람선을 통한 접근 방식과 같이 밤섬 주변부에서 일어날 수 있는 모든 활동을 밤섬에서의 생태관광 활동이라 할 수 있다. 그러나 환경단체들은 밤섬 주변의 관광객들이 철새들에게 먹이를 제공 할 경우 야생성을 상실하게 될 수도 있음을 지적하고 있고, 수상택시를 허용할 경우 쓰레기 투기나 선박의 소음 등의 유해환경 때문에 생태계 교란이 발생할 것이라는 주장을 제기하고 있다(한강사업본부, 2012).

더욱이 소음, 빛공해, 생태계교란 생물, 오염물질 축적 등의 유해환경은 밤섬의 주요 생태관광자원인 생물자원의 서식환경을 훼손하기 때문에 밤섬을 찾는 흰꼬리수리의 개체수에도 영향을 미칠 것이다. 따라서 밤섬이 지속가능한 생태관광지로 유지되기 위해서는 밤섬을 포함한 주변부 일대에서 발생하는 유해환경에 대한 제도적, 물리적 관리 방안을 마련해야 할 것이다. 이를 위해 우선적으로 대상지의 주요 생태관광자원인 생물자원인 겨울 철새들의 생태적 특징과 밤섬 및 한강 주변에서 발생하는 유해환경에 대한 이해가 필요하며 이를 통해 생물자원이 지속적으로 서식할 수 있는 생태적인 환경으로 지켜가야 할 것이다.

2. 연구진행과정

밤섬의 생태관광자원에 영향을 미치는 유해환경에 대한 관리방안 도출은 다음의 과정으로 수행되었다. 첫째, 본 연구의 배경이 되는 람사르습지와 생태관광, 밤섬의 생태관광자원과 유해환경에 대한 고찰은 자료수집 및 문헌분석을 통해 이루어졌다. 밤섬에 서식하는 주요 생물자원과 그 일대에서 발생하는 유해환경에 관한 자료는 밤섬과 관련된 국내 정부부처, 민간기업과 연구소 등의 연구보고서 및 신문기사, 웹사이트 등에서 수집하여 분석하였다. 둘째, 밤섬의 생태관광자원과 유해환경에 대한 주요 변수를 이용하여 개별 인과지도를 구축 한 후, 해당 유해환경에 대한 관리방안을 도출하였다. 셋째, 개별 인과지도를 합친 통합 인과지도를 작성하여 변수들 간의 상호관계를 파악하였다. 통합 인과지도를 통해 도시환경 및 관광활동으로 인해 발생하는 사회환경적 유해환경과 자연현상으로 인해 발생하는 자연환경적 유해환경에 대한 종합적인 관리방안을 제시하였다.

IV. 연구결과

1. 유해환경 관리 개별인과지도

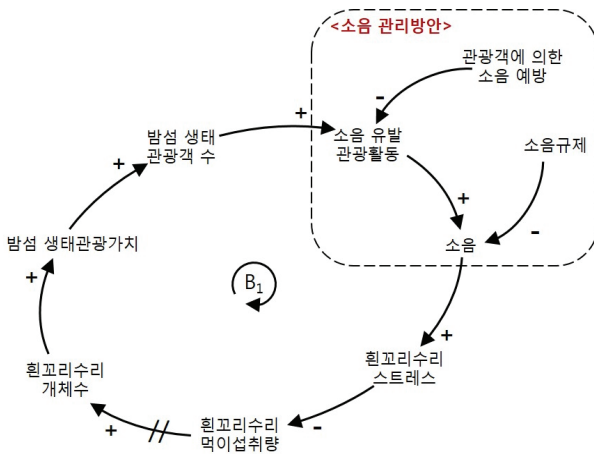
1) 소음 관리 인과지도

소음 발생에 따른 흰꼬리수리 개체수의 영향을 분석한 소음 관리 인과지도는 〈그림 1〉과 같다. 밤섬 주변에서 소음을 유발하는 원인으로는 공연, 폭죽놀이, 수상 동력시설의 통행량, 교량의 통행량 등이 있다(한강사업본부, 2012). 먼저 관광객의 활동이 늘어나게 되면 소음이 증가하게 되므로 이 두 변수사이에는 양(+)의 흐름을 갖게 된다. 조류는 250~300m의 거리에서도 소음에 영향을 받기 때문에, 스트레스를 받게 되면 섭취하는 먹이의 양이 적어지고 활동량이 줄어들므로(Frings & Jumber, 1954; 이후승, 2012; 한강사업본부, 2012), 소음과 스트레스 사이는 같은 방향으로 증가하거나 감소하는 양(+)의 흐름이 나타나게 되고, 조류의 스트레스와 먹이섭취량 사이는 서로 다른 방향으로 증가하거나 감소하는 음(-)의 흐름이 존재하게 된다.

