

하시동 · 안인사구의 생물다양성 보전 위협 요인 분석*

이은혜¹⁾ · 오충현²⁾

¹⁾ 동국대 대학원 바이오환경과학과 학생 · ²⁾ 동국대 바이오환경과학과 교수

A Study on the Threat Factors of Biodiversity on Hasidong Anin Coastal Dune*

Lee, Eun-Hye¹⁾ and Oh, Choong-Hyeon²⁾

¹⁾ Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk University graduate school, Student,

²⁾ Dept. of Biological and Environmental Science Dongguk University, Professor.

ABSTRACT

We examined a current status of damage in biodiversity and its causing factors in Hasidong Anin coastal dune, Gangneung-si, Gangwon province which is designated as ecological and landscape conservation area. In this study, we found that ecosystem and biodiversity have been primarily damaged by anthropogenic factors such as the construction of surrounding area, military facilities illegally dumped garbage and the expansion of windbreak forest. These factors occur to damage the landscape, ecosystem and biodiversity etc. There is a significant lack of basic data needed for preservation and restoration due to the lack of prior research and value assessment. In order to establish solutions for preservation and restoration, it is critical to collect fundamental data and implement value assessments. Therefore, further studies such as ecosystem services assessment, increasing biodiversity, spatial analysis and monitoring of various items related to coastal dunes are needed.

Key Words : *Anthropogenic threat factor, Ecological and Landscape Conservation Area, Protected area*

* 본 논문은 원주지방환경청의 ‘하시동·안인사구 생태·경관보전지역 관리기본계획 수립 연구’로 연구되었습니다.

First author : Lee, Eun-hye, Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk University, Student.

Tel : +82-31-961-5614, E-mail : ehlee84@hanmail.net

Corresponding author : Oh, Choong-Hyeon, Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk University, Professor.

Tel : +82-31-961-5123, E-mail : ecology@dongguk.edu

Received : 6 May, 2021. **Revised** : 16 June, 2021. **Accepted** : 16 June, 2021.

I. 서 론

해안사구는 해양과 육지의 생태적 이행대로서 풍부한 생물다양성을 내재하고 있으며(Jung and Kim, 1998), 해안 모래의 저장고, 해안 식수원 저장고, 동식물의 서식지, 해일 및 폭풍으로부터 해안지대를 보호하는 역할을 한다(Han et al. 2013). 또한, 사구의 침식방지 등 자연방어물의 기능 및 경관자원으로서의 해안 경관을 유지함으로써 그 가치가 높으며, 생물다양성 보전에 매우 중요한 장소로서 지속해서 보전 및 관리해야 할 지형이다(Kim and Hong, 2009).

그러나 해안사구의 가치와 중요성에 대한 인식 부족 및 해안과 연안 개발로 해안사구는 관광지, 제방, 해안도로, 농경지, 골재채취 등으로 개발되거나 훼손되었다(Song et al. 2005). 이로 인해 해양과 육지의 퇴적물 교류를 저하하고 해안침식의 증가, 사빈의 모래 면적 감소, 전이시대의 생물다양성을 감소시키며 자연방어물 기능을 발휘하지 못하는 물론 해안 경관을 저하시키는 원인이 되어 지역주민의 삶에도 부정적인 영향을 초래한다.

최근 들어 국내외적으로 해안사구의 중요성이 지속해서 제시됨에 따라 해안사구에 대한 보전, 관리에 관한 관심이 증가하고 있다(Yoon et al., 2010). 이에 국내에서도 해안사구에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 2000년대 이전의 해안사구에 관한 연구는 지형학적인 관점에서의 해안사구 형성과 발달과정, 생태학적 관점에서의 생물종 현황 파악이 주를 이루었으며, 2000년 이후에는 해안사구에 관한 관심이 과거에 비해 높아지면서 보전에 대한 중요성이 인식되어 다양한 관점에서 연구가 이루어졌다. 2010년 전후로는 해안사구 침식 및 퇴적 연구 등과 같은 지형변화와 해안사구 변화탐지 수치모형 및 모델링 연구 및 효율적인 보전, 관리방안에 관한 연구가 진행되고 있다(Ministry of Environment, 2019).

환경부는 해안사구 보전 및 관리를 위하여 해안사구에서의 개발행위 제한, 경관 훼손방지 등 해안사구의 복원과 관리 및 이용의 범위를 통제하는 등의 ‘해안사구 보전·관리 지침(Ministry of Environment, 2002)’을 수립하였다. 또한, 전국의 해안사구 실태를 파악하고 목록화를 통하여 해안사구의 체계적인 관리를 위한 기초정보 구축과 민관협동으로 쓰레기 제거, 생태계교란 식물 제거, 생태탐방로 설치 등의 다양한 활동을 하고 있다.

동해안의 대부분 해안사구는 해수면 상승으로 인한 자연 침식의 빈도 및 강도 증가와 주변 개발로 인하여 사구의 훼손이 발생하였다. 해안 개발 중심지인 강릉에 있는 하시동·안인사구 역시 훼손이 진행되고 있지만, 드물게 해안사구의 경관을 간직한 곳으로 서해안, 남해안의 사구와는 다른 독특한 사구 지형과 생태계 특성을 보인다.

하시동·안인사구는 멸종위기생물인 수달, 하늘다람쥐, 삿 등이 서식하고 있는 것으로 조사되었으며, 경관과 더불어 다양한 생물들의 서식지 보전이 우선시 되어야 하는 곳으로 평가되어 2008년 생태·경관보전지역으로 지정되었다. 이후 자연환경보전법(제14조 생태·경관보전지역 관리기본계획)에 따라 2009년과 2017년에 각각 제1차, 2차 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 관리기본계획이 수립되어 보전 활동 및 보전 관리협의회 구성과 운영을 통한 보전 및 관리정책 논의, 생태계 모니터링, 생태 탐방 안내소 및 자연환경 해설사, 주민감시원 운영과 함께 강릉시, 원주지방환경청, 군부대, 마을주민, 골프장 등 민관군 합동으로 보전지역 내 폐기물 수거 및 생태계교란식물 제거 사업 등 환경정화 활동과 다양한 보전 활동을 추진해오고 있다(Gangneung Environmental Management Office, 2007; Ministry of Environment, 2009). 그러나 1970년대부터 시작된 주변 지역의 개발 및 군사시설 주둔 등에 의하여 지속해서 해안사구의 경관 및 생

태계가 훼손되어 생물다양성이 위협받고 있다.

