

인천시 청량산의 생태적 특성과 식생구조의 변화†

이상희* · 한봉호** · 박석철***

*서울시립대학교 대학원 조경학과 석사 · **서울시립대학교 조경학과 교수 · ***서울시립대학교 도시과학연구원 연구원

Ecological Characteristics and Changes in Plant Community Structure in Mt. Cheongryang, Incheon

Lee, Sang-Hee* · Han, Bong-Ho** · Park, Seok-Cheol***

*Master of Art, Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, University of Seoul

**Professor, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

***Researcher, Institute of Urban Science, University of Seoul

ABSTRACT

In the present study, the characteristics and changes in the vegetation of Mt. Cheongryang, Incheon, were examined to identify and determine appropriate ways to restore the health of the urban forest and to preserve its vegetation. The vegetation of the community of *Quercus mongolica* (Mongolian oak) on Mt. Cheongryang appeared to decrease in response to the control of the wilt disease of oak trees. The communities of *Sorbus alnifolia* (Korean mountain ash) and *Styrax japonicus* (Snowbell tree) have increased. *Pinus rigida* (Pitch Pine) had its overall territory decrease, but the current state of the *Pinus rigida* (Pitch Pine) was estimated to be stable due to its dominance as a tree layer species. In regards to *Robinia pseudoacacia* (Black Locust), the urbanized species of *Sorbus alnifolia* (Korean mountain ash), and *Styrax japonicus* (Snowbell tree), their areas have increased with the appearance of *Magnolia obovate* (Whiteleaf Japanese Magnolia). The biodiversity of Mt. Cheongryang has decreased by simplifying species in the tree layer and understory species thereof, and the initial success of species in marginal areas has increased. The absence of potential succession was attributed to the termination of ecological succession; thereby, the current vegetation structure was concluded to be remaining as it is for the time being. Soil texture in the mountain primarily consisted of sandy loam or loamy sand; the pH of the soil was in the range 4.26-4.86, rendering a mean pH of 4.59. The content of organic matter (O.M.) appeared having a distributing range of 2.18-9.60%, rendering a mean value of 4.33%. To promote species diversity, several methods are suggested, such as prevention of soil acidification, selecting nationally-grown trees from moist soil or valleys for afforestation, preventing species appearing due to urbanization or excessive growth, protecting the understory vegetation and species with hygroptference, and managing the forest to maintain a multi-layered vegetation structure.

Key Words: Urbanization, Tree Species Adapted or Adaptable to Urban Environment, *Sorbus alnifolia*(Korean Mountain Ash), *Quercus dentata*(Korean Oak)

† : 본 논문은 이상희의 2015년도 서울시립대학교 대학원 석사학위논문 일부를 수정 · 보완하여 발전시킨 것임.

Corresponding author: Seok-Cheol Park, Researcher, Institute of Urban Science, University of Seoul, Seoul 02504, Korea, Tel.: +82-2-6490-5521, E-mail: psc9987@uos.ac.kr

국문초록

본 연구는 인천광역시 청량산의 생태적 특성과 식생구조의 변화를 분석하여 도시림의 건강성 회복 및 식생 보전을 위한 관리방안을 제시하고자 하였다. 청량산의 신갈나무는 참나무시들음병 방제로 세력이 감소하였고, 때죽나무와 팔배나무의 세력은 확대되었다. 천이경향은 대부분 현상태를 유지할 것으로 판단되며, 향후 소나무군집은 산벚나무군집으로, 신갈나무군집은 졸참나무군집으로 변화 잠재성이 있었다. 리기다소나무림은 산벚나무군집으로, 아까시나무림은 졸참나무군집으로 변화 가능성은 있으나, 천이의 진행이 양호하지 않은 것으로 판단되었다. 토성은 대부분 사양토(sandy loam) 또는 양질사토(loamy sand)였으며, 토양 pH는 4.26~4.86이었고, 평균 4.59이었다. 유기물함량(O.M)은 2.18~9.60%이었고, 평균 4.33%이었다. 청량산의 종다양성 증진을 위해서는 토양산성화 방지, 자생수종을 선정하여 조림하고, 도시화 영향에 의해 출현하는 수종의 지나친 세력 확대 방지, 하층식생과 호흡성 수종 보호, 다층구조의 숲 유도 관리를 제시하였다.

주제어: 도시화, 도시환경 적응수종, 팔배나무, 떡갈나무

1. 서론

인천광역시 육지지역은 북으로 계양산에서 시작하여 남으로 봉재산에 이르는 남북 S자형의 산림녹지축이 형성되어 있다. 청량산은 그 녹지축의 남쪽에 위치하고 있으며, 남부권의 핵심 녹지로서 도심 녹지축의 시점이 되고 있다. 하지만 청량산은 주변 택지개발사업으로 인한 도시화로 생태적으로 고립되었다. 그리고 지속적인 도시화와 참나무시들음병 발생에 따른 식생 변화에 따른 적절한 관리방안이 필요하였다.

도시환경 변화는 대기오염 증가, 기후 온난화 및 도시 열섬 현상 등이 있었으며, 대기오염 증가에 따라 산성우 발생과 토양 산성화가 진행되었고, 기후변화 및 상대습도 감소로 대기 및 토양건조화 현상이 나타났다. 차량 증가는 질소화합물과 오존이 증가하여 대기가 오염되고, 산성우가 되어 내려서 토양을 산성화시켰다(Kwak, 2011; Jiang *et al.*, 2015). 토지이용 변화 및 불투수포장의 증가는 국소적인 도시 온도 증가, 수문학적 환경 변화 등을 초래함으로써 도시 산림 생태계 건강성에 악영향을 미친다(Kaye *et al.*, 2005; Gavier-Pizarro *et al.*, 2010). 즉, 도시화의 증가는 기후 변화에 따라 산림의 세력 변화에 부정적인 영향을 미친다. 기후변화 및 도심 열섬현상은 나무 고사율을 증가시킬 수 있고, 더 심각하고 빈번한 가뭄을 동반한다(Winkler *et al.*, 2012; Gustafson and Sturtevant, 2013). 국내에서 기온 상승은 도시림 생태계에도 영향을 주어 조경용으로 식재한 일본목련, 남부 수종인 고욤나무 등이 온대중부지역에서 자연 상태로 발아·월동하여 번성하게 되었다(Kong, 2003). 그리고 대기오염과 산성우, 산성토양에서도 양호한 생육을 하는 팔배나무, 때죽나무가 늘고 있다(Lee *et al.*, 1993; Lee *et al.*, 2006). 또한 물푸레나무, 물푸레나무 등 호흡성 수종이 감소하고 있으며, 자연림의 천이가 정상적으로 진행되지 못할 것으로 분석하였다(Song, 1994). Lee *et al.*(1994)은 서울

도심과 외곽 녹지를 비교 고찰한 결과, 서울 중심의 창덕궁 후원, 남산 및 종묘의 산림은 생태적 천이가 더 이상 진전되지 않을 것으로 예측한 바 있다. 세부 내용으로 시간 변화에 따라 종수, 개체수, 종다양도 등의 감소현상과 우점종인 낙엽참나무류의 쇠퇴현상이 두드러진 반면, 때죽나무, 당단풍나무, 팔배나무 등의 세력은 증가한 것으로 확인되었다. 그리고 2000년대에는 남산의 주요 식생을 대상으로 한 시계열적인 변화 분석 연구를 통하여 도시환경에 적응성이 높은 때죽나무, 국수나무 세력이 증가하였다고 보고하였다(Lee *et al.*, 2006; Noh, 2015). 온대중부림의 생태적 천이 연구를 살펴보면 자연지역 산림 계곡부에서는 소나무에서 낙엽참나무류를 거쳐 까치박달, 층층나무, 물푸레나무, 들메나무 등 호흡성 낙엽활엽수가 우점하는 극상림으로 천이가 진행되는 것으로 분석되었다(Kang and Oh, 1982; Park *et al.*, 1988; Lee *et al.*, 1992). 도시 내 인공림의 생태적 천이 관련 연구에서 Yoon *et al.*(1999)은 아까시나무 조림지의 식생단위를 구분하여 종조성을 조사한 결과, 아까시나무가 낙엽참나무류와 생태적 경쟁단계인 것으로 보고하였고, Min(1999)은 도시림 내 은사시나무의 벌목 전·후의 식생변화를 분석한 결과, 초본의 종수 증가, 기존 아교목층과 관목층에서 생육 중인 참나무류와 팔배나무의 피도 및 생장량 증가를 확인하였다.