조류 중에서도 맹금류인 흰꼬리수리 역시 소음에 따라 스트레스가 증가하여 먹이 섭취량이 줄어들게 되면서 생존율에 영향을 미치게 된다(Robinson, 2013). 따라서 흰꼬리수리의 개체수 감소에 따라 밤섬의 생태관광가치가 하락하면 생태관광객의 수가 감소하여 소음 유발활동이 감소하는 양(+)의 흐름이 나타난다. 한편 소음이 감소하게 되면 이전과는 반대로 다시 흰꼬리수리 개체수의 증가로 이어져 생태관광가치가 높아지고 소음 유발활동이 증가하여 소음이 증가하는 구조를 반복하는 균형루프를 나타낸다(B_1). 하지만 B_1 의 구조는 시간의 흐름에 따라 일정한 목표점으로 수렴되는 안정적인 시스템처럼 보이지만 시간지연 현상이 존재한다. 시간지연 현상이란 생태관광활동과 같이 인간에 의한 자연파괴가 일정기간의 시간이 지연된 후에야 가시화되는 경우를 의미하는 것으로(허희영 · 김보경 · 최영민, 2006), 밤섬을 찾는 관광객들의 활동으로 인해 흰꼬리수리의 개체수가 감소하게 되면 다시 흰꼬리수리의 개체수가 회복되기까지 오랜 시간이 걸린다는 것을 시사하고 있다. 따라서 B_1 의 피드백 루프와 같이 자연적인 회복을 기대하는 것이 아니라 흰꼬리수리 개체수 감소의 원인인 소음을 규제함으로써 근본적인 문제를 해결해야 할 것이다. 특히 흰꼬리수리는 다른 조류보다 소음에 민감하기 때문에(Robinson, 2013) 소음을 관리 방안을 마련한다면 흰꼬리수리의 개체수 증가에 긍정적인 영향을 줄 것이다.

소음 관리방안으로는 관광활동을 적절히 제한하거나, 밤섬 인근 한강공원에서 발

생하는 공연활동 및 폭죽소리의 규제 방안을 만들어 공연활동 시 확성기나 마이크 사용 자제를 촉구하는 것, 평상시 폭죽놀이 활동을 제한하는 것이다. 또한, 유람선, 수상택시와 같은 동력에너지 시설 운영 시 밤섬으로부터 250m 이상 적정거리를 유지해야 하며 통과속도를 30km/h이하로 제한해야 한다. 더불어 인근 서강대교의 차량통행에서 오는 소음을 줄이기 위해서 통과속도를 60km/h이하로 하며, 저소음 포장공법 및 방음벽을 설치하면 소음관리에 효과적일 것으로 사료된다(노성열, 2005; 일본 도로녹화 보전협회, 2005).



〈그림 1〉 소음 관리 인과지도

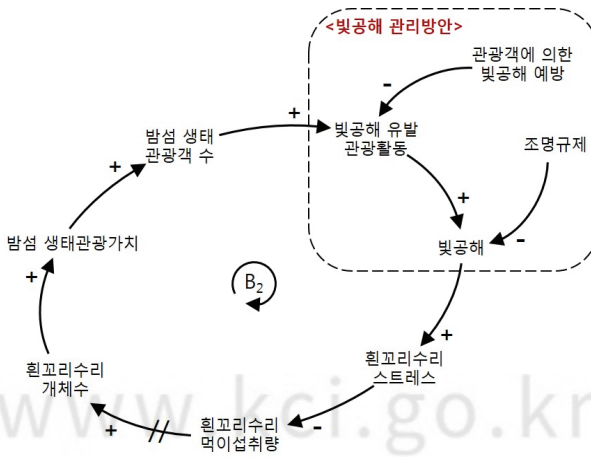
2) 빛공해 관리 인과지도

빛공해에 따른 흰꼬리수리 개체수의 영향을 분석한 빛공해 관리 인과지도는 〈그림 2〉와 같다. 조류의 경우 빛의 밝기에 따라 방향상실, 휴식 방해, 서식지의 질 저하 등에 영향을 받는다(<http://www.darksky.org>). 조류 서식환경의 교란을 유발하는 빛공해의 원인은 간헐적으로 일어나는 폭죽놀이로 인한 빛 발생, 유람선 및 수상택시 등의 전조등 및 탐조등, 서강대교의 조명시설 등이 있다(한강사업본부, 2012). 현재 서강대교 조명시설은 등주에 조명기구를 설치하는 방식으로, 도로 조명에서 가장 널리 사용되고 있는 것이나, 후방으로의 빛 노출이 다소 심한 편으로(국토교통부, 2014; 일본 도로녹화 보전협회, 2005) 흰꼬리수리에게 스트레스를 유발할 수 있다.

