Journal of Environmental Science International
28(2); 191~201; February 2019

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2019.28.2.191

ORIGINAL ARTICLE

생태계보전협력금 반환사업을 통한 해안 식생복원계획 – 부산 해운대구 달맞이 고개 일대를 대상으로 –

윤성융*
서호엔지니어링

Vegetation Restoration Plan for a Coastal Area through Ecosystem Conservation Fund Return Project: - focus on the Dalmaji-gil area, Haeundae-Gu, Busan Metropolitan City. -

Yoon sung-young*
Seoho ENG, Seoul 11139, Korea

Abstract

This study suggested a vegetation restoration plan for a coastal area where the ecosystem conservation fund return project, targeting the whole area of Dalmaji-gil, located in Haeundae, Busan. After distinguishing if it would be a proper site for the operation of the ecosystem conservation fund return project by analyzing the ecological environment, human environment, and the current status of land owners, the target species for vegetation restoration was determined, and the facilities and programs were selected in accordance with the spatial division of the biosphere reserve. The basic direction is as follows. First, is the expansion of green space and the securement of life habitats downtown. Second, is the conservation of core areas by separating the conserved area from the space for use. Third, is the establishment of ecological resting space and the reinforcement of an ecological educational programs. The significance of this study is to suggest a vegetation restoration plan of a coastal area, fully utilizing the existing vegetation of the subject area, by suggesting the land use and flow planning, environmental improvement (vegetation restoration) plan, life habitats establishment plan, planting plan, and hydrologic plan, facilities, maintenance, and monitoring plan based on the basic direction. This study would provide useful basic data for ecosystem conservation and restoration in the Korean Peninsula, surrounded by the ocean on three sides.

Key words : *Pinus thunbergii community, Dalmaji-gil, Biosphere reserve, Ecosystem restoration*

1. 서 론

윌코브(1986)는 생태계 훼손의 가장 큰 요인을 인구의 증가, 과학기술의 발달 및 급격한 도시화로 지목하고 있으며, 위 요인들로 인해 서식지의 단편화 및 면적 축소, 개체군의 크기 감소, 군집의 종 다양성 감소 등이 발생 되어져 심각한 생태계 훼손을 발생하고 있다고 주장하였다.

특히 우리나라는 전체 인구의 90% 이상이 도시에

Received 21 September, 2018; **Revised** 11 February, 2019; **Accepted** 11 February, 2019
***Corresponding author**: Yoon sung-young, Seoho ENG, Seoul 11139, Korea
Phone : + 82-02-6462-5003
E-mail : yung0504@hanmail.net

ⓒ The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

거주하고 있어 도시지역의 생태계 훼손이 심각하며, 외부 자연환경과의 연결성이 저하되어 있는 상태이다. 때문에 도시와 거주민들의 지속인 발전 및 성장을 위해서는 도시환경의 쾌적성을 향상을 위한 방법 모색이 절실하다.

다시 말해, 도시화 및 산업화 과정에서 훼손된 자연환경을 복원하여 원래 상태 혹은 그와 유사한 상태로 되돌림으로써 인간과 자연이 건전한 관계를 구축하고 서로 공존하는 자연환경보전사업이 필요한 시기이다.

자연환경에 대한 이슈가 높아짐에 따라 1991년 자연환경보전법이 제정되었으며, 이로 인해 인위적 훼손으로부터 자연생태계 및 보호가치가 있는 생물의 멸종을 방지할 수 있는 법체계가 정비되었다.

2001년에는 동법에서 제 49조에 의거하여 2001년 1월부터 훼손된 생태계를 복원하는 사업을 지원하기 위해 개발사업으로 자연생태계가 훼손될 경우 훼손 면적에 상응하는 비용을 부과하는 생태계보전협력금을 부과하고 있으며, 그 협력금은 꾸준히 증가하는 추세에 있다(Lee and Sung, 2013).

또한 생태계본전협력금은 협력금 납부자 또는 자연환경보전사업 대행자가(생태계보전협력금을 납부한 자로부터 자연환경보전사업의 시행 및 생태계보전협력금의 반환에 관한 동의를 받은 자) 환경부 장관의 승인을 받아 대통령이 정한 자연환경보전사업을 시행한 경우 50%범위 이내에 협력금을 반환받을 수 있다.

이러한 생태계보전협력금 반환사업의 목적은 자연환경 및 생태계 기능을 저하시키고 생물다양성 감소를 초래한 개발 사업자의 협력금을 활용하여 훼손된 생태환경을 복원하고 대체자연을 조성하는 등 생태계 보전 및 복원사업을 유도하는데 있다.

그러나 Gyeonggi Research Institute(2009)의 연구에서 지적한 바와 같이 2014년까지 총 89개의 생태계보전협력금 반환사업이 추진되면서 징수액이 매년 증가하고 있는 데 비해 반환사업 예산 확보가 저조함에 따라 본 사업이 활발하게 추진되어지지 못하고 있는 실정이다. 즉, 생태계보전협력금을 활용한 생태계 보전 및 복원 사업의 활성화가 필요한 시점이다.