현재까지 하시동·안인사구에서 이루어진 조사 및 선행연구는 생태계변화관찰보고서(Ministry of Environment, 2010; 2012; 2014), 2006년 전국 해안사구정밀조사(National Institute of Environmental Research, 2006), 2016년 생태·경관보전지역 정밀조사(National Institute of Ecology, 2017), 하시동 해안사구 일대의 식물상(Hong et al., 2010), 강릉시 사빈 해안을 사례로 한 인간 간섭에 의한 해안 환경변화 연구(Lee, 2011), 강릉항 완공 후 주변 지역 지형 변화(Oh et al., 2013), 시스템 사고적 접근으로의 복원 방향 제시(Seok et al., 2014), 드론을 활용한 하시동 사빈 지형 변화 탐지(Choi et al., 2016), 하시동·안인사구 일대의 지형적 가치(Chio et al., 2019), 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 공간정보 모니터링(Ministry of Environment, 2019), 하시동·안인사구 식생 유형 및 분포 특성(Kim et al., 2020) 등이 있으나, 보호지역으로 지정된 다른 해안사구에 비하여 진행된 연구가 현저히 적다. 또한, 선행 조사와 연구에서는 공통적으로 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 훼손에 대하여 우려하고 지적하고 있다.

하시동·안인사구 생태·경관보전지역은 적극적인 관심과 보전 및 복원이 필요한 지역으로 평가받고 있다. 그러므로 하시동·안인사구의 훼손 현황 및 생물다양성 위협요인 파악과 체계적인 보전과 관리를 위한 방안 모색은 더 이상의 훼손을 방지하고 훼손지의 복원을 논의하는데 중요한 실마리를 제공하므로 이에 관한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 동해안 최초 생태·경관보전지역으로 지정된 하시동·안인사구에서 발생하는 경관 및 생물다양성을 위협하는 훼손 현황을 분석하여 인위적 요인에 의한 훼손 위협 및 문제점을 파악하고 이에 대한 개선방안 방향을 마련하고자 한다.

II. 연구 대상지 및 연구 방법

1. 연구대상지

하시동·안인사구는 강릉시 강동면 하시동리 일원에 있는 사구 지대로서 다른 사구에 비하여 보전이 잘 되어있고, 동해안의 사구열 발달과정을 볼 수 있어 2008년 12월에 동해안에서 처음으로 생태·경관보전지역으로 지정되었다. 하시동·안인사구에서 생태·경관보전지역으로 지정된 면적은 약 0.234km²이며 사구지형의 특이성과 함께 희귀 야생동물의 서식과 뛰어난 자연경관을 자랑하고 있는 곳으로 전체 면적이 핵심지역으로 지정되어 관리되고 있다(Ministry of Environment, 2006). 남으로 군선천과 북으로는 강릉공항까지 해안선을 따라 사구와 전사구가 약 1km에 걸쳐 발달하고 있으며, 최소한 2,400년 이전에 형성된 것으로 추정된다. 사구지대 서쪽으로 약 8,000년 전의 고사구가 존재하고 있어 사구 형성과 변화 과정을 파악할 수 있는 곳으로 평가되고 있다. 과거에 사구 배후습지인 석호(풍호)가 존재하였으나, 현재는 매립되어 골프장이 건설되어 있다(Figure 1). 하시동·안인사구 지형은 대체로 평지이나, 북서쪽으로 낮은 산지로 연결되어 있고, 주변 해안단구가 있었던 흔적이 남아있다. 제1차, 제2차 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 관리기본계획에 따르면 하시동·안인사구는 군부대 주둔으로 이용 및 접근이 제한되어 있어 비교적 보전이 잘되고 있다. 전체 면적의 95%는 임야 지역이며, 나머지는 나지, 군사훈련장 등으로 이용되고 있으며, 1970년대에 지어진 한국남동발전의 영동화력발전소와 골프장이 인접해있어 건설 및 운영과정에 있어 경관 훼손, 귀화식물 증가 및 토양오염 우려와 해안사구 및 배후 석호가 훼손되어 있고 앞으로 예정된 발전 사업 등으로 인한 추가 훼손에 대한 가능성이 제시되고 있는 지역이기도 하다.

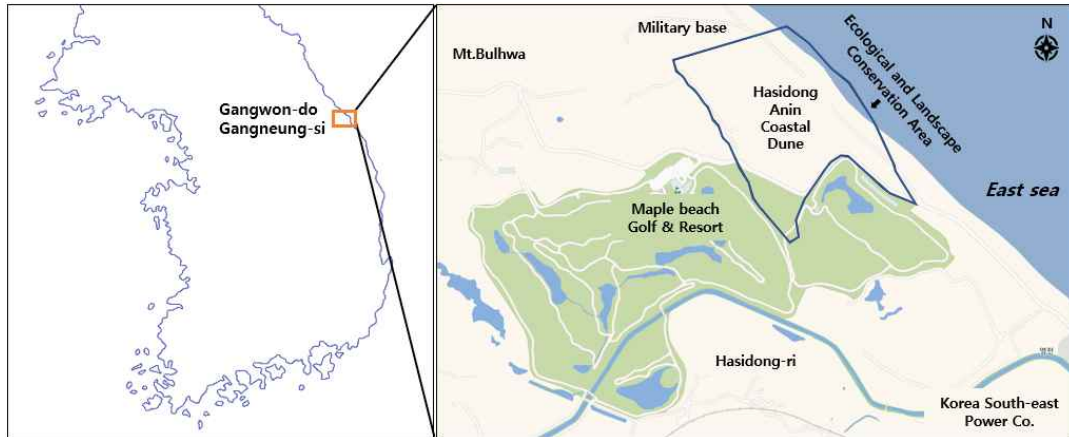


Figure 1. Location of study site.

2. 연구방법

1) 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 훼손 위협 요인 분석

하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 훼손 위협 요인 현황 분석을 위하여 현지 조사와 문헌 조사를 시행하였다. 문헌 자료 분석은 생태계 변화관찰보고서(Ministry of Environment, 2010; 2012; 2014), 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 관리기본계획(Ministry of Environment, 2009; 2017), 전국해안사구 정밀조사(National Institute of Environmental Research, 2006), 생태·경관보전지역 정밀조사(National Institute of Ecology, 2017) 등의 모니터링 보고서, 선행연구논문 등을 검토하였다. 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 훼손에 대해 제시한 보고서 및 선행연구논문은 총 14편이며, 이를 바탕으로 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 훼손 위협 요인을 파악하였다.

또한, 환경부의 토지피복도와 산림 공간정보 서비스의 항공사진(1970년대~최근)을 사용하여 생태·경관보전지역과 주변 지역의 변화를 비교하였다.

2) 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 식물상 및 식생 변화 분석

하시동·안인사구의 식물상 및 식생 변화 분

석을 위하여 2016년 현지 조사와 문헌 조사를 시행하였다. 현지 조사는 하시동·안인사구 생태·경관보전지역을 도보로 이동하면서 관찰 확인되는 모든 관속식물의 출현종을 기재하고 분류 및 동정하였고, 현존식생도를 작성하였다.

