

## 시화공단 완충녹지의 11년간(2006~2017년) 식생변화 및 식생구조 연구\*

최진우

(재)환경생태연구재단

### A Study on Vegetation Changes for 11years and Vegetation Structure in the Green Buffer Zone of Sihwa Industrial Complex

Choi, Jin-Woo

Environmental Ecosystem Research Foundation

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the characteristics of vegetation changes and structures in the buffer green zone of Sihwa Industrial Complex and propose environmental, ecological and multi-functional vegetation management directions. The density of the *Pinus thunbergii* decreased from 23.1trees/100m<sup>2</sup> in 2006 to 9.6trees/100m<sup>2</sup> in 2017 due to the influence of thinning works. Its green volume increased from 0.97m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> to 2.02m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, contributing to the improvement of the atmospheric environment and promotion of biodiversity. The density of deciduous broad-leaved trees at the top maintained at 18~21trees/100m<sup>2</sup>. In the areas where the understory vegetation was removed, *Pueraria lobata* spread as an invasive plant and disturbed the forest. In the areas where the understory vegetation was not removed, various native plant species including the *Rhus javanica* and *Celtis sinensis* were introduced and contributed to the development of a forest in a multiple structure. There was a concern with the spread of *Robinia pseudoacacia* which developed into understory vegetation in *Pinus thunbergii* forest and some canopy forest. The study proposed vegetation management directions for the back, top and front side according to the physical structure of large-scale buffer green zone formed in a long linear form and the usage characteristics of adjacent land.

\* 본 논문은 시흥녹색환경지원센터의 연구개발사업 지원으로 수행되었습니다.

**First author** : Choi, Jin-Woo, Environmental Ecosystem Research Foundation,  
Tel : +82-2-412-1242, E-mail : jinunechoi@gmail.com

**Corresponding author** : Choi, Jin-Woo, Environmental Ecosystem Research Foundation,  
Tel : +82-2-412-1242, E-mail : jinunechoi@gmail.com

**Received** : 11 September, 2018. **Revised** : 29 October, 2018. **Accepted** : 29 October, 2018.

Key Words : Buffer Planting, Landscape Planting, Tree Density, Poor Growth, Removal of Understory Vegetation

## I. 서론

「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」에 따르면 완충녹지란 대기오염, 소음, 진동, 악취, 그 밖에 이에 준하는 공해와 각종 사고나 자연재해, 그 밖에 이에 준하는 재해 등의 방지를 위하여 설치하는 녹지를 말한다. 일반적으로 도시의 완충녹지는 대기정화, 미기후완화, 소음감쇠, 심리적 안정 등 도시환경개선 기능 등의 역할을 수행하고 있다(Kim, 1999). Park and Yoo(2004)는 토지이용, 소음, 생태, 경관의 기능적인 면을 고려하여 환경친화적인 완충녹지의 기준을 제시하였다. 경사 1:1 ~ 1:1.5의 비율로 마운딩을 조성하고, 흙음과 차폐·배기가스·공해에 강한 수종을 도입해야 하고, 야생생물을 유도할 수 있도록 다층식재와 가장자리 식재기법으로 생태숲의 기능이 유지되어야 한다고 하였다. 최근에는 도시민의 레크리에이션이나 산책, 휴양 장소 제공, 심리적 안정을 위한 도시경관 향상과 같은 도시공원의 기능도 중요시되고 있어 다양한 기능적 가치가 제고되고 있다(Kim et al, 2008). Lee et al(2008)은 안산시 철도변 완충녹지를 대상으로 완충기능, 경관기능, 생물서식기능을 향상시킬 수 있는 식재종과 식재밀도를 제안하였다. 완충기능을 위해 곰솔 등 교목 0.4주/m<sup>2</sup>, 관목 0.5주/m<sup>2</sup>, 경관기능을 위해 느티나무, 산벚나무, 살구나무 등 교목 0.2주/m<sup>2</sup>, 관목 0.5주/m<sup>2</sup>의 식재밀도 기준을 제시하였고, 생물서식기능을 위해 상수리나무, 산벚나무, 팔배나무 등을 중심으로 다층식재 밀도기준을 제시하였다.

공업지역과 주거지역 사이에 설치되는 완충녹지는 택지개발지역 및 도심에 설치되는 곳에 비해 규모가 큰 편이다. 시화공단 완충녹지는

산업단지와 주거단지를 구분하고 산업단지에서 대기 및 악취오염물질이 주거지역으로 넘어가는 것을 방지할 목적으로 2000년에 대규모로 조성되었다. 당시 시화공단은 금속 및 화학, 플라스틱 제조업종을 중심으로 악취물질 배출사업장이 약 600여 개소에 달했고, 1998년에는 2,100여 건의 악취 민원이 제기되었다(Korea Industrial Complex Corporation, 2009). 대규모 완충녹지가 조성된 이후에도 2005년까지 인근 주거지역에서의 악취 민원이 폭증하였는데, 녹지가 악취를 차단할 만큼 충분히 높지 않으며, 수목의 규격이 작고 저밀도로 식재되어 효과를 발휘하지 못하고 있다는 인식이 팽배하였다. 이에 2000년대 중반 시화공단 대기오염 저감을 위한 연구가 활발하게 진행되었다. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 등 오염원 확산 분포 분석을 통해 현재 완충녹지에 의한 대기오염 저감효과가 낮은 것으로 분석되었고(Song, 2006), 녹지성토고 증고 및 녹지 단절축 연결 등 녹지의 물리적 형태변화에 따른 악취물질의 저감효과는 기대하기 어려운 것으로 밝혀졌다(Cho and Kim, 2009). 수목에 의한 대기오염물질의 저감기능은 광합성 과정에서 잎의 기공을 통해 온실가스인 CO<sub>2</sub>를 비롯한 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 등 가스상 물질을 흡수하는 것으로 알려졌다(Jo and Ahn, 2001). 이에 2006년 완충녹지 수립대 조성계획(Siheung city, 2006)이 수립되었고 2012년까지 수립대 조성사업이 추진되었다. 이와 더불어 2006년부터 경기도 조례에 의해 엄격한 배출허용 기준을 적용받는 지역으로 관리되면서 악취 민원은 점진적으로 연간 100여건으로 감소하게 되었다(Korea Industrial Complex Corporation, 2009).

시화공단 완충녹지는 2000년에 조성되고 2006년부터 본격적인 수립대 조성사업이 추진

되어 현재는 울창한 숲으로 변모하게 되었다. 최근 이곳에도 도시숲의 중요한 기능이 부각되면서 숲의 식생 관리와 시민이용 활성화 요구가 증대되고 있다. 따라서 본 논문은 시화공단 완충녹지 숲의 11년간 식생변화와 식생구조 특성을 분석하여 도시숲으로서 환경적·생태적·다기능적 식생 관리방향을 도출하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상지

시화국가산업단지는 경기도 시흥시 정왕동, 안산시 성곡동, 오이도와 안산시 사이의 간석지에 조성되었다. 중소기업 중심의 부품·소재 전문 산업단지, 반월국가산업단지·남동국가산업단지와 함께 3대 중소기업 산업단지로 꼽힌다. 시흥스마트허브 또는 시화공단, 시화산단이라고도 불린다. 수도권의 인구분산과 산업재배치의 일환으로 조성된 반월국가산업단지가 포화 상태에 이르자 이를 확대하기 위해 1986년부터 2006년까지 개발되었다. 시화공단 완충녹지는 시화공단과 시화신도시 사이에 위치한 녹지로서 2000년 한국수자원공사에 의해 길이 3,464m, 폭 175~225m, 면적 697,670㎡로 대규모로 조성되었다(Korea Water Resources Corporation, 2000). 완충녹지는 4차선 도로와 간선수로에 의해 단절되어 모두 7개의 블록으로 구성되어 있다(Figure 1).