인천시 도시림을 대상으로 하는 연구로 강화도의 산지형 도시녹지를 대상으로 식생구조 분석을 통한 관리방향을 제시한 연구가 있었다(Cho, 1998). 강화도는 섬지역으로 도시 지역과 환경적인 특성이 차이가 크지만, 온대중부림의 생태적 천이가 소나무에서 참나무류를 거쳐 서어나무의 순이라는 학설이 입증되었다. 또한 Cho(2002)는 월미공원의 현존식생 유형, 식물상 및 식물군집구조, 토양화학적 특성을 분석하여 산림 내 침 및 환상덩굴 제거, 중장기적 자연경관 관리, 식물 종다양성 증진, 아까시나무 관리, 귀화식물의 산림 내 확산 방지, 토양산성화

완화를 제시하였다. 하지만 인천 내륙의 도시림을 대상으로 식생구조의 특성과 변화에 관한 연구는 매우 제한적인 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 도시화 영향을 받은 청량산의 식생특성을 종합하여 천이계열의 변화단계에 의한 목표종을 예측하고 변화 원인을 규명함으로써, 효율적인 도시림 관리를 위한 방안을 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상지

청량산은 인천 육지 산림 녹지축의 남쪽에 위치하고 있으며, 연수구 옥련동, 청학동, 연수동에 걸쳐 890,242m²(도시계획시설(공원) 결정 면적)의 면적을 가진 해발고도 157m의 도시림이다. 1966년 최초로 청량산 전체가 도시자연공원으로 도시계획시설 결정되었으나, 2013년 6월 청량도시자연공원구역과 청량산립휴양공원, 가천문화공원, 농원근린공원, 청능근린공원, 동곡어린이공원으로 도시계획시설 변경이 결정되었다. 그리고 청량산립휴양공원은 일부 공원으로 조성되어 시민들이 활용하고 있다. 청량산은 연수구에서 문학산과 청량산 일대를 중심으로 2008~2012년(5년간) 총 11건의 숲가꾸기가 시행되었다. 작업내용은 대부분 우량 중경재 생산을 위한 임분 형질 개선을 목적으로 하는 덩굴 제거, 수형 조절, 솎아베기 등이다. 이는 숲가꾸기에 따른 야고목층, 관목층의 하층식생을 제거함으로써 자연스러운 식생천이를 방해하고, 천이 초기 수종이 출현할 것으로 판단되었다.

2. 조사 및 분석 방법

분석 내용은 현존식생 유형별 식생분포 특성과 함께 식물군집구조 특성에서 조사구 개황 및 식물군집분류, 층위별 상대우점치 분석, 식물군집 유형별 종다양도지수 분석, 종수 및 개체수 분석을 실시하였다. 식생구조 변화에서는 1999년 과거자료와 비교하여 각 식물군집의 상대우점치 변화, 흉고단면적 및 개체수 변화, 군집 유형별 종다양도지수 변화, 군집별 종수, 개체수, 종다양도지수 변화를 종합하였다. 인천광역시 도시림 관리방안에서는 식생구조 변화 원인을 진단하고, 도시림의 자연성 회복 및 식생 보전을 위한 체계적인 관리방안을 제안하였다.

1) 현존식생

현존식생은 현지에서 식생상관에 의해 분류하였으며, 1/1,000 수치지형도를 이용하여 현존식생도를 작성하였다. 도면화는 Autocad Map 3D 2016과 ArcMap 10.3 프로그램을 이용하여 도면화하였고, 현존식생 유형별 면적과 비율을 산출하였다.

2) 식물군집구조 및 변화

식물군집구조 조사는 Monk *et al.*(1969)의 방법을 참고하여 조사구 내 출현하는 목본 수종을 대상으로 교목층과 아교목층은 흉고직경 2cm 이상 되는 수목의 수종명, 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭을 조사하였다. 관목층은 흉고직경 2cm 이하 또는 수고 2m 이하 수목의 수종명, 수고, 지하고, 수관폭을 조사하였다. 상대우점치는 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance Value: I.V.)를 통합하여 백분율로 나타내었고(Brower and Zar, 1977), 이를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(Importance Percentage: I.P.)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며, 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 {(교목층I.P.×3)+(아교목층I.P.×2)+(관목층I.P.×1)}/6으로 평균상대우점치(Mean Importance Percentage: M.I.P.)를 구하였다(Park *et al.*, 1987). 식물군집 조사구별 종수 및 개체수, Shannon의 종다양도지수(H') (Pielou, 1975), 군재도(J'), 최대종다양도(Hmax), 우점도(D)를 분석하였다. 해당 군집의 생태적 천이계열을 밝히기 위해 필요한 분석항목 중 하나로, 흉고직경급 5cm 단위로 등급화하여 각 등급에 해당되는 개체수를 분석하였다. 분석결과를 활용하여 향후 도시림의 변화 경향을 예측하였다. 흉고단면적은 교목층과 아교목층 수목을 대상으로 수목별 흉고직경을 조사한 뒤 원의 넓이를 구하는 공식을 적용하여 흉고단면적을 계산하였다. 현장조사는 1999년 5월 22일 9개 조사구에 대하여 실시하였으며, 2013년 11월 16일과 23일에 12개 조사구에 대하여 조사를 실시하였다. 식생구조 변화는 동일조사구 9개에 대한 조사결과를 비교·분석하여 변화상을 파악하였다(Figure 1 참조). 분석 항목은 층위별 상대우점치 변화, 흉고경급별 분포 변화, 종다양도 지수 변화, 종수 및 개체수 변화, 흉고 단면적 변화이다.

3) 토양 특성 변화

토양이화학적 특성은 총 11개 식물군집구조 조사구 내에서

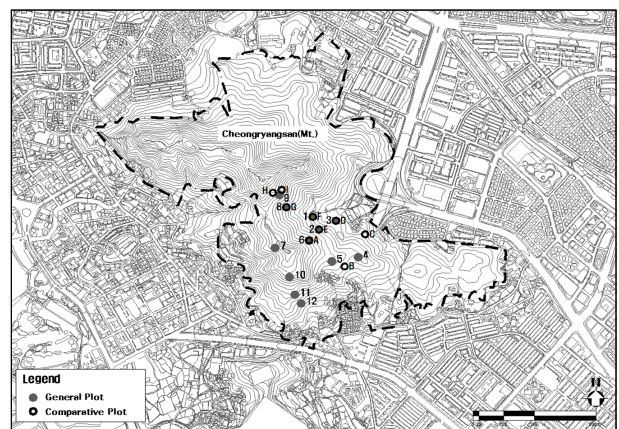


Figure 1. The location map of surveyed plots in Mt. Cheongryang, Incheon

임의의 1개소를 선정하여 A0층을 걷어내고 표층으로부터 토양을 채취·혼합하여 음건하였다. 분석항목은 토양산도(pH), 전기전도도(EC: electrical conductivity), 유기물 함량(organic matter), 유효인산(available phosphorus), 치환성양이온(ex-changeable cation), 토성(soil texture)이다. 산림지역에서 적절한 토양 물리성과 화학성을 조성하는 유기물의 토양 내 적정함량은 3~5% 범위이다. 전기전도도는 양분의 흡수능을 나타내는 것으로 전기전도도(EC)가 4mS/cm 이상이면 식물이 생장할 수 없는 상태이다. 유효인산은 식물의 발근, 착근, 신진대사를 촉진하는 것으로 알려져 있으며, 함량비는 산림토양에서 평균 6.40mg/kg, 밭토양 216.00mg/kg이다.

III. 결과 및 고찰

1. 현존식생

청량산 현존식생 분석 결과 신갈나무, 소나무, 상수리나무,

벚나무, 물박달나무 등이 우점하는 자연림이 49.4%, 아까시나무, 리기다소나무, 물오리나무, 밤나무, 일본잎갈나무, 잣나무, 은사시나무 등이 우점인 인공림이 31.4%를 차지하였다. 그 외 암석노출지 등 기타 산림이 3.7%, 조경시설물과 함께 조성된 조경수식재지가 4.6%, 경작지가 3.5%, 시가화지역이 6.6%이었다. 현존식생 유형별 분포특성을 보면 자연림으로 신갈나무는 주로 정상에서 북쪽 사면에 전체 면적의 22.4%로 가장 넓게 분포하였다. 소나무는 14.2%를 차지하고 있으며, 청량산 정상부와 그 북사면, 가천박물관 위 사면과 청량산 남동쪽 끝자락에 주로 분포하였다. 상수리나무는 6.3%로 뱀사골약수터와 산우물약수터 주변, 그리고 가천박물관 뒤편에 분포하였다. 인공림 중 가장 넓은 면적을 차지하는 아까시나무는 17.2%로 청량산 전체에 고르게 분포하고 있었다. 리기다소나무는 12.0%로 호불사 입구와 흥륜사 주변, 그리고 동쪽 능선을 따라 분포하였다. 물박달나무는 3,796m²(0.4%)로 포만골약수터 상단부에 분포하였다(Table 1, Figure 2 참조).

Table 1. Area and percentage of actual vegetation in Mt. Cheongryang, Incheon

Types	Vegetation type	Area (m ²)	Percentage (%)	
Natural forest	M. <i>Pinus densiflora</i> forest	130,430	14.2	49.4
	N. <i>Quercus mongolica</i> forest	224,246	24.4	
	P. <i>Quercus serrata</i> forest	6,955	0.8	
	R. <i>Quercus acutissima</i> forest	57,969	6.3	
	S. Mixed with oak tree forest	5,485	0.6	
	U. <i>Betula davurica</i> forest	3,976	0.4	
	V. <i>Prunus serrulata</i> forest	12,094	1.3	
	Zf. Vegetation land of shrub	12,793	1.4	
Artificial forest	F. <i>Robinia pseudoacacia</i> forest	158,098	17.2	31.4
	G. <i>Alnus sibirica</i> forest	11,439	1.2	
	H. <i>Populus tomentiglandulosa</i> forest	912	0.1	
	I. <i>Larix kaempferi</i> forest	2,125	0.2	
	J. <i>Castanea crenata</i> forest	6,532	0.7	
	K. <i>Pinus rigida</i> forest	110,297	12.0	
Other forest	L. <i>Cryptomeria japonica</i> forest	2,020	0.2	3.6
	E2. Area of rock exposure	4,257	0.5	
	E3. Uninvestigated area	28,183	3.1	
	E4. Land for physical exercise	1,227	0.1	
Grassy land	C1. Turf planted land	5,620	0.6	0.6
	C4. Dry land for autogenic grasses	8	0.0	
Area planted with woody landscape plants	B1. The area of no stratigraphy and planted with foreign species of trees(no grasses)	603	0.1	4.6
	B2. The area of no stratigraphy and planted with foreign species of trees(no grasses)	40,597	4.4	
	B6. Nursery field	1,319	0.1	
Arable land	D1. Paddy field	4,276	0.5	3.5
	D2. Dry field	27,799	3.0	
	D3. Private land for cultivation	12	0.0	
Urbanized area	A1. Urbanized area	49,378	5.4	6.6
	A21. Roads planted with street trees	10,760	1.2	
Total		919,412	100.0	