이에 따라 본 연구는 훼손된 지역만큼 복원이 필요하다는 관점에서 부산 해운대에 위치한 달맞이고개 일대를 대상으로 생태계보전협력금 반환사업의 추진이 저조한 해안에 대하여 식생복원계획을 제시하였다. 이러한 연구는 삼면이 바다로 둘러싸인 한반도에서 생태계보전과 복원을 위한 기초자료로서 유용하게 활용될 것으로 사료된다.

2. 연구범위 및 방법

2.1. 연구대상지

본 연구의 대상지는 남쪽으로 남해 바다가, 동쪽으로는 와우산이 위치하고 있는 부산광역시 해운대구 중동

Fig. 1. Location of research site.

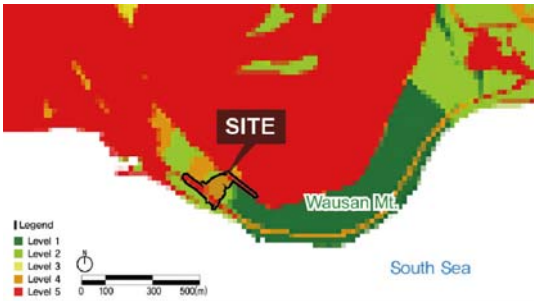

Fig. 2. Site of environmental conservation value assessment map.

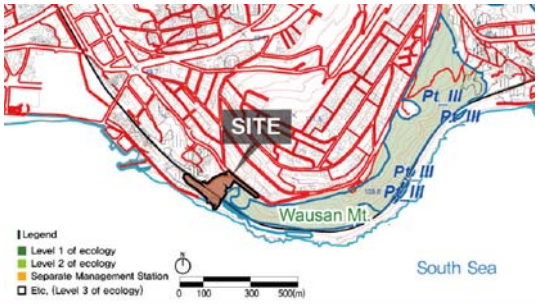

Fig. 3. Site of ecological zoning map.

Fig. 4. Site of land cover map.

Fig. 5. Site of vegetation map.

991-29번지 일대에 있으며, 주변으로 주거지, 상업지, 관광지가 복합적으로 형성되어 있다. 또한, 대상지를 인접하여 부산의 관광명소인 달맞이공원과 해운대 해수욕장이 있어 매년 많은 관광객들이 찾아오는 장소이다. 그리고 대상지 주변으로 반경 500m 내 동해남부선 폐선부지가 인접하며, 동부산 관광단지 조성이 진행 중에 있다.

그러나 현 대상지는 내부 불법경작뿐만 아니라 주변부 경작에 의한 농약의 방치, 오염원의 노출 등으로 해안 생태계로의 오염 유입 및 훼손영역의 확대가 우려되어지며, 동해남부선으로 인해 해안 식생대와 산림식생대가 단절되어 있고, 곰솔군락의 잠식으로 인해 소생물의 이동로 및 서식처의 파편화 진행 되고 있다. 또한, 주변지역 개발과 불법경작으로 황폐된 나대지는 여름철 집중 호우시 토사가 지속적으로 유실되어 사면침식 및 붕괴위험도가 높으며, 경계부를 따라 위치한 인접 도로로부터 비점오염원 유입 및 진입부 콘크리트포장으로 생태계 훼손이 우려되는 곳이다.

2.2. 연구방법

달맞이고개 일대의 해안 식생복원계획을 수립하기 위해 먼저 대상지의 현황을 분석한 후, 복원계획의 기본구상 방향을 설정하였다. 대상지 현황 분석은 생태환경, 인문환경 분석 및 토지 소유자 현황 분석을 진행하여 생태계보전협력금 반환사업이 시행될 수 있는 적절한 대상지인지 판별하였다. 대상지 현황 분석 결과를 바탕으로 본 대상지의 식생 복원을 위한 목표종을 설정하였고, 생물권보전지역 공간구분에 따른 시설 및 프로그램을 선정하여 본 대상지의 현황을 기반으로 한 해안 식생 복원계획을 제시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 대상지 현황 분석 및 평가

3.1.1. 생태환경 및 인문환경 분석 결과

사업대상지의 생태기반환경은 사면경사가 높은 지형이며, 온화한 해양성 기후를 나타내고 있으며, 불법경작지로

인하여 배수가 불량한 상태로 집중 호우시 토사유실이 유려되는 지역으로 분석되었다. 생태환경은 단경초원 및 휴경지이고, 주변은 곰솔군락이 분포하고 있는 것을 나타났다. 또한, 국토환경성 평가, 생태자연도, 토지피복도, 현존 식생분포도를 통하여 자연환경가치를 평가하였다.