흰꼬리수리의 스트레스 증가로 인해 먹이섭취량이 감소하면 흰꼬리수리의 개체

수가 감소하게 된다. 이로 인해 밤섬의 생태관광가치가 감소하여 관광객 수가 적어지고 관광활동이 감소하여 빛공해가 줄어들게 되면 흰꼬리수리의 스트레스가 감소하여 흰꼬리수리의 먹이섭취량이 증가한다. 흰꼬리수리의 먹이섭취량의 증가에 따라 흰꼬리수리의 개체수가 회복되고 밤섬의 생태관광가치가 증가하여 생태관광객의 수가 늘어나면 다시 활발한 관광활동이 일어나고 빛공해 증가로 인한 흰꼬리수리의 스트레스는 증가하게 되는 구조를 반복하는 균형루프를 나타낸다(B₂). 하지만 빛공해 관리 인과지도에서는 소음관리 인과지도와 마찬가지로 균형루프를 이루지만 시간지연이 존재한다. 따라서 흰꼬리수리의 개체수가 감소하는 현상을 방지하기 위해 관광객과 조명시설 보완에 의한 빛공해 관리가 적용된다면 흰꼬리수리의 스트레스는 감소할 것이며 결과적으로 흰꼬리수리 개체수에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것이다.

빛공해 관리의 세부적 방안으로는 밤섬 인근에서의 폭죽놀이를 제한하는 것과 야간에 운행하는 유람선 및 수상택시가 밤섬으로부터 250m 이상 떨어져 운영될 수 있도록 하는 것이다(한강사업본부, 2012). 또한 밤섬에 직접적으로 강한 빛을 전달하는 서강대교의 조명기구를 풀 컷오프형 기구로 교체하여 눈부심과 산란광에 의한 빛공해를 억제해야하며(국도교통부, 2014), 밤섬으로 빛이 새는 것을 방지하기 위해 서강대교의 등주 조명방식을 난간조명방식이나 바닥조명 방식으로 대체해야 한다(일본 도로녹화 보전협회, 2005). 하지만 이러한 방식들은 교량을 통과하는 차량과 이용객들의 안전성을 동시에 고려하는 세심한 검토가 수반되어야 할 것이다.



〈그림 2〉 빛공해 관리 인과지도

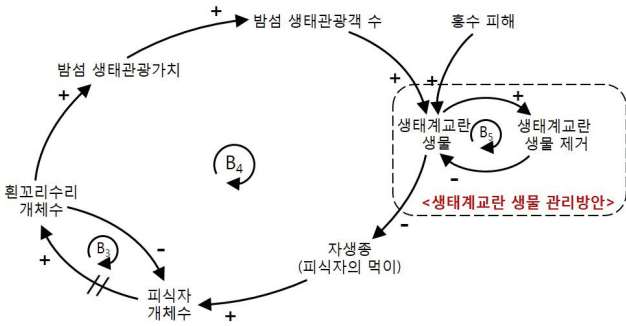
3) 생태계교란 생물 관리 인과지도

생태계교란 생물에 의한 흰꼬리수리 개체수의 영향을 나타낸 생태계교란 생물 관리 인과지도는 <그림 3>과 같다. 밤섬에서 발생하는 돼지풀, 단풍잎돼지풀, 가시박, 환상덩굴과 같은 생태계교란 식물은(서울특별시, 2013b) 한강을 이용하는 사람들을 운반 매개체로 하거나(문병철·오세문·이인용·김창석·조정래·김석철, 2008) 홍수로 인한 범람에 의해 유입된다. 관광객의 수가 증가하거나 홍수의 범람이 잦게 되면 생태계교란 생물의 유입이 많아지므로 양(+)¹⁾의 흐름을 갖게 된다. 생태계교란 생물은 생장 및 번식이 빨라 대상지를 우점하게 되면서 자생종의 성장을 방해하거나 고사 시킨다(방상원·김문희·노태호, 2004). 이는 생태계교란 생물의 증가가 자생종을 감소시키게 되는 음(-)²⁾의 흐름을 나타낸다.