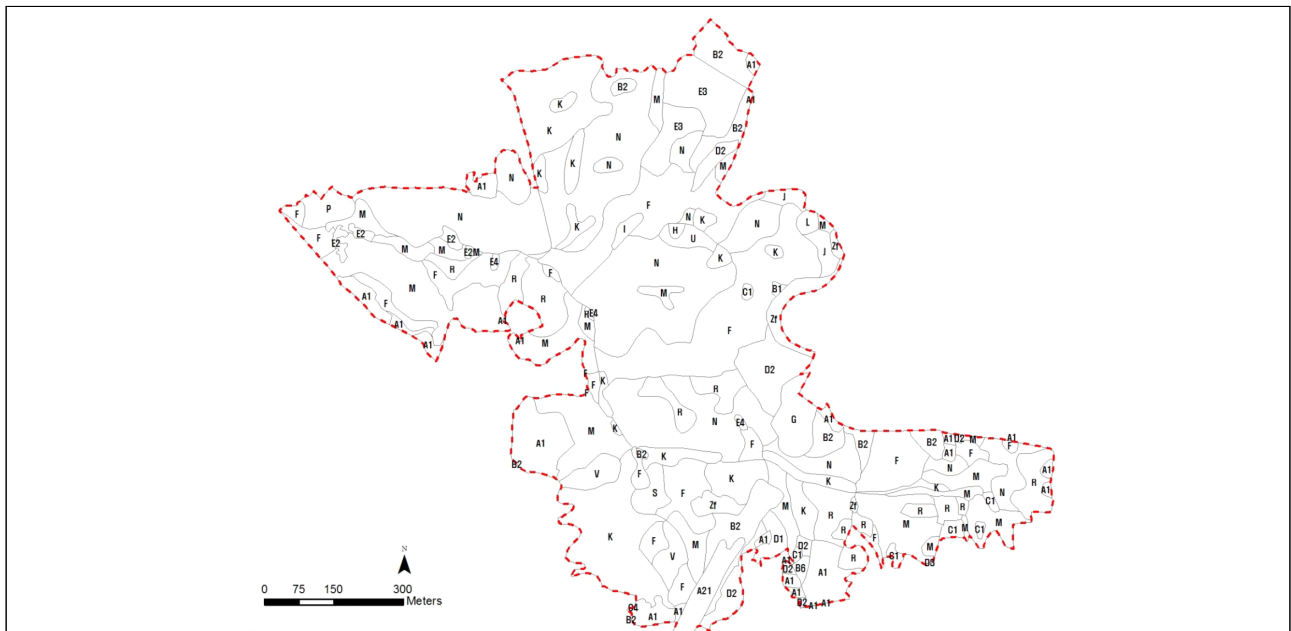


Figure 2. Actual vegetation map in Mt. Cheongryang, Incheon

Legend: M: *Pinus densiflora* forest N: *Quercus mongolica* forest P: *Quercus serrata* forest R: *Quercus acutissima* forest S: Mixed with oak tree forest U: *Betula davurica* forest V: *Prunus serrulata* forest Zf: Vegetation land of shrub F: *Robinia pseudoacacia* forest G: *Alnus sibirica* forest

H: *Populus tomentiglandulosa* forest I: *Larix kaempferi* forest J: *Castanea crenata* forest K: *Pinus rigida* forest L: *Cryptomeria japonica* forest

E2: Area of rock exposure E3: Uninvestigated area E4: Land for physical exercise C1: Turf planted land C4: Dry land for autogenic grasses

B1: The area of no stratigraphy and planted with foreign species of trees(No grasses) B2: The area of no stratigraphy and planted with foreign species of trees(No grasses) B6: Nursery field D1: Paddy field D2: Dry field D3: Private land for cultivation A1: Urbanized area A21: Roads planted with street trees

2. 청량산 식물군집구조 특성

조사구별 평균상대우점치는 자연림으로 소나무군집, 신갈나무군집, 굴참나무군집, 산벚나무군집을 구분하였고, 인공림으로 리기다소나무림, 아까시나무림으로 구분하여 비교·분석하였다. 소나무군집은 1개 조사구(조사구 7)로 평균상대우점치는 소나무(IP: 46.7%), 때죽나무(IP: 19.5%), 산벚나무(IP: 8.1%) 순이었다. 자연림의 일반적인 천이 경향에 의하면 소나무 다음은 참나무류가 나와야 하나, 때죽나무 세력이 강하였다. 굴참나무군집은 1개 조사구(조사구 10)로 평균상대우점치는 굴참나무(IP: 43.5%), 졸참나무(IP: 15.6%), 상수리나무(IP: 11.1%) 순이었다. 산벚나무군집은 1개 조사구(조사구 12)로 평균상대우점치는 산벚나무(IP: 51.1%), 굴참나무(IP: 17.4%), 때죽나무(IP: 15.7%)순으로 때죽나무의 세력이 강하였다. 신갈나무군집은 3개 조사구(조사구 1, 2, 3)이며, 조사구 1은 팔배나무(IP: 22.5%), 신갈나무(IP: 18.1%), 졸참나무(IP: 10.1%) 순이었으며, 우점종인 신갈나무보다 팔배나무의 평균상대우점치가 더 높았다. 조사구 2는 신갈나무(IP: 44.7%)의 평균상대우점치가 가장 높았으며, 다음은 진달래(IP: 14.1%)가 뒤를 이었다. 조사구 3은 신갈나무(IP: 31.9%), 팔배나무(IP: 23.8%), 때죽나무(IP: 10.7%) 순으로, 팔배나무

와 때죽나무의 세력이 강하였다. 교목층의 신갈나무 세력 감소의 원인 중 하나로 청량산 일대에서 2008~2012년(5년간) 산림병해충 방제사업을 실시한 것을 원인으로 예측할 수 있었다. 특히 2013년 연수구 관할지역 신갈나무에 참나무시들음병이 발생하여 훈증 및 벌채 방제를 실시하였는데, 그에 따라 신갈나무군락의 세력 감소의 직접적인 영향을 준 것으로 판단되었다. 인공림 중 리기다소나무림은 3개 조사구(조사구 4, 5, 6)이었다. 그 중 조사구 4의 평균상대우점치는 리기다소나무(IP: 45.8%), 산벚나무(IP: 14.1%) 순이었고, 조사구 5는 평균상대우점치가 리기다소나무(IP: 34.2%), 산벚나무(IP: 21.5%) 순으로 리기다소나무와 산벚나무 세력이 강하였다. 조사구 6의 평균상대우점치는 리기다소나무(IP: 33.0%), 신갈나무(IP: 20.4%) 순으로 리기다소나무와 신갈나무가 경쟁하고 있었다. 아까시나무군집은 3개 조사구(조사구 8, 9, 11)이었다. 그 중 조사구 8의 평균상대우점치는 아까시나무(IP: 39.3%), 신갈나무(IP: 14.8%) 순이었고, 조사구 9의 평균상대우점치는 아까시나무(IP: 28.2%), 상수리나무(IP: 16.9%), 졸참나무(IP: 14.9%), 신갈나무(IP: 12.2%) 순이었다. 조사구 11의 평균상대우점치는 아까시나무(IP: 37.1%), 굴참나무(IP: 18.2%), 졸참나무(IP: 11.5%), 산벚나무(IP: 10.9%) 순으로 참나무류의 세력이 강하였다. 청량산 인공림은 산벚나무, 신갈나무의 세력이

강하게 나타나는 것으로 보아 외래종과 자생종이 경쟁하고 있음을 알 수 있으며, 향후 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 판단되었다(Table 2 참조).

3. 토양환경

청량산의 토양 이화학적 특성 중 토성은 대부분 사양토 또는 양질사토였으며, 토양 pH는 4.26~4.86이었고, 평균 4.59로 우리나라 산지토양 A층의 pH 5.48(Jeong *et al.*, 2002)보다 낮고, 서울의 대표적인 도시림인 남산의 산지토양 평균인 pH 4.86(Noh, 2015)보다 낮았다. 유기물함량(O.M)은 2.18~9.60%이었고, 평균 4.33%로 남산의 산지토양 평균인 6.57%에 못 미치는 수준이었다. 유효인산(Avail.-P)은 식물의 발근, 착근, 신진대사 등을 촉진하는 역할을 하며 0.66~19.41mg/kg이었고, 평균 6.34mg/kg으로 남산의 산지토양 평균인 8.46mg/kg보다 낮았다. 양이온치환용량(CEC)는 11.72cmol/kg, 치환성 양이온함량(C^{++} , Mg^{++} , K^{+} , Na^{+})도 모두 남산 평균에도 미치지 못하는 수준이었다. 청량산의 토양은 대기오염에 의한 산성우의 영향으로 산성토양이었고, 전기전도도, 유기물함량, 유효인산 함량, 양이온치환용량, 치환성 양이온 함량이 모두 남산보다도 낮았다. 이는 수목의 뿌리 발달은 물론 신진대사와 수목생육, 유기물의 분해를 비롯한 식생구조에 부정적인 영향을 미칠 것이며, 도시환경 적응 수종과 산성토양에 강한 수종이 생육이 양

호할 것으로 판단되었다(Table 3 참조).