먼저, 국토환경성 평가는 Fig. 2와 같이 대부분 국토환경성평가 4등급을 나타내며 일부구간은 2등급이 분포하고 있는 것으로 나타났다. 동측에 인접한 달맞이공원이 1등급 지역으로 나타나며 북측으로는 대부분 상업시설 및 주거지역이 자리하여 5등급으로 나타났다. 둘째, 생태자연도 평가는 Fig. 3과 같이 대상지의 대부분 생태자연도 3등급이 분포하는 것으로 나타났으며, 이로써 개발과 이용에 따른 훼손에 의한 복원이 필요한 것으로 사료된다. 셋째, 토지피복도로 살펴본 대상지는 Fig. 4에서 보이는 것처럼 대부분이 인공초지로 구분되어 있으며, 북측과 남측으로 침엽수림이 인접해 있는 것으로 나타났다. 넷째, Fig. 5의 현존 식생분포도에서 살펴보면, 대상지는 단경초원 및 휴경지로 나타나고 있지만, 인접한 달맞이공원은 국토환경성 1등급이며, 곰솔군락이 분포하고 있는 것으로 분석되었다.

대상지의 생태환경을 종합적으로 분석함에 따라 세 가지의 계획과제를 도출할 수 있었다. 첫째, 훼손되고 단절된 산림녹지축을 연결하기 위해 곰솔군락의 생태 모델숲 적용을 통한 훼손지 복원을 한다. 둘째, 생태 보존공간 및 생물 다양성 확보를 위해 야생 동·식물(목표종) 서식에 적합한 생태기반환경을 조성한다. 셋째, 방치된 나대지의 인위적인 훼손발생을 제거하기 위해 오염요소 제거 및 자생수종을 통한 기반환경 복원으로 건전한 산림환경을 조성한다.

한편 대상지의 인문환경은 다음과 같다. 첫째, 17년 해운대구 총 인구 425,000명 중 대상지를 포함하는 중동의 인구는 40,700명(약10.4%)을 차지하며, 매년 관광객의 수요가 증가하는 추세이다(해운대구청 통계연보, 2017). 따라서 인근 주민 뿐 아니라 대상지 주변 관광지의 관광객을 고려한 계획 수립 요구된다. 대상지 주변에 양호한 수림대와 공원이 형성되어있고 내부에는 산책로와 쉼터가 조성되어 있으나 대상지 내에는 주변 거주자들에 의한 불법경작지 및 나대지 형태로 방치되어 있다. 이에 따라 대상지 내 훼손된 생태를 복원하여 주변 녹지축의 연속성을 확보하며, 인근 공원과 연계 가능한 생태체험공간을 조성할 필요가 있어 보인다. 특히, 대상지 주변으로 해수욕장 등의 관광단지가 자리하고 있지만 대상지의 황폐한 모습으로 인해 경관적으로 부정적인 영향을 끼칠 우려가 있기 때문에 사업대상지 복원으로 인한 시너지효과로 주변 해운대 및 달맞이 언덕 등 관광지 수요 증가를 기대해볼 수 있다.

3.1.2. 토지 이용자 현황 분석 결과

본 사업 대상지는 부산광역시 해운대구 중동 991-29번지 일대(7,955.64 m^2)로 부산광역시 및 국유지 소유이며 지목은 대지, 구거, 철도, 도로로 분류되어 있다. 그리고 토지이용규제 상 자연녹지지역, 근린공원 등으로 지정되어 있으며, 환경부의 생태계보전협력금 반환사업을 추진하는데 있어 토지소유로 인한 토지보상 및 행정적인 문제는 발생되지 않을 것으로 분석되었다.

3.2. 기본구상

3.2.1. 방향설정

본 연구의 해안 식생복원계획을 위한 기본방향은 첫째, 도심 내 녹지공간 확충 및 생물 서식공간 확보이며, 둘째, 보존공간과 이용공간의 분리를 통한 핵심지역 보존이며, 셋째, 생태휴식공간 조성 및 생태교육프로그램 강화이다.

우선, 도시 내 녹지공간 확충 및 생물 서식공간 확보를 위한 전략으로는 훼손된 사업대상지의 수림대 복원을 통해 와우산으로 부터 내려오는 곰솔군락지와 연계하는 방법과, 불법 경작지에서 발생하는 오염요소를 제거하여 훼손지 복원을 통한 식재기반환경을 복원하는 방법을 적용할 수 있다. 둘째, 보존공간과 이용공간의 분리를 통한 핵심지역 보존의 전략은 핵심 · 완충 · 전이지역의 공간설정과 완충수림 조성을 통해 보존 · 이용공간을 분리하는 것이며, 식생 기반환경을 복원한 완충 녹지대 조성과 이용객 진입방지를 통한 핵심지역을 보존하는 것이다. 셋째, 생태휴식공간 조성 및 생태교육프로그램 강화를 위해서는 자연체험의 기회를 제공함으로써 삶의 질 향상과 자연환경의 가치 및 중요성의 인식을 증대하며, 생태숲 복원을 통해 자연친화적 공감대를 형성 · 유도하며, 더불어 지역주민의 생태 휴식공간으로 이용촉진을 도모해야 할 것이다.

Table 1. Characteristics of sparrow hawk

Category	Contents	
Scientific name	*Accipiter nisus nisosimilis*	
Sort	Algae > Falconficormes > Accipitridae	
Note	Ministry of Environment Designated Endangered Wildlife Class 2, Natural Monument No. 323-4, IUCN Red List LC (A species of interest)	
Behavior character	‣ Body length is about 32cm for male and 39cm for female, which is common in Korea. ‣ Males are gray with bluish upper side, white horizontal pattern on upper, female upper side is brown.	
Ecological character	‣ Inhabits in a small mountainous area near a forest or forest. ‣ They nest on branches and lay 4 to 5 eggs in May, sometimes using other birds' nests. ‣ They eat small birds, mice, grasshoppers, hornbills, and butterflies.	