조성 당시 성토고는 10m이었고, 곰솔 외 21종 124,000주가 식재되었고 건조 및 염분상승억제를 위해 스프링클러 71개소가 설치되었다. 축산부의 정상부에 모감주나무, 회화나무, 중국단풍, 팽나무가 식재되었고, 사면 상부에는 곰솔, 중상부에는 곰솔 묘목, 중하부에는 낙엽수묘목 등이 식재되었다. 평지부에는 중국단풍, 회화나무, 팽나무, 리기다소나무, 소나무, 참나무류 등이 식재되었고, 남동측 이면도로 녹지구간에는 곰솔, 회화나무, 느릅나무, 양버즘나무

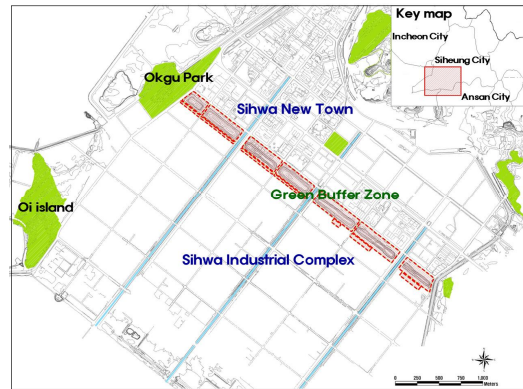


Figure 1. Location map of study area

등이 식재되었다(Korea Water Resources Corporation, 2000).

2003~2012년간 시흥시는 대상지에 수목을 보완하기 위해 109억의 예산을 투입하여 축산성토지역을 제외한 전·후면부를 대상으로 참나무류, 소나무, 단풍나무, 메타세쿼이아, 산벚나무 등 총 289,388주의 수목식재사업을 실시하였다. 특히 2006년 후면부 수림대 조성 타당성 조사용역(Siheung city, 2006)의 결과를 토대로, 후면부 일대에 집중적인 수목 보완식재가 시행되었다. 현재 대상지에는 인접한 옥구공원과 연결된 그린브릿지와 더불어 도로 단절지 3개소에 그린브릿지 건설공사, 하천 단절지 3개소에 보행교 공사가 진행되고 있다. 향후 완충녹지의 물리적 연결에 따른 정상부 숲 산책로 이용수요가 높아질 것이며, 시흥시의 중요한 도시숲으로 발전될 수 있는 잠재력이 있다고 볼 수 있다.

### 2. 조사분석방법

현존식생 조사는 교목층 수준의 식생상관(Vegetational Physiognomy)을 바탕으로 주요 우점종을 기준으로 1/1,000 수치지형도에 분포범위를 도면화 하였다. 완충녹지는 완충기능뿐만 아니라 경관기능, 생물서식기능을 수행하고 있으므로 식재수목의 기능과 특성을 고려하여 완충식재지, 경관식재지, 참나무류 식재지, 아

까시나무림 등으로 식재유형을 구분하였다. Robinson(1992)과 Kim(1999)의 식재기능 기준에 따라 차폐와 저감의 목적으로 식재된 곰솔, 스트로브잣나무, 양버즘나무, 백합나무 등을 완충식재지로 분류하였고, 시각적 상징경관 형성을 목적으로 식재된 소나무, 리기다소나무, 메타세콰리아와 그 외 낙엽활엽수종이 식재된 곳을 경관식재지로 구분하였다. 도시생태계의 특성에 따른 이차천이와 온대중부지방 도시숲의 천이계열(Kim et al, 1989; Kwak, 2011)을 고려하여 참나무류 식재지와 자연 발생되어 교목림으로 성장하고 있는 아까시나무림을 식재유형에 반영하였다. 그리고 교목성 수림대 이외 관목림, 초지, 습지, 시설지 및 포장지역을 분류하였다. 생육불량지의 판별은 수목생육평가(Han et al., 2014) 기준에 따라 외관상 가지가 30% 이상 고사하거나, 수피가 크게 손상되고, 성장상태가 불량한 수목이 분포하는 현존식생을 대상으로 분석하였다. 현존식생 조사는 2017년 6월 9일, 생육불량지 조사는 2017년 11월 10일에 실시하였고, Autocad Map 2017, Arc GIS 10.3 프로그램을 이용하여 면적비율을 산출하였다. 과거 2006년 완충녹지 수림대 조성계획(Siheung city, 2006)은 본 연구자에 의해 수행된 것으로서 2017년 연구결과와 비교하여 11년간의 식생변화를 분석하였다.

대상지 축산부 지역의 후면부(시화공단 방향), 정상부, 전면부(시화신도시 방향)의 연속적인 식재현황 및 특성을 분석하기 위해 하층식생 제거관리 여부를 대표하는 지역에 종단면 Belt-transect 조사구를 설치하여 조사하였다. 하층식

생을 제거하지 않은 지역을 대표하여 2구역에, 하층식생을 제거한 지역을 대표하여 6구역에 조사구를 설치하였다. 조사구 폭은 20m 기준으로 20m×20m 단위로 설정하였고, 길이는 2구역 125m, 6구역 80m이었다. 축산부 지역의 식생유형별 구조분석을 위해 Quadrat 조사구 37개소를 1~7구역에 10m×10m의 크기로 현존식생별로 골고루 배치하여 조사하였다(Figure 2). 곰솔숲은 하층식생 제거관리 여부에 따라 식생유형을 구분하였다.

식생조사는 각 조사구내에 출현하는 목본 수종을 대상으로 교목·아교목층은 흉고직경 2cm 이상 되는 수목의 수고, 흉고, 지하고, 수관폭을 조사하였으며, 관목층은 흉고직경 2cm 이하 또는 수고 2m 이하의 수목에 대하여 수관투영면적(장축×단축)을 조사하였다. 각 조사구의 수관층별 종간 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis & McIntosh(1951) 방법으로 중요치(I.V. : importance value)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(I.P. : importance percentage)를 계산하였다. 식생유형별 교목층, 아교목층, 관목층 층위별 출현종의 종수와 개체수를 산정하여 비교·분석하였다. 11년간 식생유형별 수목 밀도와 수관용적을 비교하기 위해 100m<sup>2</sup>당 생육주수 및 단위면적당 수관용적의 합계인 녹지용적계수(GVZ: Grünvolumenzahl)를 분석하였다. 녹지용적계수는 수관폭, 수고, 지하고 측정값과 수목의 형태(구형, 기둥형, 원추형)에 따른 체적 계산공식을 적용하여 용적을 계산하여 녹지의 풍부함을 비교하기 위한 정량적 자료를 산출하기 위한 것으로 m<sup>2</sup>당 평균적인 녹지용적(m<sup>3</sup>

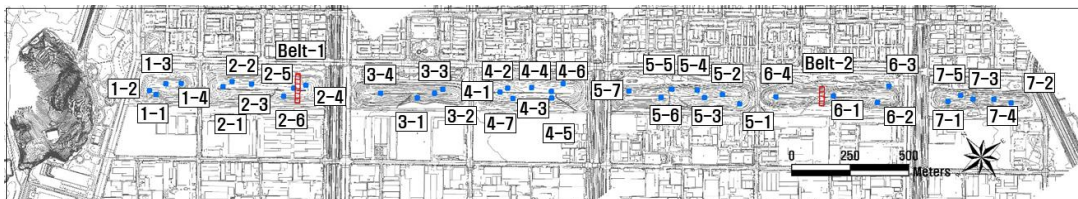


Figure 2. Survey plot of vegetation structure

/m)으로 나타낸다(Pohl et al., 1984).

