

난대 기후대의 상록활엽수림 복원 모니터링(I)*

오구균² · 김보현³

Monitoring Restoration of Evergreen Broad-leaved Forests in Warm Temperate Region(I)^{1*}

Koo-Kyoon Oh², Bo-Hyun Kim³

요 약

상록활엽수림의 식생구조 변화를 모니터링 하기 위하여 완도수목원에 20개의 고정시험구를 1996년에 설치했다. 20개의 고정시험구는 10개의 시험구와 대조구로 구분했으며, 시험구는 적정밀도로 택벌한 후 상록활엽수를 식재했다. 시험처리전 20개 고정시험구의 식생구조는 붉가시나무, 붉가시나무와 개서어나무, 소나무 등이 우점하였고, 소나무군락과 낙엽활엽수군락에서 붉가시나무군락으로 천이되는 식생구조를 나타냈다. 시험처리시험구는 붉가시나무와 소나무가 우점하는 식생구조로 바뀌었고, 관목층과 지피층의 출현종수, 개체수, 피도 등이 증가하였다.

주요어 : 완도수목원, 택벌, 시험구, 붉가시나무

ABSTRACT

To monitor vegetation structure of evergreen broad-leaved forest, twenty plots were set up at Wando Arboretum in 1996. Twenty plots were divided into ten experimental plots and control plots. A few evergreen broad-leaved species were planted after selective cutting at ten experimental plots. Dominant species of twenty plots were *Quercus acuta*, *Q. acuta* and *Carpinus tschonoskii*, *Pinus densiflora*, etc.. Vegetation structure of the experimental plots showed seral stage of succession from *P. densiflora* community or deciduous broad-leaved forest to *Q. acuta* community. Dominant species of the experimental plots were changed to *Q. acuta* or *P. densiflora* after selective cutting. And a number of species and individuals, coverages etc. were increased at shrub and ground cover layer after treatment.

KEY WORDS : WANDO ARBORETUM, SELECTIVE CUTTING, EXPERIMENTAL PLOT, *Quercus acuta*

1 접수 9월 30일 Received on Sep. 30, 1998

2 호남대학교 도시·조경학부 Faculty of Urban Planning & Landscape Architecture, Honam Univ., Kwangju, 506-714, Korea

3 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

서론

상록활엽수림지역은 우리나라 난대 식물생태계의 종다양성, 식물군집구조 등의 순수학술연구와 난대 기후대 지역의 향토경관 복원, 국가차원의 생물유전자 및 종다양성 보전전략상 귀중한 생물자원이 되고 있다. 연간 강수량이 식물생육에 충분한 우리나라에서는 기온인자가 한반도의 식생대를 형성하는 주요 인자로 작용하여 왔으며, 특히 연평균기온 14°C 이상, 한랭지수(°C·month) -10 이상인 지역에 상록활엽수림지대가 발달하고 있다(임양재, 1970). 환경보전에 대한 사회적 관심의 증대에 힘입어 1980년대 이후 난대 상록활엽수림에 대한 식물상 연구, 식물사회학적 연구는 비교적 많이 이루어지고 있으나, 종 다양성, 식물군집구조 등의 정량생태학적 연구와 난대 상록수림에 관한 응용생태학적 연구는 미진한 편이다.

지금까지 상록활엽수림의 천이과정에 관한 연구결과를 종합해보면 교목층에서 소나무, 굴참나무, 갈참나무, 비자나무, 개서어나무에서 소사나무, 붉가시나무, 종가시나무, 예덕나무를 거쳐 참식나무, 황칠나무, 후박나무로 진행될 것이라 추정하였다(오구균과 최송현, 1993; 오구균, 1994; 오구균과 지용기, 1995). 또한 오구균과 김용식(1996)은 난대 상록활엽수림 지역에서 식생천이를 소나무, 곰솔, 개서어나무, 졸참나무 등에서 구실잣밤나무, 붉가시나무, 종가시나무 등을 거쳐 육박나무로 진행되리라 예상하고, 국지적으로 후박나무, 생달나무, 황칠나무, 참식나무를 토지적 극상수종으로 추정한 바 있다.

본 연구는 상록활엽수림의 변화과정을 모니터링하여 식생천이 및 복원과정을 규명함으로써 상록활엽수림 복원모형 및 복원기법개발의 기초자료를 구축하는데 목적이 있다. 따라서 연구 성과는 장기간(10년 이상)동안의 모니터링을 통하여 얻을 수 있을 것으로 판단되며 이번 보고에서는 고정시험구의 설치방법과 환경특성, 시험처리방법, 고정시험구 설치 2년 경과 후의 시험구와 대조구의 식생구조 변화상황을 보고하고자 한다.

조사지 설정 및 연구방법

1. 고정시험구 위치 및 설치방법

상록활엽수림의 식생구조 변화에 대한 모니터링을 실시하기 위해 1996년 5월에 완도수목원에 총 20개

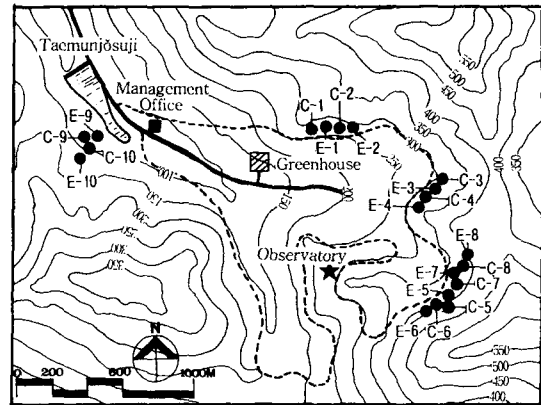


Figure 1. Location map of twenty plots at Wando Arboretum

의 고정시험구를 Figure 1과 같이 설치했다. 고정시험구는 인위적 영향을 최소화하기 위해 수목원내의 입도에서 숲 방향으로 20~30m 정도 들어가 설치하였다.