Table 2. Characteristics of white-backed woodpecker

Category	Contents	
Scientific name	*Dendrocopos leucotos*	
Sort	Algae > Piciformes > Picidae	
Note	IUCN Red List LC (A species of interest)	
Behavior character	‣ Can be seen in thick forests or coniferous forests. ‣ The body is about 25 ~ 28cm in color with uniform black and white waist and white wings.	
Ecological character	‣ Can be seen throughout Korea but relatively uncommon. ‣ A large tree trunk is pierced with a nest, and three to five eggs are laid on it, starting from the end of April. ‣ Feeds mainly eat insects such as beetles, butterflies, bees and other things, eat plant seeds.	

3.2.2. 목표종 설정

해안 식생복원을 위해 설정한 목표종은 「환경영향평가정보시스템」, 「소규모환경영향평가」를 참고하여 세계자연보전연맹(IUCN) 레드리스트 상에 있는 종으로 설정하였으며, 국가 법정보호종 범주 포함여부도 고려했다. 그러나, 사업대상지의 지리적 특성상 해안과 연결성을 고려하여 갯벌이나 하구, 만, 해안 인근 농경지에 서식하는 도요물떼새류, 오리류나 강 하구나 바닷가 모래밭에 서식하는 괭이갈매기는 현실적인 목표종에 부합되지 못하기에 목표종에서 제외했다.

식물 목표종은 해안을 따라 분포하는 곰솔군락을 고려하여 와우산과의 연결성을 강화하는 방향으로 생태적 서식지 복원이 적합하다고 판단했다.

현재 대상지 주변에는 곰솔군락이 분포하고 있으며, 임상도 확인결과 훼손된 대상지 역시 곰솔군락이었을 것으로 분석되며, 대상지는 바닷가 인근 남향으로 곰솔의 생육환경이 우수하며 식생복원 및 해안녹지축 연결을 위해 관심필요종인 곰솔을 목표종으로 선정했다. 그리고 인근지역의 낮은 산지와 탁 트인 환경을 고려하여 목표종으로 선정한 새매는 개체수가 감소하고 있는 추세이며 상위소비자 역할을 하고 있어, 환경영향평가서 관찰 리스트 상에 있으며, 환경부 지정 멸종위기 야생생물 2급이자 천연기념물(제323-4호)로 보호가치가 높은 것으로 보고되고 있다.

3.2.3. 공간 · 시설 구분과 활동 프로그램 선정

우선 유네스코의 생물권보전지역(UNESCO MAB) 모형의 개념을 도입하여 공간 구분, 시설, 활동 프로그램을 선정하였다. 대상지 중 서식처 복원 및 산림복원 지역을 중점 복원구역으로 설정하여 사업을 계획하였으며, 핵심공간은 생물서식공간으로써 생태숲 복원지, 야생생물

Table 3. Characteristics of blue-striped butterfly

Category	Contents	
Scientific name	*Nymphalis canace*	
Sort	Hexapoda > Lepidoptera > Nymphalidae	
Note	-	
Behavior character	‣ Body length is 50 ~ 60mm and male and female distinguish by the shape of the end of the biceps. ‣ In summer, there are many patterns with wings, but in autumn, the color is dark.	
Ecological character	‣ It usually occurs twice a year, and it is well gathered in oak tree sap and rotten fruit. ‣ The feeding plant is known for wheat herb and bluefin tuna.	

Table 4. Characteristics of black pine

Category	Contents	
Scientific name	*Pinus thunbergii*	
Sort	Coniferous > Pinaceae	
Note	IUCN Red List LC (A species of interest)	
Behavior character	‣ It is 20m in height and 1m in diameter, and the bark is dark brown. ‣ The leaves run on two short branches and are surrounded by eye scales.	
Ecological character	‣ It grows mainly on the beach, flowers bloom in May, and is male and female. ‣ The seeds are placed upside down and have wings.	

서식지, 건습지 등을 복원 조성하며, 완충공간은 생물서식 및 소극적 이용공간으로써 생태완충지, 소생물 서식습지, 관찰공간으로 복원 조성하는 것으로 구분하였고, 마지막으로 전이공간은 소극적 이용공간으로써 이용 및 휴게공간을 조성하는 것으로 계획 하였다.

먼저 핵심공간은 지속적인 모니터링을 통해 야생 생물의 서식을 관찰하는 것이 주요 목적이며, 완충공간은 소음 및 오염원을 차단하면서 소극적 생태학습 및 체험을 제공하는 곳으로, 전이공간은 휴식 및 산책 등이 가능한 공간으로 활동프로그램을 설정하였다.