조사자료를 통하여 과거부터 현재까지의 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 식물상 및 식생 변화와 귀화식물, 생태계교란식물 증가 등을 비교하여 변화를 분석하고, 인위적 간섭과 훼손 정도를 알아보기 위하여 귀화율(Urbanized Index(UI); Numata and Kotaki, 1975), 도시화지수(Naturalized Index(NI); Yim and Jeon, 1980), 교란율(Disturbed Index(DI); Oh et al., 2011) 산출하였다.

$$\text{도시화지수 (UI)} = \frac{\text{출현 귀화종수}}{\text{우리나라 귀화종총수}} \times 10$$

$$\text{귀화율 (NI)} = \frac{\text{귀화종수}}{\text{출현종수}} \times 100$$

$$\text{교란율 (DI)} =$$

$$\frac{\text{출현 생태계교란식물종수}}{\text{우리나라 생태계교란식물종수}} \times 100$$

* 우리나라 귀화종 총 수 321종

* 생태계교란식물 총 수 16종

III. 결과 및 고찰

1. 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 및 주변 지역 훼손 위협 요인

하시동·안인사구를 대상으로 한 논문 및 연구, 모니터링 보고서 중 대상지의 훼손에 관한 내용이 언급된 논문 및 연구, 모니터링 보고서 등의 문헌 자료와 현장조사 결과를 훼손 위협 요인 분석에 활용하였다. 14개의 관련 문헌 자료와 현지 조사 분석결과 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 훼손은 해수면 상승, 태풍 등의 자연적 요인보다 인위적 요인이 주된 것으로 분석되었다. 훼손 위협 요인은 크게 대상지 주변 지

역 개발로 인한 영향과 대상지 내 군사시설, 쓰레기, 곰솔 식재 후 관리 부재 등으로 분류되었다(Table 1, Fig. 2).

이러한 인위적 훼손 위협 요인은 하시동·안인사구의 경관 훼손, 서식처 훼손, 생물다양성 훼손, 지형 훼손, 비점오염원 등으로 해안사구 경관 및 생태계 전반에 영향을 미친 것을 파악하였다(Table 2). 또한, 다수의 문헌에서 가장 큰 우려를 하는 것은 서식지 훼손과 그로 인한 생물다양성의 훼손인 것으로 분석되었다.

하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 주변 지역은 수십 년 동안 주변 지역 개발로 석호(풍호)가 사라지는 등의 큰 변화가 있었고 이는 사구와 석호 사이의 생태계 단절을 초래하였다

Table 1. A review contents of threat factor in Hasidong Anin coastal dune.

Factors		Reference	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Development	Power plant		○				○	○	○		○	○	○	○	○	
	Golf & Resort			○	○	○	○		○	○	○	○				○
Military Installation			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○
Wastes				○	○	○	○			○	○	○				
Change of Vegetation	Expansion of <i>Pinus thunbergii</i>			○	○	○	○		○		○	○				
	Alien & Invasive alien plants			○	○	○	○					○			○	○

- | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. National Institute of Environmental Research. 2006. | 6. Lee. 2011 | 11. Choi and Cho. 2019. |
| 2. Ministry of Environment. 2010 | 7. Seok et al. 2014. | 12. Choi et al., 2007, |
| 3. Ministry of Environment. 2012 | 8. Ministry of Environment. 2015 | 13. Ministry of Environment. 2019 |
| 4. Ministry of Environment. 2014 | 9. Ministry of Environment. 2016 | 14. Kim et al. 2020 |
| 5. Ministry of Environment. 2009 | 10. Ministry of Environment. 2017 | |

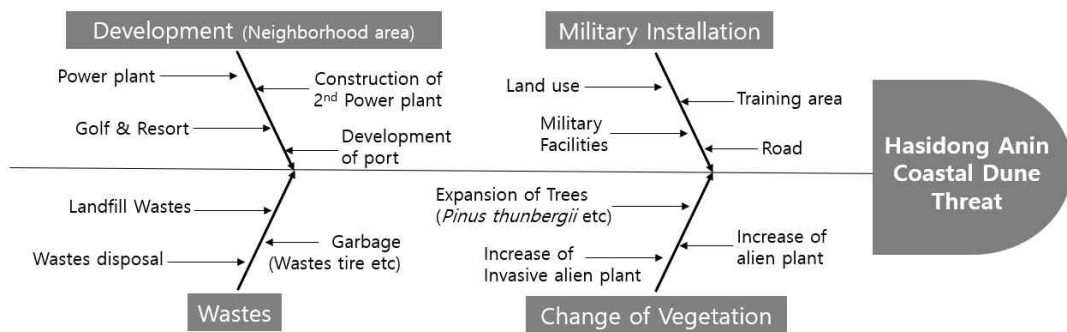


Figure 2. The anthropogenic threat factors in Hasidong Anin coastal dune.

Table 2. Type of damage based on threat factors.

Factors		Type of damage				
		Landscape	Habitats	Biodiversity	Topography	Pollutant
Development	Power plant		◎	◎	◎	
	Golf & Resort		◎	◎		◎
Military Installation		◎	◎	◎		
Wastes		△	△			△
Change of Vegetation	Expansion of <i>Pinus thunbergii</i>		○	○		
	Alien & Invasive alien plants			○		

* Number of references ◎ ≥9, ○ 5-8, △ ≤4

(Figure 3). 2008년에 조사된 풍호의 면적은 약 25,000m²로, 1915년 520,000m²에 비하여 규모가 약 5%로 축소되었으며, 해안사구 및 주변 지형, 자연경관 등은 짧은 시간 동안 급격한 변화를 겪었다(National Institute of Environmental Research, 2006).

1970년대 화력발전소 건설로 인한 회 처리장 건설은 사구 지대의 일부와 석호(풍호)를 매립함으로써 자연경관 및 생태계 훼손을 초래하였다(Choi et al., 2007). 변화의 중심에 있었던 풍호는 과거 인근 하구(시동천)에 형성된 바닷물이 드나들었던 석호로 1995년까지 한국남동발전의 영동화력발전소(1호기:125MW(1973년 준공), 2호기:200MW(1979년 준공))에서 발전 연료로 사용하고 남은 무연탄재의 회 처리장으로 이용되었고, 매립하면서 그 형태를 잃어버렸다(Figure 3(a)). 그 이후 복토하였으나 현재는 석호의 기능

이 상실되고, 주변 해안사구 역시 훼손 및 축소되었다. 2000년대 들어서는 강릉항 확장과 해안 구조물 설치로 남향진 해변과 하시동 해변에 해안침식 문제가 발생하였다(Jung et al., 2004; Kim and Lee, 2004; Oh and Bang, 2013; Choi et al., 2016). 2008년 하시동·안인사구가 생태·경관보전지역으로 지정된 이후에는 인근 풍호의 가장자리의 소규모 호소와 습지만 남기고 회 처리장 북측의 사구 지대와 습지를 매립하여 골프장을 건설하였다(Figure 3(b)). 건설 시 도로가 확장되면서 사구의 면적이 줄어들거나 생태적 연결성이 단절되었고, 운영 시 비점오염원의 발생에 의한 피해가 예상된다. 메이플비치 골프&리조트 환경영향평가서(2008)에 따르면 골프장의 건설 및 운영과정에서 생물서식지 훼손, 빛 공해, 소형 동물 이동로 단절, 서식지축소, 토사 유출 등의 생태계 훼손은 불가피할 것으로 예상하였



Figure 3. History of the local change around Hasidong Anin coastal dune.