예를 들면, 붉은귀거북의 경우 각종 어류를 가리지 않고 먹기 때문에 밤섬뿐만 아니라 전국의 저수지와 하천 등지에서 생태적 문제의 발생 원인으로 지적되고 있다(서울특별시, 2013b). 이 밖에 배스, 블루길과 같은 생태계교란 동물(오충현, 2013) 또한 흰꼬리수리의 먹이원 확보에 방해가 될 수 있다. 먹이원의 부족 현상으로 인해 흰꼬리수리의 먹이가 되는 피식자의 개체수가 감소하는(조동길, 2011) 음(-)³⁾의 흐름이 나타낸다. 피식자의 개체수가 감소하면 흰꼬리수리의 개체수도 감소하게 되어 같은 방향으로 변화하는 양(+)⁴⁾의 흐름을 갖지만 흰꼬리수리의 개체수가 감소하여 피식자의 개체수가 증가하게 되는 관계는 다시 음(-)⁵⁾의 흐름을 갖게 되고, 결국 포식자인 흰꼬리수리와 피식자의 관계는 결국 균형루프(B₃)를 나타낸다. 흰꼬리수리의 개체수에 따른 밤섬의 생태관광가치와 관광객의 수의 관계는 앞에서 도출된 것과 같은 방향으로 변화하는 양(+)⁶⁾의 흐름을 갖는다. 생태계교란 생물의 유입으로 생태관광객의 수가 감소하는 과정에 이르기까지 거친 후에 생태관광객의 수가 감소하여 생태계교란 생물의 유입도 감소하게 된다. 이는 다시 생태관광객 수의 증가를 불러오며 결국 안정된 상태에서 순환하는 균형루프(B₄)를 나타낸다. 그러나 이 또한 시간지연으로 인해 흰꼬리수리의 개체수 회복에 문제가 발생하므로 생태계교란 생물을 제거하는 작업을 통해 흰꼬리수리의 개체수가 유지되도록 관리하여 균형루프(B₅)를 이루게 해야 한다.

생태계교란 생물을 제거하기 위한 화학적·생물학적 방법은 생태적으로 부작용이 미칠 수 있어 인간이 직접 제거하는 물리적 방법이 가장 안전하고 빠른 방법이므로(서울특별시, 2007) 관리당국의 적극적인 대처가 이루어져야 할 것이다. 특히 생태계 교란 식물 제거 작업에 있어서 2차적인 생태계교란 식물의 피해가 이루어지지 않도록 출입 시 복장 관리를 철저히 하여 씨앗 등이 외부로 들어오거나 나

가지 못하도록 해야 하며, 붉은귀거북과 같은 생태계교란 동물 제거 작업은 주낙과 같은 낚시법, 먹이를 이용한 배이트 트랩(bait trap), 일광욕 습성을 이용한 플로팅 트랩(floating trap), 산란기 알 제거 등(서울특별시, 2013b)의 효율적인 방법을 통해 효과적으로 진행되어야 한다.