설정된 복원구역에 적용한 기본구상도는 Fig. 6과 같으며, 유네스코 생물권보전지역 모형의 개념을 도입한 핵심, 완충, 전이 공간의 세부공간의 기능은 Table 5와 같다. 첫째, 핵심공간은 그 주요기능 및 목적이 생물서식공간으로 주변 곰솔군락과의 연계 및 산림녹지축 연결을 통한 생태숲 복원, 먹이원 조성 등 야생동물을 유도하여 생태거점으로써의 기능을 복원하기 위한 야색생물 서식지 조성, 유속저감 및 토사유실을 방지하는 건습지 조성으로 계획하였다.

둘째, 완충공간은 그 주요기능 및 목적이 생물서식과 함께 소극적 이용이 가능한 공간을 조성하는 것으로, 완충수림대 조성하여 외부간섭을 차단하는 생태완충수림지, 양서·파충류 등 소생물 등을 서식·관찰 할 수 있는 관찰공간, 생태체험 및 교육을 위한 학습공간이 이루어 질 수 있는 소생물 서식습지 조성으로 계획하였다.

셋째, 전이공간은 그 주요기능 및 목적이 소극적 이용이 가능한 공간을 조성하는 것으로, 진입로는 달맞이길(문탠로드, Moontan road)와 연계하되 각각의 동선은 야생동물의 서식에 방해되지 않도록 설치하며, 방문객들이 녹음과 휴게를 즐길 수 있는 공간을 조성하는 것으로 계획하였다.

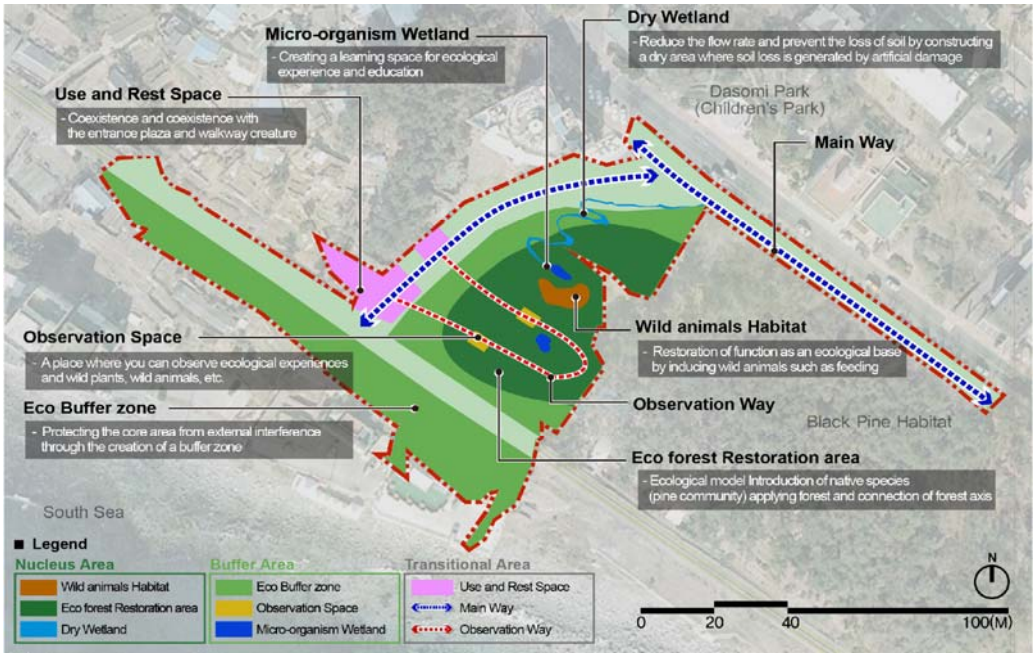

Fig. 6. Conceptual design plan.

Table 5. Spaces, facilities and program classification according to UNESCO MAB

	Detail space	Facility program		Activity program
		Function	Contents	
Nucleus area (Habitat)	Eco forest restoration area	Restoration of Black pine babitat	- Using ecological model forests using native species, expanding habitats and linking the forests with existing ginseng communities	- Monitoring
	Wild animals habitat	Inhabit of wild animals	- The species that becomes the food source is planted - Promoting biodiversity through habitat creation	- Observation
	Dry wetland	Prevention of soil runoff	- Preventing soil erosion through flow rate reduction	- Observation
Buffer area (Habitat +Inactive space)	Eco buffer zone	Prevention of external interference	- Composition of cushioning to prevent external interference - Establishment of ecological bases linked to existing ginseng community	- Covered habitat - Noise and Pollution mitigation
	Micro-organism wetland	Amphibian habitat	- Amphibian, reptile habitat and ecological learning space	- Education
	Observation space	Wildlife observation	- Ecological experience and education, visitor and wildlife protection	- Experience, Education
Transition area (Inactive space)	Use and rest space	Eco Trail and Rest	- Relaxation and walking space - Ecological experience and study space	- Rest, Trail - Observation
		Entrance and Rest	- Relaxation and wildlife viewing	- Observation, Rest, Trail - Entrance Square
		Observation way	- Installed at a distance so as not to interfere with the habitat of wild animals	

Fig. 7. Master plan of research site.