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 식생변화

##### 1) 식재유형

곰솔, 스트로브잣나무로 이루어진 침엽수 완충식재지는 38.7%로 축산부와 후면부를 중심으로 가장 넓게 분포하였다. 양버즘나무, 백합나무로 구성된 활엽수 완충식재지는 후면부와 이면도로변 녹지에 조성되어 있었다(Figure 3). 활엽수 경관식재지는 28.8%, 침엽수 경관식재지는 11.5%로 정상부와 전면부를 중심으로 분포하고 있었다. 상수리나무, 졸참나무 등 참나무류 식재지는 4.0%, 아까시나무림은 1.3%로 부분적으로 분포하였다. 2006년 식생조사 결과와 비교한 결과, 2000년 조성당시 방화수 기능으로 도입된 싸리류 식재지 일대와 수목 식재량이 낮은 관목 식생지와 초지를 중심으로 곰솔, 소나무, 메타세쿼이아 등 침엽수와 참나무류, 경관목적의 낙엽

활엽수가 추가로 식재되었다. 일부 지역에는 아까시나무가 침입하여 교목림으로 확산되고 있었다. 습지는 2006년에 비해 수량부족과 식생의 육상화로 면적이 크게 감소하였고, 6구역에 생태복원사업의 일환으로 생태습지가 추가로 조성되었다. 시설 및 포장지는 그린브릿지 조성사업으로 인해 증가하였다. 6구역 이면도로에 접한 녹지에 시흥에코센터 건축물이 조성되어 녹지 면적이 약 17,700m<sup>2</sup> 감소되었다(Table 1).

##### 2) 현존식생

식재수목의 교목층 식생상관에 따라 현존식생을 조사 분석하였다(Table 2). 곰솔이 36.8%로 가장 높은 비율로 축산부 일대에 식재되었다. 곰솔은 생태적 특성상 내염성, 내조성, 내건성, 내척박성이 강하여 임해매립지 녹화의 대표적인 수종으로(Kim et al, 2000), 매립지 환경에 적응력이 높고 상록수이므로 사계절 완충효과가 양호하여 대상지에 전면적으로 식재되었다. 2000년 조성 당시, 정상부에는 산책로 변을 중



Figure 3. Planting types map of study area

A: Buffer planting site of coniferous trees, B: Buffer planting site of deciduous trees, C: Landscape planting site of coniferous trees, D: Landscape planting site of deciduous trees, E: *Quercus* spp. planting site, F: *Robinia pseudoacacia* forest, G: Shrub, H: Grassland, I: Wetland, J: Facilities and paved area

**Table 1.** Planting types from 2006 to 2017 (Area: %)

Planting type	2006 year	2017 year
Buffer planting site of coniferous trees	32.9	38.7
Buffer planting site of deciduous trees	0.6	2.2
Landscape planting site of coniferous trees	8.1	11.5
Landscape planting site of deciduous trees	27.3	28.8
<i>Quercus</i> spp. planting site	2.5	4.0
<i>Robinia pseudoacacia</i> forest	-	1.3
Shrub	13.6	1.2
Grassland	12.2	6.5
Wetland	0.6	0.2
Facilities and paved area	2.1	5.5

**Table 2.** Actual vegetation from 2006 to 2017 (Area: %)

Actual vegetation	2006 year	2017 year		
Buffer planting site of coniferous trees	<i>Pinus thunbergii</i>	32.8	36.8	
	<i>Pinus strobus</i>	0.5	1.9	
Buffer planting site of deciduous trees	<i>Platanus occidentalis</i>	0.4	0.5	
	<i>Liriodendron tulipifera</i>	0.1	1.7	
Landscape planting site of coniferous trees	<i>Pinus rigida</i>	5.0	4.8	
	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	1.8	4.6	
	<i>Pinus densiflora</i>	0.8	2.0	
	<i>Quercus palustris</i>	0.0	0.7	
	<i>Zelkova serrata</i>	1.5	2.6	
	<i>Acer palmatum</i>	0.9	0.5	
	<i>Koelreuteria paniculata</i>	2.5	2.7	
Landscape planting site of deciduous trees	<i>Salix koreensis</i>	1.7	0.7	
	<i>Prunus yedoensis</i>	2.5	4.5	
	<i>Chionanthus retusus</i>	3.4	1.9	
	<i>Acer buergerianum</i>	4.4	6.2	
	<i>Ulmus parvifolia</i>	1.3	1.4	
	<i>Celtis sinensis</i>	1.8	2.3	
	<i>Styphnolobium japonicum</i>	2.9	3.5	
	<i>Quercus acutissima</i>	2.1	2.2	
	<i>Quercus</i> spp. planting site	<i>Quercus serrata</i>	0.3	0.5
		<i>Quercus variabilis</i>	0.0	0.2
<i>Quercus aliena</i>		0.0	0.3	
<i>Robinia pseudoacacia</i> forest	<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.0	1.3	
	<i>Amorpha fruticosa</i>	5.9	0.4	
Shrub	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	5.3	0.1	
	<i>Rhododendron</i> spp.	0.0	0.4	
	<i>Phragmites communis</i>	0.1	0.4	
	<i>Coryza canadensis</i>	0.0	0.8	
Grassland	<i>Festuca arundinacea</i>	0.8	0.8	
	<i>Zoysia japonica</i>	4.3	1.1	
	Bare land	1.9	2.9	

심으로 모감주나무, 회화나무, 중국단풍, 팽나무 등이 경관형성을 목적으로 수종별 집단을 이루며 선형으로 식재되었다. 2006년 연구에서 중국단풍을 제외한 회화나무, 모감주나무, 팽나무가 생육이 불량하다고 보고되었는데, 현재 2, 3, 4, 5구역 회화나무 식재지가 중국단풍과 대왕참나무로 갱신된 것을 확인하였다.