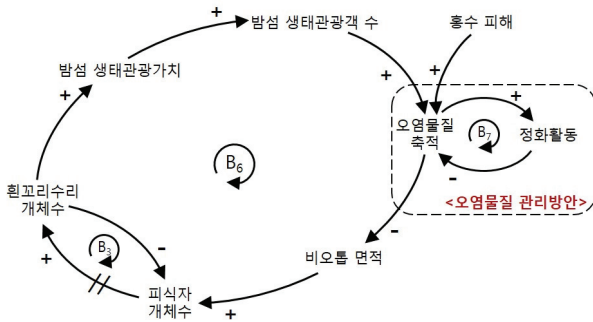
〈그림 3〉 생태계교란 생물 관리 인과지도

4) 오염물질 축적 관리 인과지도

오염물질 축적이 흰꼬리수리 개체수에 미치는 영향에 대한 오염물질 축적 관리 인과지도는 〈그림 4〉와 같다. 한강에서 발생하는 오염물질 축적은 생태관광 활동 이용객 수 증가에 의한 쓰레기 투기와 홍수로 인한 토사 및 오염물질 유입을 주원인으로 하였다(전상호, 1990; 한강사업본부, 2012). 관광객 수 증가에 의한 오염물질 증가와 홍수로 인한 오염물질의 축적의 두 가지 경로 모두 비오톱 면적을 감소시키는 방향을 갖는 음(-)의 흐름이 나타나며, 비오톱 면적의 증감은 흰꼬리수리 피식자의 개체수와 같은 방향을 갖는 양(+)의 흐름을 갖는다. 흰꼬리수리 피식자 개체수와 흰꼬리수리의 개체수의 관계는 생태계교란 생물에서 도출된 것과 같은 균형루프(B₃)를 나타낸다. 흰꼬리수리의 개체수와 밤섬의 생태관광가치, 그리고 생태관광객의 수로 이어지는 구조들은 앞선 인과지도들에서 도출된 바와 같다. 생태관광객 수의 증가는 흰꼬리수리 개체수의 감소로 이어지며 이는 다시 생태관광객의 수를 감소시키며 순환하는 균형루프(B₆)를 나타내게 된다. 그러나 B₆의 구조 또한 시간지연이라는 시스템의 행태로 인해 자연적인 회복보다는 오염물질을 정화하는 작업을 통해 흰꼬리수리의 개체수를 조절할 필요가 있다.

결론적으로 오염물질의 축적과 정화활동의 관계는 균형루프(B₇)를 나타내며,

이에 대한 세부적인 관리방안으로 밤섬 정화를 위한 환경미화활동 및 쓰레기 줍기와 같은 관리 프로그램이 도입되어야 함을 제안한다. 현재 한강을 대상으로 운영 중인 자원봉사단체 회원들이 오염물질 수거 등 환경정화활동을 진행해 오고 있지만 이러한 활동은 유해환경으로 인한 피해가 있을 경우에만 일시적으로 나타나는 관리 위주의 형태이다. 따라서 람사르습지의 관리 측면에서 CEPA와 같이 정기적이며 적극적인 활동이 이루어져야 할 것이다. 또한 토사되적으로 인한 습지 공간의 축소를 방지하기 위해 인위적으로 습지 공간을 확보하는 등 생물서식처를 유지하기 위한 논의가 필수적으로 수행되어야 할 것이다.



〈그림 4〉 오염물질 축적 관리 인과지도

2. 통합 인과지도

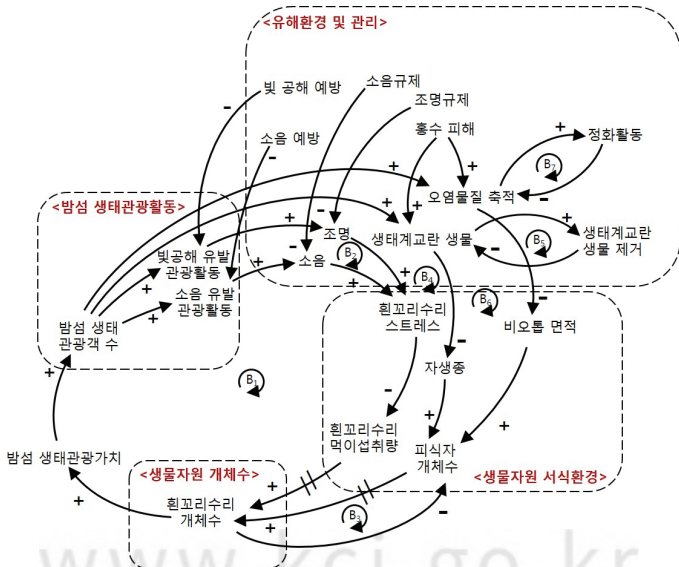
밤섬의 소음, 빛공해, 생태계교란 생물 및 오염물질 축적이라는 유해환경 관리방안에 대한 개별 인과지도를 통합하여 〈그림 5〉와 같이 밤섬의 지속가능한 생태관광을 위한 통합 인과지도를 작성하였다. 통합 인과지도를 통해 각각 변수 간에 인과관계가 서로 연결되어 순환하는 균형루프의 형태를 찾아낼 수 있다.

B₁, B₂의 경우 도심 내 위치한 밤섬의 특성상 소음이나 빛공해의 유해환경이 꼬리수리에 미치는 영향과 그것이 다시 관광활동에 미치는 영향을 파악하였다. B₁과 B₂ 모두 균형루프로 도출되었지만 시간지연 현상으로 인해 흰꼬리수리의 개체수는 자연적인 회복보다 유해환경에 대한 관리로 조절할 수 있을 것으로 파악되었다. 따라서 밤섬 생태관광 이용객 수 제한 및 소음규제, 빛발생 제한 및 조명규제와 같은 관리행위는 흰꼬리수리 개체수에 긍정적 영향을 미칠 수 있는 요인이 될

수 있다.