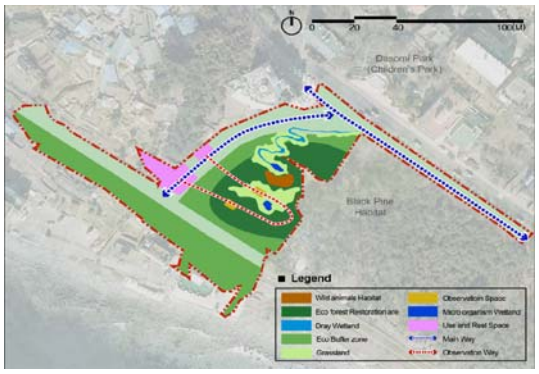

Fig. 8. Zoning and circulation plan.

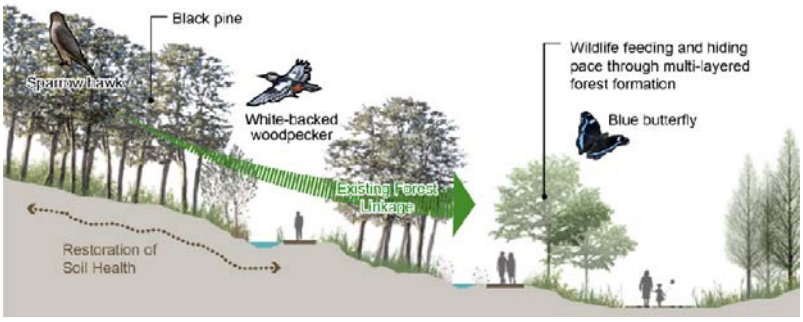

Fig. 9. function of ecological habitat.

3.3. 기본계획

기본구상을 바탕으로 하여 Fig. 7과 같이 대상지의 기본계획을 도출하였으며, 이에 대한 세부 계획으로 토지이용 및 동선계획, 환경개선(생태복원) 계획, 생물서식처 조성계획, 식재계획, 수리·수문계획, 시설물 계획 등을 제시하고자 한다.

3.3.1. 토지이용(공간구분) 및 동선계획

대상지 내의 각 공간은 생태적 요소를 고려하여 핵심, 완충, 전이구간을 적용한 공간을 계획하였다. 핵심지역은 주변의 식생환경과 연계한 곰솔군락을 복원하여 서식처 및 생태보전의 역할이 가능하도록 계획하였으며, 완충지역은 핵심지역의 소음 오염원에 의한 피해를 완화해 주고 기존 산림 확장 및 생태습지를 조성하여 다양한 생물 서식공간으로 조성하도록 계획하였다.

전이지역은 직접적인 간섭이 일어나는 공간으로 기존 폐철도를 일부 생태휴식공간으로 복원하여 이용객들에게 편의를 제공하도록 계획하였다.

3.3.2. 환경개선(생태복원) 계획

식생 및 식물종 도입(Top-Down)과 동・식물 서식기반 조성(Bottom-Up)으로 토양의 고유기능을 강화면서, 붕괴・침식・토사유출 방지와 함께 경관회복 및 야생동물 서식처의 기능을 확보하도록 복원계획을 수립하였다. 그리고 단절 및 균열된 지역에 식생을 도입하여 탄소를 저감할 수 있도록 유도 하며, 생물종 도입으로 생태계 구조적 · 기능적 연결성을 증대하도록 계획하였다. 또한, 염류의 집적으로 인한 양분결핍의 토양은 토양입자구조 개선을 통한 공극 확대로 뿌리에 원활한 수분과 양분 공급이 되도록 복원계획을 수립하였다.

3.3.3. 생물서식처 조성계획

생물서식처는 안정적인 생태환경을 구축하고 생물다양성 증진을 위한 먹이사슬 구조를 유지하며, 목표종의 생태적 특성을 이해하고 생활사를 고려한 서식환경 조성

Table 6. Ecological habitat plan

Category	Speices	Consideration
Eco restoration forest	Pinus thunbergii	- Developed a model for community planting based on the prototype of surrounding forest vegetation - It is judged as a herb community before it is destroyed around the clinical map and the site. - The site is located in the south of the beach - Restoration of damaged vegetation forests and restoration of damaged forests
	Dendrocopos leucotos	- Composition of forests considering characteristics of internal forest species - Providing shelter and spawning grounds with the introduction of deciduous broad-leaved forests - Introduction of fruit juice capable of feeding food such as pine nut and acorn
	Accipiter nisus nisosimilis	- Provides open habitat near low limb forest or forest - Spawning season is around May and habitat in forest during breeding season. - Feeds are a bird or a mouse, a grasshopper, a winged bird, and a butterfly (larva).
Insect wetland and Dry wetland (Buffer forest)	Kaniska canace	- Construct winter thickets, caves and litter layers - For the provision of necessary food after winter, forests of oak and debris trees - It is a food plant, and it is provided with a food source by planting blue-thorns