고정시험구는 현존식생분포와 상록수림으로의 식생천이를 고려하여 붉가시나무가 우점하고 있는 지역, 붉가시나무와 개서어나무 경쟁하고 있는 지역, 소나무군락으로 아교목층과 관목층에서 상록활엽수가 발달하고 있는 지역 등에 설치하였다. 고정시험구 1개소의 면적은 15m×20m(300m²)로 하였으며, 관목층 조사를 위하여 5m×5m(25m²) 크기의 중첩방향구를 좌, 우상단부(1996년에는 좌우하단부)에 2개소를 설치했다. 또한 1998년 조사시부터 지피층 조사를 위해 1m×1m(1m²) 크기의 중첩방향구 4개소를 방향구 모서리 부분에 설치했다. 고정시험구는 동일한 식물군락에서 2개소씩 설치하였으며, 2개소 중 1개소는 자연 그대로 보존하는 대조구(Control plot), 1개소는 택벌, 식물도입 등 적극적인 복원관리로 식생천이를 촉진시키는 시험구(Experimental plot)로 설정하여 대조구와 시험구의 식생발달을 상호 비교할 수 있도록 했다.

2. 시험구 시험처리 및 조사시기

1996년 5월에 고정시험구 설치와 함께 1차 식생 조사를 실시하였으며, 1996년 8월에 10개 시험구의 교목층 수목을 대상으로 택벌작업을 실시하였다. 택벌작업은 난대기후대에서 자생하는 수종은 가능한 존치시키면서, 산림청의 임목밀도를(산림청, 1981) 참조하여 교목층 수목을 860~900주/ha 수준으로 유지시켰다.

상록활엽수종의 식물도입이 식생구조변화에 주는 영향을 알아보기 위해 특별 1년 후인 1997년 8월에 10개 시험구에 붉가시나무, 구실잣밤나무, 종가시나무, 동백나무의 묘목 135주를 식재하였다. 도입수종은 대상지에 생육하고 있는 수종의외에 타지역에 자생하고 있으나 내한성은 크다고 알려진 종가시나무를 선정했다. 시험구에 식재한 묘목은 1996년 10월 제주도에서 구입한 수고 0.6~1.2m의 구실잣밤나무와 종가시나무, 광주광역시 소재 호남대학교에서 양묘한 수고 0.6~1.2m의 붉가시나무, 완도수목원에서 양묘한 수고 0.4~0.8m의 동백나무 등이다. 묘목들은 포트에 이식시켜 약 10개월 정도 완도수목원에서 반음지 적응조치(주근을 자르고, 발근촉진제 처리)후 상록활엽수의 이식적기인 우기에 식재하였다. 2차 식생조사는 1차 식생조사 후 2년이 경과된 1998년 5월에 실시하였다.

3. 식생조사 및 분석

식생조사는 조사구내에서 출현하는 목본수종중 수고 0.5m 미만의 수목을 지피층, 0.5~2m사이의 수목을 관목층, 그외 수목을 교목층으로 구분하여 매목조사를 실시하였다. 관목층과 지피층 수목은 각각의 중첩방향구 안에 출현하는 수목의 수관폭(장·단변)을 측정하여 수종명과 함께 기록하였다. 교목층 조사는 15m×20m(300m²)의 방형구에서 출현하는 수목의 흉고직경을 측정하여 수종명과 함께 기록하였다.

각 조사구의 매목조사 자료를 토대로 Curtis & McIntosh(1951) 방법으로 상대우점치(Importance value)를 구하였고, 종다양도지수(Pielou, 1975), 종수, 개체수, 관목층 피도를 분석하였다. 이상의 분석은 서울시립대학교 환경생태연구실에서 개발한 PDAP(Plant Data Analysis Package)를 이용하였다. 또한 SPSSWIN Package를 이용 T-test 분석을 실시하여 조사년도별 개체수, 종수, 종다양도, 기저면적(흉고단면적), 관목층 피도의 등의 평균값과 표준편차를 구하였고, 통계적 유의성 검증을 하였다.

4. 환경요인 분석

본 고정시험구에 대한 환경요인으로는 일반적 개황과 토양특성을 조사·분석하였다. 일반적개황은 해발고, 방위, 경사도, 층위별 교목의 평균수고, 평균흉고직경 및 평균울폐도를 조사하였다. 토양시료는 각각의 대조구와 시험구에서 낙엽층과 A0층을 걷어낸

후 A1층(10~15cm)에서 500g을 채취하여 혼합하였다. 채취한 토양은 음건시켜 2mm 체로 친 후 물리·화학적특성을 분석했다.

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

완도는 남북이 긴 장방형의 섬으로 최고봉인 상황봉을 중심으로 경사가 급한 산악지형을 형성하고 있으며, 넓은 면적에 걸쳐 붉가시나무 등 상록활엽수림이 분포하고 있다(오구균과 김용식, 1997). 고정시험구가 설치된 완도수목원은 전라남도 완도군 대문리 일대의 도유림지역으로 완도의 최고봉인 상황봉(해발 644m)과 백운봉(해발 600m)에 의해 위요되어 있으며, 해발 50~500m 사이의 서사면에 위치하고 있다. 경·위도상으로 동경 126°40', 북위 34°21' 지역에 위치하고 있다.

완도수목원과 인접한 완도측후소의 20년간 자료('71~'90)에 의하면(기상청, 1991), 연평균 기온은 13.9℃, 월최고기온은 25.6℃, 월최저기온은 2.4℃, 한랭지수(℃.month)는 -3.1, 연평균 강수량은 1,471.5mm이었으며 붉가시나무, 참식나무, 육박나무 등 상록활엽수림이 발달하는 난대기후대의 기후특성을 나타내고 있다(Yim, 1977a; 1977b).