2006년 이후 곰솔(32.8%→36.8%), 스트로브잣나무(0.5%→1.9%) 등 침엽수 완충식재지를 비롯하여 메타세쿼이아(1.8%→4.6%), 소나무(0.8%→2.0%) 등 침엽수 경관식재지가 증가하였다. 환경 적응력이 높고 탄소흡수 능력이 뛰어난 백합나무(Park and Kang, 2010)의 식재가 0.1%에서 1.7%까지 증가하였다. 2006년과 비교하여 활엽수경관식재지 중에서 대왕참나무(0.0%→0.7%), 느티나무(1.5%→2.6%), 왕벚나무(2.5%→4.5%), 중국단풍(4.4%→6.2%), 팽나무(1.8%→2.3%)가 증가하였고, 버드나무(1.7%→0.7%), 이팝나무(3.4%→1.9%) 등이 감소하였다. 참나무류 중에서 상수리나무는 2.2%로 유사하면서 졸참나무(0.3%→0.5%), 굴참나무(0.0%→0.2%), 갈참나무(0.0%→0.3%) 식재지가 소폭 증가하였다. 아까시나무는 식재종이 아닌 자연 발생된 유입종으로서 기존 식재지에 확산되어 1.3% 면적을 차지하였다. 곰솔림에 침입한 아까시나무는 곰솔을 피압하고, 생장억제 및 고사피해 영향을 끼칠 수 있는 것으로 밝혀진 바 있다(Shimizu and Konta, 2003). 관목식생지에는 죽제비싸리, 철쭉류를 비롯하여 병꽃나무, 산딸나무, 산수유, 조팝나무, 짙레꽃, 참싸리가 확인되었다. 2006년 이후 추가적인 수목식재사업으로 면적이 감소된 초지에는 갈대, 망초, 잔디, 큰김의털, 등이 우점하고 있었다. 개방수면이 거의 소멸된 습지에서는 갈대군락이 높은 밀도로 생육하고 있었다.

3) 생육불량 수목

생육불량 수목 면적을 해당 수종의 식재면적

대비 비율로 분석하여 2006년과 2017년 현황을 비교하였다(Table 3). 2017년 생육불량지 면적은 57,939㎡로 전체 면적의 8.7%로 2006년 19.1%보다 감소한 결과이다. 가장 많이 식재된 곰솔의 생육상태는 식재면적 중 9.5%가 불량하였다. 곰솔은 2006년에 솔잎혹파리 병충해가 발생하여 곰솔면적의 40.7%가 피해를 입었으며, 생육불량지로 판단된 지역은 26.9%이었다(Siheung city, 2006). 이후 수간주사 및 약제살포 등 방역작업을 통해 생육상태가 건강해진 걸로 알려졌다. 본 현장조사에서 곰솔의 잎변색 현상이 다시 발견되어 솔잎혹파리 재발이 우려되었고, 칩에 의한 수관 피압 피해도 발생되고 있었다.

2006년 이후 신규로 추가 식재된 메타세쿼이아, 모감주나무, 대왕참나무, 중국단풍 식재지의 각각 9.1%, 17.2%, 16.7%, 4.9% 지역에서 수목 생육상태가 불량하였다(Table 3). 2006년 조사 당시 생육이 불량하다고 조사된 낙엽활엽수 중에서 졸참나무, 느티나무, 참느릅나무, 팽나무, 왕벚나무, 이팝나무, 단풍나무, 상수리나무,

**Table 3.** Poor growth trees on the basis of the actual vegetation area from 2006 to 2017 (Area: %)

Poor growth tree	2006 year	2017 year
<i>Pinus thunbergii</i>	26.9	9.5
<i>Pinus rigida</i>	6.8	2.8
<i>Pinus densiflora</i>	2.4	0.0
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	11.3	9.1
<i>Koelreuteria paniculata</i>	65.2	17.2
<i>Quercus palustris</i>	-	16.7
<i>Acer buergerianum</i>	1.8	4.9
<i>Quercus serrata</i>	42.4	0.0
<i>Zelkova serrata</i>	17.2	0.0
<i>Ulmus parvifolia</i>	80.0	0.0
<i>Prunus yedoensis</i>	38.6	0.3
<i>Celtis sinensis</i>	70.2	1.1
<i>Styphnolobium japonicum</i>	84.8	1.6
<i>Albizia julibrissin</i>	39.8	0.0
<i>Chionanthus retusus</i>	13.9	0.0
<i>Acer palmatum</i>	12.4	0.2
<i>Quercus acutissima</i>	8.4	2.0
<i>Platanus occidentalis</i>	19.2	0.0
<i>Pueraria lobata</i>	0.3	3.6

양버즘나무 등은 현재 생육상태가 양호하였다. 본 조사에서 가장 두드러지는 생육불량 양상은 칩에 의한 수목 피압 피해가 확산되고 있다는 점이었다. 2006년에는 칩에 의한 수목 피해 지역이 전체 면적의 0.3%에 불과하였는데, 2017년에는 23.6%로 약 12배 증가하였다. 녹지 전체적으로 형성된 칩 분포를 고려한다면 향후 피해가 더 증가될 것으로 예상되었다.

## 2. 식생구조 특성

### 1) Belt-transect 조사구

#### (1) 하층식생 미제거 지역

2구역에 20m×125m 면적으로 설정된 조사구

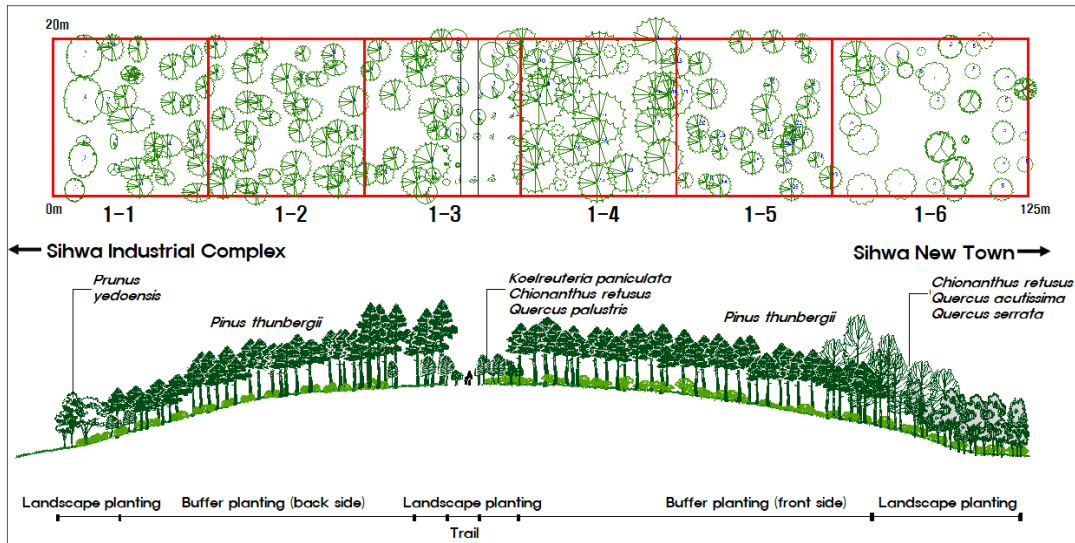
1의 상대우점치 분석 결과, 전체적으로 곰솔이 교목층 전 지역에 폭넓게 식재되어 있었다 (Figure 4). 조사구 1-1 후면부 가장자리에 곰솔 84.6%, 왕벚나무 15.4%, 조사구 1-2에 곰솔 100%, 조사구 1-3 정상부 산책로변에 곰솔 86.8%, 모감주나무 13.2%, 조사구 1-4와 1-5 전면부에 곰솔 100%, 조사구 1-6 전면부 가장자리에 이팝나무 34.6%, 상수리나무 23.3%의 상대우점치로 분포하고 있었다. 아교목층에서는 조사구 1-1, 1-3, 1-4에서 모감주나무, 팽나무, 이팝나무, 대왕참나무 등이 곰솔 하층에 우점하고 있었고, 조사구 1-1과 1-3에 아그배나무, 1-4에 붉나무, 아까시나무 등 자연발생 수목이 생