Table 7. Adopted species of trees based on planting area

Category	Introduction of trees	Planning direction
Eco resotration forest	- Upper layer: ginseng tree, oak tree, oak tree, oak tree - Middle-class: Quarry, Quercus, Pine, Corn oil etc. - Shrubs and ground layers: azalea, holly, pruning, fur	- Multi-layer structure - wildlife habitat and hiding space
Buffer forest belt	- Upper layer: oak oak, oak oak, oak wood - Middle layer: hornblende, mountain oil, camellia - Shrubs and layers: blue-green, blue-green, green, etc.	- Buffered green space of core · use space - Ecological network connection using native species
Dry wetland and amphibian habitate	- Floating and bloom: Frog, yellow lily lotus, water lily, etc. - Constant: reed, lepidoptera, water buffalo, languid lange, etc. - Dandelion larvae: yellowtail, yellow iris, fenugreek, thistle, etc. - Shrubs: wet shrubs	- Leaf of frog, plant material for shielding tadpoles - Plant material for habitat function

계획을 Table 6과 같이 수립하였다. 특히, 곰솔은 대상지 주변지역 산림식생의 원형(prototype)을 바탕으로 군락 식재 적용모델 개발하여 생물서식처를 조성하며, 큰오색딱따구리는 잣, 도토리, 옻나무 열매 등 먹이원이 가능한 유실수를 도입하여 은신처 및 산란처를 제공하도록 계획하고, 새매는 낮은 산지 숲이나 숲 부근 탁 트인 서식공간을 제공하도록 고려했다. 또한, 청띠신선나비는 월동가능한 덤불, 동굴, 낙엽층 등을 조성하며, 월동 후에 필요한 먹이원 제공을 위해 참나무과와 층층나무과의 나무로 숲 조성하도록 계획하였다. 이렇게 계획된 생물서식처의 위치와 기능은 Fig. 9과 같다.

3.3.4. 식재계획

대상지역 식재계획은 접지와 유사한 식생을 도입하여 시각적 이질성을 완화하고, 대상지 주변지역에 분포하는 수종을 우선 선정하며 부득이한 경우 유사한 수종 중 수급 가능한 수종 선정하도록 한다.

그리고 훼손된 산림경계부에 자생종인 소나무 군락을 식재하여 우수한 경관창출과 안정적인 산림을 조성하고 목표종의 서식이 가능하도록 산림녹지축 복원한다. 야생동물 서식처인 핵심지역에 인위적인 외부간섭을 완화하기 위하여 완충 수림대를 조성한다.

또한, 주변 산림생태와 조화될 수 있도록 생물다양성을

확보하며, 생육환경의 보전, 야생동물의 서식처를 고려하여 파종・식재계획을 수립한다. 초본류・목본류 등이 자연스럽게 어우러진 군상형태로 식재하며, 훼손지는 이미 자생식물이 사라졌거나 개체수가 적기 때문에 파종・식재를 통해 개체수가 증가되도록 식재 설계를 유도한다. 식재공간에 따른 도입수종은 Table 7과 같다.

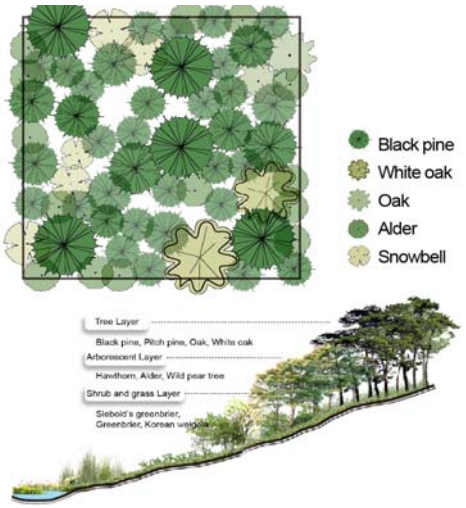

Fig. 10. Black pine colony in Ecological Forest.

3.3.5. 수리 · 수문 계획(유입 · 배수 계획)

대상지는 집중강우 시 대상지내 우수를 집수하고 유속을 저감시켜줄 계류형 건천습지를 조성하여 하부 주거지역으로 토사유실 방지하도록 계획하였다. 그리고 지속적인 수원이 공급되기 어려우므로 건습지로 조성하고 대상지 주변의 표면수를 습지로 집수하여 유수용수를 확보하는 방안을 고려하였다.

3.3.6. 시설물계획

대상지역은 기존 이용행태를 고려해 공원의 기능을 일부 복원하여 이용자들에게 휴게 및 편의공간을 제공하도록 시설물 계획하였다. 편익을 제공하는 시설로는 관찰데크, 종합안내판, 생태해설판 등 생태학습 및 체험을 위한 시설을 도입하였으며, 야생동물의 서식에 방해되지 않도록 일정거리를 두어 설치하도록 계획하였다. 또한, 시설물 도입을 최소화 하고, 자연소재를 활용하여 주변 환경과 조화를 이룰 수 있도록 하였다.

3.3.7. 유지관리 및 모니터링 계획

유지관리는 생태기반환경관리와 생태환경관리, 시설물 관리로 나누어 관리하도록 한다. 그리고 생태기반환경관리는 토양, 수리·수문 2가지 항목으로 하며, 토양은 식물생육에 기반이 되며 동물에게 은신처, 휴식처 등을 제공하기 때문에 유지관리에 필요한 항목이라고 볼 수 있다.