4. 청량산 식생구조 변화

1) 상대우점치 변화

(1) 신갈나무군집

청량산의 신갈나무군집에 대하여 1999년 조사와 2013년 조사의 층위별 상대우점치 변화 분석 결과, 고목층에서는 신갈나무, 물박달나무가 감소하고, 상수리나무, 떡갈나무, 갈참나무, 졸참나무의 상대우점치가 증가하였다. 아교목층에서는 신갈나무, 물박달나무, 물푸레나무가 감소하고, 일본목련, 팔배나무, 때죽나무가 증가하였다. 관목층에서는 신갈나무, 진달래가 감소하고, 상수리나무, 졸참나무, 일본목련, 생강나무, 때죽나무, 청미래덩굴이 증가하였다. 평균상대우점치 분석 결과, 물박달나무, 신갈나무, 진달래, 물푸레나무는 감소하였고, 졸참나무, 일본목련, 팔배나무, 산벚나무, 때죽나무, 청미래덩굴은 증가하였다. 종합하면 참나무시들음병 방제로 고목층 신갈나무 상대우점치가 68.8%에서 50.5%로 감소하였다. 아교목층에서 팔배나무의 상대우점치가 27.7%에서 52.2%로 급격히 증가하였고, 때죽나무의 상대우점치가 9.4%에서 16.8%로 증가하였다. 호습성수종인 물박달나무의 평균상대우점치가 3.5%에서 2.4%로 감소하고, 물푸레나무는 사라지는 등 모두 감소하여 도시화에

Table 2. Importance percentage of the twelve plant communities in Mt. Cheongryang, Incheon

(Unit: 400m²)

Species name \ Community	Natural forest						Artificial forest					
	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Quercus mongolica</i>			<i>Quercus variabilis</i>	<i>Prunus sargentii</i>	<i>Pinus rigida</i>			<i>Robinia pseudoacacia</i>		
	7	1	2	3	10	12	4	5	6	8	9	11
<i>Pinus rigida</i>	-	5.1	4.3	-	4.9	-	45.8	34.2	33.0	-	-	-
<i>Pinus densiflora</i>	46.7	-	-	-	7.1	-	5.2	3.2	-	-	-	1.6
<i>Castanea crenata</i>	6.8	1.7	0.6	-	-	-	0.4	3.4	0.9	14.9	9.9	-
<i>Quercus acutissima</i>	-	3.8	1.2	-	11.1	3.1	2.4	0.2	4.2	5.0	16.9	4.7
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	-	-	43.5	17.4	0.5	6.8	4.1	0.3	0.3	18.2
<i>Quercus mongolica</i>	5.4	18.1	44.7	31.9	1.1	-	8.2	1.9	20.4	14.8	12.2	2.5
<i>Quercus serrata</i>	3.0	10.1	4.4	9.9	15.6	4.4	2.0	3.7	9.5	10.2	14.9	11.5
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	22.5	2.2	23.8	0.3	5.3	0.9	-	3.8	0.8	6.8	-
<i>Prunus sargentii</i>	8.1	0.7	2.8	6.7	2.2	51.1	14.1	21.5	9.9	2.4	0.9	10.9
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-	5.7	5.8	3.3	-	0.3	7.2	15.5	1.3	39.3	28.2	37.1
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	1.2	8.5	14.1	5.7	2.8	0.7	1.9	0.3	7.2	2.0	1.0	4.1
<i>Styrax japonicus</i>	19.5	6.8	3.7	10.7	3.5	15.7	5.2	1.7	0.7	0.3	0.4	3.9
Others	9.5	17.1	16.3	8.0	7.9	2.2	6.3	7.7	4.9	10.1	8.5	5.5

Table 3. Soil physicochemical properties in Mt. Cheongryang, Incheon

Plot	Community	pH	EC	O.M.	Avail.-P	CEC	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Soil texture
		W1:5	dS/m	%	mg/kg	cmol/kg					
1	<i>Quercus mongolica</i>	4.70	0.05	2.45	0.66	9.56	0.11	0.07	0.15	0.05	Loam
4	<i>Pinus rigida</i>	4.63	0.05	2.25	1.25	10.90	0.43	0.14	0.21	0.05	Sandy loam
7	<i>Pinus densiflora</i>	4.73	0.05	4.63	4.51	10.98	0.47	0.18	0.12	0.07	Loamy sand
11	<i>Robinia pseudoacacia</i>	4.50	0.06	5.58	2.57	13.56	0.32	0.14	0.24	0.11	Sandy loam
12	<i>Prunus sargentii</i>	4.86	0.04	2.86	2.24	8.94	0.36	0.14	0.18	0.08	Sandy loam
Average		4.59	0.06	4.33	6.34	11.72	0.44	0.13	0.16	0.08	
Seoul Namsan Mt. soil average*		4.86	0.05	6.57	8.46	16.46	3.71	0.26	0.34	0.12	

* Noh, T. H.(2015) The Eco-adaptive Urban Forest Management Methods of Namsan(Mt.) according to the Urban Environment Change and Management in Seoul, Korea, Ph. D. Dissertation, University of Seoul, pp. 161.

의한 토양 건조화의 영향이 일부 작용한 것으로 판단되었다. 아교목층과 관목층에서 일본목련의 출현은 도시화에 의한 기온상승의 영향으로 판단되었다. 본 군집은 당분간 교목층 우점종인 신갈나무가 현 상태를 유지하고, 아교목층에서 팔배나무, 때죽나무의 세력이 유지될 것으로 판단되었다. 다만 참나무시

들음병에 의한 신갈나무가 지속적으로 도태될 경우, 졸참나무 군집으로 변화 잠재성이 있다고 판단되었다(Table 4 참조).

(2) 리기다소나무림

청량산의 리기다소나무림에 대하여 1999년 조사와 2013년

Table 4. Change of importance percentage of the *Quercus mongolica* community in Mt. Cheongryang, Incheon

(Unit: 1,200m²)

Species name	1999				2013				Change value (%)
	C (%)	U (%)	S (%)	M (%)	C (%)	U (%)	S (%)	M (%)	
<i>Pinus rigida</i>	11.2	9.5	-	8.8	6.9	-	-	3.5	-5.3
<i>Pinus densiflora</i>	0.6	-	-	0.3	-	-	-	-	-0.3
<i>Juniperus rigida</i>	-	-	-	-	-	-	1.1	0.2	+0.2
<i>Betula davurica</i>	6.0	1.4	-	3.5	4.1	1.2	-	2.4	-1.1
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	-	-	-	-	-	3.5	0.6	+0.6
<i>Alnus hirsuta</i>	5.3	-	-	2.7	2.3	-	0.4	1.2	-1.5
<i>Castanea crenata</i>	-	2.9	0.7	1.1	1.3	-	1.5	0.9	-0.2
<i>Quercus acutissima</i>	0.8	0.4	0.3	0.6	2.9	0.5	1.0	1.8	+1.2
<i>Quercus dentata</i>	1.0	-	-	0.5	1.3	-	-	0.6	+0.1
<i>Quercus aliena</i>	-	0.4	0.3	0.2	2.5	-	-	1.2	+1.0
<i>Quercus mongolica</i>	68.8	36.8	6.9	47.8	50.5	13.8	2.9	30.3	-17.5
<i>Quercus serrata</i>	-	0.5	-	0.2	16.1	-	0.8	8.2	+8.0
<i>Magnolia obovata</i>	-	-	-	-	-	1.1	1.3	0.6	+0.6
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	0.5	0.3	0.2	-	4.3	5.0	2.3	+1.1
<i>Sorbus alnifolia</i>	2.8	27.7	8.9	12.1	1.4	52.5	8.8	19.6	+7.5
<i>Prunus sargentii</i>	2.0	1.9	0.7	1.7	5.5	-	1.2	3.0	+1.3
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Lespedeza bicolor</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1.5	5.7	2.9	3.1	5.4	3.0	7.1	4.9	+1.8
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	0.9	1.1	0.5	-	2.6	4.7	1.6	+1.1
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	1.5	0.3	-	-	-	-	-0.3
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	1.7	64.9	11.4	-	3.8	42.2	8.3	-3.1
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	2.2	0.4	-	0.5	0.4	0.2	-0.2
<i>Styrax japonicus</i>	-	9.4	7.4	4.4	-	16.8	12.8	7.7	+3.3
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	0.4	-	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	-	-	-	-	2.1	0.4	+0.4
<i>Viburnum dilatatum</i>	-	-	0.7	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Smilax china</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	1.8	0.3	+0.2
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	1.5	0.3	+0.3

*C: importance percentage in canopy layer, U: importance percentage in understory layer, S: importance percentage in shrub layer, M: mean importance percentage.

조사의 층위별 상대우점치 변화 분석 결과, 교목층에서는 리기다소나무, 굴참나무는 상대우점치가 감소하였고, 소나무, 상수리나무, 신갈나무, 졸참나무, 산벚나무의 상대우점치는 증가하였다. 아교목층에서는 리기다소나무, 물박달나무, 물푸레나무의 상대우점치는 감소하였고, 굴참나무, 신갈나무, 산벚나무, 때죽나무의 상대우점치는 증가하였다. 관목층에서는 갈참나무, 신갈나무, 졸참나무, 진달래의 상대우점치가 감소하고, 상수리나무, 굴참나무, 단풍나무, 때죽나무, 청미래덩굴의 상대우점치가 증가하였다. 평균상대우점치 분석 결과, 물박달나무, 들메나무, 물푸레나무의 평균상대우점치는 감소하였고, 졸참나무, 산벚나무, 단풍나무, 때죽나무의 평균상대우점치는 증가하였다. 본 군집은 리기다소나무군집 상태를 유지할 것이나 산벚나무가 증

가하고 있어 향후 산벚나무로 변화가 진행될 것으로 판단되었다(Table 5 참조).