Table 1은 20개 고정시험구에 대한 일반적 개황 나타낸 것이다. 고정시험구들은 해발 80~350m 지역에 위치하고 있으며, 경사는 22~35%로 비교적 완만하였고 방위는 대부분 서쪽이었다.

완도수목원은 중북부 사면을 중심으로 붉가시나무 군락이 넓게 분포하고 있으며, 해발 150m 이하의 저지대 사면에 소나무군락이 분포하고 있다. 개서어나무, 소사나무 등 낙엽활엽수군락은 해발 500m 이상 지역의 능선부나 사면의 전석지대에 분포하고 있으며, 붉가시나무-개서어나무군락 등 상록·낙엽활엽수 혼효림은 상록활엽수와 낙엽활엽수 경계부에 분포하고 있다.

완도수목원 산림의 수령은 대부분이 30년 미만의 낮은 영급구조를 나타내고 있어 과거 연료목이나 숯 제조 등을 위한 벌채 등으로 인위적 피해를 많이 받았다고 판단된다. 교목층의 평균수고는 10~12m로 비교적 균일하였고, 평균흉고직경은 조림한 것으로 판단되는 소나무림이 25cm로 비교적 큰 편이었으며, 나머지 식물군락은 12~15cm이었다.

표 2는 완도수목원에 설치한 20개 고정시험구 토

Table 1. General characteristics of twenty plots before treatment at Wando Arboretum

Plot No.*	C-1	E-1	C-2	E-2	C-3	E-3	C-4	E-4	C-5	E-5
Altitude(m)	230	230	230	230	290	290	290	290	350	350
Aspect	SW	SW	SW	SW	NW	NW	NW	NW	NW	NW
Slope(%)	22	22	22	22	23	23	23	23	35	35
Mean height of canopy layer(m)	10	10	10	10	12	12	12	12	12	12
Mean DBH of canopy layer(cm)	12	12	12	12	15	15	15	15	12	12
Cover of canopy(%)	80	80	80	80	80	80	80	80	60	60
Cover of shrub layer(%)	5	5	5	5	10	10	10	10	40	30

* C: Control plot, E: Experiment plot

Table 1. (Continued)

Plot No.*	C-6	E-6	C-7	E-7	C-8	E-8	C-9	E-9	C-10	E-10
Altitude(m)	350	350	350	350	350	350	80	80	80	80
Aspect	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NE	NE	NE	NE
Slope(%)	35	35	35	35	35	35	33	33	33	33
Mean height of canopy layer(m)	12	12	12	12	12	12	10	10	10	10
Mean DBH of canopy layer(cm)	12	12	12	12	12	12	25	25	25	25
Cover of canopy layer(%)	60	60	70	70	70	70	40	60	40	60
Cover of shrub layer(%)	20	20	5	5	5	5	50	30	30	30

* C: Control plot, E: Experiment plot

Table 2. Soil characteristics of twenty plots at Wando Arboretum

Plot No.*	Soil texture				pH	Organic matter	Total nitrogen	Avail. P ₂ O ₅	CEC	Exchangeable cation(m.e./100g)			
	Sand	Fine Sand	Clay	Texture						K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
C-1, E-1	20.44	58.96	10.6	Silt	5.11	5.28	0.255	5.6	11.66	0.18	0.32	0.92	1.03
C-2, E-2	-	-	-	-	5.40	6.21	-	11.0	12.19	0.27	0.35	1.81	1.09
C-3, E-3	21.04	64.76	14.2	Silt	5.09	4.16	0.218	5.3	10.34	0.16	0.33	0.73	0.93
C-4, E-4	-	-	-	-	5.12	5.79	-	18.0	10.67	0.21	0.25	0.12	0.44
C-5, E-5	41.22	53.78	5.0	Silt	4.99	14.74	0.848	24.3	18.70	0.35	0.45	2.29	1.49
C-6, E-6	-	-	-	-	5.41	7.45	-	18.0	14.45	0.37	0.39	1.61	1.03
C-7, E-7	22.70	67.90	9.4	Silt	5.20	9.36	0.526	3.0	15.84	0.34	0.42	1.18	1.20
C-8, E-8	-	-	-	-	5.41	7.96	-	14.0	12.52	0.26	0.41	0.82	0.88
C-9, E-9	19.76	64.04	16.2	Silt	5.00	3.84	0.168	12.6	8.58	0.15	0.41	1.06	0.89
C-10, E-10	-	-	-	-	5.23	7.60	-	20.0	14.38	0.32	0.42	2.72	2.54

* C: Control plot, E: Experiment plot

양의 이화학적 특성이다. 토성은 미사질양토, 사양토 순으로 높았으며, 토양산도는 pH 4.99~5.41로 약 산성을 나타냈으나 도시림지역보다는 양호한 것으로 나타났다(이경재 등, 1993). 유기물함량은 10% 내외로 우리나라 산림토양 평균치인 3.2%(이수옥, 1981)보다는 2~3배 높게 나타났다. 그리고 토양의 보비력을 나타내는 양이온 치환용량은 우리나라 산림

토양의 평균치인 11.34 m.e./100g과 비슷한 수준이었다.