으며, Kwon 등(2003)은 골프장 건설 및 운영은 그 주변 지역의 개체수 현존량의 변화, 오염수계 지표종의 변화, 서식지의 변화, 우점종 및 우점도의 변화 등 많은 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다. 또한, 잔디를 조성하기 위한 토양 조성 과 비료의 공급은 육상생태계뿐 아니라 수생태계까지 영향을 미칠 것으로 예측하였다. 특히 골프장 경계부에는 가장자리 효과(edge effect)가 발생하여 동식물의 분포와 변화를 초래하고, 침입 식물 종들의 생육으로 생태계 교란을 초래한다고 하였다. 골프장 인접한 곳에 있는 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 역시 이러한 변화에 따라 생태계 단절 및 파편화의 영향이 초래될 수 있다. 생태계 단절 및 파편화는 제한된 종들만 번식하여 종 분포, 먹이사슬 등에 생태계 불균형 상태가 발생할 수 있고, 이는 결국 생물다양성과도 연결되므로 이에 대한 방안이 필요할 것으로 예상된다.

또한, 최근에는 새로운 화력발전소 건설, 항만설치 및 운영으로 인해 향후 수년간 해안지역의 대기오염, 자연자산 손실 및 해안지역의 생태계 교란 등의 문제가 제기되고 있다(Park, 2018). 최근 방파제를 포함한 해상공사를 하면서 모래 채취와 구조물 설치로 인하여 인근 사구 침식 유발 등 해양생태계 훼손이 빠르게 진행됨에 따라 심화하고 있으며, 해안사구의 모래가 유실되어 해상공사 이전이 2018년보다 해변의 면적이 많이 축소되어 이에 대한 대책 마련이 시급한 상황이다.

하시동·안인사구 생태·경관보전지역 주변 개발로 인한 훼손 이외에도 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 내 여러 가지 요인으로 인한 훼손 문제도 지속해서 논의되고 있다(Figure 4). 원주지방환경청에서 매년 실시하고 있는 생태계 모니터링에서는 군부대 훈련장 이용으로 사구 생태계 교란 및 사구의 변형을 우려하였다. 전국해안사구 정밀조사(2006)에서는 군사시설로 인한 사구 훼손을, 제1, 2차 하시동·안인사구

생태·경관보전지역 관리기본계획(2009; 2017)에서는 곰솔군락, 쓰레기 투기 등으로 인한 생태계 및 경관 훼손을 지적하였다. 생태·경관보전지역 정밀조사(2016), 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 공간정보 모니터링(2019), 김 등(2019)은 군사지역으로 이용되고 있는 사구뿐만 아니라 군용도로(콘크리트 도로)로 인한 생태계 단절 등의 인위적 교란을 지적하였다.



Figure 4. The damage and threat factors in Hasidong Anin coastal dune.

2014년부터 군사시설 제거 및 재정비를 통하여 경관 증진 및 생물다양성 증진을 위한 노력을 하고 있으나, 생태 경관 훼손 및 생태계 단절을 유발하는 군사시설물이 여전히 존재하고 있다(Figure 5). 특히 군사 훈련장과 보전지역이 뚜렷한 구분이 없이 이어져 있어 군사시설로 인한 지속적인 훼손이 발생하고 있으며, 포장도로로 인한 해안사구와 해변의 생태계 단절, 비행기 소음으로 인한 불안정한 생물서식처 제공, 정상적인 사구발달에 어려움을 초래하는 헬기 이착륙장 등은 과거 문헌에서도 지속해서 문제가 제기되는 실정이다. 그러므로 해안사구의 지형, 기능, 생태적 특성을 되돌리기 위해 협의를 통한 적극적인 방안 마련이 필요하다.

또한, 과거의 환경오염 인식 부족 및 환경오염 방지시설을 제대로 갖추지 않은 채 매립되었던 생태·경관보전지역 내의 매립 쓰레기는 제2



(a) Military facilities



(b) Military training facilities



(c) Garbage



(a) Road

Figure 5. The damage and threat factors in Hasidong Anin coastal dune.

차 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 관리기 본계획에 따르면 2013년 매립 쓰레기의 제거작업을 시행하였다고 보고하였다. 하지만 남아있는 폐기물로부터 발생한 침출수가 토양 및 지하수 등 주변 환경을 오염시키는 주요한 오염원으로 작용할 수 있으므로 지속적인 매립 폐기물의 제거와 오염물질이 안정화될 때까지 이에 대한 면밀한 조사와 관리가 필요하며, 현재에도 해안사구 내 전반에 생활 쓰레기와 페타이어 등의 군사 폐기물이 지속해서 방치되어 경관을 해치는 요소로 작용하고 있으므로 이를 해결하기 위한 효율적인 관리방안이 필요하다.

전국해안사구정밀조사(2006)에서는 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 곰솔림은 이미 개발한 지역, 개발을 진행하였다가 방치한 지역, 군사시설 지역 등 인간의 간섭이 가해져 곰솔의

하부 식생이 매우 불균일하고, 수관층의 높이, 피도, 수령 등이 지소에 따라 다양하며, 곰솔의 밀도가 높다고 지적하였다. Seok(2014)은 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 인위적 훼손 위협 요인 중 하나가 방풍림이며, 방풍림의 증가는 모래 이동을 방해하여 해안사구를 훼손시키는 요인으로 작용할 수 있음을 제시하였다.

생태·경관보전지역 정밀조사(2016)에 따르면 하시동·안인사구의 곰솔군락의 평균 수고는 7m이고, 곰솔군락의 식피율은 70% 이상으로 높게 조사되었다. 환경부(2011)에서도 곰솔의 수고가 4m 이상이 되면 해안사구의 모래 순환을 방해하여 사구의 정상적인 천이 과정과 해안사구 특유의 생태계를 교란하는 요인이 될 수 있다고 보고하고 있어 이에 대한 적극적 해결방안이 필요한 상황이다(Seok et al, 2014).