(3) 아까시나무림

청량산의 아까시나무림에 대하여 1999년 조사와 2013년 조사의 층위별 상대우점치 변화 분석 결과, 교목층에서는 아까시나무, 신갈나무, 갈참나무는 상대우점치가 감소하였고, 상수리나무, 굴참나무, 산벚나무의 상대우점치는 증가하였다. 아교목층에서는 물박달나무, 떡갈나무, 신갈나무, 아까시나무의 상대우점치는 감소하였고, 상수리나무, 굴참나무, 졸참나무, 일본목련, 팔배나무, 자귀나무, 때죽나무의 상대우점치는 증가하였다. 관목층에서는 떡갈나무, 신갈나무 상대우점치가 감소하였고,

Table 5. Change of importance percentage of the *Pinus rigida* community in Mt. Cheongryang, Incheon

(Unit: 1,200m²)

Species name	1999				2013				Change Value (%)
	C (%)	U (%)	S (%)	M (%)	C (%)	U (%)	S (%)	M (%)	
<i>Pinus rigida</i>	73.4	30.0	-	46.7	58.1	27.1	-	38.1	-8.6
<i>Pinus densiflora</i>	4.5	7.7	-	4.8	5.9	-	-	3.0	-1.8
<i>Betula davurica</i>	-	1.0	-	0.3	-	-	-	-	-0.3
<i>Alnus hirsuta</i>	4.9	10.4	-	5.9	2.7	1.4	-	1.8	-4.1
<i>Castanea crenata</i>	-	1.1	-	0.4	0.6	2.3	3.2	1.6	+1.2
<i>Quercus acutissima</i>	0.5	4.0	0.5	1.7	2.6	1.7	1.2	2.1	+0.4
<i>Quercus variabilis</i>	2.8	3.8	0.9	2.8	1.3	4.4	8.5	3.6	+0.8
<i>Quercus dentata</i>	-	-	-	-	-	-	2.1	0.4	+0.4
<i>Quercus aliena</i>	0.5	-	8.5	1.7	-	0.5	0.4	0.2	-1.5
<i>Quercus mongolica</i>	3.7	8.4	22.8	8.4	5.9	10.0	17.0	9.1	+0.7
<i>Quercus serrata</i>	0.3	4.7	19.7	5.0	1.2	6.5	10.9	4.6	-0.4
<i>Cocculus triobus</i>	-	-	0.5	0.1	-	-	0.3	0.1	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	1.0	0.4	0.4	+0.4
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>	-	-	-	-	-	-	6.0	1.0	+1.0
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.6	6.7	3.6	3.1	-	3.3	0.9	1.2	-1.9
<i>Rubus parvifolius</i>	-	-	0.9	0.2	-	-	-	-	-0.2
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	0.6	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Prunus padus</i>	-	-	-	-	-	1.0	-	0.3	+0.3
<i>Prunus sargentii</i>	6.9	5.6	4.0	6.0	15.8	23.4	4.0	16.4	+10.4
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	1.6	0.3	-	-	0.5	0.1	-0.2
<i>Indigofera kirilowii</i>	-	-	0.5	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Robinia pseudoacacia</i>	2.0	12.1	6.3	6.1	5.9	12.1	8.9	8.5	+2.4
<i>Rhus chinensis</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	-	-	-	-	0.5	0.4	0.2	+0.2
<i>Euonymus japonica</i>	-	-	-	-	-	-	1.0	0.2	+0.2
<i>Celastrus orbiculatus</i>	-	-	0.5	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Acer palmatum</i>	-	-	-	-	-	-	0.5	0.1	+0.1
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	2.9	25.4	5.2	-	0.4	17.2	3.0	-2.2
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	0.5	0.1	-	-	0.3	0.1	-
<i>Styrax japonicus</i>	-	0.4	1.6	0.4	-	4.4	7.1	2.7	+2.3
<i>Fraxinus mandshurica</i>	-	0.4	-	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	0.6	-	0.2	-	-	-	-	-0.2
<i>Callicarpa japonica</i>	-	0.4	-	0.1	-	-	1.5	0.3	+0.2
<i>Smilax china</i>	-	-	1.2	0.2	-	-	4.7	0.8	-0.6
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	2.9	0.5	+0.5

*C: importance percentage in canopy layer, U: importance percentage in understory layer, S: importance percentage in shrub layer, M: mean importance percentage.

상수리나무, 굴참나무, 졸참나무, 일본목련, 산벚나무, 때죽나무의 상대우점치가 증가하였다. 평균상대우점치 분석 결과 물박달나무, 떡갈나무, 갈참나무, 신갈나무, 아까시나무의 평균상대우점치는 감소하였고, 상수리나무, 굴참나무, 졸참나무, 일본목련, 팔배나무, 산벚나무, 자귀나무, 때죽나무의 평균상대우점치는 증가하였다. 종합하면 아까시나무 황화현상에 의한 고사목 위생간별로 아까시나무 상대우점치가 46.8%에서 35.9%로 감소하였고, 참나무시들음병에 의한 신갈나무의 상대우점치는 14.9%에서 7.4%로 감소하였다. 아교목층에서 팔배나무의 상대우점치가 0.3%에서 1.4%로 증가하였고, 때죽나무가 새로 출현하였다. 호습성 수종인 물박달나무가 도태되고, 참나무류 중 호습성 수종인 떡갈나무, 갈참나무 상대우점치가 감소하고 있어 도시화에 의한 일부 토양 건조화의 영향으로 판단되었다. 일본목련의 출현은 도시화에 의한 기온상승의 영향으로 판단되었

다. 내조성 수종인 떡갈나무와 자귀나무가 생육하는 것으로 보아 바닷가의 영향을 받고 있음을 알 수 있었다(Table 6 참조). 교목층의 우점종은 현상태를 유지하고, 향후 졸참나무로 변화가 진행될 것으로 판단되었고, 이는 남산과 같은 식생구조 변화 양상을 보인다(Noh, 2015).

2) 흉고단면적 및 개체수 변화

(1) 신갈나무군집

신갈나무군집의 흉고단면적 및 개체수 변화 분석 결과, 전체적으로 교목층의 흉고단면적은 1999년에 19,788cm²에서 2013년에 35,105cm²로 증가하였고, 아교목층은 3,192cm²에서 3,667cm²로 증가하여 총 20,900cm²에서 36,759cm²로 증가하였다. 개체수는 교목층은 97개체에서 53개체로 감소하고, 아교목층은 159개체

Table 6. Change of importance percentage of the *Robinia pseudoacacia* community in Mt. Cheongryang, Incheon

(Unit: 1,200m²)

Species name	1999				2013				Change value (%)
	C (%)	U (%)	S (%)	M (%)	C (%)	U (%)	S (%)	M (%)	
<i>Pinus rigida</i>	1.3	1.9	-	1.3	-	-	-	-	-1.3
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	-	-	2.6	-	0.9	+0.9
<i>Larix leptolepis</i>	-	0.4	-	0.2	-	-	-	-	-0.2
<i>Betula davurica</i>	1.1	1.1	-	0.9	-	-	-	-	-0.9
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	-	1.1	0.2	-	-	4.7	0.8	+0.6
<i>Alnus hirsuta</i>	4.7	4.1	-	3.7	-	-	-	-	-3.7
<i>Castanea crenata</i>	-	2.0	5.5	1.6	2.3	9.8	10.3	6.1	+4.5
<i>Quercus acutissima</i>	2.5	2.3	0.9	2.1	12.3	6.7	3.8	9.0	+6.9
<i>Quercus variabilis</i>	4.0	-	4.0	2.7	10.6	8.0	4.2	8.7	+5.0
<i>Quercus dentata</i>	-	3.5	3.3	1.7	-	-	2.0	0.3	-1.4
<i>Quercus aliena</i>	5.7	3.0	3.6	4.5	-	3.0	5.5	1.9	-2.6
<i>Quercus mongolica</i>	12.3	19.4	13.9	14.9	9.6	4.6	6.8	7.4	-7.5
<i>Quercus serrata</i>	5.4	13.5	14.9	9.7	4.4	20.1	15.9	11.6	+1.9
<i>Cocculus triobus</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Magnolia obovata</i>	-	-	-	-	-	0.9	0.3	0.4	+0.4
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	6.7	1.1	-	2.6	4.0	1.5	+0.4
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>	-	-	-	-	-	-	0.5	0.1	+0.1
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	0.4	0.9	0.3	-	3.9	0.4	1.4	+1.1
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Prunus sargentii</i>	-	6.2	0.9	2.2	8.2	5.5	4.2	6.6	+4.4
<i>Albizia julibrissin</i>	-	-	-	-	-	1.1	-	0.4	+0.4
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	1.5	0.3	-	-	-	-	-0.3
<i>Lespedeza bicolor</i>	-	-	0.4	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Pueraria thunbergiana</i>	-	-	-	-	-	-	5.6	0.9	+0.9
<i>Maackia amurensis</i>	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1	+0.1
<i>Robinia pseudoacacia</i>	63.1	41.6	8.4	46.8	52.7	24.4	8.6	35.9	-10.9
<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i>	-	-	-	-	-	-	0.6	0.1	+0.1
<i>Ampelopsis heterophylla</i>	-	-	0.6	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	2.7	0.5	-	-	-	-	-0.5
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	6.0	1.0	-	1.4	9.4	2.0	+1.0
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	0.6	8.1	1.6	-	-	1.1	0.2	-1.4
<i>Styrax japonicus</i>	-	-	-	-	-	5.5	2.1	2.2	+2.2
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	-	-	-	-	-	0.7	0.1	+0.1
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	0.7	0.1	-	-	0.3	0.1	-
<i>Lonicera japonica</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-0.1
<i>Smilax china</i>	-	-	12.7	2.1	-	-	6.9	1.2	-0.9
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	2.4	0.4	-	-	1.8	0.3	-0.1

*C: importance percentage in canopy layer, U: importance percentage in understory layer, S: importance percentage in shrub layer, M: mean importance percentage.