B4, B6은 생태계교란 생물 및 오염물질 축적이 생물의 서식환경인 비오톱 면적에 영향을 미치며, 이는 흰꼬리수리 개체수에 영향을 미치는 균형루프를 나타낸다. 관광활동과 홍수피해로 인해 발생하는 생태계교란 생물 및 오염물질 축적 등의 유해환경은 흰꼬리수리의 먹이가 되는 피식자의 서식처 문제로부터 출발하여 흰꼬리수리의 개체수에 영향을 미친다. 즉, 생태계교란 생물 제거활동이나 오염물질 정화활동과 같은 관리활동이 비오톱 면적에 긍정적 영향을 준다고 할 수 있다.

이 결과를 종합하면 밤섬의 유해환경은 B1, B2에 나타난 소음 및 빛공해의 사회환경적 요인과 B4, B6에 나타난 생태계교란 생물, 오염물질 축적의 자연환경적 요인으로 구분된다. 사회환경적 요인을 관리하기 위해서 관리주체인 서울시와 환경부가 법적 규제사항을 구축한 후, 밤섬의 주변을 찾는 일반인과 생태관광객에게 홍보하여 밤섬에 대한 생태환경 유지의 필요성을 인식시키는 등의 제도적 방안을 마련하여 지속적인 관리를 가능하게 해야 할 것이다. 한편, 자연환경적 요인을 관리하기 위해서 정기적인 정화활동 및 밤섬생태계 모니터링을 통해 유해환경을 최소화하는 방안을 마련해야 할 것이다.



〈그림 5〉 통합 인과지도

V. 결 론

본 연구는 밤섬의 생태관광자원에 영향을 미치는 유해환경 관리방안을 모색하기 위해 시스템 사고를 통해 연구를 수행하였다. 밤섬 생태관광자원과 유해환경과의 관계를 인과지도를 통해 순환적 동태를 추출하여 밤섬 유해환경에 대응할 수 있는 지속가능한 관리방안을 도출하였다.

먼저 소음 관리 방안으로 이용객 수 관리, 수상택시·유람선·차량 등의 통행량 관리, 관광활동 시 마이크 및 확성기 사용관리, 폭죽놀이 제한, 도로의 저소음 포장재 사용과 같은 방안을 제안하였다. 빛공해 관리 방안으로 폭죽놀이 제한, 조명시설의 대체 조명방식의 제안, 전조등 및 탐조등의 유치거리를 제안하였다. 또한 생태계교란 생물을 관리하기 위해서는 직접적인 생태계교란 생물 제거 작업과 오염물질 축적 관리 방안으로 정화활동과 같은 관리 프로그램의 도입을 통해 비오염 면적을 확보할 것을 제안하였다. 이를 통해 피식자의 서식처를 늘려가며 흰꼬리수리 개체수 증가에도 발판을 마련하고 생태관광가치도 높여 갈 수 있을 것으로 사료된다.

각각의 개별인과지도의 결과를 종합하였을 때, 밤섬의 유해환경은 사회환경적 요인과 자연환경적 요인으로 구분되었다. 사회환경적 요인은 법적·물리적 규제를 통한 제도적 방안으로 관리가 가능할 것이며 자연환경적 요인은 정화활동과 모니터링 체험활동에 의해 관리가 가능할 것이다. 이와 같이 도출된 생태관광지 관리방안은 생태관광과 관련된 다양한 요인들이 복합적으로 상호작용하는 습지환경을 체계적으로 설명하여 관리의 용이성을 높이고, 생태적으로 보전 가치가 높은 람사르습지의 생태계를 유지하여 지속가능한 관광활동을 가능하게 할 것이다.