2. 도입수목의 활착율

식물도입이 식생구조 변화에 주는 영향을 알아보기 위해 10개 시험구에 붉가시나무, 구실잣밤나무,

Table 3. Introduced plants species and survival ratio at experimental plots

Plot No. *	Planted species and No. of individuals	Survived species and No. of individuals	Survival ratio(%)
E-1	Cc(5), Cj(4)	Cc(5), Cj(1)	66.7
E-2	Cc(5), Cj(4)	Cc(4), Cj(2)	66.7
E-3	Cc(8), Cj(5)	Cc(8), Cj(5)	100.0
E-4	Cc(6), Qg(2), Cj(4)	Cc(6), Cj(3)	75.0
E-5	Cc(4), Qa(1), Qg(5), Cj(4)	Cc(2), Qa(1), Qg(5), Cj(2)	71.4
E-6	Cc(4), Qa(1), Qg(4), Cj(5)	Cc(4), Qa(1), Qg(4), Cj(5)	100.0
E-7	Cc(7), Qg(6), Cj(4)	Cc(7), Qg(6), Cj(2)	88.2
E-8	Cc(7), Qg(7), Cj(6)	Cc(7), Qg(7), Cj(4)	90.0
E-9	Cc(4), Qg(5), Cj(4)	Cc(1), Qg(5)	46.2
E-10	Cc(5), Qg(5), Cj(4)	Cc(4), Qg(5), Cj(3)	85.0

* The numbers in a parenthesis indicate a number of individuals

** Qa: *Quercus acuta*, Qg: *Quercus glauca*, Cc: *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*, Cj: *Camellia japonica*

종가시나무, 동백나무의 묘목 135주를 상록활엽수의 이식적이인 우기(1997년 8월)에 식재하였다. Table 3은 각 시험구별 식재수종 및 개체수와 식재 1년 경과 후 생존해 있는 개체수와 고사한 개체수를 종별로 정리한 것이다. 1998년 5월 현재 109개체가 살아있어 평균 80.7%의 활착율을 보였다. 수종별로는 종가시나무가 94.1%, 구실잣밤나무가 87.3%, 동백나무가 61%의 활착율을 나타냈다. 붉가시나무는 2주 모두 활착했다.

3. 상대우점치분석

Table 4와 Table 5는 1998년 조사에서 60%이상의 상대도를 나타낸 수종 및 소나무의 상대우점치(importance value)를 나타낸 것이다. 1996년과 1998년 모두 교목층에서는 개서어나무, 붉가시나무, 동백나무 등이 높은 상대우점치를 나타냈으며, 소나무는 산록부의 4개 조사구에서 높은 상대우점치를 나타냈다. 관목층에서는 동백나무, 사스레피나무, 광나무, 새비나무 등이 높은 상대우점치를 나타냈다.

시험처리 전인 1996년 조사에서는 교목층에서 소나무가 E-9, C-10, E-10의 3개 고정시험구에서 우점하였고, C-1, C-5, E-5, C-6, E-7, E-8의 6개 고정시험구에서는 개서어나무, 졸참나무의 낙엽활엽수와 상록활엽수인 붉가시나무가 경쟁하고 있는 식생구조를 나타냈다. 시험구 E-6에서는 개서어나무가, 기타 나머지 고정시험구에서는 붉가시나무가 우점하는 식생구조를 나타냈다.

관목층에서는 동백나무가 12개 고정시험구에서 우

점수종으로 나타났으며, 새비나무는 C-6, C-7, C-8 등 3개 고정시험구에서 우점수종으로 나타났다. 당단풍은 E-5, E-8 등 2개 고정시험구에서 우점하였으며, 생달나무(E-4), 광나무(C-1), 털팽나무(C-5)가 각각 1개 고정시험구에서 우점하였다.

교목층에서 붉가시나무, 소나무 등이 우점하고 있는 고정시험구에서는 관목층에서 동백나무가 우점하는 경향을 나타냈다. 교목층에서 낙엽활엽수와 상록활엽수가 경쟁하고 있는 고정시험구는 관목층에서 당단풍, 새비나무, 털팽나무 등의 낙엽활엽수가 비교적 우세하게 분포하였다. 그러나 관목층 출현수종 중 교목성상을 가지고 있는 수종인 생달나무, 붉가시나무, 동백나무 등이 비교적 우세하게 나타나 시간이 지나면 낙엽활엽수와 상록활엽수가 경쟁하고 있는 식물군락은 붉가시나무 등의 상록활엽수군락으로 식생천이가 예상된다(오구균과 최송현, 1993). 소나무군락도 관목층에서 소나무 치수가 전혀 나타나지 않고 붉가시나무, 동백나무 등이 비교적 우세하게 분포하고 있어 붉가시나무림으로 식생천이가 예상된다.

10개 시험구에 대해 택벌, 묘목식재 등 시험처리를 거친 후인 1998년 조사에서도 주요 우점수종은 시험처리 전과 큰 변화는 없었다. 다만 상록활엽수림 조기복원을 목표로 택벌작업을 실시함으로써 상록활엽수인 붉가시나무의 상대우점치가 대부분 비교적 높아지는 경향을 나타냈으며, 상대적으로 개서어나무, 졸참나무 등 낙엽활엽수의 상대우점치는 감소하는 결과를 나타냈다. 시험처리후 E-5, E-6 시험구에서는 붉가시나무가 우점종으로 바뀌었으며, 소나무는 시험처리전과 동일하게 E-9, E-10이 시험구에서 우

Table 4. Importance values of major woody plants species before treatment in 1996