에서 116개체로 감소하였으며 관목층은 620개체에서 508개체로 감소하여 총 876개체에서 677개체로 감소하였다. 신갈나무는 1999년에 비하여 2013년 흉고단면적이 15,111cm²에서 19,158cm²로 성장에 의해 증가하였으나, 참나무시들음병으로 인해 개체수는 172개체에서 61개체로 감소하였다. 팔배나무는 개체수가 122개체에서 106개체로 감소하였으나, 흉고단면적이 1,036cm²에서 2,331cm²로 증가하였다. 때죽나무는 흉고단면적이 238cm²에서 504cm²로 증가하였고, 개체수도 74개체에서 99개체로 증가하였다. 따라서 본 군집은 당분간 신갈나무군집을 유지할 것이나 장기적으로 향후 참나무시들음병에 신갈나무가 지속적으로 도태될 경우 졸참나무군집으로 변화가 진행될 것으로 판단되었다(Table 7 참조).

(2) 리기다소나무림

리기다소나무림의 흉고단면적 및 개체수 변화 분석 결과, 전체적으로 교목층의 흉고단면적은 1999년에 27,106cm²에서 2013년에 30,810cm²로 증가하였고, 아교목층은 3,765cm²에서 5,536cm²로 증가하여 총 28,874cm²에서 34,333cm²로 증가하였다. 개체수는 교목층은 1999년에 192개체에서 2013년에 83개체로 감소하였고, 아교목층은 163개체에서 121개체로 감소하였으며 관목층은 880개체에서 684개체로 감소하여 총 1,225개체에서 888개체로 감소하였다. 리기다소나무는 흉고단면적과 개체수가 모두 감소하였고, 신갈나무 흉고단면적이 1999년에 1,265cm²에서 2013년 2,050cm²로 증가하였고, 개체수는 239개체에서 109개체로 감소하였다. 산벚나무의 흉고단면적이 2,094cm²에서

Table 7. Changes of Basal area and population of the *Quercus mongolica* community in Mt. Cheongryang, Incheon

(Unit: 400m²)

Species name	1999							2013						
	Basal area(cm ²)			No. of individual				Basal area(cm ²)			No. of individual			
	C	U	Total	C	U	S	Total	C	U	Total	C	U	S	Total
<i>Pinus rigida</i>	1,416	388	1,804	14	11	-	25	2,078	-	2,078	4	-	-	4
<i>Pinus densiflora</i>	34	-	34	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Juniperus rigida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8
<i>Betula davurica</i>	674	48	722	8	2	-	10	814	57	871	3	1	-	4
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	12
<i>Alnus hirsuta</i>	795	-	795	6	-	-	6	246	-	246	2	-	4	6
<i>Castanea crenata</i>	-	123	123	-	3	8	11	227	-	227	1	-	8	9
<i>Quercus acutissima</i>	95	7	102	1	1	4	6	694	3	697	2	1	8	11
<i>Quercus dentata</i>	154	-	154	1	-	-	1	201	-	201	1	-	-	1
<i>Quercus aliena</i>	-	7	7	-	1	4	5	1,017	-	1,017	1	-	-	1
<i>Quercus mongolica</i>	13,846	1,265	15,111	58	54	60	172	18,431	727	19,158	24	9	28	61
<i>Quercus serrata</i>	-	11	11	-	1	-	1	6,255	-	6,255	7	-	8	15
<i>Magnolia obovata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	14	14	-	2	12	14
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	13	13	-	1	4	5	-	97	97	-	7	20	27
<i>Sorbus alnifolia</i>	270	766	1,036	4	50	68	122	285	2,046	2,331	1	57	48	106
<i>Prunus sargentii</i>	334	58	391	2	3	8	13	1,773	-	1,773	3	-	4	7
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lespedeza bicolor</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Robinia pseudoacacia</i>	171	203	374	2	8	32	42	1,071	61	1,132	4	5	32	41
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	36	36	-	1	12	13	-	95	95	-	3	24	27
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	-	-	-	16	16	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	25	25	-	4	316	320	-	60	60	-	7	172	179
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	16	16	-	3	3	-	1	4	5
<i>Styrax japonicus</i>	-	238	238	-	18	56	74	-	504	504	-	23	76	99
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	4	4	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	12
<i>Viburnum dilatatum</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Smilax china</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	16	16
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	12
Total	17,789	3,192	20,980	97	159	620	876	33,092	3,667	36,759	53	116	508	677

*C: canopy layer, U: understory layer, S: shrub layer.

6,350cm²으로 크게 증가하였으며, 개체수는 78개체에서 68개체로 감소하였다. 아교목층에서 때죽나무 홍고단면적이 1999년에 3cm²에서 214cm²로 증가하였고, 개체수도 13개체에서 74개체로 증가하였다. 본 청량산 리기다소나무림은 당분간 리기다소나무가 우점하는 현상태가 유지될 것으로 보이나, 향후 산벚나무군집을 거쳐 신갈나무군집으로 전이가 예측되었다(Table 8 참조).

(3) 아까시나무림

아까시나무림의 홍고단면적 및 개체수 변화 분석 결과, 전체적으로 교목층의 홍고단면적은 1999년에 20,698cm²에서 2013년

에 16,586cm²로 감소하였고, 아교목층은 4,333cm²에서 4,498cm²로 증가하여 총 23,030cm²에서 19,070cm²로 감소하였다. 개체수는 교목층은 1999년에 77개체에서 2013년에 39개체로 감소하였고, 아교목층은 129개체에서 86개체로 감소하였으며 관목층은 728개체에서 752개체로 감소하여, 총 934개체에서 877개체로 감소하였다. 아까시나무 홍고단면적은 1999년에 14,193cm²에서 2013년에 6,777cm²로 감소하였고, 개체수도 146개체에서 119개체로 감소하였다. 상수리나무 홍고단면적은 569cm²에서 2,423cm²로 증가하고, 개체수가 12개체에서 33개체로 증가하였다. 굴참나무는 홍고단면적이 776cm²에서 1,949cm²로 증가하고 개체수는 31개체에서 51개체로 증가하였다. 졸참나무는 홍고단면적이

Table 8. Changes of Basal area and population of the *Pinus rigida* community in Mt. Cheongryang, Incheon

(Unit: 400m²)

Species name	1999							2013						
	Basal area(cm ²)			No. of individual				Basal area(cm ²)			No. of individual			
	C	U	Total	C	U	S	Total	C	U	Total	C	U	S	Total
<i>Pinus rigida</i>	18,668	1,360	20,028	132	39	-	171	16,804	2,498	19,302	48	11	-	59
<i>Pinus densiflora</i>	1,023	420	1,443	9	7	-	16	1,341	-	1,341	6	-	-	6
<i>Betula davurica</i>	-	29	29	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alnus hirsuta</i>	929	504	1,434	11	12	-	23	503	57	561	3	2	-	5
<i>Castanea crenata</i>	-	35	35	-	2	-	2	20	71	90	1	4	28	33
<i>Quercus acutissima</i>	133	118	251	1	8	8	17	799	55	854	2	3	12	17
<i>Quercus variabilis</i>	836	127	963	4	7	12	23	415	122	537	1	8	60	69
<i>Quercus dentata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	16
<i>Quercus aliena</i>	102	-	102	1	-	88	89	-	13	13	-	1	4	5
<i>Quercus mongolica</i>	1,027	238	1,265	6	17	216	239	1,672	378	2,050	5	16	88	109
<i>Quercus serrata</i>	13	96	109	1	11	140	152	314	307	621	1	9	80	90
<i>Cocculus triobus</i>	-	-	-	-	-	8	8	-	-	-	-	-	4	4
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	23	23	-	2	4	6
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	48
<i>Sorbus alnifolia</i>	139	226	365	1	12	32	45	-	177	177	-	4	8	12
<i>Rubus parvifolius</i>	-	-	-	-	-	16	16	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus padus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64	-	1	-	1
<i>Prunus sargentii</i>	1,924	169	2,094	11	11	56	78	5,271	1,079	6,350	11	33	24	68
<i>Lespedeza cytobotrya</i>	-	-	-	-	-	24	24	-	-	-	-	-	4	4
<i>Indigofera kirilowii</i>	-	-	-	-	-	8	8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Robinia pseudoacacia</i>	313	354	667	5	24	72	101	1,658	468	2,126	5	19	56	80
<i>Rhus chinensis</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7	-	1	4	5
<i>Euonymus japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8
<i>Celastrus orbiculatus</i>	-	-	-	-	-	8	8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer palmatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	56	56	-	7	144	151	-	3	3	-	1	76	77
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	8	8	-	-	-	-	-	4	4
<i>Styrax japonicus</i>	-	3	3	-	1	12	13	-	214	214	-	6	68	74
<i>Fraxinus mandshurica</i>	-	5	5	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	18	18	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i>	-	7	7	-	1	-	1	-	-	-	-	-	12	12
<i>Smilax china</i>	-	-	-	-	-	16	16	-	-	-	-	-	52	52
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20
Total	25,107	3,765	28,874	182	163	880	1,225	28,797	5,536	34,333	83	121	684	888

* C: canopy layer, U: understory layer, S: shrub layer.