**Table 4.** Importance percentage of woody plants by belt-transect survey site in none removal area of understory vegetation

Scientific name	1-1			1-2			1-3			1-4			1-5			1-6		
	C*	U*	S*	C	U	S	C	U	S	C	U	S	C	U	S	C	U	S
<i>Pinus thunbergii</i>	84.6	-	-	100	-	-	86.8	-	-	100	-	-	100	-	4.7	12.7	-	-
<i>Prunus yedoensis</i>	15.4	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.0	-	-
<i>Chionanthus retusus</i>	-	-	-	-	-	-	-	10.2	-	-	-	-	-	-	-	34.6	-	-
<i>Quercus acutissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.2	-	-	-	23.3	-	-
<i>Koelreuteria paniculata</i>	-	77.3	5.7	-	-	-	13.2	63.7	14.7	-	29.5	-	-	-	-	6.1	-	-
<i>Salix koreensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	-	-	7.4	2.5	-	-
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-	-	-	-	-	-	-	35.3	-	8.5	15.1	-	-	-	7.4	1.8	-	46.9
<i>Quercus serrata</i>	-	-	2.6	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	13.0	-	-
<i>Celtis sinensis</i>	-	13.2	11.6	-	-	11.8	-	-	0.9	-	-	6.0	-	-	-	-	-	-
<i>Malus sieboldii</i>	-	9.5	-	-	-	-	-	2.1	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus palustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	24.0	-	-	52.5	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhus javanica</i>	-	-	2.1	-	-	6.0	-	-	-	9.5	7.3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amorpha fruticosa</i>	-	-	44.6	-	-	59.0	-	-	29.6	-	-	13.7	-	-	-	-	-	14.7
<i>Styrax japonicus</i>	-	-	-	-	-	5.8	-	-	-	-	-	6.0	-	-	32.2	-	-	-
<i>Pueraria lobata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	-	-	34.0	-	-	7.4	-	-	38.4
<i>Castanea crenata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.4	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	-	-	-	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Morus bombycis</i>	-	-	6.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Morus alba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.1	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	-	-	-	5.8	-	-	-	-	-	-	-	-	22.3	-	-	-
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	6.4	-	-	-	-	-	-	-	-	5.8	-	-	-	-	-	-
<i>Acer ginnala</i>	-	-	-	-	-	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lonicera japonica</i>	-	-	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Species below 5% of shrub importance percentage	-	-	11.6	-	-	-	-	-	0.7	-	-	5.9	-	-	0.1	-	-	-

\* C: Canopy layer U: Understory layer, S: Shrub layer





**Figure 4.** Analysis map of planting patterns and structure by belt-transect survey site in none removal area of understory vegetation

육하고 있었다. 관목층에서는 족제비싸리, 아까시나무 등 귀화식물이 조사구 전체적으로 우점하고 칩덩굴이 정상부와 전면부 조사구에 분포하고 있었지만, 자생식물인 팽나무, 산뽕나무, 때죽나무, 산뽕나무, 참싸리, 인동덩굴 등 다양한 식물종이 유입되어 천이가 진행되고 있었다 (Table 4). 본 지역은 하층식생을 제거하지 않은 곳으로서 매토종자 및 식생천이의 영향으로 식재종 하층에 자생식물 세력이 형성되어 칩의 침입이 어려웠고 다양한 자생종 낙엽활엽수의 발달이 예측되었다.

(2) 하층식생 제거 지역

조사구 2는 완충녹지 6구역에 20m×80m 면적으로 설정되었다(Figure 5). 교목층 상대우점치 분석 결과, 조사구 3-1 후면부 가장자리에 메타세쿼이아 48.6%, 곰솔 25.3%, 백합나무 13.6%, 조사구 3-2 후면부 사면지에 곰솔 86.3%, 팽나무 13.7%, 정상부 산책로를 포함하는 조사구 3-3에 곰솔 58.8%, 팽나무 41.2%, 조사구 4-4 전면부 가장자리에 곰솔 62.9%, 참느릅나무 37.1%의 상대우점치로 분포하고 있었다. 하층식생 제

거작업의 영향으로 아교목층에는 조사구 3-4에서 참느릅나무와 복자기 일부 개체가 생육할 뿐 나머지 지역에는 분포하지 않았다. 관목층에서는 전체 조사구에 칩이 높은 우점치를 보이며 계요등과 함께 완전히 피복되어 있었다(Table 5). 본 지역은 하층식생 제거작업 이후 아교목층이 빈약한 단층구조의 단순한 곰솔숲이었다. 현재 칩과 계요등이 대규모로 유입되어 하층을 피복하고 있어 향후 교목을 피압하여 식재목 생육에 영향을 줄 것으로 예측되었다. 향후 칩 등 덩굴성 식물관리가 필요하며 생태적으로 건강하고 다양한 자생식물이 분포하는 다층구조로 전환하는 식생관리가 필요하였다.

2) Quadrat 조사구

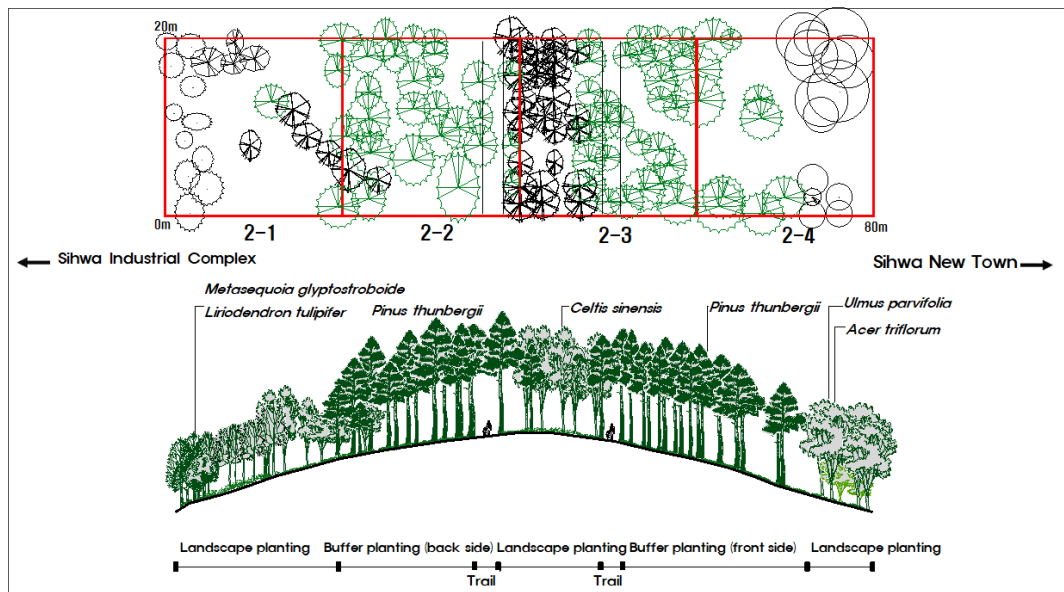
(1) 곰솔숲 식생구조

축산부 지역의 곰솔숲 조사구는 총 24개소로 하층식생이 제거된 조사구 15개소, 제거되지 않은 조사구 9개소 구분되었다. 하층식생이 제거되지 않아 아교목층에 붉나무 또는 아까시나무가 우점하는 지역으로 세분화하였고 식생유형별 조사구를 통합하여 상대우점치와 개체수 및