본 연구는 밤섬의 지속가능한 생태관광 관리에 대한 복잡하고 거시적인 부분에 대한 문제를 시스템 사고라는 동태적 연구방법론을 이용하여 체계적으로 설명하기 위해 시도하였다는 점에서 의의가 있다. 또한 관광자원의 생태와 생태관광지에서 발생할 수 있는 유해환경간의 상호 피드백 관계를 종합 고찰함으로써 그 동안 관련 분야에서 한계로 남아있던 지속가능성의 실천 가능성 부분에 대한 보완을 시도하였다. 한편, 생태관광 활동으로 인해 일어나는 유해환경에 대한 환경 관리의 허용범위 및 흰꼬리수리의 서식환경 변화에 따른 개체수 변화에 대한 정량적 데이터는 인과지도를 통한 시스템 사고로 도출할 수 없다는 한계가 있다. 따라서 후속 연구에서는 인과지도를 통해 도출해 낸 변수의 정량화를 통해 시스템다이내믹스를 통한 모델링 및 타당성 분석이 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- 고장규 · 한준수 · 박영선 · 최남희(2010). 우리나라 제비 생태계의 변화에 대한 동태성 분석- 왜 제비는 20년 사이 100분의 1로 줄어들었는가?. 『한국 시스템다이내믹스 연구』, 11(3), 105-126.
- 국토교통부(2014). 『도로안전시설 설치 및 관리 지침: 조명시설 편』. (첨단도로환경과).
- 권혁희(2012). 밤섬마을의 역사적민족지와 주민집단의 문화적 실천. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 권혁희(2013). 식민지 시기 한강 밤섬마을과 조선업(造船業). 『역사문화학회 지방사와 지방문화』, 16(1), 125-164.
- 김도훈 · 문태훈 · 김동환(1999). 『시스템다이내믹스』. 서울: 대영문화사.
- 김동환(2004). 『시스템사고』. 성남: 선학사.
- 김보국 · 정명희 · 정용훈(2013). 생태환경자원을 생태관광명소로 개발이 필요. 전북발전연구원 이슈브리핑 보고서, 119, 1-20. 2013. 12. 03.
- 김영태(2001) 생태관광시장의 시장세분화: 대전·충남지역 관광객들의 심리적 요인을 중심으로. 『관광학연구』, 25(1), 233-251.
- 김의근 · 신관홍 · 송재호(2009) 생태관광지 방문객의 라이프스타일 유형에 따른 웰빙 및 삶의 질 인식에 관한 연구. 『관광학연구』, 33(6), 111-130.
- 김창수(2003). 2002안면도국제꽃박람회장의 생태관광지 개발 방안. 『관광경영연구』, 7(1), 1-24.
- 김홍균(2008). 람사르(Ramsar)협약의 의의, 한계 그리고 과제. 『환경법연구』, 30(3), 205-228.
- 노성열(2005). 『저소음 아스팔트 포장의 설계 및 시공』. 서울: 구미서관.
- 문병철 · 오세문 · 이인용 · 김창석 · 조정래 · 김석철(2008). 가시박 군락지의 잡초발생특성 및 분포. 『한국잡초학회』, 28(2), 117-125.
- 문태훈(2007). 『시스템사고로 본 지속가능한 도시』. 파주: 집문당.
- 박경열 · 최승담(2012). 호텔개발사업 재무적 타당성 분석에서 확률론적 시스템다이내믹스 방법 고찰. 『관광학연구』, 36(1), 219-240.
- 박경열 · 최승담 · 김동환(2013). 시스템다이내믹스를 이용한 메가이벤트 개최 효과 분석: 대장경문화축전에의 적용.
- 박현석(2013.01.28). 흰꼬리수리 '3600km 대장정' 비밀은?. SBS 뉴스.
http://w3.sbs.co.kr/news/news/EndPage.do?news_id=N1001603905
- 방상원 · 김문희 · 노태호(2004). 『생태계 위해생태계 교란식물의 통합 관리방안』. (연구보고서 No. Re-02).
- 서울특별시(2007). 『2007년 서울시 위해외래식물 관리계획』. (자연생태과-4287).