Plot No.**	Species Name*		Pd	Ct	Qs	Qa	Ca	Ns	Ps	Sa	Am	Cj	Ej	Ck	Sj	Lj	Ve	Cm
C-1	T	-	15.1	-	21.4	0.3	0.6	3.3	0.9	0.8	16.0	1.5	-	13.6	2.4	-	-	
	S	-	-	-	-	13.2	-	-	-	-	11.9	17.6	-	-	53.7	-	-	
E-1	T	-	12.4	-	45.0	-	-	3.8	0.9	-	19.1	3.3	-	7.7	0.6	-	-	
	S	-	-	-	1.6	21.3	3.5	-	-	-	45.2	2.6	-	-	7.7	-	-	
C-2	T	-	20.7	-	56.6	0.5	-	2.3	-	-	6.3	3.4	-	0.6	0.6	-	-	
	S	-	-	-	-	4.5	-	-	-	-	54.5	18.6	-	-	8.8	-	-	
E-2	T	-	16.6	-	42.6	-	-	2.2	-	-	25.4	2.9	-	5.1	-	-	-	
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51.4	18.9	-	-	30.0	-	-	
C-3	T	-	7.2	-	68.6	-	-	2.5	-	-	5.1	4.0	1.0	1.6	7.1	-	-	
	S	-	-	-	-	3.1	2.6	-	-	-	60.7	7.1	-	-	5.5	-	-	
E-3	T	-	4.7	-	44.5	3.4	1.4	2.0	-	-	11.8	8.4	-	0.8	5.7	-	-	
	S	-	-	-	-	17.6	2.6	-	-	-	38.9	-	-	-	23.1	-	-	
C-4	T	-	6.1	-	75.9	-	-	-	-	-	7.1	0.6	-	1.7	2.3	-	-	
	S	-	-	-	-	22.9	4.2	-	-	-	41.4	2.8	-	-	19.9	-	1.5	
E-4	T	-	7.6	-	50.2	2.7	2.1	2.2	-	1.8	9.9	4.9	1.3	5.2	1.4	-	-	
	S	-	-	-	-	35.3	6.1	-	-	-	18.5	27.9	-	-	9.5	-	-	
C-5	T	-	11.5	1.5	15.2	0.8	1.4	4.5	7.6	6.2	-	-	5.0	5.0	-	-	-	
	S	-	-	-	8.1	17.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41.7	10.8	
E-5	T	-	22.9	24.2	18.0	-	-	2.3	-	3.7	-	-	0.7	6.7	-	-	-	
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	78.1	-	-	-	10.9	-	-	-	
C-6	T	-	15.1	8.2	17.4	0.7	-	2.8	10.9	5.7	-	-	3.2	4.4	0.4	1.7	-	
	S	-	-	-	6.9	11.4	-	-	-	-	-	-	-	9.7	-	-	51.4	
E-6	T	-	38.3	8.4	0.9	1.3	-	6.1	3.4	4.9	4.5	2.8	-	2.6	-	-	-	
	S	-	-	-	-	19.5	10.7	-	-	-	25.3	25.9	-	-	-	18.7	-	
C-7	T	-	6.5	5.6	42.3	-	-	3.4	4.5	1.7	0.5	-	3.3	6.7	-	-	-	
	S	-	-	-	-	21.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.9	
E-7	T	-	11.6	14.8	33.7	-	3.3	-	3.5	10.0	0.8	-	4.2	10.3	1.9	-	-	
	S	-	-	-	-	6.9	-	-	-	31.1	30.8	-	-	-	-	3.8	17.1	
C-8	T	-	6.2	9.3	39.2	-	-	-	5.0	6.6	-	-	5.0	5.4	-	1.2	-	
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.1	-	4.8	-	61.8	
E-8	T	-	18.8	8.3	36.8	-	1.7	-	-	4.0	-	-	1.9	7.7	-	-	-	
	S	-	-	-	-	10.0	-	-	3.9	54.9	-	-	-	-	-	-	13.1	
C-9	T	25.0	1.7	2.4	29.5	-	-	0.7	-	-	17.7	2.3	1.3	0.6	9.8	2.1	0.8	
	S	-	0.6	1.4	2.6	-	-	-	-	-	73.5	7.0	-	-	7.4	1.2	4.4	
E-9	T	38.5	2.7	8.8	5.2	-	-	0.2	0.3	-	8.6	16.1	1.6	1.6	3.0	0.2	-	
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57.8	29.5	-	-	10.5	-	-	
C-10	T	23.5	-	7.1	6.4	-	-	3.3	-	-	18.7	4.9	-	2.1	11.8	3.9	0.3	
	S	-	-	0.9	8.3	-	-	1.3	-	-	39.9	-	-	-	22.8	5.5	6.8	
E-10	T	35.8	-	9.7	7.4	-	-	1.6	1.3	-	13.7	10.3	1.7	-	8.6	0.6	-	
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.8	34.3	-	-	3.8	-	1.5	

* Pd: *Pinus densiflora*, Ct: *Carpinus tschonoskii*, Qs: *Quercus serrata*, Qa: *Quercus acuta*, Ca: *Cinnamomum japonicum*, Ns: *Neolitsea sericea*, Ps: *Prunus sargentii*, Sa: *Sapium japonicum*, Am: *Acer mono*, Cj: *Camellia japonica*, Ej: *Eurya japonica*, Ck: *Cornus kousa*, Sj: *Styrax japonica*, Lj: *Ligustrum japonicum*, Ve: *Viburnum erosum*, Cm: *Callicarpa mollis*