**Table 5.** Importance percentage of woody plants by belt-transect survey site in removal area of understory vegetation

Scientific name	2-1			2-2			2-3			2-4		
	C*	U*	S*	C	U	S	C	U	S	C	U	S
<i>Pinus thunbergii</i>	25.3	-	-	86.3	-	-	58.8	-	-	62.9	-	-
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	48.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ulmus parvifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.1	88.6	-
<i>Celtis sinensis</i>	12.6	-	-	13.7	-	-	41.2	-	0.8	-	-	-
<i>Liriodendron tulipifera</i>	13.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer triflorum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.4	-
<i>Pueraria lobata</i>	-	-	99.3	-	-	100.0	-	-	93.8	-	-	78.8
<i>Amorpha fruticosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3.1	-	-	-
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3	-	-	-
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paederia scandens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.7
<i>Indigofera kirilowii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5

\* C: Canopy layer U: Understory layer, S: Shrub layer

**Figure 5.** Analysis map of planting patterns and structure by belt-transect survey site in removal area of understory vegetation

종수를 분석하였다. 곰솔은 평균 22년생으로서 수고 8~12m, 흉고직경 15~19cm이었다. 하층 식생이 제거된 곰솔숲에는 교목층에 곰솔이 100%로 우점하고, 아교목층에는 식생제거로 인해 생육하는 수목이 없었다. 관목층에는 침입성 식물인 칩이 74.7% 비율로 우점하고, 짚레꽃, 아까시나무 등이 분포하였다. 하층식생이 제거

되지 않은 곰솔-붉나무숲에는 교목층에 곰솔이 100%로 우점하고, 아교목층에는 붉나무와 때죽나무의 상대우점치가 각각 40.4%, 42.9%로 주요 우점종이었고 산벚나무, 쪽동백나무도 생육하고 있었다. 관목층에서는 붉나무가 38.4%로 우점하면서 때죽나무, 팽나무 등이 출현하였다. 하층식생이 제거되지 않은 곰솔-아까시나무숲

**Table 6.** Importance percentage of woody plants by *Pinus thunbergii* vegetation types

Scientific name	<i>Pinus thunbergii</i>			<i>Pinus thunbergii</i> - <i>Rhus javanica</i>			<i>Pinus thunbergii</i> - <i>Robinia pseudoacacia</i>		
	C*	U*	S*	C	U	S	C	U	S
<i>Pinus thunbergii</i>	100.0	-	-	100.0	-	-	100.0	-	-
<i>Salix koreensis</i>	-	-	-	-	-	1.1	-	-	-
<i>Rhus javanica</i>	-	-	0.1	-	40.4	38.4	-	1.8	1.9
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-	-	9.0	-	-	-	-	87.5	55.8
<i>Styrax japonicus</i>	-	-	-	-	42.9	8.4	-	-	0.2
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	-	-	4.9	3.6	-	8.0	2.7
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	4.9	-	-	-	-
<i>Castanea crenata</i>	-	-	-	-	-	-	-	2.7	0.1
<i>Styrax obassia</i>	-	-	-	-	6.9	7.7	-	-	0.6
<i>Pueraria lobata</i>	-	-	74.7	-	-	12.1	-	-	26.1
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	11.8	-	-	4.1	-	-	0.7
<i>Celtis sinensis</i>	-	-	0.2	-	-	5.2	-	-	2.0
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	-	-	-	3.5	-	-	-
<i>Prunus yedoensis</i>	-	-	2.2	-	-	-	-	-	0.3
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3.2
<i>Acer buergerianum</i>	-	-	-	-	-	3.3	-	-	0.1
<i>Amorpha fruticosa</i>	-	-	0.1	-	-	6.0	-	-	-
Species below 2% of shrub importance percentage	-	-	1.9	-	-	6.6	-	-	6.3

\*C: Canopy layer U: Understory layer, S: Shrub layer

**Table 7.** Number of species and individuals by *Pinus thunbergii* vegetation types (Unit: 100m<sup>2</sup>)

Vegetation type	No. of individuals				No. of species
	Canopy	Understory	Shrub	Total	
<i>Pinus thunbergii</i>	9.9±2.1	-	30.8±16.6	40.7±17.3	4.2±1.9
<i>Pinus thunbergii</i> - <i>Rhus javanica</i>	9.3±1.0	3.8±1.5	130±63.2	143.0±63.8	12.3±3.6
<i>Pinus thunbergii</i> - <i>Robinia pseudoacacia</i>	9.3±3.0	8.5±5.4	96.5±32.9	114.3±30.8	7.8±1.8

에는 교목층에 곰솔이 100%로 우점하고, 아교목층에는 아까시나무가 상대우점치 87.5%로 주요 우점종이었다. 관목층에서도 아까시나무가 55.8%로 우점하였고, 칩이 26.1% 우점치로 지표면을 피복하고 있었다(Table 6).

조사지역의 곰솔숲은 대부분 100m<sup>2</sup> 면적당 교목의 평균개체수가 9.3~9.9주로 식생유형과 상관없이 유사하였으나, 하층식생이 제거되지 않은 숲에서 아교목층과 관목층의 개체수가 월등히 높았다. 곰솔-아까시나무숲에서 아교목층의

평균 개체수가 8.5주였고, 곰솔-붉나무숲에서 관목층의 평균 개체수가 130주로 많았다. 하층식생이 제거된 곰솔숲에서 출현 식물종수가 평균 4.2종/100m<sup>2</sup>으로 매우 적은 반면에, 곰솔-붉나무숲에서는 평균 12.3종이 출현하여 생물종다양성이 상대적으로 높았다(Table 7). 특히 하층식생이 제거된 곰솔숲은 관목층에서 칩의 우점도가 높은 것으로 나타났는데, 무분별한 식생관리의 영향으로 하층식생이 제거된 개방공간을 중심으로 침입성 식물이 확산된 것으로 파악되었다.