1,338cm²에서 1,401cm²로 증가하였고, 개체수는 148 개체에서 140 개체로 감소하였다. 아까시나무림은 당분간 현상태가 유지될 것으로 보이나, 향후 상수리나무군집 또는 굴참나무군집을 거쳐 졸참나무군집으로 천이가 예측되었다(Table 9 참조).

3) 종다양도 변화

청량산 식물군집 유형별 종다양도지수 변화를 분석한 결과이다. 2013년보다 1999년의 우점도와 최대종다양도가 높은 것

은 신갈나무(I.P.: 47.8%), 리기다소나무(I.P.: 46.7%), 아까시나무(I.P.: 46.8%)에 편중되어 있었음을 의미하며, 2013년의 종다양도와 균재도가 높은 것은 1999년도보다 각 종별 개체수가 고르게 분포함을 의미한다. 그러나 종 구성이 일본목련 등 외래종의 출현과 딸기, 철레꽃, 철쭉, 싸리나무류, 청미래덩굴, 청가시덩굴 등 관목층의 천이 초기나 주변부에 나타나는 수종 증가에 의하여 종다양도가 증가한 것으로 판단되었다(Table 10 참조).

Table 9. Changes of Basal area and populations of the *Robinia pseudoacacia* community in Mt. Cheongryang, Incheon (Unit: 400m²)

Species name	1999							2013						
	Basal area(cm ²)			No. of individual				Basal area(cm ²)			No. of individual			
	C	U	Total	C	U	S	Total	C	U	Total	C	U	S	Total
<i>Pinus rigida</i>	240	133	373	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	177	177	-	1	-	1
<i>Larix leptolepis</i>	-	5	5	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Betula davurica</i>	154	64	217	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	20	20
<i>Alnus hirsuta</i>	781	290	1,070	4	2	-	6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Castanea crenata</i>	-	40	40	-	4	24	28	283	408	692	1	9	92	102
<i>Quercus acutissima</i>	441	128	569	2	2	8	12	2,084	339	2,423	4	5	24	33
<i>Quercus variabilis</i>	776	-	776	3	-	28	31	1,595	354	1,949	4	7	40	51
<i>Quercus dentata</i>	-	98	98	-	6	28	34	-	-	-	-	-	12	12
<i>Quercus aliena</i>	1,177	125	1,302	4	4	40	48	-	62	62	-	4	20	24
<i>Quercus mongolica</i>	2,152	604	2,756	10	32	108	150	1,669	203	1,871	3	4	60	67
<i>Quercus serrata</i>	810	528	1,338	5	19	124	148	534	867	1,401	2	18	120	140
<i>Cocculus triobus</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Magnolia obovata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	28	28	-	1	4	5
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	32	32	-	75	75	-	3	24	27
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	5	5	-	1	12	13	-	93	93	-	5	4	9
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	268	268	-	8	12	20	1,631	179	1,810	2	6	28	36
<i>Albizia julibrissin</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	50	50	-	1	-	1
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	-	-	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lespedeza bicolor</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pueraria thunbergiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	36
<i>Maackia amurensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
<i>Robinia pseudoacacia</i>	12,168	2,025	14,193	47	47	52	146	6,777	1,354	8,130	23	16	80	119
<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8
<i>Ampelopsis heterophylla</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	-	-	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	-	-	-	28	28	-	24	24	-	2	40	42
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	20	20	-	1	32	33	-	-	-	-	-	8	8
<i>Styrax japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	285	285	-	4	28	32
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	4	4
<i>Lonicera japonica</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Smilax china</i>	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	-	-	68	68
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	-	-	-	32	32	-	-	-	-	-	20	20
Total	20,700	4,333	23,030	77	129	728	934	16,588	4,498	19,070	39	86	752	877

*C: canopy layer, U: understory layer, S: shrub layer.

4) 군집별 종수, 개체수, 종다양도지수 변화

각 군집별로 종수는 1종씩 감소하였고 개체수도 감소하였으나, 종다양도지수는 증가하였다. 이는 숲가꾸기와 이용증가로 인하여 천이 초기나 주연부에 나타나는 수종인 칙, 찔레꽃, 싸리, 청미래덩굴 등이 출현하여 발생한 현상으로(Han *et al.*, 2012) 판단되었다(Table 11 참조).

5) 청량산 군집별 식생구조변화 종합

청량산의 자연림과 인공림 군집의 공통적인 특성은 때죽나무, 팔배나무가 출현하였거나, 증가하고 있다는 점이다. 이는 도시화로 인한 대기오염과 산성우로 인한 토양산성화가 그 원인으로 판단되었다. 외래종인 일본목련은 청량산의 자연림인 신갈나무군집 인공림인 아까시나무림에서 출현하였으며, 청량산의 자연림인 소나무군집, 굴참나무군집에서 고욤나무가 출현하였는데, 이는 도시화에 의한 기온상승이 그 원인으로 판단되었다. 청량산의 소나무군집, 신갈나무군집, 리기다소나무림, 아까시나무림 등 하층을 이루는 수종이 완전히 바뀌는 현상이 있었는데, 이는 숲가꾸기과정에서 아교목층, 관목층의 하층식생을 제거함으로써 자연스러운 식생천이를 방해하고, 천이 초기 수종이 출현할 것으로 판단되었다. 청량산의 인공림인 아까시나무림의 교목층 상대우점치의 감소는 고령으로 수세가 약해진 아까시나무가 고사하거나 태풍피해로 도복되어 위생 간벌한 결과로 판단되었다.

온대중부림의 생태적 천이가 소나무에서 참나무류를 거쳐 서어나무의 순서라는 학설이 강화도에서는 입증되었으나(Cho, 1998), 청량산에서는 천이가 중단된 것으로 당분간 현재의 식생구조를 유지할 것으로 판단되었다. 인천 청량산의 식생변화

에 대한 원인 규명은 도시환경변화 영향과 관리영향이 복합적으로 작용하였다. 교목층과 아교목층의 수종은 단순화됨으로써 종다양성이 감소되었으며, 하층식생 교란에 의하여 천이 초기 주연부 수종이 증가하였다.

5. 청량산 도시림 관리방안

청량산 토양 관리는 토양특성 모니터링을 통한 관리방안 수립이 선행되어야 한다. 그에 따라 산성화의 영향을 최소화하기 위하여 석회비료 살포로 토양의 화학적 성질을 개량하고, 유기질계 토양 개량제를 살포하여 보비력과 보수력을 보완할 필요가 있다. 토양 건조화 방지를 위해서 산복부에 소규모 댐이나 웅덩이 등을 조성하여 지속적인 수자원을 관리하는 방안을 고려해 볼 수 있을 것으로 판단되었다.

식물군집구조 분석에 따르면 팔배나무, 때죽나무의 세력이 확대되고 있으며, 도시화에 의한 기온 상승으로 외래수종인 일본목련, 족제비싸리가 출현하고, 남부수종인 고욤나무가 생육하고 있었다. 관목층에서는 천이 초기 출현종이나 주연부에 출현하는 수종이 증가하고 있는 실정이었다. 청량산 도시림의 건강성 회복과 종다양성 증진을 위하여 하층식생 보전, 인공림의 교목층 밀도 조절을 통한 자생종의 생육 증진, 도시환경적응력이 강한 수종의 보호 관리가 필요하다. 참나무시들음병에 취약한 신갈나무림의 경우 군락의 건강성을 관리를 위해 낙엽활엽수혼효림을 목표 식생군락으로 선정하고, 층위구조별로 산벚나무, 느티나무, 팔배나무, 때죽나무, 당단풍나무 등 환경적응성이 강한 수종(Noh, 2015)을 식재할 필요가 있다. 소나무림은 식물군집구조 현황을 바탕으로 세부적인 관리권역을 설정할

Table 10. Change of species diversity of the three plant communities in Mt. Cheongryang, Incheon

(Unit: 1,200m²)

Type	Community	Year	No. of species	H' (Shannon)	J' (evenness)	D (Dominance)	H' max
Natural forest	<i>Quercus mongolica</i>	1999	24	0.8911	0.6456	0.3544	1.3802
		2013	23	1.0495	0.7707	0.2293	1.3617
Artificial forest	<i>Pinus rigida</i>	1999	28	1.1003	0.7603	0.2397	1.4472
		2013	27	1.2158	0.8494	0.1506	1.4314
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	1999	28	1.1520	0.7960	0.2040	1.4472
		2013	26	1.1895	0.8407	0.1593	1.4150

Table 11. Changes of species, populations and species diversity of the three plant communities in Mt. Cheongryang, Incheon

Type	Community	No. of species	No. of individual	Species diversity
Natural forest	<i>Quercus mongolica</i>	- 1	- 199	+ 0.1584
Artificial forest	<i>Pinus rigida</i>	- 1	- 337	+ 0.0638
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	- 1	- 57	+ 0.0375

필요가 있다. 소나무림의 유지 관리가 필요한 권역의 경우 아교목층, 관목층에서 소나무와 경쟁할 수 있는 교목성상의 졸참나무, 산벚나무 등 교목성상 낙엽활엽수는 제거 관리가 필요하다. 그리고 청량산 내 외래식물 군락과 산림조림 및 조성수 식재지는 지속적인 숲가꾸기 사업이 시행되는 지역으로 목재생산 및 시민휴양 제공을 목표로 육성 관리할 필요가 있다.