** C: Control plot, E: Experimental plot, T: Tree layer, S: Shurb layer

Table 5. Importance value of major woody plant species after treatment in 1998

Plot No.**	Species Name*		Pd	Ct	Qs	Qa	Ca	Ns	Ps	Sa	Am	Cj	Ej	Ck	Sj	Lj	Ve	Cm
	C-1	T	-	18.5	-	31.4	0.3	-	5.4	1.5	0.3	13.9	3.4	0.4	2.9	5.7	-	-
	S	-	-	-	10.0	4.7	7.6	-	16.4	-	33.3	-	-	-	11.1	-	-	
E-1	T	-	1.3	-	70.7	-	-	2.2	1.0	-	9.1	2.9	-	2.1	0.9	-	-	
	S	-	3.9	-	9.8	8.4	5.1	2.4	2.4	1.3	26.9	-	-	1.9	10.6	-	-	
C-2	T	-	11.6	-	56.5	1.6	-	-	0.5	-	20.1	0.9	0.4	1.1	1.4	-	-	
	S	-	-	-	4.8	-	20.6	-	-	-	41.4	11.3	-	-	12.0	-	-	
E-2	T	-	-	-	61.2	0.6	-	-	2.0	-	25.8	5.8	-	-	2.1	-	-	
	S	-	-	-	2.9	5.2	16.3	-	-	-	23.2	6.6	-	4.6	-	-	-	
C-3	T	-	4.1	-	68.0	-	0.6	1.1	-	-	8.8	3.2	-	-	11.1	-	-	
	S	-	-	-	21.3	-	12.9	-	-	-	18.3	21.4	-	-	5.9	0.3	-	
E-3	T	-	-	-	63.5	0.4	-	-	-	-	11.3	9.3	-	0.4	10.0	-	-	
	S	-	-	-	14.0	11.9	9.5	-	-	-	20.4	4.9	-	-	10.1	-	-	
C-4	T	-	6.2	-	64.5	1.6	0.3	-	-	-	9.8	0.4	-	-	8.6	-	-	
	S	-	-	-	19.8	15.8	-	-	-	-	34.7	5.5	-	-	4.3	-	-	
E-4	T	-	4.2	-	63.1	7.0	-	1.7	-	0.6	8.0	5.7	-	1.8	3.9	-	-	
	S	-	-	-	32.2	5.5	-	-	-	-	20.7	11.2	0.9	5.7	5.7	-	-	
C-5	T	-	15.7	1.0	18.9	-	0.6	-	10.7	4.3	-	-	9.7	11.4	0.8	0.6	-	
	S	-	-	-	25.6	-	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.0	
E-5	T	-	15.7	4.0	32.9	-	1.0	1.1	4.5	3.8	-	-	11.5	1.1	-	3.8	-	
	S	-	1.2	-	5.6	-	8.0	-	5.7	10.1	5.4	-	-	5.6	3.1	2.5	8.9	
C-6	T	-	19.7	8.8	24.5	-	-	2.0	13.4	3.8	-	-	2.1	6.7	-	1.9	-	
	S	-	-	-	3.5	-	10.6	6.6	-	1.09	-	-	-	-	3.1	11.3	37.4	
E-6	T	-	5.8	4.2	34.6	2.9	16.0	1.6	5.8	4.5	4.1	1.0	4.2	3.2	-	1.9	-	
	S	-	3.5	-	7.5	0.7	-	-	-	-	4.7	-	5.6	-	-	1.0	10.5	
C-7	T	-	11.1	6.3	46.1	-	-	2.7	5.9	1.5	1.1	-	0.6	4.8	-	1.5	-	
	S	-	-	-	3.2	-	1.5	-	5.3	1.8	5.6	-	-	4.5	1.3	3.0	27.2	
E-7	T	-	5.5	1.0	61.2	-	-	1.2	-	-	-	0.6	7.1	4.9	1.2	2.8	-	
	S	-	-	5.0	5.4	-	-	-	5.2	2.3	4.3	-	7.2	9.6	-	4.5	4.1	
C-8	T	-	9.2	9.6	34.2	-	0.4	-	7.0	8.6	-	-	16.1	5.1	-	0.4	-	
	S	-	-	-	-	14.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.6	24.4	
E-8	T	-	2.5	5.8	61.2	-	1.1	-	7.0	5.0	-	-	4.0	1.2	2.4	-	-	
	S	-	-	3.9	14.2	-	2.6	-	7.5	6.4	-	-	-	-	8.5	18.4	5.8	
C-9	T	22.8	4.4	2.8	27.1	0.7	-	-	-	-	11.1	9.0	-	0.9	7.8	-	-	
	S	-	-	2.3	1.7	-	-	-	-	-	68.0	6.6	-	-	14.1	3.4	1.8	
E-9	T	38.0	3.8	-	14.1	-	-	1.8	-	-	4.3	24.2	-	-	9.2	1.4	-	
	S	-	-	7.3	4.7	-	-	-	-	-	24.3	27.4	-	-	3.7	13.7	-	
C-10	T	22.1	0.7	8.5	9.1	-	-	4.8	0.6	-	17.1	5.8	2.3	3.3	8.8	1.8	-	
	S	-	-	-	-	2.7	-	-	-	-	28.6	17.5	-	-	21.1	-	21.0	
E-10	T	31.8	1.8	-	17.4	1.5	-	0.5	-	-	13.2	18.0	1.0	-	6.9	0.9	0.4	
	S	-	-	1.3	2.2	-	-	-	-	-	22.9	6.4	2.2	2.2	16.3	1.9	12.5	

* Legends of species name are referred to Table 3

** C: Control plot, E: Experimental plot, T: Tree layer S: Shurb layer

접하였다.

관목층에서도 시험처리 전과 유사한 결과를 나타냈다. 새비나무는 대조구 C-5, C-6, C-7, C-8에서 우점하였으며, 대조구 C-3에서는 붉가시나무와 동백나무가 우점하였다. 시험구 E-4는 시험처리 전과 마찬가지로 생달나무가 우점하였으며 시험구 E-5, E-6, E-7, E-8은 붉가시나무, 덜꿩나무, 새비나무 등이 우세하게 분포하였다. 나머지 10개소의 고정시험구에서는 동백나무가 우점하였다. 한편 1996년 자료와 1998년 자료의 비교에서 대조구의 상대우점치 변동은 야외조사 과정에서의 오차라고 생각되며, 추후 측정오차를 줄이는 노력이 필요하다고 생각한다.

4. 종다양도지수 및 개체수

Table 6은 1996년과 1998년에 조사한 300m² 크기의 10개 대조구와 10개 시험구의 관목층과 교목

층의 수종을 대상으로 우점종, 종다양도, 개체수의 변화를 나타낸 것이다.