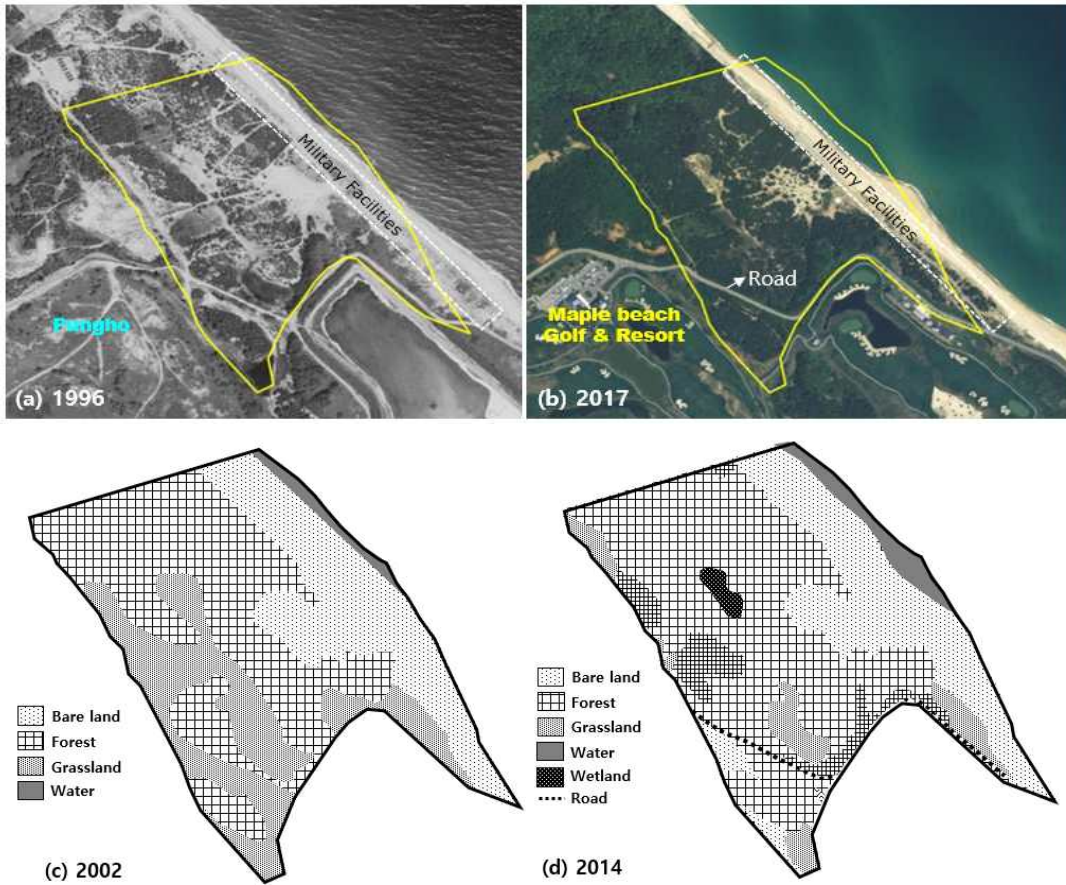


Figure 6. The change of Hasidong Anin coastal dune. Satellite image (a) 1996 (b) 2017, Land cover map (c) 2002 (d) 2014

하시동·안인사구 생태·경관보전지역 내의 위성사진(Figure 6(a), (b))과 토지피복도의 변화양상(Figure 6(c), (d), Table 3)을 통하여 사구지대 내 목본의 식피밀도 증가를 확인할 수 있다. 위성사진 보면 전사구 지대와 사구 중앙 일부를 제외하면 대부분 해안사구에 목본의 식피 밀도가 증가하여 밀생하고 있음을 확인할 수 있다. 또한 토지피복변화(2002년, 2014년)를 살펴보면, 2002년에 비하여 2014년에 산림이 차지하는 면적이 약 16.8% 가량 증가하였고, 2002년 곰솔 단일(침엽수림) 군락이었던 것에 비하여 2014년에는 수종이 증가하였음을 확인할 수 있다. 반면 모래로 이루어진 나대지는 2002년에 비하여

2014년에 약 3.1% 가량 감소하였고, 초지는 약 19.7% 가량 감소하였다. 토지피복변화를 통하여 하시동·안인사구내의 나대지나 초지는 감소하고, 산림이 점차 증가하였음을 확인할 수 있다. 곰솔이 포함된 침엽수림의 변화를 살펴보면 2002년에 비하여 2014년에는 약 7.2%가량 그 면적이 증가하였다. 하부 식생의 발달과 사구의 기능 및 역동성 회복을 위하여 곰솔군락의 관리가 필요할 것으로 보인다. 또한, 생태·경관보전지역 내 과거 농로로 사용되던 도로가 콘크리트 도로로 바뀌며 생태계 단절이 발생하므로 이에 대한 관리방안도 마련되어야 할 것으로 사료된다.

Table 3. The land cover change of Hasidong Anin coastal dune.

Year		Forest			Dune	Grassland	Bare land	Wetland	Road	Water	Total
		Coni	Deci	Mix							
2002	Area(km ²)	0.108	-	-	0.062	0.059	-	-	-	0.005	0.234
	%	46.2	-	-	26.5	25.2	-	-	-	2.1	100.0
2014	Area(km ²)	0.125	0.017	0.003	0.055	0.013	0.006	0.003	0.005	0.008	0.234
	%	53.4	7.3	1.3	23.4	5.5	2.5	1.3	2.1	3.3	100.0

Coni – Coniferous forest / Deci – Deciduous forest

Table 4. The change of vegetation in Hasidong Anin coastal dune.

Year	2006 ¹⁾	2009 ^{2),3)}	2010 ⁴⁾	2012 ⁵⁾	2016 ^{6),7)}
Tree layer	<i>Pinus thunbergii</i>	<i>Pinus thunbergii, Pinus densiflora, Robinia pseudoacacia</i> etc..			
Herb layer	<i>Lathyrus japonicus, Carex kobomugi, Calystegia soldanella, Glehnia littoralis</i> etc..				
Total species	62	262	266	269	250

1) National Institute of Environmental Research. 2006 2) Ministry of Environment. 2009 3) Ministry of Environment. 2010
 4) Ministry of Environment. 2012 5) Ministry of Environment. 2014 6) Field data(Ministry of Environment. 2017) 7) Ministry of Environment. 2014