특히, 수리·수문의 경우 우수를 제외하고 대상지로 유입되는 별도의 수자원이 없기 때문에 생물서식에 필요한 유지용수가 유지되고 있는지 지속적인 관리가 필요하다.

생태환경은 생물서식처로 인위적 혹은 자연재해로 인해 발생된 훼손을 파악하고 보수하도록 하며, 시설물은 이용으로 인한 훼손, 직사광선 등 자연현상으로 인한 훼손 등이 발생함으로 지속적인 관리를 실시한다.

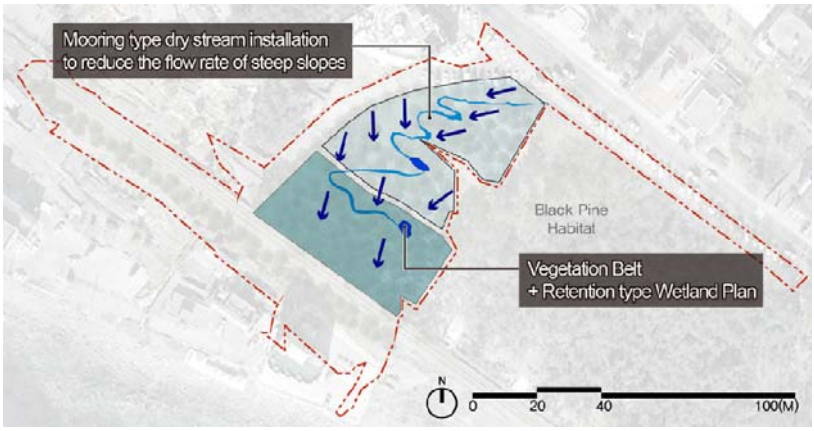

Fig. 11. Hydrologic and hydraulic plan.

Table 8. Monitoring items and contents

Category	Investigation Contents
Ecological-based environment	- Terrain, repair, hydrology, soil, etc.
Species	- Investigate mainly the target species of the target area, - The animal fauna is based on the survey of all taxa.
Habitats	- Investigate habitat type, stability, damage, etc.
Restoration and utilization facilities	- Investigation of safety, management and utilization status of restoration facilities - Use facilities are surveyed for damage due to use or frequency of use

모니터링은 복원된 대상지의 생태환경인 동·식물상의 변화를 파악하여 문제점을 개선하고 성공적 복원사업의 기초자료로 활용함과 동시에 유지·관리방안을 제시하고자 실시하는 행위이다. 복원사업의 효과를 판단하기 위해 사업 전·중·후 모니터링을 실시하고 계절별 모니터링을 실시하여 동·식물상의 변화를 파악하도록 해야 한다.

식물 모니터링의 경우 고정조사구를 선정하여 식물의 활착, 생육상태, 우점도, 피도, 군도, 교란종 분포 등을 조사·분석하여 문제점을 도출하고 개선방안을 마련하도록 한다. 그리고 소형 포유류, 조류, 양서·파충류, 곤충 등의 모니터링은 조성된 서식처를 중심으로 서식종, 개체수, 우점도 등을 모니터링하며, 분석 후 생물종 서식에 문제가 있을 경우 개선방안을 마련하도록 한다.

모니터링 항목 및 조사 내용은 Table 8과 같이, 생태기반환경은 지형, 수리·수문(수질포함), 토양 등 이며, 서식처는 서식처 유형, 안정성, 훼손 여부 등을 조사하며, 복원 및 이용시설물은 관리 및 활용 상태 등을 조사하고 훼손이나 활용빈도 등을 조사한다.

REFERENCES

Cho, D. G., Kim, S. W., 2010, A Study on current status and improvement plans of ecosystem conservation fund return projects, The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology, 13(3), 63-72.

Han, E. M., 2013, Revitalization of fund return project of Ecosystem conservation fund policy in accordance with the institutional changes, M. Dissertation, Dankook University, Seoul.

Lee, J. H., Sung, H. C., 2013, A Study on the post-management and improvement of ecosystem conservation fund return projects, Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Tecnology, 16(2), 1-12.

Lee, S. B., Che, E. J., 2015, A Study on improving the application of ecosystem conservation fund in environment impact assessment, Korea Environment Institute, (2015), 1-69.

Park, E. J., 2009, Funding for nature conservation of the DMZ area : focusing on the ecosystem conservation fund, Gyeonggi Reserch Institute, 5, 111-112.

Park, E. J., Lee, S. L., 2009, A Study on Management System of Ecosystem Conservation Fund, Gyeonggi Research Institute, 78-90.

Park, J. H., Lee, D. G., Kim, J. T., Jeon, S. W., Lee, W. K., Kim, J. S., Jung, T. Y., 2014, Improvement of cooperation charge on conservation of ecosystem reflected natural capitals valuation -focused on forest area-, The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology, 17(1), 203-213.

• 윤성웅, 서호엔지니어링(주) 소장
yung0504@hanmail.net