청량산 식물군집의 천이계열은 대부분 현상태를 유지할 것으로 판단되었으나, 미미하나마 변화 잠재성이 있거나 변화가 진행 중이었다. 굴참나무군집, 산벚나무군집, 아까시나무림은 졸참나무군집으로 변화가 진행 중이었으며, 소나무군집, 리기다소나무림은 산벚나무군집으로, 신갈나무림은 졸참나무군집으로 변화가 진행 중이었다. 이는 서울지역의 도시림이 도시화에 의해 기존의 소나무림과 아까시나무림이 신갈나무, 졸참나무 및 팔배나무의 우점림으로 천이가 진행된 후, 다음 단계인 졸참나무림으로의 천이가 중단된 상태(Kwak, 2011)와 유사한 양상을 보이고 있었다. 향후 인천의 도시림이 건전한 방향으로 천이가 진행될 수 있도록 지속적인 모니터링을 통하여 퇴행천이가 발생하는 요인을 제거하고, 환경을 개선하는 관리가 필요할 것으로 판단되었다. 종다양성 관리를 위해서는 타감작용이 심한 팔배나무의 개체수 조절을 통하여 세력 확산을 조절하고, 현황을 반영하여 적절한 숲가꾸기사업을 실시하는 것이 필요할 것으로 판단되었다. 또한 도시숲의 구조적 다양성 형성을 위해 졸참나무림, 느티나무림, 산벚나무림 하부에 출현하는 아교목층과 관목층을 대상으로 자생수종 식재를 통한 다층구조의 숲을 유도 및 관리하는 방안에 대한 연구개발이 필요한 것으로 판단되었다.

IV. 결론

본 연구의 목적은 도시환경 변화 및 관리에 따른 영향으로 청량산의 식생변화를 고찰하여 변화 원인을 규명하고, 도시림의 자연성 회복 및 식생 보전을 위한 관리방안을 제시하는 것이었다. 식생구조 특성 및 변화에서는 현존식생의 유형별 식생 분포 특성을 분석하였으며, 현존식생 주요 유형을 추출하고, 유형별 상대우점치를 분석하여 주요 식생군락의 생태적 천이를 예측하였다. 군집유형별 특성은 대부분의 군집에서 대기오염에 의한 산성우로 토양이 산성화 된 결과로 때죽나무와 팔배나무가 아교목층과 관목층을 차지하고 있었다. 도시화에 의한 기온 상승으로 외래수종인 일본목련과 족제비싸리가 출현하였다. 관목층에서는 주연부에 출현하는 수종인 칩을 비롯한 덩굴류가 생육하고 있었다. 숲가꾸기로 인한 하층식생 제거와 이용자 증가에 따른 수목훼손이 원인으로 판단되었다. 천이경향은 대부분의 군집이 당분간 현상태를 유지할 것으로 판단되며, 소나무군집은 산벚나무군집으로, 신갈나무군집은 졸참나무군집으로

변화 잠재성이 보이거나 변화가 진행 중이었다.

청량산의 군집별 식생구조 변화를 보면 팔배나무와 때죽나무가 증가하고, 외래종인 일본목련이 출현하였다. 천이경향은 당분간 현상태를 유지할 것이며, 향후 신갈나무군집은 참나무 시들음병에 의한 도태가 지속될 경우 졸참나무군집으로, 리기다소나무림은 산벚나무군집으로, 아까시나무림은 졸참나무로 변화 잠재성이 있었다. 이에 따라 청량산의 건강성 유지를 위하여 도시생태계의 문제점에 대처할 수 있는 새로운 대안이 필요하며, 변화된 도시환경, 관리현황, 도시민의 이용 등을 고려하여 도시림의 건강성 회복과 종다양성 증진으로 관리방향을 설정하였다. 종다양성 증진은 종구성 다양화를 위하여 자생수종을 선택하여 조림하고 도시화 영향에 의해 출현하는 수종의 지나친 세력 확대를 방지하고, 하층식생 보호, 다층구조의 숲 유도 관리를 제안하였다.

본 연구는 인천의 대표적인 도시림인 청량산을 대상으로 시계열 변화 분석을 통해 도시환경변화와 관리에 따른 도시림의 식생변화와 원인을 규명하고, 향후 관리방안을 제안하였다. 따라서 향후 인천지역의 도시림 관리에 있어 활용 가능할 것으로 판단되었다. 다만, 도시환경 변화에 있어서 통계자료 구축이 미흡하여 도시환경과 식생구조 변화간의 정량적인 분석에는 한계가 있었다. 또한 일부 조사구가 과거 위치와 현재 위치의 불일치로 뚜렷한 변화상을 도출하지 못하고 경향치로 분석하였다. 본 연구에서는 2회 조사에 의한 결과만을 가지고 식생 변화상을 도출함으로써 시계열 변화 분석의 결과를 도출하는데 한계가 있었다. 향후 동일 조사구를 대상으로 동일 방법, 반복적인 조사를 실시하여 도시림 식생변화에 대한 동태적인 변화상 분석이 필요하다.

References

1. Brower, J. E. and J. H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, pp. 194.
2. Cho, W.(1998) Vegetation structure and management planning of mountain type urban green space in Incheon, Korea: A case study of Kangwhado area, Korean Journal of Environment and Ecology 12(2): 119-130.
3. Cho, W.(2002) Structure and management devices of vegetation at Woelmi urban nature park, Incheon, Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 30(1): 61-74.
4. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin, Ecology 32: 476-496.
5. Gavier-Pizarro, G. I., V. C. Radeloff, S. I. Stewart, C. D. Huebner and N. S. Keuler(2010) Housing is positively associated with invasive exotic plant species richness in New England, USA, Ecological Applications 20(7): 1913-1925.
6. Gustafson, E. J., and B. R. Sturtevant(2013) Modeling forest mortality caused by drought stress: Implications for climate change, Ecosystems 16(1): 60-74.
7. Han, B. H., K. S. Ki and T. H. Noh(2012) Status of damage and

- restoration planning of forest trail in Choansan (Mt.) neighborhood park, Seoul, South Korea, Korean Journal of Environment and Ecology 26(6): 923-933.
8. Jeong, J. H., K. S. Koo, C. H. Lee and C. S. Kim(2002) Physico-chemical properties of Korean Forest soils by regions, Journal of Korean Society of Forest Science 91(6): 694-700.
 9. Jiang, Y., P. Fu and Q. Weng(2015) Assessing the impacts of urbanization-associated land use/cover change on land surface temperature and surface moisture: A case study in the midwestern United States, Remote Sensing 7(4): 4880-4898.
 10. Kang, Y. S. and K. C. Oh(1982) An application of ordinations to Kwangnung Forest, Journal of Plant Biology 25(2): 83-99.
 11. Kaye, J. P., R. L. McCulley and I. C. Burke(2005) Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems, Global Change Biology, 11(4): 575-587.
 12. Kong, W. S.(2003) Vegetation history of the Korean peninsula, Global Ecology and Biogeography 9(5): 391-402.
 13. Kwak, J. I.(2011) A Study on Vegetation Structure Characteristics and Ecological Succession Trends of Seoul Urban Forest, Korea, Ph. D. Dissertation, University of Seoul, pp. 316.
 14. Lee, K. J., G. T. Kim and Y. B. Lee(1993) Early Diagnosis of Injuries on the Forest by Acid Rain and Airborne Pollutants, Korea Science and Engineering Foundation, pp. 205.
 15. Lee, K. J., J. H. Kim, K. S. Ki and B. H. Han(2006) Change for eleven years(1994~2005) of plant community structure of major community structure of major community in Namsan, Seoul, Proceedings of the Korean Society of Environment and Ecology Conference 20(4): 448-463.
 16. Lee, K. J., S. H. Choi and H. K. Kang(1994) Natural vegetation restoration and management plan by ecological approach, Korean Journal of Environment and Ecology 8(1): 58-67.
 17. Lee, K. J., S. H. Choi and J. C. Jo(1992) Analysis on the forest community in Mt. Jookyup by the classification and ordination techniques= The structure of plant community in Kwangnung forest (II), Journal of Korean Society of Forest Science 33(3): 173-182.
 18. Min, B. M.(1999) Vegetational changes in the early stages after lumbering of populus albaglandulosa in urban forest, Journal of Ecology and Environment 22(5): 277-285.
 19. Monk, C. D., G. I. Child, and S. A. Nicholson(1969) Species diversity of a stratified of oak kickory community, Ecology 50: 468-470.
 20. Noh, T. H.(2015) The Eco-Adaptive Urban Forest Management Methods of Namsan(Mt.) according to the Urban Environment Change and Management in Seoul, Korea, Ph. D. Dissertation, University of Seoul, pp. 161.
 21. Park, I. H., K. J. Lee and J. C. Jo(1987) Forest community structure of Mt. Bukhan area, Journal of Ecology and Environment 1(1): 1-23.
 22. Park, I. H., K. J. Lee and J. C. Jo(1988) Structure of forest communities in Chiak mountain national park -Case study of Guryong Temple-Birobong area-, Journal of Ecology and Environment 2(1): 1-8.
 23. Pielou, E. C.(1975) Ecological Diversity, John Wiley and Sons Inc, New York, pp. 165.
 24. Song, K. J.(1994) A Characteristics Study on the Plant Community Structure and Ecological Succession in the Metropolitan Area, Ph. D. Dissertation, University of Seoul, pp. 140.
 25. Winkler, J. A., R. W. Arritt and S. C. Pryor(2012) Climate projections for the midwest: Availability, interpretation and synthesis, US National Climate Assessment Midwest Technical Input Report, pp. 1-24.
 26. Yoon, C. W., S. H. Oh, J. H. Lee, S. H. Joo and S. C. Hong(1999) Prediction of succession and silvicultural control in the black locust(*Robinia pseudoacacia* L.) plantation, Journal of Korean Society of Forest Science 88(2): 229-239.

Received : 18 January 2021

Revised : 6 February 2021 (1st)

19 February 2021 (2nd)

4 March 2021 (3rd)

23 March 2021 (4th)

Accepted : 1 April 2021

3인익명 심사필