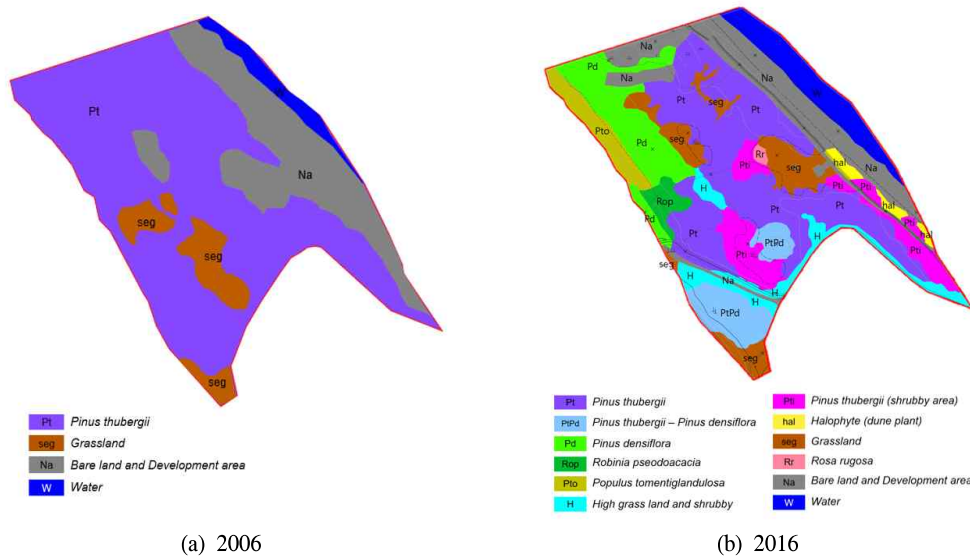


Figure 7. Actual vegetation map of Hasidong Anin coastal dune.

2. 하시동 안인사구 생태·경관보전지역 식물상 및 식생 변화

2006년부터 2016년까지 하시동·안인사구 생태·경관보전지역에서 이루어진 모니터링, 연구 등의 현장 조사 및 문헌 조사를 통하여 식물상 및 식생 조사결과는 Table 4와 같으며, 현존식

생도는 Figure 7과 같다(2006년 현존식생도는 문헌을 바탕으로 재작성함). 2006년 조사 당시 과거 곰솔 식재로 단일 군락이었던 생태·경관보전지역(Figure 7(a))이 현재는 곰솔을 비롯한 소나무, 아까시나무, 은사시나무 군락 등으로 다양한 군락이 형성되었고(Figure 7(b)), 초본 식생은

Table 5. The change of vegetation in Hasidong Anin coastal dune

Index \ Year	2006	2009	2010	2012	2016
Alien Plant	14	31	31	35	34
Invasive Alien Plants	2	2	3	3	5
Number of threat factors	4	6	7	7	7
Urbanized Index	4.3%	9.7%	9.7%	10.9%	10.6%
Naturalization Index	22.5%	11.8%	11.7%	13.0%	13.6%
Disturbed Index	12.5%	12.5%	18.8%	18.8%	31.3%

갯완두, 통보리사초, 갯메꽃, 갯씀바귀, 갯방풍 등이 확인되었다. 2006년부터 2016년까지 조사된 식물 종수는 62종~276종으로 확인되었다.

하시동·안인사구 생태·경관보전지역에 출현하는 식생은 곶솔군락, 소나무군락, 아까시나무군락 등 10개의 군락이 분포하는 것으로 조사되었다. 곶솔군락은 곶솔 관목지를 포함하여 전체 식생 분포면적의 약 40%를 차지하며, 조사지역 전반에 널리 분포하고 있고, 수목의 밀도가 높아 하층부의 식생이 매우 빈약한 것으로 조사되었다. 현지 조사 당시 갯완두, 갯메꽃, 통보리사초, 순비기나무, 갯씀바귀, 갯방풍 등 다양한 사구식물이 혼생하고 있었는데, 군사시설물 설치(철조망 보수 등, 2021년 현재 철조망 제거)로 지속적인 교란이 확인되었다.

2006년부터 2016년까지의 자료를 통해 하시동·안인사구 생태·경관보전지역에 분포하여 조사된 귀화식물은 생태계교란식물인 애기수영, 미국쭈부쟁이, 돼지풀, 가시박, 서양금혼초를 포함하여 미국자리공, 다닥냉이, 아까시나무, 털백령풀, 창질경이, 개망초 등이 14~35종으로 분석되었고, 2006년에 비하여 털백령풀의 면적이 증가하였음을 파악할 수 있었다.

2006년부터 2016년까지의 자료를 바탕으로 분석한 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 외래식물 종수, 생태계교란식물 종수, 위협 요인 수 및 도시화지수(UI), 귀화율(NI), 교란율(DI)은 Table 5와 같다.

Myeong(2010)은 해안사구의 도시화지수가 4.0% 초과인 경우 인위적인 간섭이 매우 높으며,

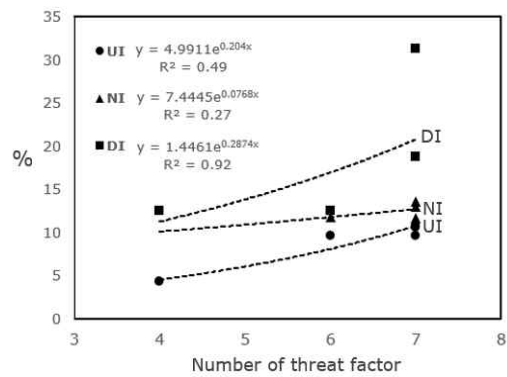


Figure 8. Relationship of threat factors and UI, NI, DI.

지역 식생 보존이 매우 낮은 것이라 평가하였는데, 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 도시화지수는 4.3~10.9%로 신두리 해안사구(Catholic University of Daegu, 2016), 경기만 해안사구(Kim, 2020)의 도시화지수 4.53%, 2.6%에 비하여 비교적 높은 수치로 인위적인 간섭이 매우 높고, 도시화지수가 증가하는 추세를 보인다.

반면, 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 귀화율은 11.7%~22.5%로 분석되었는데, 2006년의 귀화율이 다른 해보다 비교적 높게 나온 것은 2009, 2010, 2012, 2016년에 식물상 총 종수가 250~269종으로 조사된 것에 비하여 2006년은 조사시기가 짧아 조사된 종수가 62종으로 비교적 적게 조사되었기 때문으로 보인다. 2010년 이후 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 귀화율은 신두리 해안사구, 경기만 해안사구의 귀화율 22.41%, 23.7%에 비하여 낮은 수치이나 점차 증가하는 추세를 보인다.

Myeong(2010)은 해안사구는 수분 스트레스,

토양환경의 빈 영양, 염분, 해풍 및 모래 집적으로 인해 육상생태계와 비교하면 대부분 도시화지수나 귀화율이 낮다고 하였다. 본 연구에서는 도시화지수는 Yim et al.(2004)의 광주 도심 대규모 하천의 도시화지수 17.2%, Lee et al.(2002)의 축령산과 서리산 14.7%, Kang et al.(2015)의 한석산 11.5% 등 육상생태계에 비하여는 낮았지만, 귀화율은 우리나라의 산지 평균 귀화율 10.3% (Go et al., 1995)에 비하여 높게 분석되었다.