대조구 및 시험구의 종 수, 개체수, 종다양도지수의 변화를 알아보기 위해 T-test 분석을 통하여 평균, 표준편차, 유의성을 검증하였다. T-test 결과 10개 대조구의 종다양도지수는 1996년에 평균 1.00(±0.22)에서 1998년에는 1.04(±0.17)로 약간 증가한 것으로 나타났다. 반면 10개 시험구에서 시험처리전의 종다양도지수는 평균 0.93(±0.16)에서, 시험처리 후에는 1.11(±0.17)로 증가하였으며 1% 수준에서 유의한 차이를 나타냈다.

10개 대조구의 평균 출현 종 수는 1996년에 22.5(±5.0)종에서, 1998년에 22.1(±6.8)종으로 나타나 종 수의 변화는 없는 것으로 나타났으나 시험구에서는 1996년에 17.0(±3.8)종에서 1998년에 23.3(±6.9)종으로 증가하였으며, 5% 수준에서 유의한 차이를 나타냈다. 그러나 일부 시험구(E-5, 6,

Table 6. Species diversity indices and number of individuals changed at twenty plots in Wando Arboretum(Unit area: 300m²)

Plot No.*	Dominant species**		Species diversity(H')		No. of species		No. of individuals***			
	1996	1998	1996	1998	1996	1998	1996		1998	
							T	S	T	S
C-1	Qa, Ct	Qa, Ct	1.11	1.08	24	29	180	108	188	132
E-1	Qa	Qa	0.85	1.04	16	22	87	228	60	342
C-2	Qa	Qa	0.88	0.83	18	16	97	90	130	198
E-2	Qa	Qa	0.72	0.91	9	16	90	84	83	132
C-3	Qa	Qa	0.85	0.88	18	13	168	246	174	240
E-3	Qa	Qa	0.93	0.98	16	16	109	156	118	348
C-4	Qa	Qa	0.88	0.94	16	16	106	276	166	264
E-4	Qa	Qa	0.91	0.96	17	19	94	234	94	408
C-5	Qa, Ct	Qa, Ct	1.29	1.15	26	25	86	48	88	138
E-5	Qa, Ct, Qs	Qa	0.95	1.26	14	27	82	30	51	324
C-6	Qa, Ct	Qa, Ct	1.26	1.26	32	31	128	66	149	120
E-6	Ct	Qa	1.12	1.37	19	37	60	54	85	510
C-7	Qa	Qa	1.17	1.25	25	31	114	24	103	288
E-7	Qa	Qa	1.14	1.31	18	30	89	102	93	258
C-8	Qa	Qa	1.07	1.19	22	24	94	72	141	72
E-8	Qa	Qa	1.13	1.17	22	25	71	84	46	336
C-9	Pd, Qa	Pd, Qa	0.60	0.79	18	16	131	618	79	192
E-9	Pd	Pd	0.87	0.94	22	16	232	264	79	210
C-10	Pd	Pd	0.91	1.06	26	25	190	480	183	210
E-10	Pd	Pd, Qa	0.72	1.11	17	25	184	408	126	318

* C: Control plot, E: Experimental plot

** Pd: *Pinus densiflora*, Ct: *Carpinus tshonoskii*, Qs: *Quercus serrata*, Qa: *Quercus acuta*,

*** T: Tree layer, S: Shrub layer

7)에서 2년만에 10여종 이상씩 종 수가 증가하였고 일부 시험구(E-9)에서는 종 수가 감소하였는데 이러한 결과는 택벌 후 시험구 여건상 관목층 조사위치의 변경, 조사에서의 오류 또는 시험처리후 임상환경의 변화에 따른 치수발생 등이 원인이라고 생각된다.

10개 대조구의 교목층 평균 개체수는 1996년 129.4(±37.6)에서 1998년 140.1(±39.4)개체로 증가했으며 시험구의 교목층 평균 개체수는 1996년에 104.9(±59.4)에서 1998년 83.5(±26.3)개체로 약 20개체가 감소하였으나 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다. 한편 1996년 조사된 대조구 관목층의 평균 개체수는 202.8(±202.7)개체로 편차가 매우 컸으며, 1998년에는 평균 185.4(±68.9)개체로 1996년보다 평균 17개체가 줄었으나 통계적 유의성은 없었다. 반면 10개 시험구의 관목층 평균 개체수는 1996년에는 164.4(±118.0)개체에서, 318.6(±103.6)개로 증가했으며 5%수준내에서 유의한 차이를 나타냈다.

위의 결과를 종합해 보면, 시험처리전과 비교하여 2년후의 종다양도, 개체수들의 변화는 대조구에서는 약의측정오차에 의한 변동으로 판단된다. 시험구에서

는 관목층 개체수, 종 수, 종다양도가 증가했으며, 각각 5%, 5%, 1% 수준에서 유의한 차이를 나타냈다. 이러한 식생구조의 변화는 시험구에서 묘목식재로 관목층의 개체수와 종수가 증가하였고, 택벌로 임상층의 식물생육환경이 변화했기 때문으로 판단된다.

5. 기저면적 및 관목층 피도

Table 7은 10개 대조구 및 시험구의 시간에 따른 군집구조 변화를 알아보기 위해 교목층의 기저면적과 관목층의 피도를 분석하여 나타낸 것이다.

기저면적의 T-test 분석결과 대조구의 기저면적은 1996년에 평균 0.86m²(±0.16m²)에서, 1998년에 0.88m²(±0.19m²)로 비슷하였고, 시험구의 기저면적은 1996년에 평균 0.84m²(±0.25m²)에서 1998년에 0.57m²(±0.20m²)로 약 0.3m²가 감소하였고 1% 수준에서 유의한 차이를 나타냈다. 이는 택벌로 시험구의 교목층과 아교목층의 개체수가 감소했기 때문으로 판단되며, 시간이 흐름에 따라 기저면적은 점차 증가될 것으로 예상된다.