- 서울특별시(2013a). 「2013년 조류센서스 실시결과 보고」. (자연생태과-2489).
- 서울특별시(2013b). 「2013년 생태계교란 생물 및 유해야생동물 관리계획」. (자연생태과-6387).
- 서울특별시(2014). 「철새조망대 탐조객 이용현황 및 관측조류, 개체수 조사내역」. (환경과-1891).
- 오충현(2013). 「생태경관보전지역 정밀변화관찰 연구」. (보고서 T000038303).
- 여호근·박봉규·윤태환(2009) 생태관광지 시설 요구도와 습지 생태관광 체형 프로그램 선호도. 『관광학연구』, 33(7), 247-267.
- 이경규·이석원·유정철(2002). 한강의 밤섬에 도래하는 수면성 및 잠수성 오리의 월동 개체수 변화와 취식 행동. 『한국조류학회지』, 9(1), 31-47.
- 이기빈(2008). 밤섬 공원 계획안: 바라보는 공간에서 도보체험의 공간으로: Labyrinth 와 Path, Growing의 형태적 및 개념적 접근으로. 경기대학교 건축전문대학원 석사학위논문.
- 이종규·박종구·조현정(2005). 서울시 자연생태자원을 활용한 도심형 생태관광 활성화 방안. 『서울도시연구』, 6(3), 93-109.
- 이진형·여영숙(2010). 탐조관광 자원해설에 대한 평가: IPA의 적용. 『관광학연구』, 34(5), 131-153.
- 이후승(2012). 동적상태 의존모형을 통한 중간기착지에서의 방해 스트레스가 철새의 생존과 재이동에 미치는 영향. 『한국조류학회지』, 19(4), 277-291.
- 일본 도로녹화 보전협회(2005). 환경과 경관을 고려한 도로설계 지침, *The Japanese Good Road Guide*(황인태 역). 서울: 이엔지북.
- 전대욱·김도훈(2011). 제주도 노루의 개체수 관리를 위한 확장적 피식: 포식모형의 적용에 관한 연구. 『한국 시스템다이내믹스 연구』, 12(2), 95-126.
- 전상호(1990). 한강 퇴적물에 함유된 오염물질의 존재형태와 이동성에 관한 연구. 『환경연구』, 7(12), 37-48.
- 정진문(2001). 한국의 흰꼬리수리(*Haliaeetus albicilla*) 번식 사례 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 조동길(2011). 『생태복원·계획 설계론』. 서울: 넥서스환경디자인연구원 출판부.
- 한강사업본부(2012). 「람사르습지 등록에 따른 밤섬 조류서식 유해환경 조사 결과보고」. (환경과-5602).
- 한강사업본부(2013). 「2013년 한강 겨울철 조류조사 결과보고」. (환경과-1378).
- 허희영·김보경·최영민(2006). 제주도민의 생태관광에 대한 인식: 제주지역 공직자의 인식을 중심으로. 『관광학연구』, 30(4), 273-292.
- 환경부(2008). 「람사르협약 매뉴얼」.
- 환경부(2013.12.05). 자연과 지역을 살리는 행복한 여행, 환경부 지정 '생태관광지역' 에

서 시작하세요!. 환경부 보도자료.

<http://www.me.go.kr/m/mob/board/read.do?menuId=11&boardMasterId=1&boardId=185867&rn=2>

환경부 · 문화체육관광부(2008). 「자연과 문화가 어우러진 생태관광 활성화 방안」.

Ahn, C., Moser, K. F., Sparks, R. E., & White, D. C.(2007). Developing a dynamic model to predict the recruitment and early survival of black willow (*Salix nigra*) in response to different hydrologic conditions. *Ecological Modelling*. 204, 315-325.

Chen, K. C.(2004). Decision support system for tourism development: System dynamics approach. *Journal of Computer Information Systems*, 45(1), 104-112.

Frings, H., & Jumber, J.(1954). Reactions of swarms of *Pentaneura aspera* (Diptera: Tendipedidae) to sound. *Annals of the Entomological Society of America*, 52(6), 728-733.

Georgantzas, N. C.(2003). Tourism dynamics: Cyprus' hotel value chain and profiability. *System Dynamics Review*, 19(3), 175-212.

Jamal, T., Borges, M., & Figueiredo, R.(2004). Systems-based modeling for participatory tourism planning and destination management. *Tourism Analysis*. 9(1-2), 77-89.

Marimon, Z. A., Xuan, Z., & Chang, N. B.(2013). System dynamics modeling with sensitivity analysis for floating treatment wetlands in a stormwater wet pond. *Ecological Modelling*. 267, 66-79.

Ma, C., Zhang, G. Y., Zhang, B., Zhoi, B., & Mao, T. Y.(2012) Simulation modeling for wetland utilization and protection based on system dynamic model in a coastal city, China. *Procedia Environmental Sciences*. 13, 202-213.

Robinson, J.(2013). Study finds urban stresses cause birds to abandon eggs. <http://earthfix.opb.org/flora-and-fauna/article/study-finds-urban-stresses-cause-birds-to-abandon/>.

Rossello, J., Aguilo, E., & Riera, A.(2005). Modeling Tourism Demand Dynamics. *Journal of Travel Research*. 44, 111-116.

Walker, P. A., Greiner R., & Lyne M. V.(1999). The tourism futures simulator: A systems thinking approach. *Environment Modeling & Software*, 14, 59-67.

Woodside, A. G.(2009). Applying systems thinking to sustainable golf tourism. *Journal of Travel Research*. 48, 205-215.

Xing, Y., & Dangerfield, B.(2011). Modelling the sustainability of mass tourism in island tourist economies. *Journal of the Operational Research Society*. 62, 1742-1752.

<http://www.darksky.org>

<http://www.ramsar.org>

2014년 4월 9일 최초투고논문 접수

2014년 4월 28일 최종심사완료 및 게재확정 통보

2014년 5월 18일 최종논문 도착

3인 익명심사 룩