또한, 하시동·안인사구에서 2006~2016년에 조사된 생태계교란식물은 2~5종으로 애기수영, 돼지풀, 미국쭈부쟁이, 가시박, 서양금혼초이다. 2006~2013년에는 조사된 생태계교란종은 2~3종이었으나, 2016년 현지 조사와 문헌 조사에서 가시박과 서양금혼초 더 추가되어 총 5종이 되었다. 교란율은 12.5%~31.3%으로 2006년에 비하여 2016년에는 2배 이상 증가하였으며, 경기만 해안사구의 교란율 12.5%에 비하여 상당히 높은 것으로 분석되었다.

앞에서 파악한 훼손 위험 요인과 식물상의 변화를 통하여 훼손 정도를 알아보기 위해 산출한 도시화지수, 귀화율, 교란율의 상관분석 결과, 훼손 위험 요인이 증가함에 따라 도시화지수, 귀화율, 교란율이 증가하는 양의 상관관계를 보였다(Figure 8). 도시화지수, 귀화율, 교란율의 상관계수는 각각 0.49, 0.27, 0.92로 분석되어 교란율이 가장 높은 상관관계를 보여 훼손 위험 요인 증가는 생태계교란식물의 증가에 큰 영향을 미치는 것을 예측할 수 있었다. 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 생태계교란식물의 증가는 식물의 발아와 성장을 방해하여 생태계의 고유종의 생물다양성 감소를 초래하고 이는 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 생물다양성에도 부정적인 영향을 미치기 때문에 향후 생태계교란식물에 대한 체계적이고 적극적인 관리방안이 모색되어야 한다.

IV. 결 론

본 연구에서는 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 다양한 내외부적인 요인으로 인한 훼손으로 생물다양성이 감소하는 것을 방지하기 위하여 현재 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 훼손 현황과 훼손 위협요인을 현지 및 문헌 조사를 통하여 정리하였다. 하시동·안인사구 생태·경관보전지역은 자연적인 요인보다는 주로 인위적인 요인에 의한 훼손이 발생되었으며, 1970년대부터 화력발전소의 운영과 골프장의 건설 및 운영, 하시동·안인사구 생태·경관보전지역 내 군사시설과 군 훈련장 이용 및 쓰레기 투기, 곰솔군락의 확장은 하시동·안인사구의 주된 경관, 생태, 지형적 훼손 위협요인으로 작용하고 있는 것으로 분석되었다. 또한, 과거와 비교하면 식생은 다양해졌으나 외래식물의 점유율이 높아졌고, 생태계교란식물이 증가하였다.

하시동·안인사구는 현재 인지도가 낮을 뿐 아니라 제대로 된 가치평가에 대해 이루어지지 않았다. 또한, 선행 연구가 많지 않아 훼손 위협요인을 분석하기에 활용할 수 있는 과거 자료가 제한되어 있어 분석에 한계가 있고, 과학적인 근거를 바탕으로 사업을 시행하기에 어려움이 있다. 또한, 생태·경관보전지역은 자연환경보전법 제12조에 근거하여 관리구역을 핵심보전구역, 완충보전구역, 전이보전구역으로 구분하여 지정, 관리하게 되어있으나 현재 하시동·안인사구 생태·경관보전지역은 보전지역 전체가 핵심보전구역으로 지정되어 관리되어 있고 완충보전구역과 전이보전구역이 정해져 있지 않은 상황이다. 본 연구에서는 핵심지역으로 지정되어 관리되고 있는 하시동·안인사구 생태·경관보전지역에 한하여 훼손 위협요인과 영향에 대한 분석을 시행하였으나, 더 면밀한 분석을 위해서는 완충보전구역과 전이보전구역까지 생물 변화상

을 통하여 훼손의 증감 정도를 알아보는 것이 필요하다. 훼손 위협요인에 의한 영향의 정밀한 분석과 효율적인 보전 및 관리방안 마련을 위해서는 반드시 완충보전구역과 전이보전구역을 지정 및 고시해야 할 것으로 사료된다. 또한 생태계 모니터링 및 정밀조사 시 조사 범위를 확장하고, 해당 구역에 대한 훼손의 규모, 훼손 변화상 등을 지속적으로 조사하고 도면화할 필요가 있다.

본 연구에 분석된 문헌 및 현지 자료는 2006~2016년으로 현재 상황을 정확히 분석하는데 한계는 있으므로 외래식물의 점유율, 생태계교란식물의 증가 등 훼손 영향을 파악하기 위해서는 향후 대상지의 지속적인 모니터링과 자료 분석을 통하여 이에 대한 대응방안 마련이 필요할 것으로 사료된다. 또한, 생태계서비스 평가를 통하여 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 가치를 평가하고, 이를 이용하여 동해안 최초의 생태·경관보전지역으로서 경관과 생태적 회복과 기능 회복 그리고 고유종 및 생물다양성 증진으로 향후 자연성을 회복하는 연구 및 사업을 시행해야 할 것으로 사료된다.

더불어 다양한 훼손 위협요인에 의한 생물서식지 훼손, 단편화 등은 생물다양성 저하를 초래하기 때문에 이에 대한 방안을 마련해야 한다. 하시동·안인사구 생태·경관보전지역의 보전 및 관리를 위하여 단기, 중기, 장기적 사업 계획을 마련함으로써 주변 개발 변화 상황에 유연하게 대처 가능한 사업추진이 필요할 것으로 사료되며, 훼손지에 대해서는 적극적인 복원 방향을 설정하고 사업을 시행해야 할 것이다. 하시동·안인사구 생태·경관보전지역에는 다양한 이해관계자가 관련되어 있어 지자체만이 해결하기에는 한계가 있으므로 효율적인 사업 시행을 위해서는 파트너십 강화가 필수이며, 현재 지속적으로 주변 개발 사업이 진행되고 있으므로 이로 인한 피해와 영향을 구체적으로 조사하고, 실시간 모니터링과 시뮬레이션으로 피해양상을 예

측하고 이에 대한 대책을 마련해야 한다.

References

- Catholic University of Daegu. 2016. Final report of Taeon Sinduri coastal dune monitoring. Catholic University of Daegu Industry Academic Cooperation Foundation.
- Choi KH and Cho DH. 2019. Distribution of Natural Landforms and their Values as Geomorphosites in Hasidong Area, Gangneung-si, South Korea. *Journal of the Association of Korean Photo-Geographers*. 29(2): 41-52 (in Korean with English summary)
- Choi, K., Yoon, K., Choi, J., Shin, Y., Lee, J., Suh, M., Munyikwa, K., and Oh, K., 2007, Anthropogenic geomorphological changes during the last century in the Kangneung area along the east coast of Korea, *Journal of Coastal Research* 50 : 1015-1022.
- Choi GH, Yang KH, Jung SH, Park SM, Lee SY. 2016. Coastal Changes Detected Using Drone-Based Mapping in Hashidong Beach, Gangneung, South Korea. *Journal of the Korean geomorphological association*. 23(4) : 101-112. (in Korean with English summary)
- Environmental Impact Assessment Support System. 2008. Maplebeach golf and resort construction project.
- Gangneung Environmental Management Office. 2007. Research on Ways to Establish for Management Master Plan in Ecological Landscape Conservation Area. Research Report to Gangneung Environmental Management Office.
- Go GS. 1995. Survey on the part of a person naturalization biology impact, National Institute of Environmental Research, Incheon,