관목층 피도에 대한 T-test 분석결과 대조구는

Table 7. Basal area and coverage changed at twenty plots in Wando Arboretum

Plot No.*	Basal area of tree layer(m ² /300m ²)		Coverage of shrub layer(%)	
	1996	1998	1996	1998
C-1	1.04	0.90	15.26	88.56
E-1	0.86	0.42	80.86	28.81
C-2	1.09	0.87	16.51	91.31
E-2	1.17	0.76	62.34	41.94
C-3	0.99	0.93	51.66	92.31
E-3	0.86	0.82	48.62	22.06
C-4	0.86	1.23	17.52	22.36
E-4	0.99	0.92	12.63	22.61
C-5	0.59	0.50	7.13	34.28
E-5	0.84	0.34	40.35	15.34
C-6	0.75	1.03	5.97	29.53
E-6	0.30	0.39	33.24	26.64
C-7	0.97	0.93	4.51	66.79
E-7	0.57	0.59	73.44	17.59
C-8	0.70	0.92	38.38	24.44
E-8	0.71	0.42	65.72	45.27
C-9	0.76	0.66	10.42	43.91
E-9	1.03	0.51	13.31	34.96
C-10	0.84	0.84	10.36	11.88
E-10	1.06	0.57	22.19	24.71

* C: Control plot, E: Experimental plot

Table 8. Comparison of species diversity indices and coverage at ground cover layer in 1988 (Unit area: 4m²)

Plot No.	Species diversity(H')		No. of species		No. of individuals		Coverage(%)	
	Cp	Ep	Cp	Ep	Cp	Ep	Cp	Ep
1	0.15	0.23	3	4	25	37	4.5	10.3
2	0.54	0.47	4	4	15	13	21.3	17.0
3	0.48	0.38	3	5	3	17	0.5	10.8
4	0.47	0.53	4	4	10	8	9.3	2.8
5	0.44	0.46	3	3	6	9	19.3	35.5
6	0.55	0.54	4	6	9	16	26.0	17.3
7	0.30	0.41	2	5	5	21	27.5	22.8
8	0.58	0.30	4	2	5	7	15.5	16.8
9	0.27	-	2	1	3	3	10.3	16.3
10	0.42	0.59	3	5	13	11	3.5	17.3
Ave.	0.42	0.39	3.2	3.9	9.4	14.2	13.8	16.8

* Cp: Control plot, Ep: Experimental plot

1996년에는 평균 17.77m²(±15.34m²)에서 1998년에는 평균 50.37m²(±31.52m²)로 큰 편차를 나타내었으며 통계적 유의성은 없었다. 한편 10개 시험구의 평균 관목층 피도는 1996년 44.97m²(±25.32m²)에서 1998년에는 28.0m²(±9.9m²)로 감소하였으며 통계적 유의성은 없었다. 이는 관목층의 개체수와 종 수의 증가와는 상반되는 결과이며, 1996년 조사시 관목으로 조사되었던 수고 2m에 가까운 수목들이 1998년 조사에서는 관목층에서 제외되면서 피도가 감소한 것으로 생각된다.

6. 지피층의 종수 및 피도

Table 8은 1998년 조사된 10개 대조구와 시험구의 지피층에서 출현한 수종의 종다양도지수, 종수, 개체수, 피도 등을 나타낸 것이다. 대조구의 종다양도지수는 평균 0.42, 시험구는 0.39로 시험구가 약간 낮게 나타났다. 종 수는 대조구 평균 3.2종, 시험구 3.9종으로 시험구가 약간 높았으며, 개체수는 대조구 9.4개체, 시험구 14.2개체로 시험구가 평균 약 5개체 정도가 많은 것으로 나타났다. 시험구 8, 9에서 종 수가 대조구보다 낮게 나타났는데 이결과는 택벌 처리후 관목층의 조사위치를 변경한데 따른 것으로 생각된다.

피도는 대조구 0.55m²/4m², 시험구 0.67m²/4m²로 시험구가 약간 높게 나타났다. 시험구에서 종수, 개체수, 피도가 증가한 결과는 관목층에서와 유사하였으며, 시험구의 교목층과 아교목층의 택벌에 따른 지피층의 생육환경 변화에 따른것으로 판단된다.

인용문헌

- 기상청(1991) 한국기후표 제 2권. 418쪽.
 산림청(1981) 입엽기술. 1,362쪽.
 오구균(1994) 두류산 상록활엽수림의 식물군집구조. 응용생태연구 8(1): 43-57.
 오구균, 김용식(1996) 난대기후대의 상록활엽수림 복원모형연구(I) -식생구조-. 환경생태학회지 10(1): 87-102.
 오구균, 김용식(1997) 난대기후대의 상록활엽수림 복원모형연구(IV) -사레지의 식생구조-. 환경생태학회지 11(3): 334-335.
 오구균, 지용기(1995) 불갑산 상록활엽수림의 식물군집구조. 응용생태연구 9(1): 30-43.
 오구균, 최송현(1993) 난온대 상록수림지역의 식생구조와 천이계열. 한국생태학회지 16(4): 459-476.
 이경재 등(1993) 도시 및 공업단지 지역의 GREEN 복원기술개발(I). 환경처·과학기술처, 292쪽.
 이수욱(1981) 한국의 삼림토양에 관한 연구(II). 한국임학회지 54: 25-35.
 임양재(1970) 한반도의 기후조건과 수종의 분포와의 관계에 관한 연구. 인천교육대학 논문집 5:315-336.
 Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
 Pielou, E.C.(1977) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York, 385pp.

Yim, Y.J.(1977a) Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula Ⅲ . Distribution of tree species along the thermal gradient. Jap. J. Ecol. 27: 177-189.

Yim, Y.J. (1977b) Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula Ⅳ . Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal climate, Jap. J. Ecol. 27: 269-278.