## (2) 낙엽활엽수숲 식생구조

정상부에 식재된 팽나무, 중국단풍, 모감주나무, 참느릅나무, 회화나무 등 낙엽활엽수 숲은 대부분 하층식생이 제거된 상태이었다. 낙엽활엽수 식생 조사구 전체를 통합하여 상대우점치를 분석하여 층위별 출현하는 식물종을 분석하였다(Table 8). 관목층에서는 칩이 상대우점치 51.6%로 가장 높았으며, 참싸리, 찔레꽃, 쥐똥

나무, 가죽나무, 신갈나무, 졸참나무 등이 출현하였다. 대부분 생육밀도 관리가 이루어지지 않아 100m<sup>2</sup>당 교목 17.0~20.0주로 밀도가 높아 수관이 중복되고 울폐도가 높았다(Table 9). 모감주나무 조사구는 생육불량으로 수목이 고사되었고, 대왕참나무는 생육상태가 불량한 회화나무를 대체하여 묘목을 식재한 지역이다.

**Table 8.** Importance percentage of woody plants by *Pinus thunbergii* vegetation types in the top area

Scientific name	Canopy	Understory	Shrub
<i>Celtis sinensis</i>	33.4	-	-
<i>Acer buergerianum</i>	20.4	-	-
<i>Koelreuteria paniculata</i>	14.0	-	1.8
<i>Pinus thunbergii</i>	12.2	-	-
<i>Ulmus parvifolia</i>	9.0	-	1.8
<i>Styphnolobium japonicum</i>	6.6	-	-
<i>Salix koreensis</i>	1.8	-	-
<i>Quercus palustris</i>	1.6	-	-
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	0.5	-	-
<i>Paulownia tomentosa</i>	0.5	-	-
<i>Pueraria lobata</i>	-	-	51.6
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	8.7
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	5.9
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	5.7
<i>Ailanthus altissima</i>	-	-	3.5
<i>Quercus mongolica</i>	-	-	3.1
<i>Quercus serrata</i>	-	-	2.7
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	2.1
Species below 2% of shrub importance percentage	-	-	13.1

**Table 9.** Number of species and individuals by deciduous trees vegetation types in the top area (Unit: 100m<sup>2</sup>)

Vegetation type	No. of individuals			No. of species
	Canopy	Understory	Shrub	
<i>Quercus palustris</i>	6.0	-	-	1.0
<i>Acer buergerianum</i>	20.0	-	40.0	7.0
<i>Styphnolobium japonicum</i>	18.0	-	24.0	5.0
<i>Ulmus parvifolia</i>	17.0	-	4.0	3.0
<i>Koelreuteria paniculata</i>	9.7	-	19.0	4.7
<i>Celtis sinensis</i>	19.0	-	28.0	4.7

**Table 10.** Tree density and GVZ by vegetation types from 2006 to 2017

Vegetation type	Tree density (N/100m <sup>2</sup> )		GVZ (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	
	2006 years	2017 years	2006 years	2017 years
<i>Pinus thunbergii</i>	23.1	9.6	0.97	2.02
<i>Acer buergerianum</i>	20.8	20.3	1.55	2.79
<i>Quercus palustris</i>	-	6.0	-	0.03
<i>Styphnolobium japonicum</i>	19.0	18.0	0.33	3.43
<i>Ulmus parvifolia</i>	-	17.0	-	3.37
<i>Koelreuteria paniculata</i>	15.0	9.7	0.34	1.55
<i>Celtis sinensis</i>	19.2	19.0	0.73	4.03

(3) 11년간 수목밀도 및 녹지용적 비교

축산부 지역의 2006년과 2017년 주요 식재유형의 수목밀도 및 녹지용적을 비교하였다(Table 10). 2006년 조사당시 수목밀도는 2000년 조성 초기의 식재밀도를 반영하고 있었고, 2017년의 조사결과를 그간 시간변화에 따른 수목의 성장과 녹지 및 수목 관리에 대한 영향을 받고 있다. 2006년 당시 100m<sup>2</sup>당 수고 5~6m의 소경목 23.1주가 생육하고 있었다. 그 후 수목성장에 따른 수관접침 방지 및 수형 조절을 위해 간벌작업이 실시되어 현재 평균 9.6주로 분석되었다. 녹지용적계수는 과거 0.97m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>이었는데, 현재는 2.02m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>로 증가하였다. 녹지용적의 증가는 대기오염물질 흡수와 산소 생산 등 대기환경 개선효과를 높이는 것과 더불어 엽층의 다양성, 하층식생 피도량, 먹이사원의 다양성을 높여 야생조류의 종다양성에 영향을 미친다(Askins et al, 1987; Lee, 1997). 녹량이 증가된 숲은 시민에게 산책, 휴양, 체험 등 질적으로 향상된 효용성을 제공해준다. 중국단풍, 팽나무 식재지의 수목밀도는 100m<sup>2</sup>당 18~21주로 2006년 조사당시와 유사한 것으로 볼 때, 수목 솎아베기가 진행되지 않은 것으로 판단되었다. 회화나무는 대체적으로 생육이 불량하여 대왕참나무로 대체되었고, 일부 식재지는 조성당시의 수목밀도를 유지하고 있었다. 모감주나무는 일부 수목이 고사하여 수목밀도가 15.0주에서 9.7주로 감소하였다. 낙엽활엽수의 녹지용적계수는 비약적으

로 증가한 것으로 파악되었다. 중국단풍은 1.55m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>에서 2.79m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>로, 회화나무는 0.33m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>에서 3.43m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>로, 모감주나무는 0.34m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>에서 1.55m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>로, 팽나무는 0.73m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>에서 4.03m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>로 증가하였다. 정상부 산책로에 형성된 낙엽활엽수 식재지는 수목밀도 및 울폐도가 높아 터널경관의 숲을 이루고 있으나 향후 수목의 솎아베기가 단계적으로 시행되어 수목 수형을 조절하고 하층식생 발달을 유도해야 한다.

**IV. 결론**

시화공단 완충녹지는 2000년에 조성되었고 2012년까지 수목식재 사업이 진행되었다. 곰솔 등 침엽수 완충식재지가 가장 높은 38.7%로 축산부와 후면부를 중심으로 분포하였고, 후면부와 평지부 일대에 양버즘나무, 백합나무, 메타세쿼이아 등이 식재되었다. 정상부에는 모감주나무, 중국단풍, 팽나무, 대왕참나무 등이 식재되었고, 일부 사면부에 상수리나무 등 참나무류가 식재되었다. 곰솔의 생육불량지 비율은 과거 26.9%에서 9.5%로 감소하여 생육상태가 개선되었고, 2006년 생육이 불량하다고 조사된 낙엽활엽수 중에서 졸참나무, 느티나무, 참느릅나무, 팽나무, 왕벚나무, 회화나무, 이팝나무, 단풍나무, 상수리나무, 양버즘나무 등은 현재 생육상태가 양호하였다. 2006년에 수고 5~6m의 곰솔이 23.1주/100m<sup>2</sup> 생육하고 있었는데, 2017년에

는 그간 수목성장(수고 8~12m)에 따른 간벌작업의 영향으로 생육주수가 9.6주/100m<sup>2</sup>로 줄어들었지만, 녹지용적은 0.97m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>에서 2.02m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>로 증가하여 대기환경 개선 및 생물다양성 증진에 기여하고 있었다. 정상부 낙엽활엽수는 대부분 간벌작업이 시행되지 않아 조성초기의 수목 밀도 18~21주/100m<sup>2</sup>를 유지하고 있어 수형관리 및 경관형성을 위해 밀도관리가 필요하다.