- Han YH, Lee YH, Kim JB, Cho KJ. 2013. Vegetation Characteristics of Coastal Sand Dune in the East Coast. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*. 16(1) : 55-69. (in Korean with English summary)
- Jung YK and Kim JW. 1998. Coastal sand dune vegetation in Kyungpook Province. *Korean J. Ecol.* 21 : 257-262. (in Korean with English summary)
- Jung SJ, Kim KH, Pyun CK. 2004. Investigation of Long-Term Shoreline Changes using Aerial Images. *Magazine of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*. 16(1) : 10-17. (in Korean with English summary)
- Kang JS, Han JS, Cheon KS, Kim KA, Park YH, Yoo KO. 2015. Floristic study of Mt. Hanseok(Inje-gun, Gangwon-do). *Korean Journal of Plant Taxonomy*. 45(1) : 45-71. (in Korean with English summary)
- Kim GS, Kim DU, Jeon JY, Lee JH and Oh WS. 2020. Characteristics of Vegetation Type and Distribution on Hasidong·Anin Coastal Dune of Ecological and Landscape Conservation Area in Gangneung, Korea. *Journal of Agriculture & Life Science* 54(2) : 34-41. (in Korean with English summary)
- Kim IH, Lee SD. 2004. Evolution and Changes of Coastal Topography due to Jetty Construction at Namdae River Mouth. *Journal of the Korean society of civil engineers*. 28(3B) : 315-321. (in Korean with English summary)
- Kim JE, Hong SK. 2009. Landscape Ecological Analysis of Coastal Sand Dune Ecosystem in Korea. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*. 12(3) : 21-32. (in Korean with English summary)
- Kim YE. 2020. Distribution patterns and characteristics of naturalized plants in coastal sand dunes of Gyeonggi bay, Korea. Master Dissertation. Seoul University.
- Kwon YH, Ro TH, Lee SJ, Park JH, Sim MH. 2003. Analysis of ecological effects on golf course operation. Korea Environment Institute.
- Lee YG. 2011. Study on Changes in the Coastal Environment due to Human Interference : A Case Study of sand beach in Gangneung, East Coast of Central Korea. Master Dissertation. Korea National University of Education.
- Lee YM, Kim SS, Cho DW, Jung SS. 2002. The Flora in Chungnyeongsan and Seorisan. *Korean Journal of Environment Ecology*. 16(1) : 104-123. (in Korean with English summary)
- Lim DO, Ryu YM, Hwang IC. 2004. An Analysis of the Environmental Index and the Distribution of Naturalized Plants in Large Rivers of Downtown Gwangju Metropolitan City. *Korean Journal of Environment Ecology*. 18(3) : 288-296. (in Korean with English summary)
- Myeong HH. 2010. On Conservation and Management Plan of Coastal Sand Dune Ecosystem Using Health Assessment. Ph.D. Dissertation. Mokpo National University.
- Ministry of Environment. 2002. Management Guide for Conservation of Coastal Sand Dune. Research Report to National Institute of Environmental Research.
- Ministry of Environment. 2009. Flora of Hasidong·Anin coastal dune of ecological scenery conservation area. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea. p.10.

- Ministry of Environment. 2009. The 1st Basic management plan for Hasidong·Anin Coastal Dune of Ecological and Landscape Conservation Area. Ministry of Environment. Sejong. Korea.
- Ministry of Environment. 2010. Report of change and observation of ecosystem from 2008 to 2009. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea. pp.273-291.
- Ministry of Environment. 2011. Natural Breakwater, Coastal Dunes. Seoul. National Institute of Environmental Research.
- Ministry of Environment. 2012. Report of change and observation of ecosystem from 2010 to 2011. Ministry of Environment, Sejong, Korea. pp.337-355.
- Ministry of Environment. 2014. Report of change and observation of ecosystem from 2012 to 2013. Ministry of Environment, Sejong, Korea. pp.359-385.
- Ministry of Environment. 2015. The plan on the value enhancement of ecosystem in Hasidong·Anin Coastal Dune. Ministry of Environment, Sejong, Korea.
- Ministry of Environment. 2017. The 2nd Basic management plan for Hasidong·Anin Coastal Dune of Ecological and Landscape Conservation Area. Ministry of Environment. Sejong. Korea.
- Ministry of Environment, 2019. Spatial information monitoring in Hasidong·Anin Coastal Dune of Ecological and Landscape Conservation Area. Ministry of Environment. Sejong. Korea.
- National Institute of Ecology. 2017. Investigation of ecology landscape conservation area (Hasidong anin sand dune). Ministry of Environment Sejong, Korea.
- National Institute of Environmental Research. 2006. The ecosystem survey on coastal sand dune. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea.
- Numata, M. and Kotaki. O. 1975. Naturalized plants. Japan Society of Library. Tokyo. 160pp
- Oh HK, Sagong JH, You JH. 2011. Analysis on Environmental Indices and Naturalized Plants Distributed in Gyeryong-si, Korea. Korean Journal of Environment Ecology. 25(4) : 479-489. (in Korean with English summary)
- Oh JK, Bang KY, 2013. Variations of Sediment Textural Parameters and Topography around Gangneung Harbor after the Completion of Harbor Construction. The Journal of The Korean Earth Science Society. 34(2) : 120-135. (in Korean with English summary)
- Park JH. 2018. A Study on Improvement of Law and Policy on Coal Power in Korea - Analysis of the Samcheok coal power. Environmental Law and Policy. 21 : 101-130. (in Korean with English summary)
- Seok YS, Song KH, Chon JH. 2014. The Application of the Systems Thinking Approach in Suggesting the Restoration Direction of the Ecological Landscape Protected Area — Focused on the Relationship between the Damage Causes of Hasidong·Anin Coastal Dune and Keystone Species—. Journal of East Asian Landscape Studies. 8(2) : 43-55. (in Korean with English summary)
- Song HK, Park GS, Park HR, Seo EK, So SK, Kim MY. 2005. Vegetation and Soil Properties of the Coastal Sand Dune in Sinduri, Taean Gun. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration

- Technology. 8(6) : 59-68. (in Korean with English summary)
- Yim YJ, Jeon ES. 1980. Distribution of Naturalized Plants in the Korean Peninsula. Journal of Plant Biology. 23 : 69-83. (in Korean with English summary)
- Yoon HS, Park SY, Yoo CI. 2010. Review of the properties and spatial distribution of coastal sand dunes in south Korea. Journal of fisheries and marine sciences education. 22(2) : 180-194. (in Korean with English summary)