연구 대상지의 식생변화와 식생구조에 있어 가장 두드러지는 문제점은 침입성식물인 칩의 확산이었다. 교목 식재지 24,145m<sup>2</sup>에서 칩의 피압으로 인해 수목고사 및 생육불량상태가 진행되고 있었다. 식생구조 분석결과, 그간 무분별한 하층식생 제거작업으로 인해 숲내 개방공간이 형성되어 칩이 유입되어 지표면에 확산된 것으로 분석되었다. 하층식생이 제거되지 않은 지역에서는 자생식물인 붉나무가 우점하면서 팽나무, 산뽕나무, 때죽나무, 산뱃나무, 쪽동백나무, 인동덩굴 등 다양한 식물종이 유입되어 다층구조의 숲으로 천이가 진행되고 있었다. 하층식생이 제거되지 않더라도 곱솔숲 하층에 자생식물이 아닌 아까시나무가 우점하기도 하였다. 2006년에 없었던 아까시나무 교목림이 2017년에 전체 면적의 1.3%로 확산되고 있어 식생관리가 필요하였다. 칩과 아까시나무의 관리는 선택적인 제거방법과 더불어 지속적인 식생구조관리를 통한 제어가 필요하다(Kwak, 2011).

시화공단 완충녹지의 관리방향은 대기오염물질을 저감하는 본래의 환경적 기능과 더불어 시흥시의 중요한 도시숲으로서 생물다양성 및 경관성 증진까지 포함해야 한다. 긴 선형으로 형성된 대규모 녹지의 물리적 구조와 오염원과 주거지가 인접한 토지이용 특성을 고려하여 후면부, 정상부, 전면부로 공간을 구분하여 관리방향을 특화하는 전략이 필요하다. 후면부 녹지는 생물다양성 중점관리를 통해 곱솔숲 하층에 자연발생적으로 확산되고 있는 낙엽활엽수를 활용하여 다층구조의 건강한 곱솔숲으로 발전시켜야

한다. 건강하고 녹음이 풍부한 곱솔숲은 대기오염물질 저감기능 뿐만 아니라 야생동물이 찾아오는 생태적 녹지축 기능을 수행할 수 있다. 가장자리 수목생육 불량지를 중심으로 역세경관초지를 조성하여 저에너지형 식생관리를 도모하는 것이 필요하다. 완충녹지 정상부는 낙엽활엽수 숲 터널과 더불어 과밀식재지를 중심으로 수목간벌 및 가지치기를 통해 하부에 야생화 및 화관목 등을 활용한 꽃길을 조성하여 아름다운 산책로를 조성한다. 칩덩굴 제거를 위해 하층식생을 무분별하게 자르는 것이 아닌 하층식생에 적합한 자생종 식물을 육성하여 건강하고 아름다운 숲길을 조성해야 한다. 전면부 녹지는 시민의 건강과 복지를 위한 생태계서비스의 개념으로 단풍이 아름다운 낙엽활엽수를 혼효하여 아름다운 경관숲으로 발전시키고, 참나무류 숲은 다층구조의 건강한 숲으로 발전될 수 있도록 하층식생의 유도 및 도입이 필요하다.

## References

- Askins RA · Philbrick MJ and Sugeno DS. 1987. Relationship between the regional abundance of forest and the composition of forest bird community. *Journal of Biological Conservation* 39(2) : 129-152.
- Cho SJ and Kim HM. 2009. Evaluation of green buffer zone supplement plan for air pollution decrease function. *Journal of Korea Society of Environmental Administration* 15(3) : 145-154. (in Korean with English summary)
- Curtis JT and McIntosh RP. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32 : 476-496.
- Han BH · Cho HG · Kwak JI and Park SC. 2014. Planting evaluations for the landscaping tree and application plan by Ass-

- essment grade in the city park. Korean Journal of Environment and Ecology 28(4) : 457-471. (in Korean with English summary)
- Jo HK and Ahn TW. 2001. Role of atmospheric purification by trees in urban ecosystem: In the case of Yongin. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 29(3) : 38-45. (in Korean with English summary)
- Kim DG · Chang BM and Kim YS. 2000. Effect of soil environment on the growth of *Pinus Thunbergii* and *Zelkova Serrata* at the reclaimed seaside. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 28(4) : 9-20. (in Korean with English summary)
- Kim DW. 1999. Alternative models of Yangjae citizen's park in Seoul, Korea. Master's Thesis of Graduate School, University of Seoul. (in Korean with English summary)
- Kim JH · Cho KH · Kim YT · Kang YS · Lee SW · Ha SH and Min BM. 1989. Dynamics of plant communities under human impact in the green-belt nearby Seoul: Structure of forest communities and secondary succession. Journal of Ecology and Environment 12(4) : 209-218. (in Korean with English summary)
- Kim JY. 1999. Planting models of buffer green space based on the natural vegetation structure. Master's Thesis of Graduate School, University of Seoul. (in Korean with English summary)
- Kim YY · Lee KJ · Choi JW and Han BH. 2008. Planting improvement and contribution to greenspace function by use of roadside buffer greens: In the case of Songpadearo and Nambusunwhanno in Songpa-gu, Seoul. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 36(3) : 39-51. (in Korean with English summary)
- Korea Industrial Complex Corporation. 2009. Korea industrial complex directory. (In Korean)
- Korea Water Resources Corporation. 2000. Study on reduction of air pollution in the Sihwa industrial complex. Research report to Korea Water Resources Corporation. (In Korean)
- Kwak JI. 2011. A study on vegetation structure characteristics and ecological succession trends of Seoul urban forest, Korea. Ph. D. Dissertation, University of Seoul. (in Korean with English summary)
- Lee KJ · Han BH · Park HA and Choi JW. 2008. Planting plan for improvement of buffer green space function in the vicinity of railroad in seashore reclaimed land: A case study of buffer green space, Ansan city. Korean Journal of Environment and Ecology 22(6) : 691-706. (in Korean with English summary)
- Lee WS. 1997. Inhabitation status and protection discipline of wildbirds in urban Area: In the case of Seoul city. Korean Journal of Environment and Ecology 11(2) : 240-248. (in Korean with English summary)
- Park EJ and Kang KY. 2010. Estimation of C storage and annual CO<sub>2</sub> uptake by street trees in Gyeonggi-do. Korean Journal of Environment and Ecology 24(5) : 591-600. (in Korean with English summary)
- Park EY and Yoo BR. 2004. Design and planning criteria for the green buffer zone. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 31(2) : 25-35. (in Korean with

- English summary)
- Pohl W · Schulze HD and Grobmann M. 1984. Gutachten: Werte für die landschaftplanung-Grünvolumenzahl und bodenfunktionzahl. Schriftenreihe der Umweltbehörde Hamburg.
- Robinson N. 2011. The planting design handbook. Farnham: Ashgate Publishing Limited.
- Shimizu T and Konta F. 2003. Naturalized plants of japan. Tokyo: Heibonsha.
- Siheung city. 2006. Consulting case study on artificial tree belt in buffer green area, Jeongwang-dong. Research report to Siheung city. (In Korean)
- Song YB. 2006. Effect buffer zone in reducing caseous air pollutants in the Shiwha industrial area. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 33(6) : 90-97. (in Korean with English summary)